Society for Risk Analysis

SRA

LATIN AMERICA

ANAIS

VI CONGRESSO DA SOCIEDADE DE

ANÁLISE DE RISCO LATINO-AMERICANA

SRA-LA 2025

19 A 23 DE MAIO

CURITIBA, PR – BRASIL

EDITORA FUNESPAR

Society for Risk Analysis

SRA LATIN AMERICA

ANAIS

VI CONGRESSO DA SOCIEDADE DE ANÁLISE DE RISCO LATINO-AMERICANA SRA-LA 2025

19 A 23 DE MAIO

CURITIBA, PR – BRASIL

Agosto, 2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Congresso da Sociedade de Análise de Risco Latino-Americana. [Recurso eletrônico].
(6. 2025, Curitiba.)
Anais [do] VI Congresso da Sociedade de Análise de Risco Latino-Americana / Organizado por Danyelle Stringari, André Luiz Meissner de Souza, Daniele Solana Minozzo, Giulia Ranah Werley Neves Ferreira, Isabely Mariana Ramos da Silva, Marcos Vidal da Silva Junior, Wagner Camene Paulo Rocha. Curitiba: FUNESPAR, 2025.
915 p.

19 a 23 de maio de 2025
Vários autores
Disponível em: https://funespar.org/editora-funespar
ISSN:

1. Mudanças Climáticas. 2. Mudanças Climáticas- Anais. 3. Ciência e tecnologia – Gestão integrada. 4. Políticas Públicas – Redução de Riscos de Desastres. I. Stringari, Danyelle. II. Souza, André Luiz Meissner de. III. Minozzo, Daniele Solana. IV. Ferreira, Giulia Ranah Werley Neves. V. Silva, Isabely Mariana Ramos da. VI. Rocha, Wagner Camene Paulo. VII. Sociedade de Análise de Risco Latino-Americana. VIII. Título.

CDD: 551.6
CDU: 551.583

Catalogação na publicação elaborada por Mauro Cândido dos Santos – CRB 1416-9ª.

Editora da Fundação de Apoio Ao Desenvolvimento da Universidade Estadual do Paraná | Editora Funespar
Centro de Estudos e Pesquisas sobre Desastres | CEPED/PR
Sociedade de Análise de Risco Latino Americana | SRA-LA

Esta obra se encontra disponível no site www.funespar.org | www.funespar.org/editora-funespar
Editora Funespar. Rua Jacy Loureiro de Campos, 6. Centro Cívico, Curitiba (PR) - Brasil. 82590-300.

DIREITOS E PERMISSÕES

A reprodução deste material, bem como as citações devem, obrigatoriamente, mencionar a fonte e autoria. Solicitações de informações sobre direitos e licenças, incluindo direitos subsidiários, deverão ser enviadas para o e-mail contato@funespar.org

ORGANIZAÇÃO

DANYELLE STRINGARI
MARCOS VIDAL DA SILVA JUNIOR
DANIELE SOLANA MINOZZO
GIULIA RANAH WERLEY NEVES FERREIRA
ISABELY MARIANA RAMOS DA SILVA
WAGNER CAMENE PAULO ROCHA
ANDRÉ LUIZ MEISSNER DE SOUZA

CONSELHO EXECUTIVO DA SRA-LA

DANYELLE STRINGARI
PRESIDENTE

ROSA MARÍA FLORES SERRANO
SECRETÁRIA

OCTAVIO ENRIQUE ROJAS VILCHES
TESOUREIRO

CINTIA OKAMURA
CONSELHEIRA

ELIZABETH NUNES ALVES
CONSELHEIRA

ESPERANZA LÓPEZ-VÁZQUEZ
CONSELHEIRA

HUGO FERNANDO MURCIA AGUDELO
PRESIDENTE ELEITO

LUIS ABDÓN CIFUENTES LIRA
PRESIDENTE CESSANTE

COMISSÃO ORGANIZADORA

DANYELLE STRINGARI
COORDENAÇÃO GERAL

AMIE FEITOSA RODRIGUES
ANDRÉ LUIZ MEISSNER DE SOUZA
CAROLINE DE ARAUJO HALUCH
DANIEL LORENZETTO
DANIELE SOLANA MINOZZO
EDUARDO S. DE MACEDO
EDUARDA LOPES POSTOL
ELIZABETH NUNES ALVES
ESPERANZA LÓPEZ-VÁZQUEZ
ESTHEFANI MACIEL CHAVES
FERNANDO RAIMUNDO SCHÜNIG
GIULIA RANAH WERLEY NEVES FERREIRA
ISABELY MARIANA RAMOS DA SILVA
IVAN RICARDO FERNANDES
LEANDRO CARON
MARCOS VIDAL DA SILVA JUNIOR
MIATÃ DE ANDRADE GONZAGA
OCTAVIO ENRIQUE ROJAS VILCHES
RAFAELA SIRINO PEDRO
RAPHAELA RODRIGUES MOREIRA LAZARO
RITA DE CASSIA MEDEIROS RICKES
ROSA MARÍA FLORES SERRANO
WAGNER CAMENE PAULO ROCHA

COMITÊ CIENTÍFICO

ALESSANDRA CRISTINA CORSI
PRESIDENTE DO COMITÊ CIENTÍFICO

ALEXANDRA PASSUELO SANTOS
CARLA SASSI
DANIEL HAUER QUEIROZ TELLES
DANIELA DA CUNHA LOPES
DAVID STEVENS
EDUARDO GOMES PINHEIRO
EDUARDO S. DE MACEDO
EDUARDO VEDOR DE PAULA
ELIZABETH NUNES ALVES
ESPERANZA LÓPEZ-VÁZQUEZ
FRANCISCO DE ASSIS DOURADO DA SILVA
HUGO MURCIA
JÚLIO CESAR DA SILVA
LEANDRO TORRES DI GREGÓRIO
LETÍCIA KOPROSKI
MARCOS BARRETO
MARCOS VIDAL DA SILVA JUNIOR
MARIA JOSE GALENO DE SOUZA OLIVEIRA
MÁRCIO FERNANDES
OCTAVIO ENRIQUE ROJAS VILCHES
PABLO DAMIAN BORGES GUILHERME
SANDRA CORTÉS
SERGIO LUIZ DIAS PORTELLA
VIVIANE JAPIASSU VIANA

EDITORAÇÃO DE ANAIS

GIULIA RANAH WERLEY NEVES FERREIRA
PROJETO GRÁFICO

ISABELY MARIANA RAMOS DA SILVA
REDAÇÃO

DANIELE SOLANO MINOZZO
REVISÃO

ANDRÉ LUIZ MEISSNER DE SOUZA
EDIÇÃO

WAGNER CAMENE PAULO ROCHA
EDIÇÃO

APRESENTAÇÃO

A Sociedade de Análise de Risco Latino-Americana (SRA-LA) tem como missão promover o avanço da análise de riscos e da gestão de desastres, reunindo especialistas, empresas privadas, pesquisadores e gestores públicos para o compartilhamento de conhecimentos e experiências. Uma das principais iniciativas para alcançar esse objetivo é a realização de um congresso acadêmico bienal.

As edições anteriores do evento foram sediadas no Chile (2010), Colômbia (2012), Brasil (2016), México (2018) e novamente no Chile (2021). É importante mencionar que a edição de 2021 foi realizada de forma remota, devido à pandemia de Covid-19, e para evitar que a edição de 2023 ocorresse da mesma maneira, ela foi adiada para 2025. A realização presencial do evento foi fundamental para fortalecer as interações entre pesquisadores, profissionais e a sociedade, proporcionando espaços de diálogo, networking e troca de experiências que potencializam o impacto das ações e pesquisas desenvolvidas na área de gestão de riscos e desastres.

Assim, a edição de 2025, que resultou nesta publicação de anais, foi realizada entre os dias 19 e 23 de maio, no Centro de Eventos da FIEP, em Curitiba (PR), Brasil. Com o tema “A ciência e a tecnologia para a gestão integrada de riscos de desastres e a adaptação às mudanças climáticas”, o VI Congresso da Sociedade de Análise de Risco Latino-Americana promoveu discussões interdisciplinares voltadas ao enfrentamento dos desafios contemporâneos relacionados à intensificação de desastres e aos impactos das mudanças climáticas.

A realização foi fruto de uma parceria entre a SRA-LA, o Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED-PR), órgão de assessoramento da Coordenadoria Estadual da Defesa Civil do Paraná (CEDEC), vinculado à Universidade Estadual do Paraná (Unespar), com o apoio da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Unespar (Funespar) e do Sistema Fiep.

O congresso foi um sucesso, reunindo representantes de diversos países, como Argentina, Chile, Colômbia, Estados Unidos, México, Cuba e Angola. A programação incluiu oito cursos pré-congresso, a apresentação de 66 artigos completos, 67 pôsteres científicos e 37 palestrantes convidados, além de contar com 725 participantes credenciados.

Ao final do evento, foi anunciado que a sétima edição do Congresso da SRA-LA acontecerá em 2027, na cidade de Manizales, na Colômbia.

ÍNDICE

24 EIXO 1
MUDANÇAS CLIMÁTICAS

RESUMOS

Essay on Organic Carbon Estimation in No-Tillage System
Autores: Eliziane Pinheiro de Oliveira, Bruno Dos Santos Lemes, Yasmmin Tadeu Costa

Agricultural Climate Risk Associated With The Occurrence Of Extreme Events In The Matopiba Region, Brazil
Autores: Layara Campelo dos Reis, Cláudio Silva, Bergson Bezerra

Análise das Tendências de Temperatura Máxima no Piauí: Impactos das Mudanças Climáticas com Abordagem de Cluster
Autores: Flávia Ferreira Batista, André Felipe B dos Santos, Fidel Ernesto Castro Morales, Daniele Tôrres Rodrigues

Avaliação de Dados de Chuvas Extremas Como Ferramenta de Mitigação de Riscos de Desastres Em Maceió, Alagoas
Autores: Helder José Farias da Silva, Josiel dos Santos Silva, Marcus Vinicius da Silva Leonardo Firmino,
Lucas de Morais Teixeira, Jean Souza dos Reis, Fabricio Daniel Dos Santos Silva, Jório Bezerra Cabral Júnior

Eventos Extremos de Precipitação Associados a Desastres na Cidade de Natal, Brasil
Autores: Daniele Tôrres Rodrigues, Lara Andrade, Flávia Ferreira Batista, Marcos Samuel Matias, Jório Bezerra Cabral Júnior, Fidel Ernesto Castro Morales, Cláudio Moisés Santos e Silva

Indicators For Assessing Urban Resilience To Floods: An Ecosystem-based Approach For Coastal Cities In Chile
Autores: Fabián Marcelo Pacheco Zenteno, Octavio Enrique Rojas Vilches

Influence Of Climate Variability On Soybean Yield In Matopiba, Brazil
Autores: Layara Campelo dos Reis, Cláudio Silva, Bergson Bezerra

Mudanças nos Eventos Extremos de Precipitação no Nordeste do Brasil Entre 1961 e 2023
Autores: Jean Souza dos Reis, Fabricio Daniel Dos Santos Silva, Jório Bezerra Cabral Júnior, Helder José Farias da Silva

Registro de Fenômeno Meteorológico Extremo Em Alagoas: Formação de Um Tornado Em Fevereiro de 2024
Autores: Jean Souza dos Reis, Marcus Vinicius da Silva Leonardo Firmino, Josiel dos Santos Silva, Danielle Torres Rodrigues, Fabricio Daniel Dos Santos Silva, Marcos Samuel Matias, Helder José Farias da Silva, Jório Bezerra Cabral Júnior

Mudanças Climáticas: Questão de Saúde Pública e Imperativo Ético e Moral para Terapeutas Ocupacionais
Autor(a): Fernanda Ribeiro, Lilian Magalhães, Diogo Schott

Comunicação e Conhecimentos Tradicionais para o Enfrentamento da Emergência Climática na Amazônia: a Atuação da Sociedade Civil no Mato Grosso
Autor(a): Randalle Silva Hayashi

ARTIGOS COMPLETOS

¿Pudo La Megasequía Inducir Efecto Olvido Antes de Las Catastróficas Inundaciones de Chile Del Año 2023?

Autores: Octavio Rojas, Carolina Arriagada, Pedro Arriagada, Carlos Leal, Esteban Pincheira, Macarena Salgado, Diego Soto, Oscar Link

Construção de Indicadores para a Operacionalização da Justiça Climática: Uma Análise Bibliométrica

Autores: Rylanneive Teixeira, Gabriel de Araújo, Flávia de Andrade, Beatriz Dunder e Sylmara Dias

Diretrizes para o Desenvolvimento de Abrigos Temporários para Atuação Profissional Em Desastres Ambientais

Autor(a): Thainá Lourenço Da Silva

Emergências Climáticas e Inundações no Brasil: Uma Revisão Bibliográfica

Autores: Bruno dos Santos Lemes, Eliziane Pinheiro de Oliveira, Fabiula Eurich Machado e Leandro Redin Vestena

Mudanças Climáticas e Regime de Chuvas no Sul do Brasil: Evidências e Desafios para a Resiliência Urbana

Autores: Ronaldo Adriano Alves, Anderson Paulo Rudke, Luiz Fernando R. Ferreira, Francisca da Silva Reis, Jorge Alberto Martins, Maurício M. dos Santos

Resiliencia de los agricultores ribereños frente a eventos climáticos extremos en la cuenca del río Maule, Chile

Autores: Catherine Edith Sepúlveda Méndez, Octavio Rojas, Katia Saez, Esperanza López-Vázquez, Marcela Salgado, José Luis Arumí

Variabilidade Temporal da Precipitação no Sudeste Paraense: Uso de Geotecnologias Em Anos de Extremos Climáticos, no Município de Baião/pará

Autores: Marcos Ronielly da Silva Santos, Rayane da Silva Ferreira, Alena Vitória Araújo Peixoto, Aline Leal do Nascimento, Flávio Rodrigues Saraiva, Ester Cunha Estumano, Benedito Pereira dos Santos e Rodolfo Altair Bulcão

Utilização da Biomassa da Leucaena Leucocephala para a Produção de Biogás

Autores: Jocilene Louize Bach Fafarão, Layla de Fatima Goncalves,Victor Hugo Correa,Vanessa de Sibie Valério,Daniel Tait Vareschin

Oportunidades de Contribuição na Gestão de Riscos na Pecuária o Semiárido: Uma Revisão Sistemática

Autor(a): Francisco Matheus Barros das Chagas

Impactos das Mudanças Climáticas no Planejamento Urbano: Implicações para Adaptação Em Curitiba

Autores: Ketlyn da Cunha Roque, Ana Carolina Martins Silva e Sarah Canci Vieira e Luciene Pimentel da Silva

Considerações a Respeito do Potencial de Produção de Biogás a Partir de DDGS de Milho

Autores: Layla de Fátima Gonçalves, Jocilene Louize Bach Fafarão, Vanessa de Sibie Valério, João Antônio Galiotto Miranda e Daniel Tait Vareschini

EIXO 2
RISCOS E DESASTRES AMBIENTAIS

RESUMOS

Desenvolvimento de Um Sistema Automatizado para Coleta de Dados Sociais Em Zonas de Autossalvamento: Contribuições para Planos de Ação de Emergência para Barragens de Mineração

Autores: Marco Túlio Gomes Campos, Thiago André Albuquerque Silva, Pedro Amoni, Ana Paula Gaboardi Costa, Marília Luz Soares Tonial, Juciara Ferreira da Silva, Fernanda Gomes Correa Laham, Henrique Rocha Ribeiro

Perigos Geotécnicos Associados Ao Carste: Caracterização e Análise de Processos Ocorridos na Região de Tranqueria Almirante Tamandaré, Pr

Autores: Caroline de Araujo Haluch, Renato Eugenio Lima, Danyelle Stringari

Utilização de Modelagem de Atingimento de Movimentos de Massa na Delimitação de Setores de Risco

Autores: Larissa Mozer Blaudt, Marcelo Fischer Gramani, Alessandra Cristina Corsi

A Bibliographical Study On The Most Used Methods In Mapping Risks Related To Urban Flooding (2013-2024)

Autores: Vinnicius Vale Dionizio França , Thiago Kich Fogaça

Avances En El Conocimiento de Los Campos Volcánicos Monogenéticos En Colombia y Su Importancia En La Evaluación de La Amenaza Volcánica

Autores: Hugo Fernando Murcia Agudelo, Laura Sánchez-Torres, Susana Osorio, Luis Alvaro Botero-Gómez

Categorización de la infraestructura escolar en Chile con respecto a amenazas de origen natural y antrópicas

Autores: Italo Ortiz Oporto, Andrea Soledad Martínez Arias, María José Herrera Ossandón, Valentina Ignacia González Bernal

Condições de Tempo e Desastre Natural: Um Estudo de Caso no Município de Paragominas/PA

Autores: Maurício Matheus, Sara Melissa González Martinez, Gabriel Sollero, Mariana Faria, Guilherme Klaussner

Mapeando mobilidade flutuante

Autores: Maurício Matheus, Sara Melissa González Martinez, Gabriel Sollero, Mariana Faria, Guilherme Klaussner

Vulnerabilidade Frente Aos Eventos Hidrológicos Extremos no Estado do Paraná

Autores: Brendo Washington Lopes Temo, Larissa Maciel Ticianel, Gabrielle Luiza Foschiani de Oliveira, Igor Oscar Alves da Rocha Blum, Allan Rodrigo Nunho dos Reis, Gabriel Henrique de Almeida Pereira, Clovis Cechim Júnior, Flavio Deppe

Concepção de Plano de Contingência para Desastres Associados a Deslizamentos – Estudo para o Município de Belo Horizonte (MG)

Autores: Filemom Henrique Costa Fernandes, Marcos Barreto, Marcio Dertoni

Estudo de Caso Sobre Processos Erosivos no Perímetro Urbano de Bom Jesus das Selvas, Maranhão

Autor(a): Danillo Silva Nunes

Estudo de Correlação Entre Movimentos de Massa e Precipitação Acumulada para o Município de Ouro Preto (MG)

Autores: Gabriela Luísa Simplício Pereira, Bárbara Cristina Mendanha Reis

ARTIGOS COMPLETOS

Análise dos Dados de Danos e Prejuízos por Desastres Hidrológicos nos Municípios Que Margeiam o Rio Taquari/RS
Autores: Barbara Franz ,Ana Maria Bencciveni Franzoni

Desastres Socioambientais no Brasil: Análise Sobre Pequenos Municípios
Autores: Érick Correia Mota, Gabriela Marques Di Giulio, Agostinho Tadachi Ogura, Taís Schiavon, Tatiane B. de Freitas

Emergência Climática no Brasil: Cenário de Multiameaças Aplicado Ao Desastre no Rio Grande do Sul Em 2024
Autores: Anderson Geová Maia de Brito, Caroline Barros de Sales Medeiros, Francisca Leiliane Sousa de Oliveira, Lutiane Queiroz de Almeida, Silvia Saito, Samia Nascimento Sulaiman

Mapa de Perigo de Inundação por Transbordamento de Um Rio Obtido Com Uma Análise Hidrológica Bivariada
Autores: Eduardo Omar Copca Maya, Óscar Arturo Fuentes Mariles, Jesús Gracia Sánchez

Percepção de Risco Em Contextos de Vulnerabilidade: Um Estudo na Comunidade Pinheiros, Rio Branco do Sul – PR
Autores: Fiama Leticia Reis Lima, Liliani Tiepolo, Silvana Marta Tumelero

Predicting Landslides Through Machine Learning Techniques: a Systematic Literature Review
Autores: Zuleide Alves Ferreira, Pedro Cabral

Risco de Eventos Na-tech Motivados por Inundações - Rio Grande do Sul
Autores: Nair Vicenzi Antunes de Quadros, José Carlos de Moura Xavier

Tsunami no Japão e Enchentes no Rio Grande do Sul Sob a Perspectiva dos 3c´s
Autores: Beatriz de Almeida Alcantara, Isabela Antunes de Souza Lima, Eduardo Nascimento Larocca, Amanda Cossich Teixeira, Márcia Marcondes Altimari Samed

Metodologia FLORIPA (Floods Risk Management) para Mapeamento de Áreas de Risco de Inundação - A Proposta da Defesa Civil de Juiz de Fora/MG
Autores: Joviano Elias De Souza Assis, Luís Fernando Martins, Gabriel Felipe Iranço Martins da Silva, Rafael Fabiao, Marcio Aparecido meireles, Wilson Rodrigues Lourinho Netto, Felipe Guedes de Almeida, Ana Carolina Marini Magalhães de Toledo

Evento Extremo de Precipitação Em Nova Iguaçu (rj): Uma Análise do Desastre de Abril de 2022
Autores: Mariana Oliveira da Costa, Lorena Dorigo da Silva Cidade, Camila de Assis Magalhães, Heloisa Dos Santos Barbosa

Estudo de Correlação Entre Movimentos de Massa e Precipitação Acumulada para o Município de Ouro Preto (MG)
Autor(a): Gabriela Luísa Simplício Pereira, Bárbara Cristina Mendanha Reis

Caracterização de Desastres Ocorridos em Janeiro de 2025 na Grande Florianópolis
Autores: Gustavo Bourdot Back, Rafael Augusto dos Reis Higashi

Mapeamento de Risco de Choque Elétrico x Enchentes no Rio de Janeiro
Autores: Flavio Geraldo Nogueira, Flavio O. Santos

357

EIXO 3
RISCOS E DESASTRES TECNOLÓGICOS

RESUMOS

Mapeamento de Riscos Tecnológicos Em Paranaguá-pr: Uma Proposta de Adaptação Metodológica para o Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR)
Autores: Fernanda de Souza Sezerino, Lais Almeida Nadolny da Silva,emerson Luis Tonetti,eduardo Vedor de Paula

Metodologias de Gestão Territorial Aplicadas Ao Planejamento Urbano na Mitigação do Risco Tecnológico de Origem Química
Autores: Tatiane b de Freitas, Ana Lepori, Juciara Ferreira da Silva,erick C. Mota,-taís Schiavon,michele Almeida

Parâmetros para a Delimitação de Áreas de Risco Tecnológico: Contexto Bibliográfico para a Elaboração do Plano Municipal de Redução de Risco do Município de Paranaguá, Paraná, Brasil
Autores: Emerson Luis Tonetti, Leandro Angelo Pereira, Fernanda de Souza Sezerino, Lais Almeida Nadolny da Silva,eduardo Vedor de Paula

Barragem Miringuava: Riscos e Impactos Socioambientais
Autores: Cristiane Meri Pereira Bueno, Yanina Micaela Sammarco, Maria Carolina Maziviero

ARTIGOS COMPLETOS

Avaliação do Risco Ambiental Após Remediação por Escavação no Lixão de Anta (sapucaia, RJ): Eficácia da Intervenção e Implicações para a Gestão de Áreas Contaminadas
Autores: Ricardo Soares, Raissa André de Araújo, Rafaela Naegele Alvernaz, Pablo Vimercati Simas, Augusto Ahn Ka1, Kamille Monteiro Ramos, Marcia Cristina Santiago de Mello, Carlos Eduardo Soares Canejo Pinheiro da Cunha

Gerenciamento de Risco Tecnológico de Origem Química na Ótica do Planejamento Territorial Urbano
Autores: Taís Schiavon, Adelaide Cassia Nardocci

Gestão de Risco Em Desastres Tecnológicos: Mitigação e Preservação do Patrimônio Cultural
Autores: Henrique Piló, Tamires Ferreira Miranda de Souza, Lucas Alves da Silva

Atendimento à Desastres Tecnológicos Vinculados à Incêndios Urbanos: o Caso da Defesa Civil de Juiz de Fora/MG
Autores: Wilson Rodrigues Lourinho Netto, Luís Fernando Martins, Joviano Elias De Souza Assis, Amanda Rodrigues da Silva Oliveira, Diego de Souza Costa, Francisco De Assis Gomes Bergo

406

EIXO 4
GESTÃO DO RISCO, GOVERNANÇA E POLÍTICAS PÚBLICAS NA REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

RESUMOS

Análise das Políticas de Prevenção, Mitigação e Preparação para Desastres Súbitos em Municípios Brasileiros: Uma Abordagem Sistêmica
Autores: Tatiane B. de Freitas, Vinícius Picanço Rodrigues

Base Integrada de Redução dos Riscos e de Resposta a Desastres (BIRD): Um Modelo de Colaboração e Coordenação Interfederativa para Resiliência Local
Autores: Tatiane B. de Freitas, Vinícius Picanço Rodrigues

Integração de Riscos Climáticos nos EIAs Portuários: Avanços e Limitações em Paranaguá
Autores: Pablo Damian Borges Guilherme, Rafael Decio Souza, Rafael Metri

Missão Técnica de Apoio Ao Estado do Rio Grande do Sul: Percepções e Aprendizados
Autores: Marco Antonio Basques Sobrinho, Marcelo Sodré Watanabe, Samir Batista Fernandes, Dénison Cosme Gonçalves da Silva, Márglory Fraga de Carvalho

Modelo de Cooperação Técnica Interfederativa na Promoção de Melhorias da Gestão e Comunicação de Riscos e Desastres: Uma Experiência Entre o Cemaden e a Secretaria de Estado de Defesa Civil de Santa Catarina no Desenvolvimento de Um Sistema de Alerta
Autores: Gabriela Bessa, Pedro Ivo Mioni Camarinha, Frederico de Moraes Rudorff, Victor Marchezini, Matheus Klein Flach, Felipe Raphael Theodorovitz Mendoza, Dieyson Pelinson

Saberes Locais na Gestão de Riscos Hidrológicos: Lições das Enchentes de 2024 no Arquipélago de Porto Alegre
Autores: Juliana Reis, Lucimar de Fátima dos Santos Vieira,Daniela Garcez Wives, Juliana Martellet Job

A Articulação das Metas do Objetivo do Desenvolvimento Sustentável 13 (clima) nos Planos Diretores Municipais: o Caso da Região Metropolitana de Curitiba
Autores: Schirley Nayara Kozak Machado, Luciene Pimentel

Medidas Não Estruturais para a Gestão de Riscos
Autores: Alessandra Cristina Corsi, Gabriel R. M. B. de Araújo, Larissa Mozer Blaudt,Lucas Henrique Sandre, Marcelo Fischer Gramani

Distributed Surface Storages For Flood Mitigation: An Overview Of Benefits And Constraints
Autores: Vassiliki Terezinha Galvao Boulomytis, Luciene Pimentel

Estratégias de Adaptação Climática nos Planos Diretores Municipais: Um Estudo de Casos Múltiplos em Municípios de Pequeno Porte no Sudeste Brasileiro
Autores: Érick Correia Mota, Tatiane Brasil de Freitas, Elisa Pennings, Michele Almeida, Taís Schiavon, Juciara Ferreira da Silva, Fernanda Laham

ESG Risks Management Brazilian Insurance Evolutions 2015 - 2022
Autores: Flavio Geraldo Nogueira, Antonio Roberto Ramos Nogueira, Paula Chimenti

Risk Reduction Measures Of Jacobina-BA
Autores: Lucas Oliveira de Medeiros, Melquisedec Medeiros Moreira, Kátia Alvea Árraes

Comunicar a Emergência Climática: Desafios e Estratégias no Contexto do PN-PDC
Autor(a): Francisco Marcio Marques dos Santos

Cultivo e Plantio do Capim Vetiver Como Solução para a Redução de Riscos Geológicos Em Tinguazinho, Nova Iguaçu/RJ
Autor(a): Rodrigo Bernardo Ramos

ARTIGOS COMPLETOS

Análise de Risco de Escorregamento Com Uso de SIG
Autor(a): Luis Carlos Dias de Oliveira, Renan Dias Alves, Andre de Souza Avelar

Ordenamento Territorial na Redução do Risco de Desastres à Seca no Semiárido Brasileiro: Um Panorama da Região do Seridó Potiguar, Nordeste do Brasil
Autores: Anderson Geová, Lutiane Queiroz de Almeida

Plano de Gestão de Riscos: Um Paradigma Necessário à Resiliência Urbana
Autores: Maria da Glória Braz, André Guilherme Braz de Oliveira

Rede Social de Suporte: Estratégias Com Líderes Comunitários para Gestão Integral de Riscos e de Desastres no Município de Petrópolis – RJ
Autores: Ariel Denise Pontes Afonso, Ricardo Lopes Correia

Análise de Deslizamentos e Enchentes no Estado do Pernambuco, a Partir do Disaster Charter
Autores: Lucas Oliveira de Medeiros, Melquisedec Medeiros Moreira, Kátia Alvea Árraes

Uma Breve Análise Sociológica da Gestão de Risco Em Curitiba
Autores: Carolina Efing, Rodolfo Lobato

Medição Padronizada da Avaliação dos Riscos de Desastres Regionais: O Índice de Avaliação do Risco de Desastres (IARD)
Autores: Leandro S. Camargo, Marcelo Luciano Vieira, Marco Antonio Basques Sobrinho, Rodrigo Werner da Silva, Marcos Paulo Dias da Silva, Sergio Ovidio Wermelinger Goulart

Desafios da Segurança Pública Em Um Contexto de Mudanças Climáticas: Riscos e Soluções
Autor(a): Vitor Mariani de Souza Azevedo

Análise de Ocorrências de Desastres Como Suporte à Compreensão e Gestão de Riscos
Autor(a): Gustavo Bourdot Back, Vivian da Silva Celestino Reginato

Análise de Gestão de Desastres Sob Uma Ótica Sistêmica: Uma Proposta para Cálculo de Resiliência Socioambiental
Autor(a): Gabriela Reis Martins

Publicações de Naim Kapucu Relevantes para o Vi Congresso Sra-la 2025
Autor(a): Alan Ianke dos Santos

Gestão de Risco Nutricional Em Emergências: Avaliação das Cestas Básicas Em Abrigos no Brasil
Autores: Verônica Motta Pimenta Velloso, Renata Gonçalves Faisca, Márcia Motta Velloso

562

EIXO 5
COMUNICAÇÃO EM REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

RESUMOS

Proposta de Aprimoramento do Eixo de Comunicação no Sistema Brasileiro de Alerta Antecipado de Desastres
Autor(a): Fernando Pereira Silva

Ciência Climática e Políticas Públicas: Barreiras e Estratégias Para a Promoção da Adaptação Climática
Autores: Rafael Decio Souza, Rafael Metri, Fernando Henrique Lermen, Sandro Deretti

Amplificação Social do Risco Relativo à Implementação da Tecnologia de Captura e Armazenamento de Carbono (ccs) no Brasil
Autores: Guilherme Porfirio Baccari, Karen Mascarenhas, Sigmar Malvezzii

Explorando o Vazio Acadêmico: Desafios e Oportunidades de Contribuição sobre Gestão de Riscos na Pecuária no Semiárido
Autor(a): Francisco Matheus Barros das Chagas

CEMADEN Educação Digital: Caminhos de (in)formação Teórico-prático para Percepção e Prevenção de Riscos de Desastres
Autores: Antonio Fernando Silveira Guerra, Jeniffer de Souza Faria, Carolina Franco Esteves,Rachel Trajber

Entre Riscos e Desigualdades: Caminhos para Um Jornalismo Climático Comprometido Com a Resiliência Comunitária
Autor(a): Leandro Barbosa

Visagismo Crítico Como Linguagem de Resistência na Emergência Climática: Representação, Identidade e Cuidado
Autor(a): Lilian Moreira de Lima

ARTIGOS COMPLETOS

Comunicação de Risco Em Desastres Naturais: Reflexões Sobre a Resposta Às Enchentes de Maio de 2024 no Sul do Brasil
Autores: Ana Karin Nunes, Laura Valentina da Conceição Oliveira Dias

Comunicação de Risco: Estratégias de Mobilização e Participação Social no Projeto Periferia Sem Risco Colombo-PR
Autores: Pedro Vilhena Bartolome

Desastres "Naturais" Veiculados Pela Mídia: Análise de Discurso da Série Resistência e Reconstrução RBS TV/ Jornal Nacional
Autores: Isabely Mariana Ramos da Silva, Reginaldo Moreira, Caroline de Araujo Haluch,danyelle Stringari

Geografia dos Riscos e Geopoética na Construção de Resiliências Potenciais
Autores: Danieli Barbosa de Araujo, Jeani Delgado Paschoal Moura

Rés do Chão Fraco e Ativo: Segurança Estrutural Vs. Ativação Económica na Cidade do México
Autor(a): José Manuel Arroyo Moreno

641

EIXO 6
EDUCAÇÃO, PARTICIPAÇÃO COMUNITÁRIA E REDES

RESUMOS

Que Casa é Essa? Um Projeto de Educação para Redução de Riscos e Desastres (ERRD) Sobre Habitação Resiliente
Autores: Thiago Thielmann de Araújo, Viviane Japiassu Viana

Análise da Participação Comunitária na Gestão de Riscos de Desastres por Ruptura de Barragens de Minério Em Conceição do Mato Dentro (MG)
Autores: Daniela Martins Louzada, Marcos Barreto, José Luiz Zézere

Monitorando Chuva na Minha Escola: Engajamento da Rede Pública de Ensino de Natal como uma Estratégia de Análise de Eventos Extremos de Chuva
Cláudio Moisés Santos e Silva, Thales Nunes, Itauan Dayvison Gomes de Medeiros, Thiago de Paula Nunes Mesquita, Carlos da Hora,gabriel Victor Silva do Nascimento,pablo Oliveira,maxsuel Bezerra do Nascimento

Educação Ambiental Crítica e Redução Em Risco e Desastres (rrd): Um Caminho Estratégico para a Construção de Comunidades e Cidades Resilientes
Autor(a): Cristiana Marinho da Costa

ARTIGOS COMPLETOS

Educação para Redução de Riscos e Desastres: Experiências no Estado de Santa Catarina/Brasil
Autores: Ariadne Sílvia de Farias, Regina Panceri,Masato Kobiyama

Educação Stem e Aprendizagem Baseada Em Projetos na Promoção da Educação para a Redução de Riscos de Desastres
Autores: Viviane Japiassu Viana, Joice Rodrigues Manso Esteves, Mariana Albuquerque, Bárbara Luciana Duarte do Nascimento, Márcia Magalhães Monteiro Da Fonte, Luciana Fernandes Dias, Esthefani Maciel Chaves

Percepción Del Riesgo Frente a Eventos Climáticos Extremos. El Caso de Los Agricultores Ribereños de La Cuenca Del Río Maule
Autores: Catherine Edith Sepúlveda Méndez, Octavio Rojas, Katia Saez, Esperanza López-Vázquez, Marcela Salgado, Oscar Link

Projeto Escolas Seguras - Desenvolvendo a Resiliência Através da Educação: a Experiência da Cidade de Nova Iguaçu (RJ)
Autor(a): Lorena Dorigo da Silva Cidade, Mariana Oliveira da Costa, Vilson dos Santos Nascimento Júnior, Jorge Ribeiro Lopes

Agentes Voluntários, Públicos e Privados. Jurisdição e Prática Social das Interações Entre Voluntariado e Estado
Autor(a): Vinicius Luiz Correa, Rodolfo Bezerra de Menezes Lobato da Costa

Uma Análise do Ativismo Virtual da Ong Sos Mata Atlântica
Autor(a): Juliana Lima dos Santos

720

EIXO 7
TECNOLOGIAS E INOVAÇÃO EM REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

RESUMOS

Stormboard - Ferramenta Web de Análise, Visualização de Dados Meteorológicos e Emissão de Alertas de Tempo de Alto Impacto
Autores: Marco Antônio Rodrigues Jusevicius, Reinaldo Olmar Kneib, Ana Paula Rocha,Daniel Alexandre Cordeiro,Luciane Cristina Pinheiro,Sheila Radmann da Paz

Evolução da Área Construída Em Terrenos de Alta Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa Em Santo André, SP
Autores: Lucas Henrique Sandre, José Alberto Quintanilha, Alessandra Cristina Corsi

Numerical Modeling Of Debris-flow Processes In Mountain Areas On The Coast Of São Paulo State, Brazil
Autores: Claudia Vanessa dos Santos Corrêa, Fabio Augusto Gomes Vieira Reis,Lucilia do Carmo Giordano, Victor Carvalho Cabral,Vinicius Queiroz Veloso, Caiubi Khun

Precisão na Estimativa de Custos para PMRR: Uma Abordagem Baseada em Planilha Paramétrica

Autores: Raíssa Pignoni dos Santos, Gabriel R. M. B. de Araújo,Alessandra Cristina Corsi

Topographic And Geomorphological Changes In Urban Subdivisions: a Case Study In The Municipality Of Passos (MG) Using Geotechnologies

Autores: Claudia Vanessa dos Santos Corrêa, Milena Almeida de Paula Malaquias, Paulo Henrique Amorim Santos

Utilização de Estações de Missão Crítica para Monitoramento e Previsão de Eventos Hidrometeorológicos Extremos

Autores: Lucas Giacomelli, Graciane Pomatti, Gabriel Muller, Vitor Vilbert, Frederico Rudorff

ARTIGOS COMPLETOS

Geotecnologia para a Gestão de Risco Costeiro: Análise da Variabilidade da Linha de Costa de Matinhos (PR) Após as Obras de Proteção Costeira

Autor(a): Vitória Daia dos Santos Zuza

Gestão de Riscos de Desastres Combinando Clusterização e Tecnologia

Autor(a): Rui Wagner R. Sedor

O Uso da Cartografia Social Como Ferramenta Participativa para a Definição de Ações Pré e Pós Desastres Em Territórios Vulneráveis

Autores: Libia Patricia Peralta Agudelo, Flavia Aparecida Silveira, Eloy Fassi Casagrande Junior, Tamara Simone Van Kaick

Sistema Simplificado para Alerta de Inundações da Bacia do Rio Itapemirim

Autores: Rafael Wolfgramm, Fabio Ahnert

Gestão de Riscos de Desastres da Defesa Civil de Juiz de Fora: Uso da Inteligência Artificial para Monitoramento de Inundações

Autores: Luís Fernando Martins,wilson Rodrigues Lourinho Netto, Joviano Assis, Gabriel Felipe Iranço Martins da Silva, Ana Carolina Marini Magalhães de Toledo, Maciel Vieira da Costa, Francisco de Assis Gomes Bergo, Amanda Rodrigues da Silva Oliveira

GeoSirene: o WebGIS para prevenção de desastres

Autores: Nyelsen Fernandes de Oliveira, Luiara Castro de Lana, Felipe Limeira da Silva, Marcelo Obraczka, Sergio Orlando Antoun Netto

Prototipação de Sistema de Alerta Antecipado de Inundação para Gestão de Riscos

Autores: Larissa Warnavin, Nayana Machado

Uso de Métodos Não Convencionais para Mitigação de Risco de Deslocamento de Massa

Autores: Liliane Frosini Armelin, Alberto Alonso Lázaro, Henrique Dinis

Geração de Informações Topográficas para o Mapeamento de Áreas de Risco Geológico Utilizando Drones e Gnss: Um Estudo de Caso na Cidade de Francisco Morato

Autores: Sergio Vicente Denser Pamboukian, Liliane Frosini Armelin, Alberto Alonso Lázaro, Henrique Dinis

823

EIXO 8

SAÚDE E MEIO AMBIENTE

RESUMOS

Actions Taken By The Nursing Team In Waste Management In The Intensive Care Units: a Cross Sectional Study

Autores: Débora Rodrigues Guerra Probo, Samira Valentim Gama Lira de Alencar, Davi Victor Simão, Lia Gomes da Frota Machado, Luiza Jane Eyre de Souza Vieira

Avaliação do Risco à Saúde Humana Em Área de Lixão Remediada por Escavação: Estudo de Caso no Município de Sapucaia (RJ)
Autores: Ricardo Soares, Raíssa André De Araujo, Rafaela Naegele, Pablo Vimercati Simas, Augusto Ahn Ka1, Kamille Monteiro Ramos,Marcia Cristina Santiago de Mello, Carlos Eduardo Saores Canejo Pinheiro da Cunha

Espirales Ahuyenta Mosquitos. Riesgos para La Salud
Autores: Jorge Zavatti, Luciana Antolini, Susana Isabel García, Julio Navoni

The Ethics And Primary Functions Of The Regional Council Of Psychology Of Rio de Janeiro In Cases Of Emergencies And Disasters
Autores: Victoria Antonieta Tapia Gutiérrez, Ariel Denise Pontes Afonso

Observacional Study On Waste Management In a Large Hospital In Ceará
Autores: Davi Victor Simão, Lia Gomes da Frota Machado, Samira Valentim Gama Lira de Alencar,luiza Jane Eyre de Souza Vieira, Cristina Maria Aleme Romcy

Saúde Ambiental e Qualidade de Vida no Rio Grande do Norte: Uma Análise Baseada no Modelo FPSEEA
Autores: Susana Isabel García, Julio Navoni, Amanda Nogueira Medeiros

Influência das Alterações Climatológicas no Aumento de Casos de Dengue no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil
Autores: Diogo Schott, Gederson Rigoni,fernanda Ribeiro, Raimundo Wilson de Carvalho

ARTIGOS COMPLETOS

Controvérsias Científicas do Princípio da Equivalência Substancial e Implicações na Regulação de Sementes Geneticamente Modificadas
Autores: Heloise Buss, Rodolfo Bezerra de Menezes Lobato da Costa

Mensuração da Exposição Ao Risco de Desastre Sanitário: a Covid-19 na Região Metropolitana de Campinas, SP – Brasil
Autores: Jhonathan Lima de Souza, Aline Pascoalino

Método AHP Aplicado à Análise Integrada da Saúde e Qualidade dos Ecossistemas Aquáticos de Três Rios do Oeste Paranaense
Autores: Fernando Garrido de Oliveira, Lilian Dena dos Santos, Alessandra Svonka Palmeiro, Helena Cristina da Silva de Assis, Maritana Mela Prodocimo

Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde e as Implicações na Segurança Ocupacional
Autores: Davi Victor Simão, Lia Gomes da Frota Machado, Samira Valentim Gama Lira de Alencar, Luiza Jane Eyre de Souza Vieira, Cristina Maria Aleme Romcy

Do Paradigma da Modernidade a Produção dos Riscos Contemporâneos: Novos Conceitos e Novas Possibilidades
Autores: Jhonathan Lima de Souza, Aline Pascoalino

O Panorama dos Desastres Brasileiros Reconhecidos Pelo Governo Federal Em Correlação Ao Covid-19
Autores: Natanael Ronerson Kovalski, Aldira Samantha Garrido Teixeira

903

EIXO 9
GESTÃO E MANEJO DE ANIMAIS

RESUMOS

Exercícios Simulados Como Ferramenta para a Eficácia da Resposta à Fauna Em Incidentes de Derramamento de Petróleo
Autores: Letícia Koproski, Danyelle Stringari, Maíra Zacharias, Amanda Souza Lopes

Modelo de Organograma Estrutural de Resposta à Fauna Em Incidentes de Derramamento de Petróleo
Autores: Letícia Koproski, Danyelle Stringari, Maíra Zacharias, Amanda Souza Lopes

Respostas a Catástrofes Animais: Estudos de Caso no México e no Chile
Autor(a): Jose Felipe Marquez Munoz

Contribución de Los Equinos Trabajadores En La Gestión Integral Del Riesgo a Desastres Con Enfoque En La Resiliencia Comunitaria En Nicaragua
Autores: Fredred Valdivia Flores, Verónica del Pilar Artola Martínez

PREMIAÇÕES

Dentre os artigos apresentados nestes Anais e durante o evento, realizamos o encerramento com a premiação dos melhores trabalhos por eixo temático. As contribuições selecionadas reforçam a produção de conhecimento e o compromisso coletivo com a redução de riscos e desastres na América Latina.

Confira os premiados:

94 EIXO 1
MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Artigo: ¿Pudo la Megasequía inducir efecto olvido antes de las catastróficas inundaciones de Chile del año 2023?

Autores: Octavio Enrique Rojas Vilches, Carolina Arriagada, Pedro Arriagada e Oscar Link

290 EIXO 2
RISCOS E DESASTRES AMBIENTAIS

Artigo: Análise dos Dados de Danos e Prejuízos por Desastres Hidrológicos nos Municípios Que Margeiam o Rio Taquari/RS

Autores: Barbara Franz e Ana Maria Bencciveni Franzoni

369 EIXO 3
RISCOS E DESASTRES TECNOLÓGICOS

Artigo: Gerenciamento de Risco Tecnológico de Origem Química na ótica do Planejamento Territorial Urbano

Autores: Taís Schiavon e Adelaide Cassia Nardocci

453 EIXO 4
GESTÃO DO RISCO, GOVERNANÇA E POLÍTICAS PÚBLICAS NA REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

Artigo: Rede Social de Suporte: Estratégias Com Líderes Comunitários para Gestão Integral de Riscos e de Desastres no Município de Petrópolis – RJ

Autores: Ariel Denise Pontes Afonso e Ricardo Lopes Correia

578 EIXO 5
COMUNICAÇÃO EM RRD

Artigo: Comunicação de Risco: Estratégias de Mobilização e Participação Social no Projeto Periferia Sem Risco Colombo - PR

Autores: Pedro Vilhena Bartolome

648 EIXO 6
EDUCAÇÃO, PARTICIPAÇÃO COMUNITÁRIA E REDES

Artigo: Educação para Redução de Riscos e Desastres: experiências no estado de Santa Catarina/Brasil

Autores: Ariadne Sílvia de Farias, Regina Panceri e Masato Kobiyama

735 EIXO 7
TECNOLOGIAS E INOVAÇÃO EM REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

Artigo: GeoSirene: o WebGIS para prevenção de desastres

Autores: Nyelsen Fernandes de Oliveira, Luiara Castro de Lana, Felipe Limeira da Silva, Marcelo Obraczka, e Sergio Orlando Antoun Netto

841 EIXO 8
SAÚDE E MEIO AMBIENTE

Artigo: Método Ahp Aplicado à Análise Integrada da Saúde e Qualidade dos Ecossistemas Aquáticos de Três Rios do Oeste Paranaense

Autores: Fernando Garrido de Oliveira, Lilian Dena dos Santos, Alessandra Svonka Palmeiro, Helena Cristina da Silva de Assis e Maritana Mela Prodócimo

CURSOS PRÉ-CONGRESSO

CURSO I

Temática: Desenvolvimento de capacidades de gestão de desastres
Carga horária: 4h
Ministrantes: Cap. Marcos Vidal e Major Daniel Lorenzetto
Ementa: Foram abordados o cenário de desastre, a introdução ao Sistema de Comando de Incidentes (SCI), sua aplicação prática e, ao final, foi realizado um simulado para consolidação dos conhecimentos.

CURSO II

Temática: Gestão dos riscos de afogamento em meio líquido no município
Carga horária: 4h
Ministrantes: Ten-Cel. Dr. David Szpilman, Cel. Edimilson de Barros, Ten-Cel. Antonio Schinda
Ementa: Foram apresentadas práticas atualizadas desenvolvidas por profissionais da segurança pública em diversos municípios do país. Ao final, os participantes compreenderam o problema dos afogamentos, souberam identificar áreas de risco e como elaborar planos de contingência.

CURSO III

Temática: Mapeamentos de risco e a regularização fundiária
Carga horária: 4h
Ministrantes: Dr. Eduardo Macedo
Ementa: Discutiu-se o papel da regularização fundiária na segurança urbana, com foco na importância da análise de risco como premissa essencial para o processo de legalização de áreas com parcelamentos irregulares.

CURSO IV

Temática: Primeiros socorros psicológicos
Carga horária: 3h
Ministrantes: Dra. Esperanza Lopez
Ementa: O curso apresentou o protocolo dos primeiros socorros psicológicos (PSP) como ferramenta de intervenção em situações de crise. Foram explorados conceitos de desastres, agentes perturbadores, emergências psicológicas e estratégias de contenção emocional. A formação incluiu uma atividade prática de aplicação dos conhecimentos.

CURSO V

Temática: Cartografia dos riscos socioambientais: metodologias e estratégias para a RRD
Carga horária: 4h
Ministrantes: Dra. Ariadne Farias
Ementa: Foram apresentadas metodologias participativas de mapeamento de riscos socioambientais e estratégias para a redução de riscos de desastres (RRD). O curso envolveu aplicação prática de mapas técnicos, mapeamento comunitário e uso de ferramentas como Google Earth e ícones do COBRADE.

CURSO VI

Temática: Avaliações de risco ambiental em áreas contaminadas e o risco urbano
Carga horária: 3h
Ministrantes: Dra. Rosa M. F. Serrano
Ementa: Abordou-se a avaliação ambiental de locais contaminados no contexto urbano, tratando de conceitos como risco urbano, urbanização e contaminação, e avaliações de risco à saúde humana e ecológica.

CURSO VII

Temática: Construindo resiliência: estratégias intersetoriais e aplicação de Scorecard
Carga horária: 4h
Ministrantes: Diretor Sidnei Furtado, Esp. Heloisa Fava Fagundes, Esp. Anne A. D. dos Santos
Ementa: O curso discutiu conceitos fundamentais de resiliência e gestão de riscos, com ênfase na intersetorialidade. Foram apresentados métodos de planejamento e ferramentas como o Scorecard UNDRR. A formação incluiu dinâmicas e simulações práticas.

CURSO VIII

Temática: Avaliação de riscos em estruturas
Carga horária: 4h
Ministrantes: Diretor Wilson R. L. Netto
Ementa: Foram tratados os riscos tecnológicos relacionados a estruturas como edificações e barragens. Discutiram-se mecanismos de deterioração, patologias construtivas, incêndios, autoconstruções e o papel da Defesa Civil em vistorias e ações preventivas.

CRONOGRAMA

SEGUNDA (19/05)
CURSOS PRÉ CONGRESSO

HORA	CRONOGRAMA
8H	Credenciamento
8H30	**CURSO I** Desenvolvimento de Capacidades de Gestão de Desastres Cap. Marcos Vidal, BRA (CBMPR, CEDEC PR)
8H30	**CURSO II** Gestão dos Riscos de Afogamento em meio líquido no município Cel BM RR. Edmilson de Barros, BRA (SOBRASA); Cel BM. Antonio Schinda, BRA (SOBRASA); Ten- Cel BM. Fabrício Frazatto dos Santos, BRA (SOBRASA); Cap BM. Jônatas Barrionuevo Theodoro, BRA (SOBRASA); Promotor de Justiça. Angelo Mazzuchi Santana Ferreira, BRA (SOBRASA)
8H30	**CURSO III** Mapeamento de Risco e a Regularização Fundiária Dr. Eduardo Macedo, BRA (Instituto de Pesquisas Tecnológicas- IPT)
9H30	**CURSO IV** Primeiro auxílios psicológicos Dra. Esperanza Lopez, MEX (Sociedade de Risco Latino Americana- SLA, Universidad Autónoma del Estad de Morelos- UAEM)
12H30	**INTERVALO PARA ALMOÇO**
13H30	**CURSO V** Cartografia dos Riscos Socioambientais: Metodologias e estratégias para a Redução de Risco e Desastres (RRD) Dra. Ariadne Farias, BRA (Universidade do Vale do Itajaí – Univali)
13H30	**CURSO VI** Avaliações do Risco Ambiental em Áreas Contaminadas e o Risco Urbano Ph.D. Rosa Maria Flores Serrano, MEX (Sociedade de Risco Latino Americana- SLA, Instituto de Ingeniería de la UNAM-UNAM)
13H30	**CURSO VII** Construindo Resiliência: Estratégias intersetoriais e aplicação de scorecard Coordenador regional e Diretor, Sidnei Furtado, BRA (REDEC); Esp. Heloisa Fava Fagundes, BRA (Prefeitura de Campinas/ Coordenadora da Fiscalização Ambiental); Esp. Anne Andrea Dutra dos Santos, BRA (Prefeitura de Campinas/Autoridade Sanitária e Coordenadora Departamental de Fiscalização de Alimentos)
13H30	**CURSO VIII** Avaliação de Riscos em Estruturas - Riscos Tecnológicos (REMOTO) Wilson Rodrigues Lourinho Netto, BRA (Diretor de Gestão de Riscos de Desastres da Defesa Civil de Juiz de Fora)
15H30	**INTERVALO COFFEE**
16H 18H	**RETORNO DOS CURSOS PRÉ-CONGRESSO**

TERÇA (20/05)
CONGRESSO

HORA	CRONOGRAMA
8H	Credenciamento e Coffee de boas vindas
9H	**SOLENIDADE DE ABERTURA**
9H45	**PALESTRA MAGNA** Ph. D, Carlos A. Nobre, BRA (Professor titular da Cátedra Clima & Sustentabilidade do Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo (USP), co- presidente do Painel Científico para a Amazônia (SPA) e membro do Planetary Guardians)
10H45	**PAINEL I** **EIXO TEMÁTICO I** Mudanças climáticas Ph. D, Francisco Mendonça, BRA (Universidade Federal do Paraná- UFPR); Dra. Sandra Isabel Cortés Arancíbia, CHL (Pontificia Universidad Católica de Chile- PUC Chile); Ph. D, José Antonio Marengo Orsini, PER (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais- CEMADEN); Ph. D, Osvaldo de Moraes, BRA (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação- MCTI)
13H30	**PAINEL II** **EIXO TEMÁTICO II** Riscos e desastres ambientais Ph. D. Danyelle Stringari, BRA (Sociedade de Risco Latino Americana- SLA, Universidade Estadual do Paraná- UNESPAR, Centro de Estudos e Pesquisas sobre Desastres- CEPED/PR); Ph. D. Samia Nascimento Sulaiman, BRA (Ministério das Cidades); Ph. D. Hugo F. Murcia - COL (Sociedade de Risco Latino Americana- SLA, Universidade de Caldas); Dr. Tiago Antonelli, BRA (Serviço Geológico do Brasil- SGB)
14H30	Sessão de Posters Apresentação de Artigos Completos - Sala Ponta Grossa: Eixo I e V - Sala Francisco Beltrão: Eixo II - Sala Maringá: Eixo VII
16H30	**INTERVALO COFFEE**
16H50 18H30	**PAINEL III** **EIXO TEMÁTICO VII** Tecnologias e inovação em RRD Ph.D. Danyelle Stringari, BRA (Sociedade de Risco Latino Americana- SLA, Universidade Estadual do Paraná- UNESPAR, Centro de Estudos e Pesquisas sobre Desastres- CEPED/PR); Me. Nahuel Filippini, ARG (Universidad Nacional de San Antonio de Areco- UNSAdA); Ph. D. Carlos Augusto Uribe Perez, PAN (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura- UNESCO); Marco Antonio R. Jusevicius, BRA, Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (SIMEPAR)

QUARTA (21/05)
CONGRESSO

HORA	CRONOGRAMA
8H	Credenciamento
9H	**PALESTRA MAGNA** Ph. D, James H. Lambert, USA (Society for Risk Analysis- SRA, The University of Virginia, American Association for the Advancement of Science-AAAS, Institute of Electrical and Electronics Engineers- IEEE, American Society of Civil Engineers- ASCE/F. ASCE)
9H40	**PAINEL IV** **EIXO TEMÁTICO III** Riscos e Desastres Tecnológicos Ph. D, Elizabeth Nunes, BRA (Universidade Federal do ABC- UFABC, Engine Engenharia LTDA); Esp. Cid Atusi Outi, BRA (Petrobras Transporte S.A- TRANSPETRO); Dra. Fabiani Tomaz, BRA (Fundação Estadual de Proteção Ambiental- FEPAM); Dra. Cecilia Izcapa Treviño, MEX (Centro Nacional de Prevención de Desastres-CENAPRED); José Lúcio Silva, BRA (Diretor de Relações Institucionais - Grupo AMBIPAR)
11H	**INTERVALO COFFEE**
11H20	**PAINEL V** **EIXO TEMÁTICO V** Comunicação em Redução de Riscos e Desastres (RRD) Cap. Marcos Vidal, BRA (Corpo de Bombeiros Militar do Paraná-CBMPR, Coordenadoria Estadual da Defesa Civil- CEDEC PR); Dra. Esperanza Lopez, MEX (Sociedade de Risco Latino Americana- SLA, Universidad Autónoma del Estad de Morelos- UAEM); Esp. Armin Braun, BRA (Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres - CENAD, Faculdade de Ciências de Wenceslau Braz- FACIBRA); Ph. D. Eloisa Beling Loose, BRA (Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS); Ph. D. Cilene Victor da Silva, BRA (Universidade Metodista de São Paulo-UMESP e FGV LAW)
13H	**INTERVALO PARA ALMOÇO**
14H30	Sessão de Posters Apresentação de Artigos Completos - Sala Ponta Grossa: Eixo I - Sala Francisco Beltrão: Eixo II - Sala Maringá: Eixo IV - Sala Guarapuava: Eixo VI
16H30	**INTERVALO COFFEE**
16H50 18H	**PAINEL VI** **EIXO TEMÁTICO VI** Educação, Participação comunitária e Redes Dra. Esperanza Lopez, MEX (Sociedade de Risco Latino Americana- SLA, Universidad Autónoma del Estad de Morelos- UAEM); Ph. D. Lutiane Almeida, BRA (Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN); Ph. D. Rachel Trajber, BRA (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais- CEMADEN); Me. Fernanda Sezerino, BRA (Universidade Federal do Paraná-UFPR); Cel. Dr. Fernando Schunig, BRA (Corpo de Bombeiros Militar do Paraná -CBMPR, Coordenadoria Estadual da Defesa Civil- CEDEC PR)

QUINTA (22/05)
CONGRESSO

HORA	CRONOGRAMA
8H	Credenciamento
9H	**PALESTRA MAGNA** Ph. D, Carlos Augusto Uribe Perez, PAN (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura- UNESCO)
9H40	**PAINEL VII** **EIXO TEMÁTICO IV** Gestão de Risco, Governança e Políticas Públicas Dr. Eduardo Macedo, BRA (Instituto de Pesquisas Tecnológicas- IPT); Ph. D, Carlos Augusto Uribe Perez, PAN (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura - UNESCO); Ph. D, Joel A. Goldenfum, BRA (Instituto de Pesquisas Hidráulicas -IPH da Universidade Federal do Rio Grande do Sul- UFRGS)
11H	**INTERVALO COFFEE**
11H20	**PAINEL VIII** **EIXO TEMÁTICO VIII** Saúde e Meio Ambiente Dra. Susana Garciá Acumar, ARG (Sociedad Iberoamericana de Salud Ambiental, SIBSA--Argentina); Universidade do Panamá-UP); Ph. D. Carlos Freitas, BRA (Instituto Carlos Chagas-FIOCRUZ); Ten-Cel RR BM DF. Daniela da Cunha Lopes, BRA (Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal-CBMDF); Ph. D. Julio Navoni, ARG (Universidade Federal do Rio Grande do Norte- UFRN)
13H	**INTERVALO PARA ALMOÇO**
14H30	Sessão de Posters Apresentação de Artigos Completos - Sala Guarapuava: Eixo III e VII - Sala Maringá: Eixo IV - Sala Francisco Beltrão: Eixo V - Sala Ponta Grossa: Eixo VIII
16H30	**INTERVALO COFFEE**
16H50	**PAINEL IX** **EIXO TEMÁTICO IX** Ninguém fica pra trás: Integrando o Manejo dos Animais na Gestão dos Desastres Dra. Letícia Koproski, BRA (Instituto Água e Terra- IAT/GFMC); Ph. D. Aldair Pinto, BRA (Associação Brasileira de Medicina Veterinária Legal- ABMVL, Comissão Nacional de Desastres em Massa Envolvendo Animais- CFMV; Centro Universitário de Belo Horizonte - UniBH); Dra. Vânia Plaza, BRA (Grupo de Resposta a Animais em Desastres-GRAD); Ph. D. Rodolfo Pinho da Silva Filho, BRA (Aiuká Consultoria Ambiental)
18H	**REUNIÃO PLENÁRIA DE TRANSIÇÃO DO CONSELHO EXECUTIVO DA SRA- LA** ENCERRAMENTO E PREMIAÇÃO DOS TRABALHOS SUBMETIDOS Danyelle Stringari (Presidente); Alessandra Cristina Corsi (Presidente da Comissão Científica); Rosa María Flores Serrano (Secretária); Octavio Enrique Rojas Vilches (Tesoureiro); Cintia Okamura (Conselheira); Elizabeth Nunes Alves (Conselheira); Esperanza López- Vázquez; Hugo Fernando Murcia Agudelo (Presidente eleito) ; Luis Abdón Cifuentes Lira (Presidente Cessante)
19H	Confraternização de Encerramento (por adesão)

SEXTA (23/05)
VISITAS TÉCNICAS

HORA	CRONOGRAMA
8H30 13H30	**Visita Técnica - I** Aterro Sanitário do Caximba Turma única Ponto de Encontro: Av. Com. Franco, 1341 - Jardim Botânico (Centro de Eventos da FIEP)
9H 10H	**Visita Técnica - II** Coordenadoria Estadual da Defesa Civil (CEDEC)/ Centro Estadual de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CEGERD) (1h de duração) Turma 1 Ponto de Encontro: Rua Jacy Loureiro de Campos, 6 - Centro Cívico
9H30 11H	**Visita Técnica - III** Gestão de Reservatórios e Segurança de Barragens da Companhia Paranaense de Energia S.A. (COPEL) (1h30 de duração) Turma 1 Ponto de Encontro: Rua José Izidoro Biazetto, 158 - Mossunguê
10H 11H	**Visita Técnica - II** Coordenadoria Estadual da Defesa Civil (CEDEC)/ Centro Estadual de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CEGERD) (1h de duração) Turma 2 Inscrições a partir do dia 19/05 Ponto de Encontro: Rua Jacy Loureiro de Campos, 6 - Centro Cívico
10H 11H	**Visita Técnica - IV** Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (SIMEPAR) (1h de duração) Turma 1 Inscrições a partir do dia 19/05 Ponto de Encontro: Centro Politécnico da UFPR Rua, Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 210
14H 15H	**Visita Técnica - IV** Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (SIMEPAR) (1h de duração) Turma 2 Ponto de Encontro: Centro Politécnico da UFPR Rua, Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 210
14H 15H	**Visita Técnica - II** Coordenadoria Estadual da Defesa Civil (CEDEC)/ Centro Estadual de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CEGERD) (1h de duração) Turma 3 Ponto de Encontro: Rua Jacy Loureiro de Campos, 6 - Centro Cívico
15H 16H	**Visita Técnica - II** Coordenadoria Estadual da Defesa Civil (CEDEC)/ Centro Estadual de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CEGERD) (1h de duração) Turma 4 Ponto de Encontro: Rua Jacy Loureiro de Campos, 6 - Centro Cívico
15H 16H30	**Visita Técnica - III** Gestão de Reservatórios e Segurança de Barragens da Companhia Paranaense de Energia S.A. (COPEL) (1h30 de duração) Turma 2 Ponto de Encontro: Rua José Izidoro Biazetto, 158 - Mossunguê

EIXO TEMÁTICO 1

MUDANÇAS CLIMÁTICAS

RESUMOS

Essay on Organic Carbon Estimation in No-Tillage System

Ensaio sobre a Estimativa de Carbono Orgânico em Sistema de Plantio Direto

Eliziane Pinheiro de Oliveira[1], Bruno dos Santos Lemes[2] e Yasmmin Tadeu Costa[3]
[1]Universidade Estadual do Centro-Oeste, elizianepinheiro356@gmail.com
[2]Universidade Estadual do Centro-Oeste, brunollemmes@gmail.com
[3]Universidade Estadual do Centro-Oeste, yasmmincosta@unicentro.com

RESUMO

Introdução: O Sistema Plantio Direto (SPD), transformou a forma de cultivo desde os anos 1970. Suas premissas incluem: 1) manutenção de cobertura morta sobre o solo; 2) não revolvimento do solo, exceto na linha de semeadura; e 3) diversificação com rotação de culturas. Destaca-se que essa prática melhora a estrutura do solo, aumenta a diversidade biológica, conserva a água no solo e fortalece os ciclos biogeoquímicos, promovendo o sequestro de carbono. Os solos, como terceiro maior reservatório de carbono da Terra, têm um papel importante na mitigação das mudanças climáticas. Assim, compreender e prever o sequestro de carbono do solo é crucial. Portanto, o objetivo deste ensaio foi verificar o Carbono Orgânico Total (COT) na camada superficial do solo em uma área sob cultivo de plantio direto em relação a uma floresta secundária. Metodologia**:** O estudo foi conduzido na região centro-sul do Paraná, Brasil, em uma área experimental de 1,21 hectares, situada no Campus CEDETEG da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava/PR, a 1120 m de altitude. O solo foi classificado como Latossolo Bruno distrófico alumínico. A área sob SPD vem sendo cultivada há oito anos. No ciclo 2023/2024, foram cultivados milho e soja, com aveia preta no inverno de 2023. No ciclo anterior (2022/2023), a cultura principal foi o milho, sendo a aveia cultivada no inverno de 2022. Foram coletadas 9 amostras na profundidade de 0-5 cm e repetido o procedimento em floresta secundária adjacente. O carbono orgânico total (g kg^{-1}) foi determinado pelo método de Walkley e Black. A análise estatística incluiu estatística descritiva (média e desvio padrão), ANOVA e teste de Tukey para comparação de médias. Resultado: O COT na camada 0-5 cm apresentou média de 18,13 ± 2,03 g dm^{-3} no SPD e 19,00 ± 1,88 g dm^{-3} na floresta secundária, sem diferenças significativas entre os usos. Conclusão: O SPD apresentou teores de COT similares aos observados na floresta, o que pode indicar a importância dessa prática no manejo de baixa emissão de carbono, reafirmando resultados já consolidados sobre a prática. Ainda, estudos que avaliem como manejos integrados com plantio direto podem ajudar nos estoques de carbono são recomendados, visando a preservação de ciclos biogeoquímicos com a garantia de produção de alimentos.

Palavras-chave: Sistema conservacionista. Mudanças Climáticas. Sequestro de Carbono. Sustentabilidade Agrícola.

ABSTRACT

Introduction: The No-Tillage System (NTS) has transformed farming practices since the 1970s. Its principles include: 1) maintaining crop residue cover on the soil; 2) no soil disturbance, except in the seeding row; and 3) diversification through crop rotation. This practice is notable for improving soil structure, increasing biological diversity, conserving soil moisture, and strengthening biogeochemical cycles, promoting carbon sequestration. Soils, as the third-largest carbon reservoir on Earth, play a crucial role in mitigating climate change. Therefore, understanding and predicting soil carbon sequestration is essential. The objective of this study was to assess Total Organic Carbon (TOC) in the surface soil layer in a no-tillage cultivated area compared to a secondary forest. Methodology: The study was conducted in the south-central region of Paraná, Brazil, in a 1.21-hectare experimental area located at the CEDETEG Campus of the State University of the Center-West, Guarapuava/PR, at an altitude of 1120 m. The soil was classified as a dystrophic aluminic Humic Rhodic Hapludox. The NTS area has been under cultivation for eight years. In the 2023/2024 cycle, corn and soybeans were grown, with black oats in the winter of 2023. In the previous cycle (2022/2023), the primary crop was corn, and oats were grown in the winter of 2022. Nine soil samples were collected at a depth of 0-5 cm, and the procedure was repeated in an adjacent secondary forest. Total organic carbon (g kg^{-1}) was determined using the Walkley-Black method. Statistical analysis included descriptive statistics (mean and standard deviation), ANOVA, and Tukey's test for mean comparison. Results: TOC in the 0-5 cm layer averaged 18.13 ± 2.03 g dm^{-3} in NTS and 19.00 ± 1.88 g dm^{-3} in the secondary forest, with no significant differences between land uses. Conclusion: The NTS presented TOC levels similar to those observed in the forest, which may indicate the importance of this practice in low-carbon emission management, reaffirming well-established findings on the system. Additionally, studies evaluating how integrated management practices with no-tillage can contribute to carbon storage are recommended, aiming to preserve biogeochemical cycles while ensuring food production.

Keywords: Conservation system. Climate Change. Carbon Sequestration. Agricultural Sustainability.

RESUMO - 01 - MUDANÇAS CLIMÁTICAS

INDICATORS FOR ASSESSING URBAN RESILIENCE TO FLOODS: AN ECOSYSTEM-BASED APPROACH FOR COASTAL CITIES IN CHILE

Fabián Marcelo Pacheco Zenteno (fapacheco@udec.cl)

Octavio Enrique Rojas Vilches (ocrojas@udec.cl)

The increasing impact of devastating floods, driven by unplanned urbanization in exposed areas and exacerbated by the growing frequency and intensity of these events due to climate change, has generated rising interest within the academic community in resilience studies as an alternative to traditional flood management, which relies on the construction of leeves, dams, or channeling to withstand floods. This has spurred efforts to understand the factors and metrics that define urban resilience. However, although approaches vary depending on the region or the specific focus of researchers, few studies examine the role of natural ecosystems in urban environments, such as lakes, lagoons, wetlands, or riverbanks, as a resilience approach aligned with Nature-based Solutions (NbS), as risk mitigation and adaptation measures by communities. This study proposes a set of indicators to characterize urban resilience to floods in coastal cities of central-southern Chile, emphasizing the potential contribution of each city's natural ecosystems. To achieve this, a literature review was conducted using the Web of Science and Scopus databases, employing keywords related to urban resilience assessment against floods. From this analysis, a list of commonly used indicators in various global methodologies was obtained. These indicators were then adapted to the local context and available information at the municipal scale before being classified into four

dimensions. As a result, 34 urban resilience indicators were identified and grouped into four domains. The first includes nine indicators related to housing and infrastructure, focusing on the exposure and condition of housing, road networks, and critical facilities. The second corresponds to the social dimension, with seven indicators evaluating the characteristics and cohesion of exposed communities. The third domain, consisting of eleven indicators, analyzes the role of institutions and their progress in local-scale risk management regarding floods. Finally, the fourth domain focuses on ecosystem conservation and functionality, using ten indicators to assess ecosystem health and its natural capacity to retain and adapt to flooding processes. This proposal incorporates the multifactorial perspective of urban resilience to floods analyses developed by various authors at the international level while emphasizing the integration of the NbS approach as an adaptive solution capable of strengthening resilience in flood-exposed municipalities that have chosen to protect or restore their natural ecosystems.

Palavras-chave: floods; climate change; urban resilience to floods; natural based solutions.

RESUMO - 01 - MUDANÇAS CLIMÁTICAS

MUDANÇAS CLIMÁTICAS: QUESTÃO DE SAÚDE PÚBLICA E IMPERATIVO ÉTICO E MORAL PARA TERAPEUTAS OCUPACIONAIS

Fernanda Ribeiro (fernandalaisribeiro@estudante.ufscar.br)

Lilian Magalhaes (lmagalhaes@ufscar.br)

Diogo Schott (diogo.schott@yahoo.com)

As alterações climáticas, a perda da biodiversidade, a desflorestação e as frequentes inundações, principalmente quando associadas aos eventos extremos, acarretam modificações no ambiente. Estes fenômenos têm potencial de desencadear crises sanitárias, possibilitando surtos de diversos agravos, os quais afetam o bem-estar mental, físico, social, espiritual e econômico de indivíduos, grupos e ou populações, resultando em ameaça de rotinas que apoiam o envolvimento em ocupações significativas e podem interromper padrões sociais que promovem a resiliência. A área tem dramática relevância na atualidade e a inserção de terapeutas ocupacionais é vital por seus compromissos com o bem-estar ocupacional das populações. Com isso, busca-se identificar o estado da arte das contribuições de terapeutas ocupacionais na resposta aos afetados por inundações. Um mapeamento sistemático da literatura foi conduzido nas bases de dados BVS, PubMed e Scielo. Foram inclusos artigos publicados nos idiomas espanhol, inglês e português, sem restrição temporal. A busca aplicou os descritores em inglês (floods, climate change, occupational therapy) combinados ao operador booleano AND. Como critério de inclusão, identificou-se ações e experiências acumuladas no âmbito

da terapia ocupacional. Foram incluídas, notadamente, ações de terapeutas ocupacionais em eventos climáticos extremos (inundação), a partir de estudos revisados por pares, com desenhos de métodos quantitativos, qualitativos e mistos. Nesses requisitos, incluíram-se informações sobre a localização, tipo de ocorrência, ano, ações de terapeutas ocupacionais, além de outros elementos importantes em cada publicação. Foram identificados (69) estudos, dos quais tiveram os seus títulos e resumos examinados e, em seguida, importados para o Mendeley (Elsevier) para leitura na íntegra. Foram excluídos os estudos que não atenderam aos critérios de inclusão (59). Os dados dos estudos incluídos (10) foram extraídos e terão os seus resultados apresentados em um fluxograma. Análises quantitativas e qualitativas foram realizadas, com descrição e categorização dos componentes-chave, examinando as eventuais relações entre resultados e objetivos. O mapeamento sistemático conseguiu apontar aspectos peculiares da inserção de terapeutas ocupacionais nesse campo de conhecimento, os quais contribuem na educação e modificação do estilo de vida para apoiar indivíduos na prevenção e gestão de doenças, na defesa de ambientes que promovem ocupações sustentáveis, bem como no resgate da participação em ocupações significativas. Essa contribuição deverá melhorar a formação de profissionais e o desenvolvimento de metodologias capazes de examinar os fenômenos ocupacionais nesse âmbito, além de favorecer e informar a formulação de políticas públicas relativas ao desempenho desses profissionais.

Palavras-chave: inundação; terapia ocupacional; mudança climática; crise sanitária; desastre.

RESUMO - 01 - MUDANÇAS CLIMÁTICAS

EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO ASSOCIADOS A DESASTRES NA CIDADE DE NATAL, BRASIL

Daniele Tôrres Rodrigues (mspdany@yahoo.com.br)

Lara Andrade (lara.ufrn@gmail.com)

Flávia Ferreira Batista (flavia.batista@ifes.edu.br)

Marcos Samuel Matias (marcos.matias@ufra.edu.br)

Jório Bezerra Cabral Júnior (jorio.cabral@igdema.ufal.br)

Fidel Ernesto Castro Morales (fidel.castro@ufrn.br)

Cláudio Moisés Santos E Silva (claudio.ufrn@gmail.com)

Em 2020, o Ministério Público do Estado do Rio Grande do Norte identificou 108 locais em Natal, a capital estadual, sujeitos a alagamentos e inundações pluviais. Esses desastres representam uma ameaça significativa, impactando diretamente a vida da população através de danos à saúde, interrupções na mobilidade urbana, sobrecarga dos sistemas de infraestrutura e prejuízos econômicos em propriedades públicas e privadas. Este cenário é particularmente preocupante para grupos vulneráveis, que enfrentam maiores desafios em situações de emergência. Diante disso, o presente estudo visa quantificar a probabilidade e os períodos de retorno de eventos extremos de precipitação em Natal, além de relacionar esses eventos com a incidência de desastres naturais. Para tal, aplicou-se a distribuição Generalizada de

Valores Extremos aos dados diários de precipitação (mm/dia) registrados no período de 1991 a 2023. Os resultados mostram que os meses entre março e julho concentram a maior frequência de eventos extremos de precipitação, com probabilidades entre 52% e 74% para chuvas superiores a 50 mm/dia. Esses meses coincidem com 83% dos desastres naturais registrados entre 2016 e 2022. Nos dias dos registros desses eventos foram observados quantitativos de chuva entre 30 mm/dia e 135 mm/dia influenciadas pela Zona de Convergência Intertropical e os Distúrbios Ondulatórios de Leste. A análise também revelou que eventos extremos de precipitação superiores a 30 mm/dia são esperados anualmente, enquanto aqueles superiores 100 mm/dia são esperados a cada 5 anos em Natal. Esses resultados reforçam a necessidade de integrar políticas públicas de planejamento urbano com estratégias de mitigação de desastres, considerando a sazonalidade e a variabilidade interanual dos eventos de precipitação extrema. Os meses críticos demandam atenção especial para evitar prejuízos à população e à infraestrutura urbana. As contribuições deste estudo são fundamentais para subsidiar políticas de gestão de riscos e planejamento urbano em Natal. Além de identificar padrões de risco associados à precipitação extrema, os resultados fornecem uma base científica para ações preventivas e adaptativas, ajudando a reduzir a vulnerabilidade da população local.

Palavras-chave: período de retorno; distribuição generalizada de valores extremos; chuva.

RESUMO - 01 - MUDANÇAS CLIMÁTICAS

AGRICULTURAL CLIMATE RISK ASSOCIATED WITH THE OCCURRENCE OF EXTREME EVENTS IN THE MATOPIBA REGION, BRAZIL

Layara Campelo Dos Reis (layaracampelo@ifpi.edu.br)

Cláudio Silva (claudiom8@gmail.com)

Bergson Bezerra (bergson.bezerra@gmail.com)

The identification of the spatial and temporal variability of meteorological variables, as well as of climate extreme events, such as the duration of dry spells, duration of warm spells and rainfall intensity, is crucial for agrometeorological studies, since they can negatively impact yields through the exposure of the crop to critical conditions. Thus, this study analyzed trends in 23 rainfall and temperature climate extreme indices in the MATOPIBA region, currently a strategic area for investments in soybean cultivation, playing a major role in ensuring global food security. Daily time series of rainfall and temperature (maximum and minimum) data in the 1980-2013 period were used, arranged in a 0.25° x 0.25° grid, covering 963 points over the studied region. The data set was submitted to cluster analysis, the Mann-Kendall non-parametric test and extremes indices and their trends were estimated through the RClimdex software. Trends in rainfall rates and in mean, maximum and minimum temperatures were evaluated for each cluster and shifts from the climatological patterns of these variables were detected. Only some of the rainfall climate extreme indices presented significant increase and/or decrease in the CI and CII subregions. On the other hand, there was a significant increase in almost all temperature climate

extreme indices in all clusters. Regarding trends in extreme climate indicators of precipitation and temperature, this study contributes to what is actually evidenced in the scientific literature regarding the occurrence of climate change, mainly in the increase in the frequency of extreme events. The persistency of these trends may lead to impacts on soybean cultivation in the MATOPIBA region, and therefore these results are crucial for the elaboration of strategies for agricultural planning.

Palavras-chave: trends; rclimdex; soybean.

RESUMO - 01 - MUDANÇAS CLIMÁTICAS

INFLUENCE OF CLIMATE VARIABILITY ON SOYBEAN YIELD IN MATOPIBA, BRAZIL

Layara Campelo Dos Reis (layaracampelo@ifpi.edu.br)

Cláudio Silva (claudiom8@gmail.com)

Bergson Bezerra (bergson.bezerra@gmail.com)

The objective of this study was to analyze the influence of large-scale atmospheric-oceanic mechanisms (El Niño-Southern Oscillation - ENSO and the inter-hemispheric thermal gradient of the Tropical Atlantic) on the spatial-temporal variability of soy yield in MATOPIBA. i) daily meteorological data from 1980-2013 (Xavier et al., 2016); ii) (chemical, physical and hydric) properties of the predominant soil class in the area of interest, available at the World Inventory of Soil Emission Potentials platform; iii) genetic coefficients of soybean cultivar with Relative Maturity Group adapted to the conditions of the region, available in literature were used. The simulations were performed using the CROPGRO-Soybean culture model of the DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) system, considering sowing dates between the months of October and December of 33 agricultural years, as well as for three meteorological scenarios (climatology, favorable-wet and unfavorable-dry). Results showed that the different climate scenarios can alter the spatial patterns of agricultural risk, based on the probability of loss due to water deficit, in addition, climate effects were the main factor controlling the attainable productivity of

soybeans. In the favorable-wet scenario, there was greater probability of an increase in yield and a greater favorable window for sowing soybean, while the opposite is true. However, considering the unfavorable-dry scenario, in some areas the reduction in yield losses will depend on the chosen planting date. Therefore, the results may contribute to the development of solutions and guidance in decision-making by agents in the production chain that aim to minimize climate impacts on soybean cultivation in MATOPIBA.

Palavras-chave: enso; tropical atlantic; sst dipole; agrometeorology.

RESUMO - 01 - MUDANÇAS CLIMÁTICAS

MUDANÇAS NOS EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO NO NORDESTE DO BRASIL ENTRE 1961 E 2023

Jean Souza Dos Reis (jean.dosreis@hotmail.com)

Fabricio Daniel Dos Santos Silva (fabricio.santos@icat.ufal.br)

Jório Bezerra Cabral Júnior (jorio.cabral@igdema.ufal.br)

Helder José Farias Da Silva (helder.silva@icat.ufal.br)

A precipitação é um dos elementos climáticos mais impactados pelas mudanças climáticas globais, com efeitos significativos sobre recursos hídricos, desastres naturais e atividades socioeconômicas. O Nordeste do Brasil (NEB) é uma região particularmente vulnerável a eventos extremos, como estiagens prolongadas e chuvas intensas, que podem desencadear crises hídricas e deslizamentos de terra. Neste estudo, analisamos as tendências de precipitação nas capitais do NEB no período de 1961 a 2023, com ênfase em mudanças na frequência e intensidade dos eventos extremos. Utilizamos dados de precipitação diária (BR-DWGD, 1961-2023, 0.1°x0.1°) de nove capitais (Salvador, Fortaleza, Maceió, São Luís, João Pessoa, Recife, Teresina, Natal e Aracaju), aplicando índices de eventos extremos definidos pelo Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI). Foram realizados os testes de Mann-Kendall (MK) para tendência, Pettitt para detecção de pontos de mudança e Sen's Slope para estimar a magnitude da tendência. Os resultados indicam uma tendência significativa de aumento dos dias secos

consecutivos (CDD) em Fortaleza, João Pessoa e Natal, enquanto Salvador e Teresina apresentaram redução da precipitação total (PRCPTOT). João Pessoa e São Luís mostraram aumento dos eventos de precipitação extrema (R99pTOT e RX1day), enquanto Salvador, Teresina e Natal apresentaram tendência de redução na intensidade das chuvas (SDII). Os testes de Pettitt identificaram mudanças significativas dos índices de eventos extremos, com quebras em 1989 e 1990 para Salvador, 1992-1993 para João Pessoa e Natal, e 1978 para São Luís. Essas mudanças podem estar associadas a oscilações climáticas de grande escala, como o El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e variações na Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Observa-se que há uma tendência de aumento da seca em parte do NEB, acompanhada de um aumento em eventos extremos de precipitação em algumas capitais. As mudanças identificadas podem ter impactos significativos na gestão de recursos hídricos e na frequência de desastres naturais na região. Estudos futuros devem aprofundar a relação entre esses padrões e fatores climáticos globais.

Palavras-chave: mudanças climáticas; chuva extrema; variabilidade climática; tendência; secas.

RESUMO - 01 - MUDANÇAS CLIMÁTICAS

REGISTRO DE FENÔMENO METEOROLÓGICO EXTREMO EM ALAGOAS: FORMAÇÃO DE UM TORNADO EM FEVEREIRO DE 2024

Jório Bezerra Cabral Júnior (jorio.cabral@igdema.ufal.br)

Jean Souza Dos Reis (jean.dosreis@hotmail.com)

Marcus Vinicius Da Silva Leonardo Firmino (mvslfirmino@hotmail.com)

Josiel Dos Santos Silva (josielsan.1092@gmail.com)

Danielle Torres Rodrigues (mspdany@ufpi.edu.br)

Fabricio Daniel Dos Santos Silva (fabricio.santos@icat.ufal.br)

Marcos Samuel Matias (marcos.matias@ufra.edu.br)

Helder José Farias Da Silva (helder.silva@icat.ufal.br)

Uma das consequências de alto impacto das mudanças climáticas são as ocorrências de eventos meteorológicos extremos, que estão aumentando em diversas regiões do planeta, em termos de duração, frequência e intensidade. Alguns dos eventos que não se tinha registro, em determinadas regiões, passam a ser registrado. Nesse sentido, destaca-se o primeiro registro de ocorrência de um tornado no município de Estrela de Alagoas, em Alagoas, na tarde do dia 22 de fevereiro de 2024. O tornado é um sistema de baixa pressão atmosférica de elevado potencial de intensidade e geralmente associado às células de tempestades que intensificam impactos localizados. O objetivo neste trabalho foi o de caracterizar as

condições atmosféricas que favoreceram a formação do evento e os principais impactos associados. Para isso, utilizou-se dados de reanáilse do ERA5 e imagens de satélite, em diferentes níveis de altitude da atmosfera, para descrever índices termodinâmicos, o perfil vertical e as condições de Tempo. Em seguida, buscou-se registros através de noticiários jornalísticos para quantificar os principais impactos. Os principais resultados indicaram que a configuração atmosférica no momento do evento favoreceu a ocorrência do tornado, apresentando características associadas a forte instabilidade, elevados gradientes térmicos e intensificação do cisalhamento do vento. O fenômeno foi classificado dentro da escala Fujita F0 (velocidades até 117km/h) e sua intensidade estimada com base na análise de danos. Destaca-se a influência de um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), cujas bordas a oeste desse sistema atuava sobre a maior parte do Nordeste do Brasil, incluindo-se o estado de Alagoas, o que contribuiu para a intensificação das instabilidades ao gerar contrastes significativos de temperatura, umidade e direção e velocidade de ventos, em diferentes altitudes. Em termos de impactos, foram registrados danos estruturais em pelo menos 17 residências, incluindo destelhamentos, desmoronamentos parciais de paredes e muros. Relatos de moradores e registros fotográficos confirmaram a ocorrência do tornado e seus efeitos. Conclui-se que a interação entre as condições atmosféricas, o cisalhamento do vento e a presença do VCAN foram determinantes para a formação do evento extremo na região.

Palavras-chave: ciclone; semiárido de alagoas; eventos extremos.

RESUMO - 01 - MUDANÇAS CLIMÁTICAS

AVALIAÇÃO DE DADOS DE CHUVAS EXTREMAS COMO FERRAMENTA DE MITIGAÇÃO DE RISCOS DE DESASTRES EM MACEIÓ, ALAGOAS

Helder José Farias Da Silva (helder.silva@icat.ufal.br)

Josiel Dos Santos Silva (josielsan.1092@gmail.com)

Marcus Vinicius Da Silva Leonardo Firmino (mvslfirmino@hotmail.com)

Lucas De Morais Teixeira (lucas.teixeira@igdema.ufal.br)

Jean Souza Dos Reis (jean.dosreis@hotmail.com)

Fabricio Daniel Dos Santos Silva (fabricio.santos@icat.ufal.br)

Jório Bezerra Cabral Júnior (jorio.cabral@igdema.ufal.br)

A degradação ambiental sem controle impacta os padrões climáticos e a distribuição das chuvas, intensificando eventos extremos. No Nordeste do Brasil (NEB), de clima semiárido e chuvas irregulares, a urbanização desordenada e mudanças no uso da terra ampliam a vulnerabilidade a secas severas e Eventos Extremos de Precipitação (EEP). Alagoas, no NEB, destaca-se como um laboratório natural para estudos climáticos, abrigando cerca de 43% de Mata Atlântica, 35% de Caatinga e 45% inseridos na Região Semiárida (RSA). Maceió, localizada na porção leste do NEB, é particularmente suscetível aos EEP, que frequentemente causam inundações e deslizamentos de solo. A análise da precipitação nessas áreas exige dados confiáveis e de alta resolução temporal, mas o monitoramento em Alagoas é

deficiente, especialmente em Maceió, onde há baixa cobertura de pluviômetros. Além disso, bancos de dados como os do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Agência Nacional das Águas (ANA) apresentam lacunas e séries históricas limitadas. Nesse contexto, produtos de precipitação interpolada, como o conjunto de dados Xavier (Brazil Gridded Meteorological Data, 1980–2023), são alternativas viáveis. Embora amplamente utilizado em estudos meteorológicos e climatológicos, esse produto tende a subestimar a precipitação, principalmente em escalas menores e em áreas vulneráveis. No entanto, poucos estudos avaliam sua eficácia na estimativa de EEP, essenciais para compreender mudanças climáticas e seus impactos. Este estudo avaliou a qualidade do produto Xavier para estimativas diárias e sazonais (verão, outono, inverno e primavera austral) de precipitação em Maceió, no período de 2003 a 2024, utilizando dados da estação automática do INMET. Foram aplicadas técnicas estatísticas, como o teste de Mann-Whitney pareado e gráficos de densidade, além de métricas como viés (PBIAS), erro quadrático médio (RMSE) e coeficiente de correlação de Pearson (r). A definição dos EEP seguiu a técnica de percentis, considerando precipitações iguais ou superiores ao percentil 95% (P95). Os resultados indicaram que o Xavier estimou bem a precipitação diária, com r˜0,92, RMSE de 5,71 mm e PBIAS de -12%, sendo eficiente para representar o ciclo médio diário. Contudo, para EEP, a performance foi inferior, com menor correlação no verão (r=0,58) e maior na primavera (r=0,87), além de RMSE de 19,6 mm e PBIAS negativo em todas as estações, evidenciando subestimativas entre -40% e -28%. Assim, o estudo fornece informações cruciais para usuários do Xavier, permitindo uma melhor interpretação da qualidade das estimativas em diferentes escalas temporais em Maceió.

Palavras-chave: estatísticas avaliativas; precipitação interpolada; variabilidade climática.

RESUMO - 01 - MUDANÇAS CLIMÁTICAS

ANÁLISE DAS TENDÊNCIAS DE TEMPERATURA MÁXIMA NO PIAUÍ: IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS COM ABORDAGEM DE CLUSTER

Flávia Ferreira Batista (Flavia.statistic@gmail.com)

André Felipe B Dos Santos (andrebenigno@outlook.com)

Fidel Ernesto Castro Morales (fidel.castro@ufrn.br)

Daniele Tôrres Rodrigues (mspdany@yahoo.com.br)

As mudanças climáticas têm provocado impactos significativos nas variáveis climáticas globais e regionais, com destaque para o aumento das temperaturas extremas. No Brasil, o estado do Piauí, localizado na região Nordeste, é particularmente vulnerável a esses efeitos devido às suas características climáticas, socioeconômicas e ambientais. Este estudo busca analisar as tendências de temperatura máxima do ar no Piauí ao longo de três décadas, de 1991 a 2020. Utilizando dados diários de temperatura máxima e métodos estatísticos, como análise de cluster e o teste não paramétrico de Mann-Kendall, o estudo visa caracterizar as variações espaciais e temporais dessas temperaturas, fornecendo subsídios importantes para o planejamento e a implementação de políticas públicas voltadas à mitigação dos impactos das mudanças climáticas na região. A metodologia inclui uma análise descritiva preliminar, seguida pela aplicação de técnicas estatísticas para identificação de padrões e determinação de tendências significativas no aumento da temperatura. Os resultados indicaram uma tendência

significativa de aumento nas temperaturas máximas em grande parte do estado, com algumas áreas exibindo um aumento de mais de 0,8°C por década, informação crucial para entender como as mudanças climáticas afetam especificamente o Piauí e formular estratégias de adaptação. A análise de cluster identificou três sub-regiões homogêneas dentro do estado, cada uma com características térmicas distintas, o que ajuda a compreender a dinâmica das temperaturas máximas do ar e suas implicações para áreas como agricultura, saúde pública e gestão de recursos hídricos. Os resultados também fornecem uma base sólida para o desenvolvimento de políticas públicas que promovam práticas sustentáveis e tecnologias limpas, visando não apenas a mitigação, mas também a adaptação às novas condições climáticas. Além disso, este estudo é crucial para entender os riscos associados às mudanças climáticas, especialmente em termos de eventos extremos como ondas de calor, que podem impactar severamente a saúde pública, a segurança alimentar e os ecossistemas naturais. Identificar as áreas mais vulneráveis às rápidas mudanças na temperatura permite aos planejadores desenvolverem medidas proativas para melhorar a resiliência contra eventos climáticos extremos, contribuindo significativamente para a literatura científica e para as iniciativas de planejamento climático no Nordeste brasileiro.

Palavras-chave: mudanças climáticas; temperatura máxima; análise de cluster; tendências climáticas.

O PODCAST NA EMERGÊNCIA CLIMÁTICA: INFORMAÇÃO, ENGAJAMENTO E MOBILIZAÇÃO SOCIAL

Maria Filomena Salemme
Universidade Metodista, maria.salemme@metodista.br

RESUMO

A intensificação dos desastres associados a extremos climáticos no Brasil e no mundo tem evidenciado a necessidade de novas estratégias de comunicação que ampliem a percepção de riscos e fortaleçam o engajamento social na gestão e redução de riscos de desastres. Neste cenário, o podcast tem se firmado como um meio de comunicação de riscos acessível e eficaz, capaz de articular narrativas plurais e fomentar o envolvimento de diferentes públicos na agenda climática. Diferentemente dos meios tradicionais, que, no geral, abordam desastres de forma episódica, os podcasts oferecem espaço para a construção de diálogos contínuos, favorecendo uma compreensão mais ampla das causas estruturais da crise climática e das respostas institucionais e comunitárias. Este estudo tem como objetivo investigar o papel do podcast como recurso estratégico na comunicação da emergência climática e na mobilização para a Redução de Riscos de Desastres (RRD). A pesquisa foca especificamente no estudo de caso do podcast Plano em Pauta, desenvolvido durante a elaboração do Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil, analisando sua capacidade de ampliar a transparência, estimular a participação social e fortalecer a governança de riscos no Brasil. A metodologia adotada baseia-se em uma abordagem qualitativa e exploratória. Os procedimentos metodológicos incluem a revisão de literatura sobre comunicação de riscos, jornalismo ambiental e intervenções midiáticas (*media interventions*); estudo de caso do podcast Plano em Pauta; avaliação do papel do podcast como mediador entre políticas públicas e sociedade e a observação da recepção do conteúdo por parte do público-alvo e dos atores envolvidos na construção do Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil. Os resultados preliminares revelam que o podcast analisado, ao adotar linguagem acessível e formatos comunicacionais como entrevistas e informações jornalísticas sobre o tema, contribui para uma construção de conhecimento e melhoria na compreensão das políticas de RRD e o engajamento de públicos diversos, inclusive comunidades em situação de vulnerabilidade. A pesquisa evidencia o potencial dos podcasts como instrumentos de comunicação estratégica em contextos de emergência climática. Ao democratizar o acesso à informação e fomentar a mobilização social, esse formato midiático pode fortalecer a resiliência das populações diante de eventos extremos. No entanto, seu impacto está condicionado à superação de desafios relacionados à distribuição do conteúdo e à integração com estratégias de base comunitária. Este trabalho é parte da pesquisa de doutorado em desenvolvimento no Programa de Pós-Graduação em Comunicação Social da Universidade Metodista de São Paulo, sob a orientação da Profa. Dra. Cilene Victor, e no escopo do grupo de pesquisa Jornalismo Humanitário e Media Interventions (HumanizaCom).

Palavras-Chave: Podcast; Emergência Climática; Comunicação de Riscos; Jornalismo Ambiental; Media Interventions.

RESUMO - 01 - MUDANÇAS CLIMÁTICAS

COMUNICAÇÃO E CONHECIMENTOS TRADICIONAIS PARA O ENFRENTAMENTO DA EMERGÊNCIA CLIMÁTICA NA AMAZÔNIA: A ATUAÇÃO DA SOCIEDADE CIVIL NO MATO GROSSO

Randalle Silva Hayashi (randallesilva@pm.mt.gov.br)

A emergência climática impõe desafios cada vez mais complexos aos territórios da Amazônia brasileira, com impactos expressivos sobre os ecossistemas e as populações tradicionais. No estado do Mato Grosso, a intensificação de eventos extremos, como secas prolongadas, queimadas e desmatamento, afeta não apenas a biodiversidade, mas também os modos de vida, a saúde e a segurança alimentar de povos indígenas, quilombolas e comunidades extrativistas. O objetivo do trabalho é investigar de que maneira a sociedade civil organizada, por meio de práticas comunicacionais baseadas no diálogo com os conhecimentos tradicionais, contribui para a resiliência socioambiental desses grupos frente à mudança do clima. São articulados três eixos centrais: a análise dos impactos socioambientais da emergência climática no Mato Grosso; o papel das entidades da sociedade civil locais na mediação entre políticas públicas e populações tradicionais; e a potencialidade da comunicação de riscos comunitária e intercultural como instrumento de resistência e construção de soluções territorializadas. A fundamentação teórica integra os campos da comunicação pública e comunitária, da comunicação de riscos, da justiça ambiental e das epistemologias do Sul. Parte-se do reconhecimento de que os modelos tradicionais de comunicação de riscos,

muitas vezes centralizados e unidirecionais, não respondem de forma adequada à complexidade cultural e territorial da Amazônia. Por isso, o estudo se apoia em perspectivas que compreendem a comunicação de riscos como prática dialógica, situada e construída com as comunidades. Modelos baseados em escuta ativa, construção coletiva de sentidos e respeito aos saberes tradicionais têm se mostrado mais eficazes para fortalecer a confiança, promover a mobilização local e ampliar a capacidade adaptativa dos grupos sociais mais expostos aos efeitos da emergência climática. A metodologia combina revisão bibliográfica, análise documental, entrevista em profundidade com coordenadores de comunicação dessas organizações e análise de conteúdo de peças comunicacionais, mídias sociais e materiais educativos. A investigação busca compreender como essas entidades constroem estratégias comunicativas sensíveis às culturas locais, aos saberes ancestrais e à defesa do território, identificando também os desafios enfrentados na relação com o Estado, com a mídia e com os públicos externos. Espera-se que os resultados da pesquisa contribuam com diretrizes para o fortalecimento da comunicação da sociedade civil local, evidenciando sua relevância para a promoção da justiça climática, a visibilidade das lutas territoriais e a construção de políticas públicas mais democráticas e inclusivas. Este trabalho é parte da tese de doutorado desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Comunicação da Universidade Metodista de São Paulo, sob orientação da Profa. Dra. Cilene Victor, e no escopo do grupo de pesquisa Jornalismo Humanitário e Media Interventions (HumanizaCom).

Palavras-chave: palavras-chave: comunicação de riscos e emergência climática; sociedade civil; amazônia; mato grosso; povos e conhecimentos tradicionais; justiça ambiental.

EIXO TEMÁTICO 1

MUDANÇAS CLIMÁTICAS

ARTIGOS COMPLETOS

ARTIGO - 01 - MUDANÇAS CLIMÁTICAS

OPORTUNIDADES DE CONTRIBUIÇÃO NA GESTÃO DE RISCOS NA PECUÁRIA O SEMIÁRIDO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Francisco Matheus Barros Das Chagas (fmbchagas@hotmail.com)

A região semiárida do Brasil é uma vasta área que abrange parte dos estados do Nordeste, bem como algumas regiões do Sudeste e Centro-Oeste. Uma das principais características da região semiárida é a escassez de água, causada principalmente pela irregularidade das chuvas. No entanto, apesar dos desafios, a região semiárida brasileira possui uma rica diversidade biológica e cultural. Adaptadas às condições climáticas adversas, diversas espécies vegetais e animais desenvolveram estratégias de sobrevivência únicas, contribuindo para a preservação da biodiversidade. No que diz respeito à economia, a região semiárida apresenta um cenário marcado pela predominância de atividades agrícolas de subsistência e a criação de animais. No entanto, sem a devidos manejos e gestão. A pecuária no semiárido brasileiro, dessa forma frente a estas adversidades demandam refinada gestão para que seja viável. Como parte da gestão, a gestão de riscos nestas regiões, se mostra carente, sem a devida atenção acadêmica. Este estudo visa destacar a lacuna na literatura acadêmica sobre o tema, analisando as publicações a respeito de gestão de risco, na pecuária no semiárido. A metodologia é composta por revisão sistemática da literatura com revisão de estudos de corte prospectivo e retrospectivo, estudos de caso e estudos analíticos, publicados até dezembro 2023. Os resultados identificam os principais riscos enfrentados pelos produtores, como escassez de água, altas temperaturas, mudanças climáticas, e estratégias empregadas. No entanto, há uma falta de pesquisa específica sobre a gestão de riscos na pecuária no semiárido, o que afeta a eficácia e eficiência das estratégias. O estudo contribui para a conscientização sobre essa lacuna acadêmica, fornecendo reflexões para futuras pesquisas e colaboração entre academia e pecuaristas no semiárido.

Palavras-chave: carência; gestão de risco; oportunidade; pecuária; semiárido.

VARIABILIDADE TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO: USO DE GEOTECNOLOGIAS EM ANOS DE EXTREMOS CLIMÁTICOS, NO MUNICÍPIO DE BAIÃO/PARÁ

TEMPORAL VARIABILITY OF PRECIPITATION: USE OF GEOTECHNOLOGIES IN YEARS OF CLIMATE EXTREMES, IN THE MUNICIPALITY OF BAIÃO/PARÁ

Marcos Ronielly da Silva Santos[1], Rayane da Silva Ferreira[2], Alena Vitória Araújo Peixoto[3], Aline Leal do Nascimento[4], Flávio Rodrigues Saraiva[5], Ester Cunha Estumano[6], Benedito Pereira dos Santos[7] e Rodolfo Altair Bulcão[8]

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – campus Tucuruí, marcos.santos@ifpa.edu.br

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – campus Tucuruí, srayane031@gmail.com

3 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – campus Tucuruí, alenaaraujo21@gmail.com

4 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – campus Tucuruí, teclog.aline@gmail.com

5 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – campus Tucuruí, 8fla.saraiva@gmail.com

6 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – campus Tucuruí, esterestumano1609@gmail.com

7 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – campus Tucuruí, adailton230278@gmail.com

8 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – campus Tucuruí, rodolfoaltair95@gmail.com

RESUMO

Estudos sobre a variabilidade temporal das chuvas são escassos, especialmente com a aplicação de geotecnologias. Dessa forma, esta pesquisa tem o objetivo de analisar a variabilidade temporal da chuva do município de Baião/PA, entre os anos de 1981 e 2023, com vista, aos anos de extremos climáticos. A metodologia foi baseada na utilização de dados de reanálise de precipitação por meio de geotecnologias via satélite, que fornecem estimativas de chuva (CHIRPS). Os gráficos foram produzidos utilizando o Microsoft Excel, enquanto os mapas foram elaborados no software QGIS 3.22.1. Os resultados mensais obtidos evidenciaram a sazonalidade regional, com os maiores acumulados de chuva nos meses de dezembro a maio, e os menores entre junho e novembro. Na análise anual, o ano de extremo climático 1981 apresentou o menor índice pluviométrico, com 1.250 mm. Enquanto 2009 registrou o maior acumulado, com aproximadamente 3.000 mm de precipitação.

Palavras-Chave: Chuvas. Sensoriamento Remoto. Amazônia. Baião

ABSTRACT
Studies on the temporal variability of rainfall are scarce, especially with the application of geotechnologies. Thus, this research aims to analyze the temporal variability of rainfall in the municipality of Baião/PA, between the years 1981 to 2023, with a view to years of climate extremes. The methodology was based on the use of forecast review data through satellite geotechnologies, which provide rainfall estimates (CHIRPS). The graphs were produced using Microsoft Excel, while the maps were created in the QGIS 3.22.1 software. The monthly results obtained showed regional seasonality, with the highest rainfall accumulations in the months of December and May, and the lowest between June and November. In the annual analysis, the year of climate extremes 1981 presented the lowest rainfall index, with 1,250 mm. While 2009 recorded the highest accumulation, with approximately 3,000 mm of rainfall.
Keywords: Rains. Remote Sensing. Baiaõ/PA

1 INTRODUÇÃO

Dentro da troposfera da Terra ocorrem os fenômenos meteorológicos e mecanismos climáticos que se relacionam à circulação geral, regional e local da atmosfera, os quais são responsáveis em grande parte pelas variações, oscilações ou variabilidade climática (FERREIRA; SOUZA; OLIVEIRA,2020). Dentre os diversos fatores climáticos que influenciam essa região, a precipitação pluviométrica é uma das variáveis mais importantes nos estudos do clima da Amazônia (LOPES; DE SOUZA; FERREIRA,2013).

A Amazônia, é uma das regiões mais importante e diversa do planeta, sua vasta extensão abriga uma biodiversidade única e desempenha um papel fundamental no equilíbrio climático global. Apesar dos avanços no estudo das chuvas na região, há uma lacuna nos dados referentes aos municípios paraense, especialmente quando aplicadas as técnicas de geotecnologia e análises em diversas escalas temporais. Os dados de sensoriamento remoto são uma alternativa eficiente para estudos de variabilidade espaço temporal da chuva em extensas regiões com escassos dados, sanando as limitações provenientes das estações meteorológicas de superfície (ZAMBRANO BIGIARINI et al., 2017).

A geotecnologia é uma ferramenta muito importante de análise e manipulação de dados atmosférico. Estudo realizado por Oliveira (2018) utilizando essa técnica, para analisar a vulnerabilidade às mudanças climáticas da bacia do Rio Moxotó, município pernambucano, foi utilizada com êxito, onde mostrou que a realidade no tocante às precipitações são bem diferentes da realidade da região norte, por exemplo. Na região nordeste como um todo, há irregularidade na distribuição anual das chuvas, com diminuição no índice de precipitação pluviométrica, elevadas temperaturas e alta taxa de evaporação, condições essas que mantém o déficit hídrico da região.

O levantamento de dados de chuva ao longo de décadas é de grande importância, principalmente nas regiões semiáridas, como por exemplo, o estado do Ceará, onde as precipitações são irregulares, bem diferente da região norte, especificamente do Pará. Estudos realizados nesta perspectiva foi desenvolvido por Rocha et al. (2021), onde analisaram uma série histórica de dados de precipitação dos anos de 1980 a 2018, objetivando utilizar esses

dados para a criação de um indicador de veranicos no estado, visto que a agricultura é um dos meios de sobrevivência dos sertanejos.

Diante do cenário exposto, o objetivo deste trabalho é apresentar a variabilidade temporal da chuva no município de Baião (PA) utilizando dados de sensoriamento remoto com uma série histórica de 43 anos - período de 1981 a 2023, visando contribuir significativamente para adaptação das comunidades locais a possíveis riscos associados a eventos de extremos climáticos, fornecendo dados de chuva em escala refinada para embasamento de futuras pesquisas comparativas e mais abrangentes sobre o clima e suas interfaces nas áreas sociais, econômicas e ambientais dos municípios brasileiros.

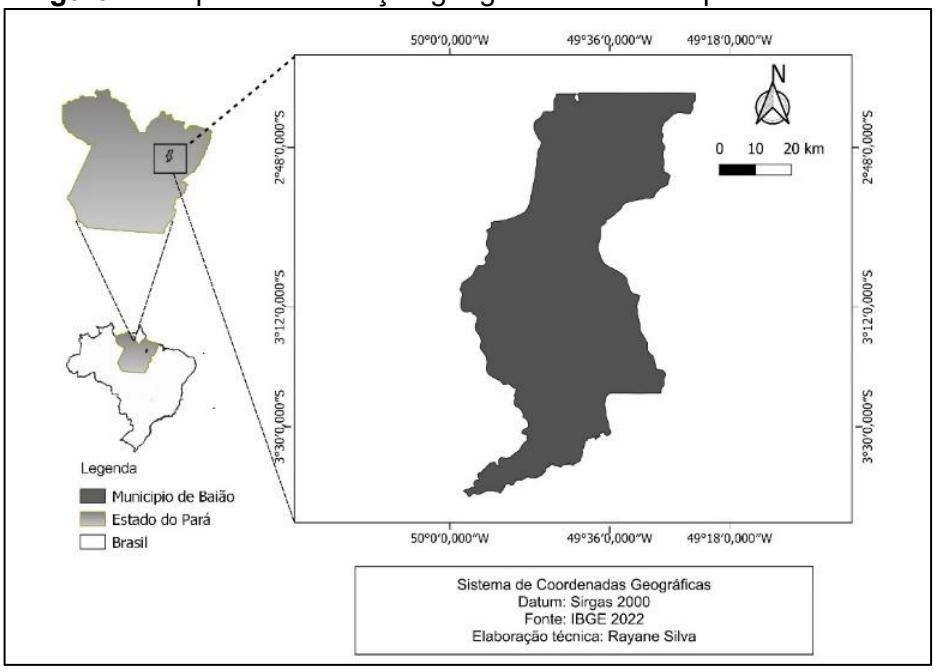
2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

O município de Baião está localizado no estado do Pará, na mesorregião do nordeste paraense (Figura 1), e faz fronteira com diversos municípios vizinhos, incluindo Mocajuba, Cametá, Moju, Breu Branco, Oeiras do Pará e Tucuruí (CPRM, 2015). De acordo com informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, sua população estimada é de 51.641 habitantes, o que representa uma densidade demográfica de 13,73 habitantes por quilômetro quadrado (IBGE. 2023).

Baião se destaca não apenas pelos números, mas também pela sua rica diversidade cultural e suas atividades econômicas predominantemente voltadas para agricultura e pecuária. Essas atividades econômicas estão intimamente ligadas às condições climáticas locais, especialmente as chuvas sazonais, que exercem um impacto significativo no cotidiano da população.

Figura 1- Mapa de localização geográfica do município de Baião/PA.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

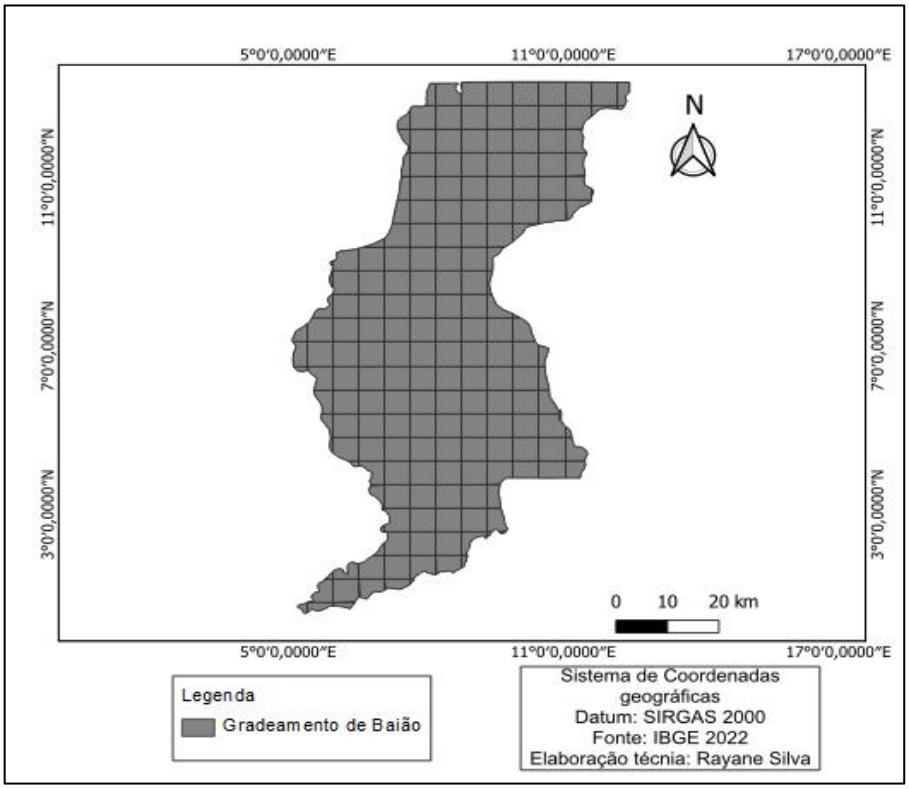
2.2 Dados e metodologia

A metodologia empregada neste estudo se baseia no uso de dados de geotecnologias via satélite, que oferecem estimativas de precipitação (chuva). Os dados serão fornecidos pelo Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations (CHIRPS). O CHIRPS é uma técnica de sensoriamento remoto desenvolvida pelo Earth Resources Observation and Science (EROS) do United States Geological Survey (USGS), que disponibiliza informações de precipitação global com base em observações de satélites e pluviômetros, proporcionando um conjunto de dados refinados, confiáveis e atualizados em relação às variações de chuva no espaço e no tempo.

Essa abordagem foi escolhida por diversas razões: I) ela oferece dados contínuos em termos de tempo e espaço para a área de estudo, II) provém de sensoriamento remoto, o que confere alta flexibilidade e robustez, III) é um produto amplamente utilizado e validado internacionalmente, IV) está disponível gratuitamente e é atualizado regularmente.

Os dados utilizados têm resolução em grad espacial de 5 por 5 quilômetros (Figura 2) e são coletados diariamente. Eles podem ser acessados nos formatos Esri Bil, GeoTiff e NetCDF por meio deste link: ftp://ftp.chg.ucsb.edu/pub/org/chg/products/CHIRPS-2.0/. As séries temporais de precipitação serão analisadas pela climatologia mensalmente e acumulados anuais entre janeiro de 1981 e dezembro de 2023. Para o processamento de dados utilizou-se a plataforma Google Engine e programação em JavaScript. Os gráficos foram produzidos por meio do pacote office (Excel) e os mapas foram elaborados no software Qgis 3.22.1.

Figura 2- Grade espacial do CHIRPS para o município de Baião/PA



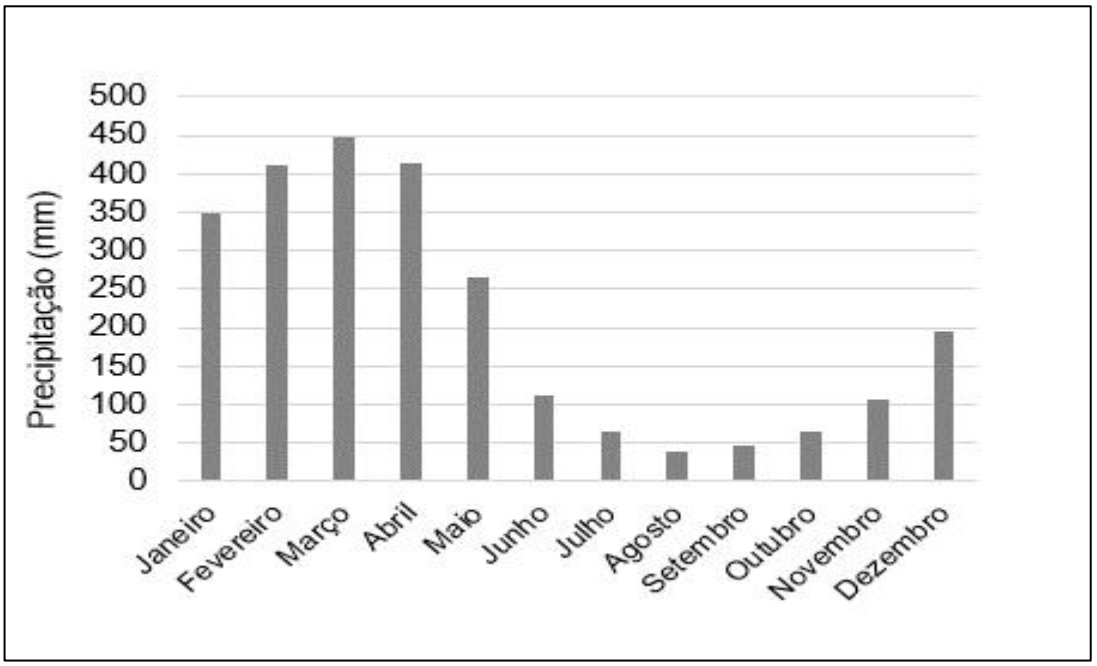
Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados pluviométricos mensais em Baião revelou um padrão sazonal bem definido, com um aumento acentuado nos acumulados de precipitação entre dezembro a maio, caracterizando o período de chuvas mais intensas. Esse comportamento é típico da região amazônica, em função de sua localização geográfica e das influências climáticas específicas (DE SOUZA et al., 2021). O maior índice de precipitação foi registrado no mês de março, com cerca de 450 mm de chuva (Figura 3), destacando-se como o pico da estação chuvosa.

Esse regime pluviométrico na Amazônia é fortemente influenciado pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), um sistema atmosférico resultante da convergência dos ventos alísios que sopram das regiões nordeste e sudeste. A ZCIT é uma faixa de intensa atividade meteorológica, onde ocorrem grandes volumes de precipitação e ventos moderados, exercendo um papel fundamental no ciclo das chuvas na região amazônica (VIANELLO; ALVES, 1991).

Figura 3- Climatologia mensal de precipitação no Município de Baião



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

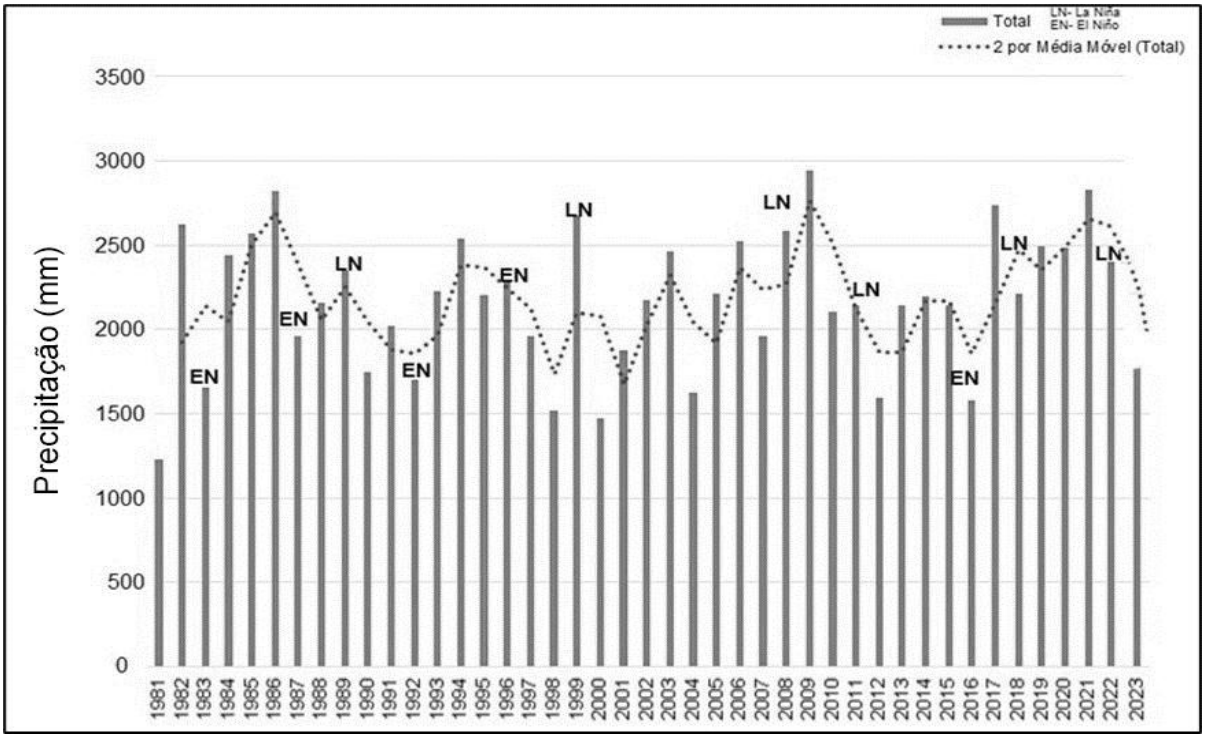
Os dados pluviométricos mensais têm implicações econômicas e sociais significativas para o município de Baião. A estação chuvosa, que concentra a maior parte das precipitações, favorece o cultivo de culturas agrícolas típicas da região, como mandioca e açaí, além de ser crucial para o ciclo de reprodução dos peixes, essencial para a pesca local (DIAS; SANTOS 2021). Esse período também é vital para a recarga de aquíferos e reservatórios, garantindo o abastecimento de água potável e sustentando atividades econômicas como a pesca e a navegação.

Em contrapartida, a estação menos chuvosa, específica pelo período de águas baixas, facilita a colheita e o transporte de produtos agrícolas, além de fornecer condições mais adequadas para a criação de gado em áreas de pastagem (FERREIRA; SOUZA; CASTRO., 2022). Conforme observado por Carvalho et al. (2023), a previsibilidade das estações permite

que as comunidades tradicionais ajustem suas práticas ao ciclo climático da região, garantindo a sustentabilidade de seus modos de vida e garantindo que as atividades econômicas sejam fornecidas de forma harmônica com o ambiente natural.

As distribuições dos acumulados de chuva estão diretamente ligadas com El Niño-Oscilação Sul (ENOS), que se referea um fenômeno climático de anomalias nas temperaturas da superfície do mar e nos padrões atmosféricos no Oceano Pacífico equatorial. Na análise dos dados pluviométricos anuais, o resultado revelou uma variação significativa nos índices de precipitação ao longo do tempo estudado. O ano de 1981 por exemplo destacou-se por apresentar o menor registro pluviométrico, com apenas 1.250 mm de precipitação. Essa baixa quantidade de chuvas é indicativa da ocorrência do fenômeno climático El Niño, que exerce influência na redução das chuvas na região amazônica (SOUSA et al.,2015). Em contrapartida o ano de 2009 sobressai-se como o ano que registrou o mais alto índice pluviométrico dos últimos 30 anos atingindo aproximadamente 3.000 mm de precipitação (Figura 4).

Figura 4- Acumulados anuais de chuva e anos de extremos climáticos



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

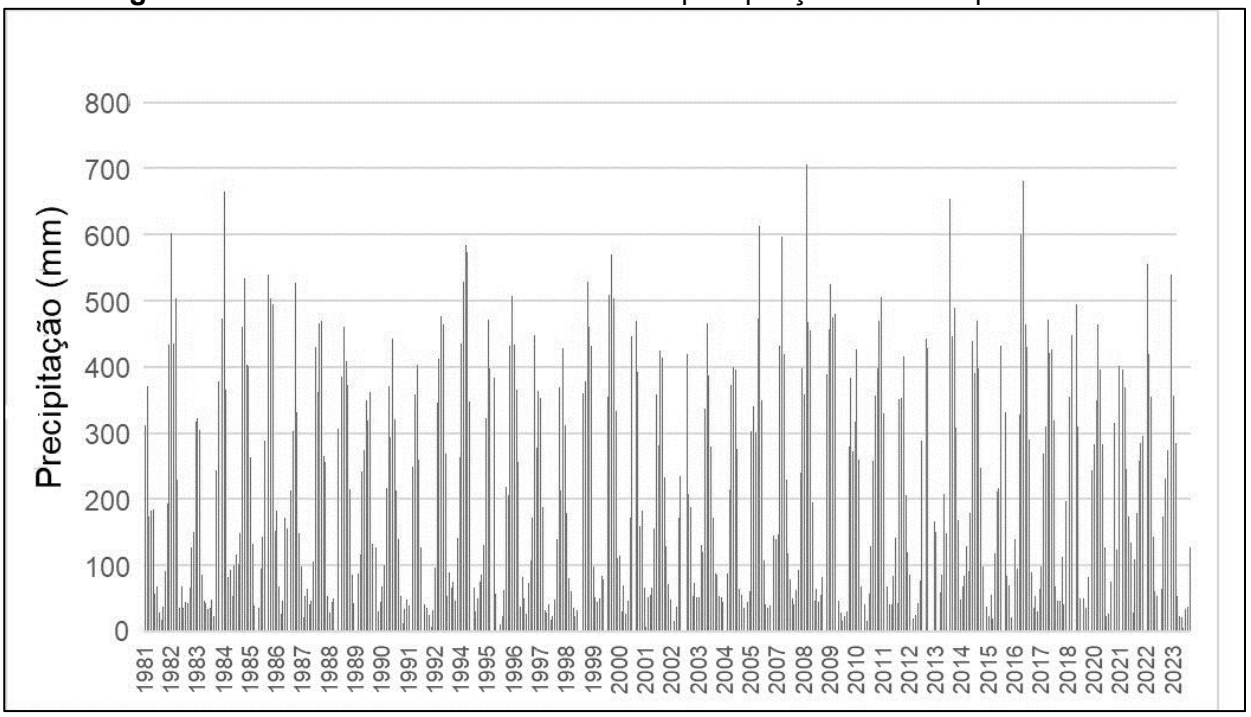
Os fenômenos El Niño e La Niña exercem impactos significativos na região amazônica. Durante o El Niño, as águas mais quentes do Oceano Pacífico alteram os padrões de precipitação, resultando em secas e redução das chuvas, o que pode causar diminuição dos níveis dos rios, secas prolongadas, incêndios florestais e perda de biodiversidade. Isso afeta a agricultura, a segurança alimentar local e a disponibilidade de água potável. Já o La Niña, com suas águas mais frias no Pacífico, provoca aumento das chuvas na região, podendo resultar em inundações, alagamentos, erosão do solo e deslizamentos de terra. (NOBRE; SAMPAIO; SALAZAR,2007). Devido à sua influência e aos extremos climáticos que provoca, o ENOS é um fenômeno que é monitorado de forma constante.

Na análise da climatologia mês/ano, observou-se uma clara definição das estações ao longo do período estudado, o que é característico e esperado para a região amazônica (Figura

5). De acordo com Amanajás e Braga (2012), esse padrão está intrinsecamente ligado ao clima equatorial úmido da região. Tal clima se manifesta em duas estações distintas: uma estação chuvosa, que compreende os meses de dezembro a maio, e uma estação menos chuvosa, que abrange os meses de junho a novembro.

Além disso, estudos realizados por Marengo (2006) apontam que essa regularidade sazonal também influencia diretamente os regimes hidrológicos da Bacia Amazônica, controlando o volume dos rios e igarapés e, consequentemente, a dinâmica das cheias e secas. Essas preocupações afetam não apenas o ambiente natural, mas também a vida humana, essenciais para a agricultura de subsistência, agropecuária, pesca e navegação, atividades que sustentam a economia local (COSTA; CARDOSO; SAMPAIO, 2010).

Figura 5- Acumulados anuais e mensais de precipitação no Município de Baião



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

4 CONCLUSÕES

A análise da variabilidade temporal da precipitação no município de Baião (PA), aliada ao uso de geotecnologias de sensoriamento remoto como o CHIRPS, é uma abordagem eficiente e relevante para a compreensão e monitoramento dos padrões climáticos locais. A identificação de sazonalidades e extremos climáticos, como os registrados em 1981 e 2009, revelou a influência de fenômenos climáticos globais, como El Niño e La Niña, sobre as dinâmicas de precipitação na região amazônica. Esses resultados oferecem subsídios importantes para a mitigação de riscos ambientais, especialmente em setores vulneráveis como a agricultura e a gestão de recursos hídricos, e reforçam a necessidade de políticas públicas focadas na adaptação às mudanças climáticas. A pesquisa destaca, assim, o valor da escala refinada de dados de precipitação para apoiar decisões estratégicas e o planejamento sustentável, oferecendo uma metodologia replicável em outras regiões que enfrentam desafios semelhantes relacionados à variabilidade climática e seus impactos socioambientais.

REFERÊNCIAS

AMANAJÁS, J.C.; BRAGA, C.C. *Padrões espaço-temporal pluviométricos na Amazônia Oriental utilizando análise multivariada*. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 27, p. 423-434, 2012.

CARVALHO, P.A.; ALMEIDA, R.M.; FERREIRA, M.S. *Adaptação climática e sustentabilidade nas comunidades amazônicas*. Revista Brasileira de Climatologia, v. 2, p. 45-67, 2023.

COSTA, F.A.D.S.; CARDOSO, M.J. N.; SAMPAIO, E.L. O regime de chuvas e a agricultura de subsistência no Nordeste paraense. Revista Brasileira de Climatologia, *[S. l.]*, v. 24, 2010

DE SOUZA, E.B.; FERREIRA, D.B.S.; GUIMARÃES, J.T. F.; FRANCO, V. S.; AZEVEDO, F. T. M.; SOUZA, P. J. O. P. *Sazonalidade da precipitação sobre a Amazônia legal brasileira: clima atual e projeções futuras usando o modelo regcm4*. Revista Brasileira de Climatologia, *[S. l.]*, v. 18, 2021.

DIAS, J.C.; RIBEIRO, A.F.; SANTOS, M.G. *Dinâmica da pesca na Amazônia: uma análise do ciclo de cheias e secas*. Acta Amazônica, v. 51, n. 1, p. 29-40, 2021.

CPRM- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. *Atlas Pluviométricas do Brasil*. Fortaleza-CE, 2015. Disponivel em < https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/23611/1/pa_baiao_relatorio_idf_2015.pdf >. Acesso em 25 de abril de 2024.

FERREIRA, D. B. S.; SOUZA, E. B.; OLIVEIRA, J. V. *Identificação de extremos de precipitação em municípios do estado do Pará e sua relação com os modos climáticos atuantes nos oceanos Pacífico e Atlântico***.** Revista Brasileira de Climatologia, [S. l.], v. 27, p. 197–222, 2020.

FERREIRA, M.L.; SOUZA, D.P.; CASTRO, F.A. *A agricultura e a pecuária na Amazônia: desafios e oportunidades no contexto de mudanças climáticas***.** Revista de Ciências Agrárias da Amazônia*,* v. 4, p. 97-112, 2022.

IBGE- Instituto brasileiro de geografia e estatística. *Estimativa de população*. Disponível em:https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/população/9103-estimativas-de-população.html acesso em: 11de abril. 2024.

LOPES, M.; N. G.; DE SOUZA, E. B.; FERREIRA, D. B.Silva. *Climatologia regional da precipitação no estado do Pará*. Revista Brasileira de Climatologia, [S. l.], v. 12, 2013.

MARENGO, J. A*. Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade: Caracterização do Clima Atual e Definição das Alterações Climáticas para o Território Brasileiro ao Longo do Século XXI.* Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006.

NOBRE, C.A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. *Mudanças climáticas e Amazônia*. *Ciência e Cultura*, v. 59, n. 3, p. 22-27, 2007.

OLIVEIRA, C. G. B. *Análise Espaço-Temporal da Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas da Bacia Hidrográfica do Rio Moxotó – PE, Utilizando O Sensoriamento Remoto*. Monografia. Instituto Federal de Pernambuco-IFPE, Recife, 2018

ROCHA. T. B.B.; JUNIOR. F.C.V.; SILVEIRA, C. D.S.; MARTINS, E. S.P.R; GONÇALVES, S.T.N; SILVA, E. M Da; SAKAMOTO, M.S: *Indicadores de Veranicos e de Distribuição de Chuva no Ceará e os Impactos na Agricultura de Sequeiro*. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 36, n.3. 2021

SOUSA, M. L.S.; DA ROCHA, E. J. P.; VITORINO, M. I.; DE SOUZA, P. J. O. P.; BOTELHO, M. N. *Variabilidade espaço-temporal da precipitação na Amazônia durante eventos ENOS.* Revista Brasileira de Geografia Física, v.08, p.13-24,2015.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. Meteorologia e aplicações. Viçosa: UFV. p.449, 1991.

ZAMBRANO-BIGIARINI, M.; NAUDITT, A., BIRKEl, C., VERBIST, K.; RIBBE, L. *temporal and spatial evaluation of satellite-based rainfall estimates across the complex topographical and climatic gradients of Chile*. Hydrology and Earth System Sciences, v. 21, n.2, p. 1295-1320, 2017

EMERGÊNCIAS CLIMÁTICAS E INUNDAÇÕES NO BRASIL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

CLIMATE EMERGENCIES AND FLOODS IN BRAZIL: A BIBLIOGRAPHIC REVIEW

Bruno dos Santos Lemes[1], Eliziane Pinheiro de Oliveira[2], Fabiula Eurich Machado[3] e Leandro Redin Vestena[4]

[1]Universidade Estadual do Centro-Oeste, brunollemmes@gmail.com
[2]Universidade Estadual do Centro-Oeste, elizianepinheiro356@gmail.com
[3]Universidade Estadual do Centro-Oeste, fabiulaeurich@gmail.com
[4]Universidade Estadual do Centro-Oeste, lvestena@gmail.com

RESUMO

As emergências climáticas potencializam os riscos de inundações urbanas, com impactos negativos em áreas vulneráveis, principalmente em áreas de menor resiliência. Esse trabalho teve por objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre o impacto/efeito das mudanças climáticas na frequência e severidade das inundações, utilizando como base artigos publicados entre 2022 a 2024 realizados no Brasil na base de dados da Scopus. A busca resultou em 11 artigos, abordando soluções tecnológicas como, uso de SIG, modelagem hidrológica e planejamento urbano. Os artigos revisados destacam a importância de abordagens integradas que envolvam políticas públicas, sociedade e inovações tecnológicas, além da necessidade de melhorar a coleta de dados para a adaptação e mitigação dos riscos.

Palavras-Chave: Desastre natural. Risco. Vulnerabilidade. Perigo.

ABSTRACT

Climate emergencies amplify the risks of urban flooding, with negative impacts on vulnerable areas, especially those with lower resilience. This study aims to conduct a literature review on the impact/effect of climate change on the frequency and severity of floods, based on articles published between 2022 and 2024, focusing on studies conducted in Brazil and found in the Scopus database. The search resulted in 11 articles, addressing technological solutions such as the use of GIS, hydrological modeling, and urban planning. The reviewed articles highlight the importance of integrated approaches involving public policies, society, and technological innovations, as well as the need to improve data collection for risk adaptation and mitigation.

Keywords: Natural disaster. Risk. Vulnerability. Hazard.

1 INTRODUÇÃO

As mudanças nos padrões climáticos são um fenômeno global, caracterizado por alterações na temperatura, distribuição e intensidade das chuvas, que podem resultar no aumento do número de eventos extremos e intensificar os riscos de inundação. Segundo o relatório do IPCC (2022), as mudanças climáticas já impactam todas as partes do mundo, e seus efeitos podem se tornar mais severos se os gases do efeito estufa não forem reduzidos. Os resultados apontam que, com apenas 1,1 graus Celsius de aquecimento, já ocorreram secas severas, calor extremo e inundações recordes. Ainda segundo o IPCC, atualmente 3,3 a 3,6 bilhões de pessoas vivem em países vulneráveis aos impactos das mudanças no clima, principalmente em áreas urbanas informais, onde o acesso a serviços básicos é inadequado. De acordo com Artaxo (2020) a temperatura média no Brasil apresentou um aumento de 1,52 graus Celsius, passando de 24,47 graus Celsius em 1900 para 25,99 graus Celsius em 2017. Além disso, as mudanças significativas no regime de chuvas em todas as regiões do país demandam soluções que venham minimizar os danos socioeconômicos causados por secas mais frequentes e inundações extremas.

Para Cardona (2002) e Chardon (2008), eventos climáticos extremos associados à ocupação de áreas hidrologicamente sensíveis aumentam a vulnerabilidade local, aumentando consequentemente o risco de danos tanto sociais quanto ambientais. Tucci (2005) já argumentava sobre a importância de adotar medidas mitigadoras para minimizar os impactos em populações residentes em áreas propensas a serem afetadas pela inundação. Algumas abordagens apresentadas no relatório do IPCC (2022), como programas sociais, adaptações baseadas em ecossistemas, tecnologias e infraestruturas, podem reduzir os riscos das inundações, entretanto, essas medidas podem ser contraproducentes caso sejam mal projetadas ou implementadas de forma inadequada.

O rápido e dinâmico processo de urbanização tem aumentado a vulnerabilidade das populações e as mudanças no clima podem intensificar os riscos, especialmente em locais onde as possibilidades de adaptação são limitadas. Segundo o IPCC (2022), entre 2015 e 2020, a população mundial cresceu em mais de 397 milhões de pessoas, sendo 90% desse crescimento concentrado em regiões menos desenvolvidas. O IPCC (2022), aponta que desde a década de 1970, 44% dos desastres globais foram relacionados a inundações. Entre 1970 e 2019, esses eventos foram responsáveis por 31% das perdas econômicas globais.

Em novembro de 2022, ocorreu no Egito a 27° Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP 27), sendo o maior encontro já realizado sobre o tema. De acordo com a COP 27 (UNFCCC, 2022), o evento contou com a participação de 198 países membros, incluindo os 193 países integrantes da ONU (Organização das Nações Unidas) e teve como foco principal a discussão dos impactos das mudanças climáticas e estratégias de adaptação frente a essas transformações. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre o impacto das mudanças climáticas na frequência e severidade das inundações, utilizando como base artigos publicados entre 2022 a 2024 na base de dados de literatura científica da Scopus, que abordam estudos realizados no Brasil.

2 METODOLOGIA

A metodologia constitui em uma busca sistemática na base de dados de literatura científica da Scopus, utilizando as seguintes palavras chaves: (*"urban floods" OR "urban flooding" OR "flood risk") AND ("climate change" OR "global warming") AND ("frequency" OR "severity" OR "intensity" OR "impact"*). A pesquisa foi limitada a artigos publicados entre 2022 e 2024, com foco em estudos realizados no Brasil e exclusivamente artigos das áreas de Ciências Ambientais e Ciências Sociais. Após a busca, os artigos selecionados foram analisados integralmente por meio da leitura do conteúdo. Adicionalmente foi realiza uma análise de conteúdo dos artigos utilizando linguagem de programação Python, com o objetivo de identificar a frequência de palavras predominantes no conjunto de artigos.

3 RESULTADOS

A busca na Scopus resultou em um total de 11 artigos, que somaram 70 citações. O artigo mais citado foi *"A novel spatiotemporal multi-attribute method for assessing flood risks in urban spaces under climate change and demographic scenarios"*, com 36 citações, o que representa 51,43% do total de citações. Na sequência os artigos "*Ecosystem services values at risk in the Atlantic coastal zone due to sea-level rise and socioeconomic development*" e "*Linking Urban Floods to Citizen Science and Low Impact Development in Poorly Gauged Basins under Climate Changes for Dynamic Resilience Evaluation"* com 8 citações cada até a data da pesquisa, realizada dia 03 de janeiro de 2025. A tabela 1 apresenta todos os artigos listados nos resultados da pesquisa, incluindo nome do artigo, ano de publicação e número de citações.

Tabela 1 - Artigos com seu ano de publicação e número de citações.

Artigo	Nome	Ano de publicação	Número de citações
1	*A multicriteria decision model to improve emergency preparedness: Locating-allocating urban shelters against floods*	2024	2
2	*Nature-based solutions potential for flood risk reduction under extreme rainfall events*	2024	4
3	*Use of Soil Moisture as an Indicator of Climate Change in the SUPer System*	2024	1
4	*Rains, tragedies and media coverage: Analysis of floods in Rio Grande do Sul*	2024	0
5	*Dialogic data innovations for sustainability transformations and flood resilience: The case for waterproofing data*	2023	5
6	*Climate Change Flood Risk Analysis: Application of Dynamical Downscaling and Hydrological Modeling*	2023	1
7	*Ecosystem services values at risk in the Atlantic coastal zone due to sea-level rise and socioeconomic development*	2022	8

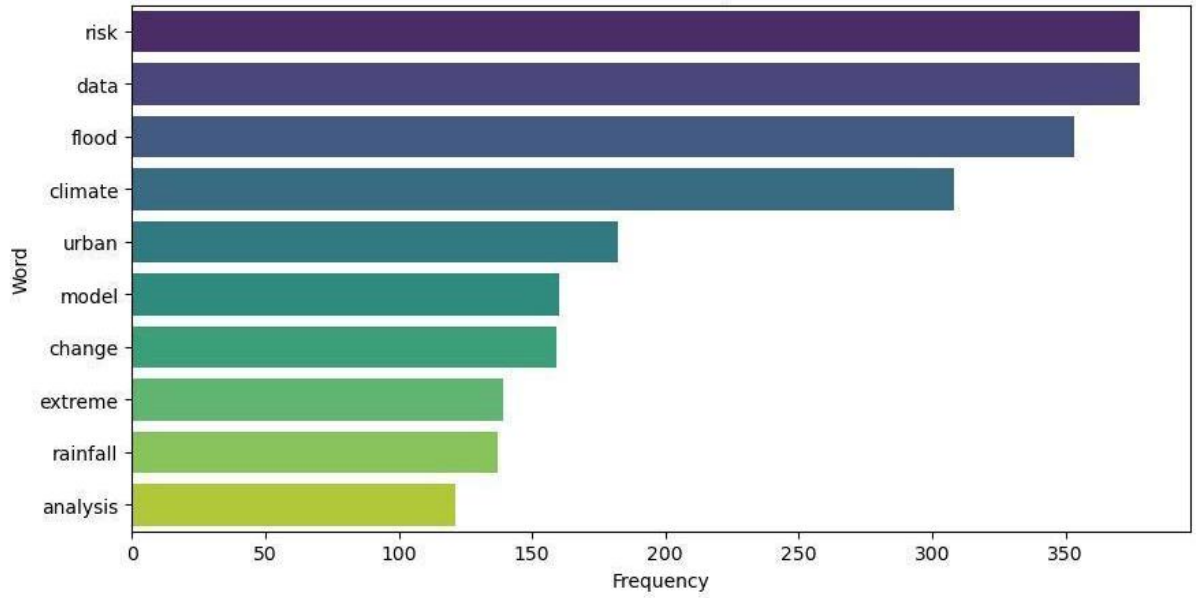
8	*Informed decisions regarding flood events induces propensity for insurances*	2022	4
9	*Analysis of hydrological extremes in the Guaíba hydrographic region: an application of extreme values theory*	2022	1
10	*Linking Urban Floods to Citizen Science and Low Impact Development in Poorly Gauged Basins under Climate Changes for Dynamic Resilience Evaluation*	2022	8
11	*A novel spatiotemporal multi-attribute method for assessing flood risks in urban spaces under climate change and demographic scenarios*	2022	36

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Observa-se que em 2023 apenas dois artigos publicados constam na base de dados pesquisada, com o que corresponde a 18,18% do total. O ano de 2024 com quatro artigos representa 36,36% e o ano de 2022 é o ano com maior número de publicações com cinco artigos, representando 45,45% do total.

A figura 1 apresenta um gráfico com a recorrência de palavras nos artigos analisados, destacando as palavras "*risk*" e "*data*" como as mais frequentes na revisão, cada uma aparecendo 378 vezes nos artigos.

Figura 1. Palavras mais frequentes.



Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

A análise das palavras mais citadas representa padrões relacionados aos temas predominantes nos artigos revisados. As palavras "*risk*" (378 vezes) e "*flood*" (353 vezes), destacam-se sua ocorrência indicando a ênfase na gestão de riscos de inundação. As palavras "*data*" (378 vezes) e "*model*" (160 vezes) sugerem o uso de ferramentas e tecnologias de análise, como modelos computacionais aplicados à previsão de possíveis eventos. A palavra "*analysis*" (121 vezes) reflete o foco dos artigos em análises qualitativas e quantitativas dos resultados.

As palavras "*climate*" (308 vezes) e "*change*" (159), também apresentam alta frequência, o que relaciona aos impactos das mudanças climáticas, sendo um dos principais temas abordados pelos artigos revisados. Além disso, as palavras "*urban*" (182 vezes), "*extreme*" (139 vezes) e "*rainfall*" (137 vezes), contextualizam os espaços urbanos, onde a urbanização e o aumento da frequência de eventos extremos, como as chuvas intensas potencializa o risco de desastre associado a inundação, indicando a necessidade de estratégias específicas para áreas urbanas.

4 DISCUSSÕES

A literatura apresenta diferentes estudos de como os cientistas têm abordado e enfrentado os desafios das mudanças climáticas e inundações, destacando pesquisas relacionadas a tecnologias, como o uso de ferramentas, como sensoriamento remoto, Sistemas de Informações Geográficas (SIG), modelagem hidrológica e outras soluções baseados em dados hidrológicos, como o estudo de Magalhães Filho et al. (2022), por exemplo, que apresenta o uso de modelos de previsão de eventos de inundação, evidenciando a necessidade de inovações na previsão de desastres naturais.

Citando outras formas de soluções para os impactos das inundações, Manes et al. (2024), discute soluções baseadas em preservação dos ecossistemas, sendo uma alternativa significativa para redução de riscos, utilizando modelagem e simulações de cenários para recuperação de terras, como reflorestamento e regeneração natural.

O artigo de Lima et al. (2023), aplica a modelagem hidrológica, para avaliar os impactos das mudanças climáticas e o risco de inundação, e avaliar a eficácia do sistema de drenagem da bacia hidrográfica de Carneirinhos em Minas Gerais. O estudo considera diferentes fatores, como uso e ocupação do solo, destacando o aumento da área de solo exposto, a redução de vegetação e crescimento de áreas industriais, que resultaram na impermeabilização do solo, aumentando o escoamento superficial e agravando os riscos de inundação. Contudo, os autores apresentam que o uso dessas tecnologias necessita de auxílio de políticas públicas para viabilizar a execução, e a adaptação para diferentes contextos urbanos, especialmente em áreas de baixa renda.

Os artigos revisados destacam a necessidade de abordagens integradas, citando a necessidade de combinação entre políticas públicas, sociedade, tecnologias, embasando o planejamento urbano. Fava et al. (2022), discute a importância da ciência cidadã, ressaltando o uso de fotografias e marcas de inundações fornecidas por moradores além do desenvolvimento de soluções de baixo impacto, como estratégias para minimizar os impactos das inundações, especialmente quando há escassez de dados para realizar simulações em modelos hidrológicos. Oliveira et al. (2024), apresenta a importância da mídia na disseminação de informações, demonstrando como a forma como essas informações são transmitidas influencia na percepção e a resposta da sociedade a desastres, sugerindo a necessidade de conscientização e preparação para reduzir danos durante esses eventos.

O artigo mais citado, apresenta um modelo dinâmico que integra aspectos como o crescimento populacional e mudanças climáticas para análises de inundações. Segundo Da Silva et al. (2022), este modelo tem a capacidade de incorporar múltiplos atributos, incluindo fatores ambientais, sociais e econômicos, o que torna esta modelagem superior a modelos

tradicionais, que são estacionários e não incorporam possíveis mudanças temporais. No entanto, os autores ainda apresentam que, embora essa abordagem seja inovadora, o modelo

depende de dados precisos, e a falta dos mesmos, limita seus resultados, o que indica uma lacuna para possíveis pesquisas futuras, principalmente com o avanço de ferramentas e tecnologias disponíveis.

5 CONCLUSÕES

Os artigos destacam a relação entre a emergência frente a mudanças climáticas e riscos de inundações, evidenciando a necessidade de estudos que integrem múltiplos fatores para entender melhor esses fenômenos. Estratégias de mitigação baseadas em ferramentas, planejamento urbano e soluções baseadas na natureza, se tornam cada vez mais indispensáveis para enfrentar os desafios que surgem no decorrer dos anos para a gestão de desastres.

Além disso, os artigos reforçam a necessidade de abordagens integradas entre políticas, sociedade e estratégias tecnológicas para desenvolvimento de estratégias mais efetivas. A escassez de dados também é citada como uma vulnerabilidade no desenvolvimento de ferramentas de previsão, principalmente em regiões com menor desenvolvimento.

Este trabalho buscou contribuir para a compreensão dos impactos das mudanças climáticas nas inundações e como os estudos estão avaliando essas novas interações e as tecnologias disponíveis.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos dos primeiros autores.

7 REFERÊNCIAS

ARTAXO, P. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. *Estudos avançados*, v. 34, p. 53-66, 2020.

CHARDON, A. C. Amenaza, vulnerabilidad y sociedades urbanas una visión desde la dimensión institucional. *Gestión y Ambiente*, v. 11, n. 2, p. 123-135, 2008.

COP27. *Plano de implementação de Sharm El-Sheikh*. Sharm El-Sheikh: United Nations Framework Convention on Climate Change, 2022. Disponível em: <https://unfccc.int/cop27>. Acesso em: 12 jan. 2025.

CARDONA, O. D. *La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo*. 2002.

DA SILVA, L. B. L.; ALENCAR, M. H.; DE ALMEIDA, A. T. A novel spatiotemporal multi-attribute method for assessing flood risks in urban spaces under climate change and demographic scenarios. *Sustainable Cities and Society*, v. 76, p. 103501, 2022.

DE ALBUQUERQUE, J.P.; ANDERSON, L..; CALVILLO, N.; CATTINO, M.; CLARKE, A.; CUNHA, M.A.; DEGROSSI, L.C.; GARDE-HANSEN, J.; KLONNER, C.; LIMA-SILVA, F.; MARCHEZINI, V.; MARTINS, M.H.M.; PAJARITO GRAJALES, D.; PITIDIS, V.; RIZWAN, M.;

6

TKACZ, N.; TRAJBER, R. Dialogic data innovations for sustainability transformations and flood resilience: The case for waterproofing data. *Global Environmental Change*, v. 82, p. 102730, 2023.

6

DE ALBUQUERQUE, N.L.B.; SILVA, L.B.L.; ALCENAR, M.H.; ALMEIDA, A.T. de. A multicriteria decision model to improve emergency preparedness: Locating-allocating urban shelters against floods. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 111, p. 104695, 2024.

FAVA, M.C.; MACEDO, M.B. de; BUARQUE, A.C.S.; SARAIVA, A.M.; DELBEM, A.C.B; MENDIONDO, E.M. Linking urban floods to citizen science and low impact development in poorly gauged basins under climate changes for dynamic resilience evaluation. *Water*, v. 14, n. 9, p. 1467, 2022.

GALVINCIO, J. D.; DE QUEIROGA MIRANDA, R.; DA LUZ, G. G. Use of Soil Moisture as an Indicator of Climate Change in the SUPer System. *Hydrology*, v. 11, n. 5, p. 65, 2024.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Climate Change 2022:* Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>. Acesso em: 10 jan. 2025.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D.A; MARCELINO, I.P.V de O.; MARCELINO, E.V.; GONÇALVES, E.F.; BRAZETTI, L.L.P.; GOERL, R.F.; MOLLERI, G.S.F.; RUDORFF, F.D.M. *Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos*. Curitiba: Organic Trading, 2006.

LIMA, F. N.; FREITAS, A. C. V.; SILVA, J. Climate Change Flood Risk Analysis: Application of Dynamical Downscaling and Hydrological Modeling. *Atmosphere*, v. 14, n. 7, p. 1069, 2023.

MAGALHÃES FILHO, L.N.L.; ROEBELING, P.C.; COSTA, L.F.C.; DE LIMA, T. Ecosystem services values at risk in the Atlantic coastal zone due to sea-level rise and socioeconomic development. *Ecosystem Services*, v. 58, p. 101492, 2022.

MANES, S.; VALE, M. M.; PIRES, A.P.F. Nature-based solutions potential for flood risk reduction under extreme rainfall events. *Ambio*, v. 53, n. 8, p. 1168-1181, 2024.

MENDES-DA-SILVA, W.; FLORES, E.; ECKLES, D. L. Informed decisions regarding flood events induces propensity for insurances. *Environmental Science & Policy*, v. 136, p. 738-750, 2022.

OLIVEIRA, F.M.; HOLANDA, T.C.; RAMALHO, A.L.O.S.; KLOECKNER, N.V.R.; MOURA, Í.E.M.O. de; RICARTE, T.L.; RIBEIRO, K.V. Rains, Tragedies and Media Coverage: Analysis of Floods In Rio Grande do Sul. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v. 18, n. 4, p. e06861-e06861, 2024.

TUCCI, C. E. Gestão das inundações urbanas. *Global Water Partnership. Edição em arquivo digital***.** Brasília, 2005.

VIEIRA, S.A.; MIGLIAVACCA OSÓRIO, D.M.; QUEVEDO, D.M. Analysis of hydrological extremes in the guaíba hydrographic region: An application of extreme values theory. *Braz. J. Environ.* Sci, v. 57, p. 239-255, 2022.

DIRETRIZES PARA O DESENVOLVIMENTO DE ABRIGOS TEMPORÁRIOS PARA ATUAÇÃO PROFISSIONAL EM DESASTRES AMBIENTAIS

GUIDELINES FOR THE DEVELOPMENT OF TEMPORARY SHELTERS FOR PROFESSIONAL WORKERS IN ENVIRONMENTAL DISASTERS

Thainá Lourenço da Silva
Universidade Federal do Paraná, thainalourencodasilva@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi compreender a dinâmica dos desastres ambientais no território brasileiro e no estado do Paraná, com o intuito de desenvolver diretrizes base para a elaboração de abrigos efêmeros a serem utilizados em situações emergenciais ocasionadas por deslizamentos de terra na serra litorânea do Estado do Paraná. Parte crucial do trabalho foi a realização de entrevistas com dois especialistas do Centro de Apoio Científico em Desastres (CENACID), que desempenharam um papel ativo no período posterior aos deslizamentos de terra ocorridos em novembro de 2022. Nas entrevistas, foram abordadas questões pertinentes às experiências vivenciadas pelos pesquisadores durante a atuação nos deslizamentos de terra na BR-376. Essas conversas foram fundamentais para esclarecer a demanda por um abrigo que atenda as necessidades específicas destes profissionais. Concluo este artigo com o levantamento das diretrizes a serem utilizadas na etapa projetual, considerando os aspectos abordados ao longo deste trabalho.

Palavras-Chave:Abrigo, Desastres ambientais, Arquitetura efêmera, CENACID, Deslizamentos de terra.

ABSTRACT

The objective of this work was to understand the dynamics of environmental disasters in Brazilian territory and in the state of Paraná, with the aim of developing foundational guidelines for the design of ephemeral shelters to be used in emergency situations caused by landslides in the coastal mountains of Paraná. A crucial part of the study was

conducting interviews with two experts from the Scientific Support Center for disasters (CENACID), who played an active role in the aftermath of the landslides that occurred in November 2022.The interviews addressed relevant issues related to the experiences of researchers during their work on the landslides along the BR-376 highway. These conversations were essential to clarify the demand for a shelter that meets the specific needs of these professionals. This article concludes by presenting the design guidelines to be utilized in the project phase, considering all aspects addressed throughout this study.

Keywords: Shelter, Environmental disasters, Ephemeral architecture, CENACID, Landslides.

1 INTRODUÇÃO

Os incidentes ambientais na região da serra litorânea paranaense se apresentaram de modo expressivo nos últimos meses do ano de 2022 Foram registrados diversos tipos de desastres nas rodovias estaduais, abrangendo fenômenos como desprendimento de blocos rochosos, instabilidade de solo e deslizamentos de terra. Tais ocorrências demandam até atualmente a atuação frequente de diversos profissionais especializados na área de desastres ambientais.

O trabalho possui como objeto de estudo, as necessidades profissionais relacionadas aos deslizamentos de terra no quilômetro 669 da BR-376, localizado entre Curitiba e no Litoral do Estado; e tem como objetivo apontar diretrizes para o desenvolvimento de abrigos efêmeros voltados aos especialistas envolvidos durante o processo do pós desastre.

No primeiro momento de pesquisa, é apresentado a contextualização brasileira dos eventos climáticos. Tornando evidente a necessidade de planos previamente concebidos , a serem seguidos durante a ocorrência de desastres. É abordado também, os acontecimentos de maior ocorrência no Brasil e no estado do Paraná durante as últimas décadas, buscando compreender os acontecimentos relacionados aos deslizamentos de terra.

A etapa seguinte, intitulada *Arquitetura e Desastre,* busca a compreensão da atuação pública em situações de desastres ambientais, evidenciando a assistência prevista pela constituição brasileira, por meio dos órgãos públicos, aos afetados pelos desastres, independente da origem do acontecimento, seja ele natural ou antropológico. Assim como a definição e o discernimento, dos tipos de abrigos estabelecidos pela Defesa Civil. Também neste tópico, é estabelecido o entendimento de *Abrigo Temporário*, a partir das considerações de Célia Monasterio.

A terceira etapa deste trabalho apresenta as entrevistas realizadas com os pesquisadores do grupo CENACID (Centro de Apoio Científico em Desastre), que atuaram diretamente durante os acontecimentos na rodovia estadual. Por fim, a conclusão discorre sobre as diretrizes estabelecidas a partir dos dados elaborados durante o trabalho.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1 Desdobramentos no Brasil

No Brasil, se faz mais expressivo os desastres de natureza climáticas e hidrológicas, abrangendo respectivamente estiagem, seca, incêndio florestal e umidade do ar; inundações, enxurradas e alagamentos (Figura 1). Na região sul do país, é de maior intensidade os eventos hidrológicos e meteorológicos, sendo o segundo relacionado a inundações, enxurradas e alagamentos.

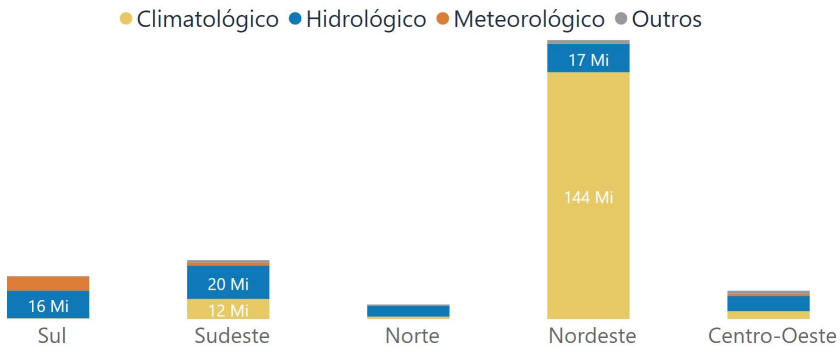


GRÁFICO 1 – DANOS POR GRUPO DE DESASTRES

FONTE: Atlas digital de desastres no Brasil (2023)

O processo de urbanização ocorrido no Brasil nas últimas décadas é tido como um dos elementos principais dos desastres naturais, visto que esse processo desordenado acarreta em uma expansão de cidades em áreas impróprias para ocupação. Isso levou a construção de moradias em áreas sem infraestrutura, desmatamento, cortes, alterações de drenagens, aterros e disposição inadequada de lixo, esses fatores aumentaram a instabilidade dos terrenos (TOMINAGA et al., 2009).

A Defesa Civil possui um sistema com estrutura organizada nos âmbitos municipal, estadual e federal com diretrizes e planos de ação para atender emergências em toda extensão do território nacional. Mas como observado por Marcelino (2007), os estudos para prevenção de desastres são negligenciados, mesmo havendo conhecimento especializado para dar suporte às ações.

2.2 Desdobramentos no Paraná

De acordo com o artigo intitulado "Vulnerabilidade de municípios do Paraná aos riscos de desastres naturais" (2011), no Estado é de maior incidência enchentes, enxurradas e vendavais, enquanto os escorregamentos de terra fazem parte dos acontecimentos de menor ocorrência. Segundo Junior (2011), foram registrados 4.550 desastres entre o período de 1980 a 2011, onde 29,56% referiam-se a vendavais ou tempestades, 14,11% a enchentes ou inundações graduais, 8,02% a enxurradas ou inundações bruscas e 1,82% a escorregamentos ou deslizamentos.

De acordo com Coordenadoria Estadual da Defesa Civil do Paraná, entre 1996 a 2023 foram registrados 8620 ocorrências, sendo tempestades/vendavais 38,7%, enxurradas 16,16%, tempestade/granizo 13,79%, estiagem 9,8%, inundações 8,49%, alagamentos 8,25% e deslizamentos 4,15%.

3 ARQUITETURA E DESASTRE

No Glossário de Defesa Civil (1998), é possível encontrar as seguintes definições para abrigos e abrigos temporários: Abrigo: Local ou instalação que proporciona hospedagem a pessoas necessitadas. Em linguagem militar, local que proporciona proteção contra o fogo (tiros e bombas) e contra as vistas (observação) do inimigo.; Abrigo Temporário: Abrigo organizado numa instalação fixa e adaptada para esta finalidade, por um período determinado. (CASTRO, 1998)

Ainda segundo a Defesa Civil, é possível classificar abrigos temporários de quatro maneiras: Permanente: Instituições públicas ou privadas destinadas à assistência para pessoas desamparadas socialmente. Temporário: Organizado em uma instalação fixa e adaptada para esta finalidade, por um período determinado. Fixa: Edificações públicas ou privadas adaptadas para a habitação temporária. Exemplos: Ginásios, hoteis, quarteis, escolas etc. Móvel: Constituído por barracas de Campanha para a habitação temporária, em área pré-determinada. Exemplos: Campo de futebol, quadra poliesportiva sem cobertura fixa, descampados horizontais, entre outros (DEFESA CIVIL, s.d.).

Para determinar um abrigo móvel, é necessário se atentar aos critérios topográficos, considerando a possibilidade de estar alagadiço e próximo de mananciais e reservatórios de

água potável, além de verificar condições de higiene, limpeza e prevenção contra insetos peçonhentos. Enquanto que para determinar abrigos fixos, deve ser feito vistorias preliminares para avaliar as condições do espaço, assim como verificar se possui estrutura suficiente para abrigar as pessoas afetadas (DEFESA CIVIL, s.d.).

3. 1 Abrigos Temporários

Monasterio (2006), aborda efêmero como uma palavra complexa de se conceituar, o adjetivo vem de duas palavras gregas *epi* (sobre) e *n'nemera* (dia). Efêmero pode ser dito como passageiro, transitório e com curto período de existência. A autora reflete sobre como a efemeridade se transmite no cotidiano humano

O efêmero pode ser classificado como algo de curta duração, ligado a um referencial temporal. O tempo de vida de um objeto não exclui a característica de efemeridade e transitoriedade (MONASTERIO, 2006). De acordo com o dicionário, entende-se por efêmero *1. que é passageiro, temporário, transitório. 2. que dura um dia.* (OXFORD LANGUAGES, 2023)

A relação com o lugar em que está inserida é uma característica de uma atividade efêmera, durante o curto período em que está presente. Além disso, é importante compreender o espaço arquitetônico de maneira sensível e tátil, proporcionando conexão entre o espaço e o visitante. Embora os elementos efêmeros possam representar a imaterialidade ou a instabilidade de uso, algo favorável dentro da arquitetura temporária, podem contribuir transformando e definindo os usos espaciais de forma eficiente, muitas vezes maiores do que construções permanentes (ARBOIX, 1999).

Dentro de um cenário pós desastre, a habitação é uma das principais necessidades para abrigar a população afetada. A construção deve possuir rápidas respostas para solucionar a urgência das necessidades das pessoas. Desta maneira, é fundamental manter em equilíbrio entre a urgência e a eficácia de um método de trabalho que abranja soluções a longo prazo, priorizando que os métodos construtivos e as ações preventivas sejam aprimoradas, garantindo que os problema do pós desastres sejam solucionados da forma eficiente (FURTADO, 2014).

Para que um abrigo seja eficiente na proteção do indivíduo, ele precisa ser desenvolvido de forma a atender as características de clima, elementos externos, aspectos culturais e etc, do local que será implantado. As ações projetuais precisam ser pensadas para variar dependendo das temperaturas, em climas quentes é importante considerar o sombreamento dos abrigos e o controle de doenças. Em climas frios, outras questões se

tornam importantes, como exposição ao clima, fonte de calor e controle de condensação (ANDERS, 2007).

Segundo Kronenburg (*apud* ANDERS, 2007), pessoas em situação de desastres possuem a necessidade de serem abrigadas, reforçando a importância de projetar abrigos com acessibilidade, fontes de água, sistema sanitário, acesso a alimentos e atendimento médico. Todas essas medidas são imediatas e emergenciais, mas devem ser tratadas como provisórias. O trabalho de campo deve ser executado de forma rápida e precisa, para que o mais cedo possível os abrigados possam utilizar as instalações. A montagem dos abrigos deve acontecer de forma rápida, com mínimo esforço, e durar o período emergencial sem manutenções adicionais. A durabilidade deve ser pequena e sem atrativos para que o uso não deixe de possuir caráter provisório. Os materiais utilizados na construção devem ser reaproveitados permanentemente. De maneira geral, o abrigo emergencial deve atender alguns critérios, como rápido fornecimento, adaptável, executável e de baixo custo.

Os materiais utilizados na construção de abrigos, ou na reconstrução das habitações afetadas, devem considerar de forma particular o ambiente da emergência. Existem alguns materiais utilizados universalmente, como a lona plástica, que possui resistência, é flexível e possui caráter provisório. Outro exemplo é a chapa de aço ondulado galvanizado, que são leves de transportar e baratas de produzir. É de suma importância ter em mente os aspectos de peso, uma vez que influencia no tempo em que será fornecido, e na disponibilidade do material na região para que o custo seja baixo. O abrigo deve ser adaptável a mudanças inesperadas, pois em situações onde acontecem desastres em sequência, as pessoas não podem ser inseridas em um abrigo que possa representar riscos à sua segurança (ANDERS, 2007).

É importante que o conforto térmico seja considerado dentro das instalações, a temperatura dentro dos abrigos deve ser mantida entre 20°C a 28°C (CLARDY, 2004), o autor não especifica uma temperatura exata, desta forma é essencial que seja desenvolvido um estudo específico para cada região antes da implantação do abrigo (ANDERS, 2007) . No Brasil, os climas predominantes são equatorial, tropical e temperado. A região sul do país, possui clima temperado, ou seja, no inverno ela pode atingir temperaturas perto ou abaixo de zero.

A indústria de estruturas portáteis é responsável por fornecer os “kits” utilizados nos acampamentos, desenvolvendo inúmeros métodos para solucionar questões de transporte e acomodação dos abrigos. Segundo Kronenburg (1995), os métodos utilizados pela indústria

podem ser desenvolvidos em quatro categorias, *Flat-pack* (desmontável ou pronto para montar), Modular, Pneumático e Tensionado.

4 CONTEXTO LOCAL

Nos últimos anos, o Paraná tem enfrentado um cenário de intensas chuvas, ocasionando inúmeros casos de movimentação de massas. Em outubro de 2022, pesquisadores da Universidade Federal do Paraná (UFPR) iniciaram o mapeamento dos possíveis pontos de deslizamentos nas rodovias estaduais, com atenção especial na BR-277. Segundo Renato de Lima (2022)[1], os deslizamentos foram deflagrados pelo deslocamento de pedras no quilômetro 41 da rodovia federal em Morretes-PR.

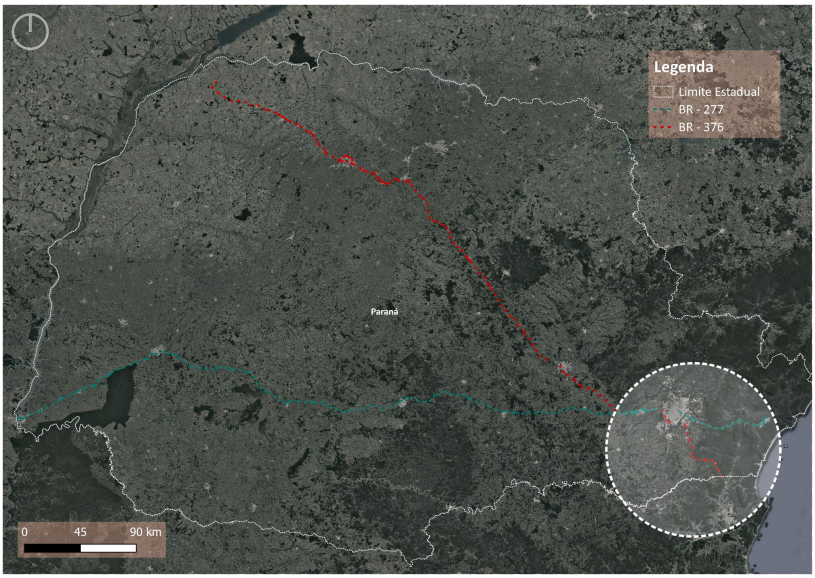


Figura 1 - Localização em escala estadual

Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados do CENACID (2023)

Em novembro de 2022, o acúmulo de chuvas prolongadas causou deslizamentos em vários pontos das rodovias, onde o caso mais expressivo ocorreu na BR-376, em Guaratuba, que atingiu 21 veículos e deixou duas vítimas fatais soterradas pela lama, no entanto essa afirmação não foi confirmada pelos profissionais que atuaram durante o ocorrido. Como resultado, cerca de 200 metros de extensão da pista precisaram ser interditados. No mesmo

[1] Disponível no vídeo : https://globoplay.globo.com/v/11138722/

período, outras estradas de acesso ao litoral do estado também foram interditadas devido a outros deslizamentos (Folha de S. Paulo, 2022)[2].

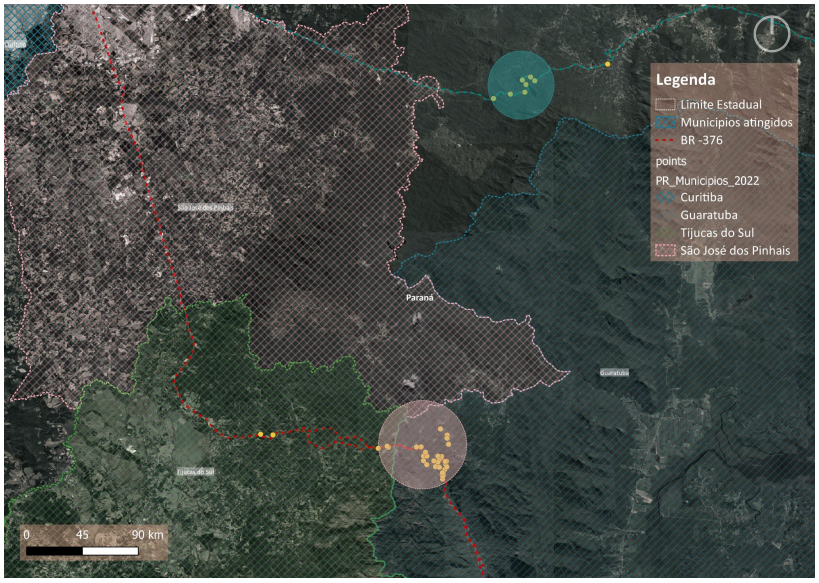
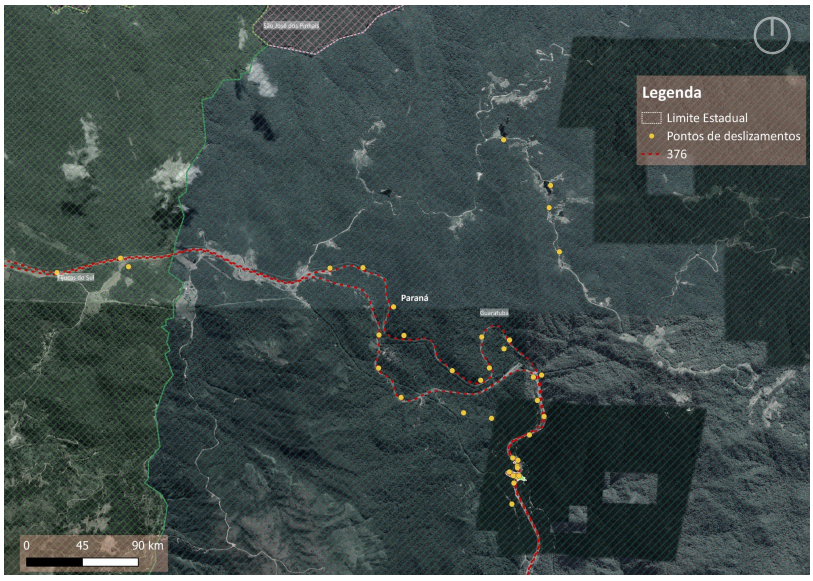


Figura 02 - pontos de deslizamentos BR- 376 e 277

[2] A matéria completa está disponível no link: https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2022/11/deslizamento-de-terra-atinge-21-veiculos-e-deixa-ao-menos-um-morto-no-parana.shtml

Figura 03 - Todos os pontos de deslizamentos na br-376



Fonte: Elaborado pela autora, a partir dos dados do CENACID (2023)

5 CENACID

O Centro de Apoio Científico em Desastre (CENACID), é uma organização da Universidade Federal do Paraná, cujo objetivo é prestar apoio científico e técnico a comunidades em situações de emergência, atuando de forma voluntária em desastres

naturais, ambientais e tecnológicos, assim como no desenvolvimento de pesquisas relacionadas a diagnóstico, prognóstico e planos de ação a serem implementados no decorrer do pré e pós desastre.

O programa conta com a participação de diversos pesquisadores e especialistas em várias áreas de conhecimento, que podem ser acionadas em situações de emergência. Os integrantes são de vários Departamentos da UFPR, pesquisadores de outros Estados, além de universidades da América Latina e Europa.

5.1 Entrevistas com os membros

De acordo com as entrevistas cedidas por Renato Lima, professor doutor em Geologia na UFPR, e Wilson Soares, professor doutor em física da UFPR, foi realizado um diagnóstico das possíveis necessidades dos profissionais durante as atuações em desastres ambientais. A entrevista foi guiada por questionamentos em torno dos acontecimentos na BR-376, com o objetivo de compreender a atual situação das condições de trabalho vivenciadas pelos profissionais.

Acomodações: Durante o período pós desastres, os pesquisadores se instalam em hotéis ou pousadas, nas cidades mais próximas, de baixo custo. As equipes de sinalização de trânsito precisaram permanecer no local, e dormiram em carros e tendas improvisadas. Para a segurança do patrimônio dos trabalhadores, guardas municipais e a polícia federal se instalaram provisoriamente em tendas durante a permanência dos grupos de trânsito.

Dificuldades: Para cada variante de desastres, a equipe do Cenacid faz uma pré-avaliação do local. A partir da avaliação de segurança, foi constatado que não seria seguro acessar o local antes de 48 horas após o desastre. Durante a coleta de dados, os especialistas se mantiveram instalados a cerca de 20 metros de distância do depósito do deslizamento. As dificuldades podem variar de acordo com o tipo do evento. Em situação de deslizamento de terra, é necessário coletar amostras do material, fazer medidas e analisar o tipo de solo. Durante esses momentos, o principal agravante é a chuva, uma vez que ela se infiltra dentro do solo causando desprendimento da terra, podendo acarretar em novos deslizamentos, que podem afetar a segurança dos pesquisadores. O caso da BR-376, demandou um grande fluxo de coleta de dados, devido ao número de ocorrências no final de 2022, sendo que ao todo aconteceram mais de 30 desprendimentos de terra na serra paranaense neste ano. Esses dados eram coletados pelos especialistas e trazidos para análise no laboratório de Curitiba.

Frequência de deslocamentos: Em todas as situações, a frequência varia de acordo com a necessidade, e disponibilidade dos pesquisadores em visitar o local. Na BR-376, foram necessárias, em média, três visitas por semana, durante as primeiras semanas do pós desastre. Essas visitas se fizeram necessárias para avaliar os dados coletados, averiguar a possibilidade de novos deslizamentos e investigar as possíveis causas. Em algumas situações, a equipe é convidada a revisitar o local por meio de solicitação dos agentes da defesa civil e até mesmo de redes de televisão.

Dinâmica da equipe: São necessários no mínimo três profissionais, dependendo da magnitude e do tipo de desastre, sendo que os especialistas de áreas diferentes se alternam durante os dias da semana. Neste caso, foram necessários geólogos, engenheiros civis e especialistas em contaminação de águas (engenharia química e biológica).

Equipamentos: O programa possui um kit de emergência com equipamentos básicos, que devem ser levados em todas as missões, contendo capacetes, gerador de energia, colete, cones, baterias, lanternas e etc. Em caso de deslizamento de terra, os equipamentos básicos podem variar de acordo com a magnitude, mas são necessários no mínimo gps, material de

segurança, analisador de água entre outros. O transporte é feito a partir dos veículos 4x4, em situações mais graves, onde não é possível adentrar com veículos, o transporte do equipamento é feito pelos profissionais manualmente e em algumas situações precisam escolher os equipamentos apenas de maior necessidade para levar para o local.

Principais necessidades: Segundo os pesquisadores entrevistados, seria de grande interesse um módulo de camping com as possíveis comodidades: possibilidade de engatar em carro; leito para até 3 pessoas; possibilidade de dispor equipamentos; gerador de energia e água.

6 DIRETRIZES DE PROJETO

Fundamentado nas bases teóricas apresentadas, nas entrevistas e nos estudos de casos, foram estabelecidas diretrizes projetuais a serem consideradas durante a elaboração de abrigos para profissionais que atuam em desastres. O objetivo central é contribuir para o desenvolvimento de melhores condições de atuação de todos os pesquisadores que dedicam tempo e esforços nos estudos de desastres ambientais, buscando promover um ambiente seguro e motivador para as atividades realizadas.

As características principais do abrigo podem ser divididas em três pilares centrais: Efemeridade, visando materiais leves e desmontáveis; Sustentabilidade, com baixos impactos ambientais e integração à paisagem natural existente; Adaptações climáticas, uso de materialidade adequada a região, neste caso, litorânea paranaense.

A implantação do abrigo deve ser considerada de acordo com a topografia e os diferentes tipos de solo. Desta forma, é desejável a possibilidade da fundação ser variável para melhor adequação no terreno. A localização deverá ser definida com base nas observações apontadas pelos pesquisadores. Neste caso, o pesquisador Wilson Soares (UFPR), apontou em mapa algumas possíveis localizações, considerando os parâmetros utilizados em suas vivências anteriores com deslizamentos.

Deverá ser levantado o número de integrantes das equipes para estipular a variação do tamanho do módulo. Neste caso, foi apontado que o tamanho das equipes varia de acordo com a ocorrência, respeitando um mínimo de 3 pessoas para eventos de deslizamento de terra. O módulo deverá, portanto, oferecer uma área mínima de 10m², distribuída da seguinte forma: 3m² para acomodação de pessoas durante o pernoite, 2m² para os equipamentos, 2m² para a estrutura de sanitários, 1m² para a copa e 2m² para o laboratório.

Outra necessidade, será em relação a materialidade, visto que o local de implantação estará condicionado a um maior grau de chuvas e umidade do ar. Desta forma, é preferível a utilização de materiais que se adaptem a esse tipo de clima e que permitam ao abrigo resistencia termicamente, em que exista pouca troca de calor entre o interior e o exterior do refúgio.

No que diz respeito a montagem, é desejável o desenvolvimento de um módulo pré-montado e de fácil instalação, onde possivelmente os próprios pesquisadores poderiam realizar a montagem. Ainda nesta linha, é indispensável que após a retirada do módulo, exista pouco resíduo construído além da fundação, visando a diminuição dos impactos ambientais no local.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a intensidade e a frequência dos desastres ambientais no Brasil, é indispensável manter um diálogo contínuo sobre o assunto. Toda a população pode estar sujeita às consequências desses eventos, principalmente os desastres hidrológicos e meteorológicos, associados a secas, chuvas e inundações. Além disso, é fundamental garantir que a população tenha acesso aos seus direitos como cidadãos.

No Paraná, os desdobramentos das mudanças climáticas tornam-se mais evidentes devido às fortes chuvas. Essas evidências se expressam no aumento de desastres no estado em um curto período de tempo. Os deslizamentos de terra tiveram um aumento significativo, principalmente quando se considera que os dados apontavam para porcentagem inferiores a 2%, no entanto nos últimos dez anos essa porcentagem se tornou superior a 4%.

O resultado obtido nas etapas de busca de dados foram fundamentais para direcionar o objeto de pesquisa deste trabalho. Em particular, as entrevistas realizadas com os pesquisados do grupo CENACID, desempenharam um papel crucial ao fornecer percepções importantes sobre as necessidades dos profissionais envolvidos durante o período pós desastre. Essas conversas ajudaram a entender de forma aprofundada as demandas e as dificuldades enfrentadas pelos especialistas, fornecendo assim uma base sólida para a elaboração do projeto de um abrigo efêmero que atenda as necessidades específicas apresentadas.

Por fim, dada a fragilidade dos locais afetados por desastres, o desafio passa a ser encontrar um resultado de abrigo que seja adequado para diversas situações e complexidades diferentes. Contudo, o entendimento a respeito das condições de trabalho e de moradias dos pesquisadores em situações de desastres ambientais é um tema pouco desenvolvido no meio acadêmico. Dada a importância deste tema, é evidente a necessidade de novos estudos nesta área, buscando se aprofundar em diferentes cenários de aplicações deste estudo, considerando as características regionais e magnitude dos desastres. Tais estudos são essenciais não apenas para a criação de soluções mais eficazes, mas também para ampliar o repertório de estratégias e técnicas que possam ser adotadas em futuras crises ambientais, contribuindo para uma resposta mais eficiente e resiliente.

8 REFERÊNCIAS

ANDERS, Gustavo Caminati. **Abrigos temporários de caráter emergencial**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16134/tde-19092007-102644/. Acesso em: 15 jan. 2025.

AMARAL, Rosangela do; TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair. **Desastres Naturais - Conhecer para Prevenir**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

ARBOIX, I. S. **La construcció de léspai: els delimitadors materials i els components efímers** in: ROQUETA MATÍAS, SANTIAGO; FORT MIR, JOSEP M. (Aproximacions al concepte d'arquitectura efímera.). **Arquitectura, Art i Espai Efímer**. 1 ed. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 1999. 1.3/ Cap.1. p. 35-45.

Bessa Júnior, O., Doustdar, N. M., & Cortesi, L. A. (2011). **Vulnerabilidade de municípios do Paraná aos riscos de desastres naturais**. Caderno IPARDES - Estudos E Pesquisas, 1(1), 82–100. Recuperado de https://ipardes.emnuvens.com.br/cadernoipardes/article/view/80BRASIL, 2023. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm> 10 de abril de 2023.

CLARDY, Scott . et al. **Environmental health: Operational guidelines.** Missouri department of health and senior services, 2004.

FURTADO, SILVA, Janaína Rocha, Marcela Souza. **Proteção aos Direitos Humanos das Pessoas Afetadas por Desastres.** Florianópolis: CEPED UFSC, 2014.

MANUAL DE INSTALAÇÃO DE ABRIGOS TEMPORÁRIOS . Disponível em: <https://www.justica.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/migrados/File/Capacitacao/CuritibaDefesaCivil/Material_de_Instrucao_abrigos.pdf> Acesso em: 23 de abril de 2023.

MONASTÉRIO, Célia. **O Processo De Projeto Da Arquitetura Efêmera Vinculada A Feiras Comerciais.** Campinas, 2006.

OXFORD LANGUAGES. **Definition of Ephemeral**. Disponível em: <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/ephemeral>. Acesso em: 15 de janeiro de 2025

Resiliencia de los agricultores ribereños frente a eventos climáticos extremos en la cuenca del río Maule, Chile.

Catherine Sepúlveda [1], Octavio Rojas [2], Katia Saez[3], Esperanza López-Vázquez[4], Marcela Salgado[5], José Luis Arumí[6]

1 Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, cathesepulveda@udec.cl.

2 Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, ocrojas@udec.cl.

3 Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Estadística, Universidad de Concepción, ksaez@udec.cl.

4 Centro de Investigación Transdisciplinar en Psicología, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, esperanzal@uaem.mx.

5 Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, msalgadov@udec.cl.

6 Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad de Concepción, jarumi@udec.cl.

RESUMEN

El cambio climático ha intensificado desastres como inundaciones y sequías, afectando la agricultura y las economías nacionales. En este contexto, la gestión del riesgo climático es crucial, y la resiliencia de los agricultores desempeña un papel clave en la adaptación. Este estudio evalúa la resiliencia y las estrategias de adaptación de los agricultores ribereños en la cuenca del río Maule. Se analizaron tres componentes de resiliencia (económico, social y cultural) mediante cinco factores identificados en la literatura. Se aplicó un cuestionario semiestructurado con preguntas tipo Likert a 206 agricultores de las zonas ribereñas de los ríos Maule, Claro y Loncomilla. La validez del instrumento se verificó con análisis de componentes principales y alfa de Cronbach. Se emplearon pruebas no paramétricas (chi-cuadrado y prueba exacta de Fisher) para analizar la relación entre variables. Los resultados indican que la resiliencia cultural está influenciada por edad, tenencia de propiedad, años de residencia y creencias religiosas. La mayoría de los agricultores enfrenta limitaciones económicas y tecnológicas para afrontar amenazas climáticas, destacando la falta de recursos financieros (74.8 %), herramientas tecnológicas (82 %) y seguros agrícolas (90.3 %). La adopción de medidas de adaptación es baja (64.1 %), priorizándose estrategias hídricas (48.6 %), tecnológicas (29.2 %) y agronómicas (18.1 %). Se recomienda fortalecer los componentes culturales y sociales de la resiliencia mediante programas locales de adaptación y gestión del riesgo en comunidades agrícolas.

Palabras Claves: Resiliencia- Riesgos climáticos- Agricultores ribereños.

1 INTRODUCCIÓN

El cambio climático ha modificado el comportamiento de las amenazas climáticas, afectando a diversos sectores económicos, entre ellos la agricultura, que es intrínsecamente más vulnerable debido a su dependencia directa de los sistemas naturales para la producción (FAO 2021). A nivel global, la frecuencia e intensidad de desastres como inundaciones y sequías han aumentado (Bayissa et al. 2019; Matheswaran et al. 2019), impactando directamente en los cultivos agrícolas, las economías nacionales y el modo de vida de los agricultores (Dasmani, Darfor, y Karakara 2020; Jacka 2020). Dentro de este grupo, los agricultores ribereños presentan una vulnerabilidad particular debido a su ubicación geográfica, que los expone directamente a amenazas como las inundaciones fluviales.

En este contexto, la gestión del riesgo climático adquiere especial relevancia, siendo la resiliencia de los agricultores un factor clave en los procesos de adaptación. El concepto de resiliencia ha sido definido de diversas maneras y aplicado en múltiples disciplinas (Cutter et al. 2008). En términos generales, se entiende como la capacidad de un sistema ya sean individuos, hogares o comunidades para reorganizarse frente a una perturbación, amortiguar los impactos, aprender de la experiencia y adaptarse al cambio (Wilson y Wilson 2019). Algunos estudios han destacado la importancia de analizar la resiliencia a través del enfoque de capitales dinámicos en zonas agrícolas (Bathaiy et al. 2021; Haque et al. 2022).No obstante, en contextos rurales, los capitales sociales, culturales e institucionales juegan un papel aún más relevante en la construcción de resiliencia (Cutter, Ash, y Emrich 2016; Fielke et al. 2018).

Frente a los desafíos derivados de los desastres en zonas agrícolas, tanto agricultores como autoridades locales han implementado estrategias específicas de adaptación a los impactos del riesgo climático (Iqbal et al. 2018). Entre estas estrategias se incluyen el uso de cultivos con menor demanda hídrica, modificaciones en las fechas de siembra, diversificación de cultivos, tecnificación del riego y contratación de seguros agrícolas (Jin, Wang, y Wang 2016; Mase, Gramig, y Prokopy 2017; Nguimalet 2018)

En Chile, los eventos climáticos extremos han afectado gravemente la agricultura y las comunidades rurales de la zona centro, impactando en la producción agrícola local (Aldunce y González 2009). Por ejemplo, la cuenca del rio Maule, una de las zonas agrícolas más importantes del país, sufrió en junio y agosto del año 2023 inundaciones fluviales producto de eventos meteorológicos extremos. Estos fenómenos provocaron la pérdida de hectáreas de suelo agrícola, daños en infraestructura y alteraciones en la calidad de vida de los agricultores.

Ante este escenario, el presente estudio busca proporcionar un marco de análisis para comprender la resiliencia de los agricultores ribereños frente a amenazas climáticas y explorar las estrategias que han implementado para adaptarse a estos riesgos. Comprender esta relación es fundamental para mejorar la gestión del riesgo climático y aportar

información relevante para el diseño de políticas de adaptación en contextos agrícolas. Por lo tanto, este estudio responde a las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuáles son los principales factores que determinan la resiliencia de los agricultores ribereños frente a eventos climáticos extremos? ¿Qué estrategias de adaptación han implementado los agricultores ribereños para enfrentar estas amenazas? ¿Cómo influyen estas estrategias en su capacidad de recuperación y adaptación a futuros eventos extremos?

2 OBJETIVOS

El objetivo general de la investigación corresponde a evaluar la resiliencia y estrategias de adaptación de los agricultores ribereños frente a eventos climáticos extremos en la cuenca del río Maule, Chile.

AREA DE ESTUDIO

El estudio se realiza en la región del Maule en Chile central, cuya superficie rural según la Política Nacional de Desarrollo Rural es del 90%, compuesta por comunas con alta ruralidad, las que concentran el 56% de la población rural total regional (Yañez,2024). En esta región se encuentra la cuenca del río Maule (35°S- 36’°S; 20.300 km2), sistema andino de régimen nivo-pluvial. El clima de la cuenca es de tipo mediterráneo, con una temperatura media anual de 14,9° C y precipitación media anual de 735 mm. Sus principales tributarios en el valle central los ríos Maule, Longaví, Loncomilla y el río Claro.

Asimismo, la cuenca presenta 577.130 ha, de superficie categorizada como terrenos agrícolas de los cuales el 91% se encuentra en la depresión central. El tipo de cultivo que desarrollan los agricultores ribereños en estas áreas corresponden a hortalizas, tubérculos y frutales, destacando cultivos como, papa, tomate, maíz y poroto. Los agricultores ribereños de la cuenca se definen como aquellos que se encuentran ubicados en zonas transicionales entre el curso fluvial y la zona terrestre dentro de la llanura de inundación de los ríos Maule, Claro y Loncomilla. Este territorio agrario presenta una vinculación entre los grupos de agricultores (tradicional y modernizado), determinado por fuertes raíces locales culturales y asociatividad.

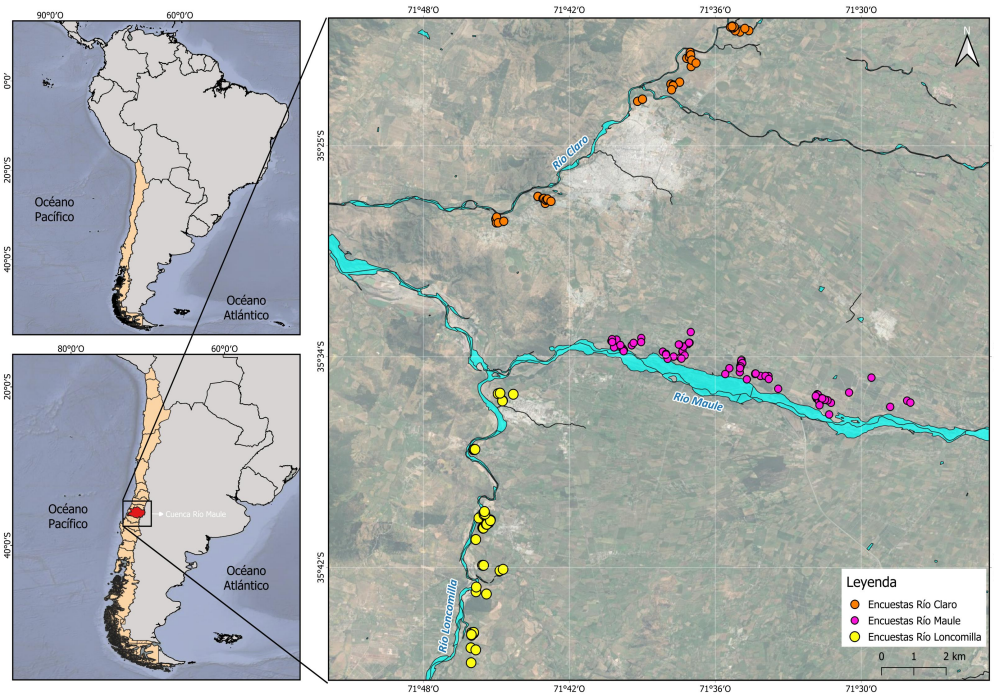


Figura 1. Localización del área de estudio.

3 METODOLOGÍA

En primer lugar, se diseñó un cuestionario semiestructurado basado en una revisión bibliográfica de dimensiones clave en estudios sobre resiliencia (Farahani y Jahansoozi 2022). El cuestionario incluyó tres dimensiones principales: económica (recursos económicos), social (sentido de comunidad) y cultural (arraigo territorial y creencias espirituales). Para medir estas dimensiones, se adoptó una escala de Likert de cinco puntos. Además, se incorporaron factores sociodemográficos de los agricultores como variables independientes. Para validar los factores de resiliencia, se aplicó un análisis factorial exploratorio (AFE) mediante el método de componentes principales, complementado con el coeficiente alfa de Cronbach para evaluar la confiabilidad del cuestionario.

El estudio se llevó a cabo en tres zonas ribereñas de los principales tributarios de la cuenca del río Maule: los ríos Claro, Maule y Loncomilla. Estos sitios fueron seleccionados debido a los impactos ocasionados por las inundaciones de 2023. Para una población total de 425 predios ubicados en las zonas ribereñas, se determinó un tamaño de muestra de 206 encuestas, con un margen de error del 5 %.

El trabajo de campo se realizó en diciembre de 2023 y contó con la participación de tres profesionales del área de ciencias ambientales, quienes previamente recibieron capacitación sobre los objetivos del estudio y la aplicación del instrumento. Las encuestas se aplicaron a los agricultores de los predios ribereños seleccionados aleatoriamente. El tiempo de aplicación de cada encuesta fue, en promedio, de 30 a 40 minutos. El instrumento incluyó un

consentimiento informado que establecía los lineamientos éticos del estudio, incluyendo la obtención de la firma de los participantes.

El análisis de datos se realizó con el software el Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS) versión 24. Para la representación de estadísticas descriptivas, se utilizaron gráficos elaborados en Excel. Posteriormente, para evaluar la relación entre variables, dado el tipo de datos, se aplicó la prueba no paramétrica de chi-cuadrado (prueba exacta de Fisher), considerando un nivel de significancia de 0.05. Además, se utilizó el software QGIS versión 3.34 para la elaboración de cartografías.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Perfil socio demográfico de los agricultores ribereños

El estudio reveló que el 78.6% de los agricultores eran hombres, con una edad promedio de 55 años y un nivel de escolaridad básico en el 57.8% de los casos. El 62.6% de agricultores llevaba más de 30 años de residencia en el sector y la tenencia de los predios agrícolas era propia con un 45,6%. Predominaron los pequeños agricultores de subsistencia (83%), con terrenos de 0-20 ha. El 83.6% de los agricultores realizaban sus actividades económicas a menos de 1 km de distancia de los ríos. El 17% de los agricultores pertenece a una organización social y el 87,4% tiene alguna creencia espiritual o religión.

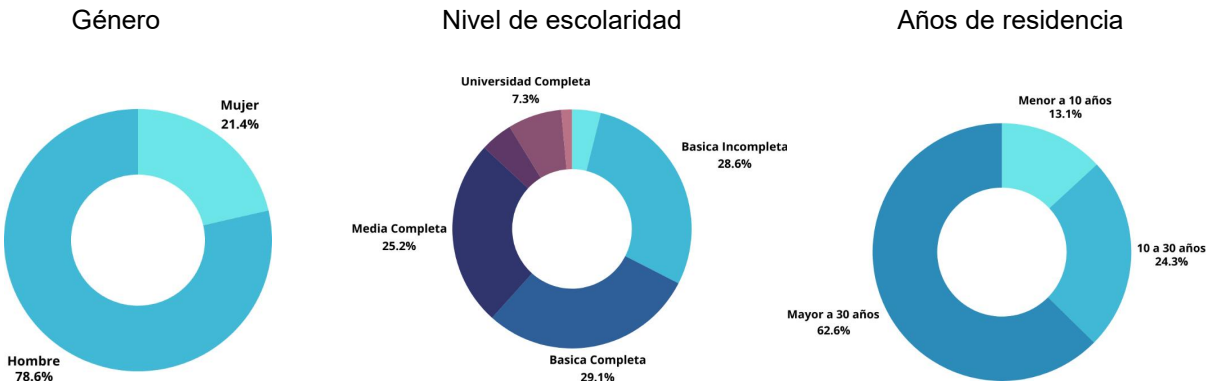


Figura 2. Características de los agricultores ribereños.

4.2 Resiliencia y adaptación de los agricultores frente a amenazas climáticas.

a) ***Componentes de resiliencia frente amenazas climáticas en agricultores ribereños.***

El apego al lugar, o arraigo territorial, se refiere al vínculo afectivo y emocional que conecta a las personas con su entorno físico (Wang et al. 2021) y se fundamenta en dos factores: la dependencia y la identidad del lugar (Mishra, Mazumdar, y Suar 2010). Este vínculo puede influir en la disposición de los individuos a preocuparse y prepararse frente a amenazas climáticas (Gallina y Williams 2014) y favorecer los procesos de resiliencia, al generar un

compromiso con el territorio afectado por un desastre (Cretney y Bond 2017; Holley et al. 2022).

En este contexto, el 90.8% de los agricultores encuestados indicó estar “de acuerdo” o “muy de acuerdo” con la afirmación de que, pese a la ocurrencia de amenazas climáticas, es importante permanecer en el territorio y continuar con la actividad agrícola. Asimismo, el 88.8% señaló que, independientemente de las pérdidas económicas sufridas, están “de acuerdo” o “muy de acuerdo” en que pueden volver a cultivar en el sector (Fig. 3). Estos hallazgos coinciden con estudios previos que sugieren que el apego al lugar se asocia con una mayor conciencia sobre los riesgos ambientales y una mayor percepción del riesgo (Bird, Gísladóttir, y Dominey-Howes 2011; Bonaiuto et al. 2016)

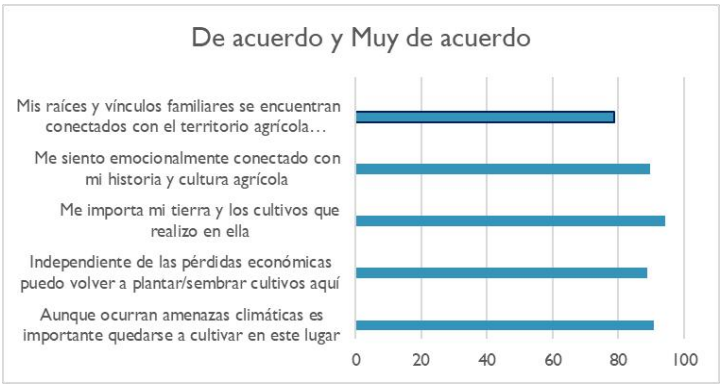


Figura 3. Arraigo territorial de los agricultores ribereños como factor de resiliencia.

Por otra parte, la creencia religiosa es un factor contextual e identitario clave en la manera en que las personas religiosas comprenden, interpretan y responden a los desastres naturales (Sun, Deng, y Qi 2017). Desde esta perspectiva, el 79.6% de los agricultores encuestados indicó estar de acuerdo en que, tras una amenaza climática, encuentran fortaleza y consuelo en sus creencias espirituales, mientras que el 80.6% señaló que la fe les ha ayudado a sobreponerse después de un desastre climático (Fig. 4). Estos hallazgos coinciden con los resultados de (Siddique Akbar et al. 2024).

Estudios como los de (Davis et al. 2019) destacan que la religión y la espiritualidad constituyen un recurso fundamental para afrontar la adversidad, permitiendo a las personas interpretar las dificultades e incluso percibir crecimiento personal a partir de ellas. En este sentido, la religión ha sido identificada como una estrategia recurrente de afrontamiento ante peligros naturales en comunidades cristianas (Schmuck, 2000). Autores como (Ai et al. 2013) han identificado que la resiliencia se asocia con las fortalezas derivadas de la fe, donde la confianza en Dios constituye un elemento central en las estrategias de afrontamiento durante períodos de crisis (Gianisa y Le De 2018)

En cuanto a la percepción sobre la causa de los desastres naturales, los resultados difieren de lo planteado por (Gaillard y Texier 2010), quienes identificaron que los desastres suelen ser interpretados como actos divinos. En contraste, el 34% de los agricultores ribereños atribuyó la causa de los desastres a la actividad humana. Asimismo, el 57.3 % expresó estar

en “desacuerdo” o “muy en desacuerdo” con la idea de que la realización de ofrendas, mandas o ritos puede minimizar las amenazas climáticas en el territorio.

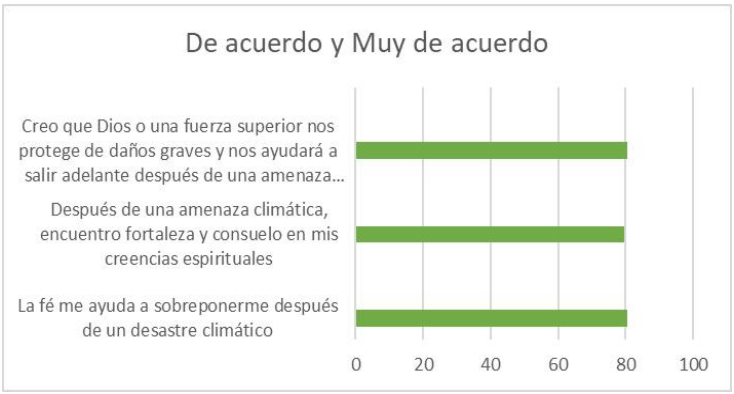


Figura 4. Creencias espirituales para afrontar amenazas climáticas.

En relación con el sentido de comunidad, el 76.7 % de los agricultores encuestados manifestó estar de acuerdo en que superar un desastre climático resulta más fácil con el apoyo de otros agricultores de la zona. Asimismo, el 50.5 % indicó que la colaboración y el trabajo en equipo son fundamentales para enfrentar las amenazas climáticas. De manera similar, el 56.3 % expresó estar de acuerdo en que, dentro de la comunidad agrícola, existe un sentimiento de solidaridad durante estos eventos, lo que facilita la superación de los desafíos. Estos resultados coinciden con los hallazgos de (Siddique Akbar et al. 2024), quienes identificaron que los lazos sociales y familiares desempeñan un papel clave en la respuesta ante inundaciones.

En relación con los recursos económicos como factor de resiliencia, el 74.8 % de los agricultores indicó estar en "desacuerdo" o "muy en desacuerdo" con la afirmación de que disponen de dinero suficiente para responder ante una amenaza climática. Una situación similar se observó al consultarles sobre el acceso a herramientas tecnológicas para enfrentar estos eventos, donde el 82 % expresó no estar de acuerdo con su disponibilidad. Por otra parte, respecto a la posibilidad de acceder a préstamos o créditos asequibles para la recuperación tras una amenaza climática, el 70.4 % manifestó estar en "desacuerdo" o "muy en desacuerdo".

b) ***Adaptación de los agricultores ribereños frente amenazas climáticas.***

Uno de los lineamientos para fortalecer la resiliencia en las zonas rurales del país es la contratación de seguros agrícolas frente a amenazas climáticas (Anón, 2021). Sin embargo, al consultar a los agricultores ribereños sobre la contratación de este tipo de seguro, el 90.3 % indicó que no posee cobertura. Estos resultados coinciden con los hallazgos de (Herwehe y Scott 2018) quienes identificaron que la mayoría de los agricultores no utiliza estas estrategias públicas en contextos de sequía.

Entre las principales razones por las cuales los agricultores ribereños no han contratado un seguro, mencionaron el desconocimiento sobre su existencia (11.7 %), la falta de información (9.2 %) y la percepción de un mal funcionamiento del sistema de seguros (12.1 %). Por otro lado, al consultarles sobre la implementación de medidas de protección,

modificación y/o adaptación de sus cultivos frente a amenazas climáticas, el 64.1 % indicó que no ha adoptado ninguna estrategia y el 19.4 % solo ha aplicado medidas mínimas. En cuanto a las estrategias de adaptación implementadas (Fig.5), se identificaron tres categorías principales: medidas de adaptación hídrica (48.6 %), con la implementación de riego por goteo como la más utilizada (30%); medidas de adaptación tecnológica y estructural (29.2 %), destacando el uso de invernaderos (12 %); y medidas de adaptación agronómicas (18.1 %).

Los agricultores señalaron que la adopción de estas estrategias responde principalmente a su menor costo (20 %) y a su efectividad (13.3 %). Cabe destacar que la implementación de medidas de adaptación presenta una relación significativa con el género y el tamaño de la propiedad (Tabla 2), observándose que los agricultores con predios de menor superficie (0.1 a 20 ha) son quienes han aplicado con mayor frecuencia estas medidas.

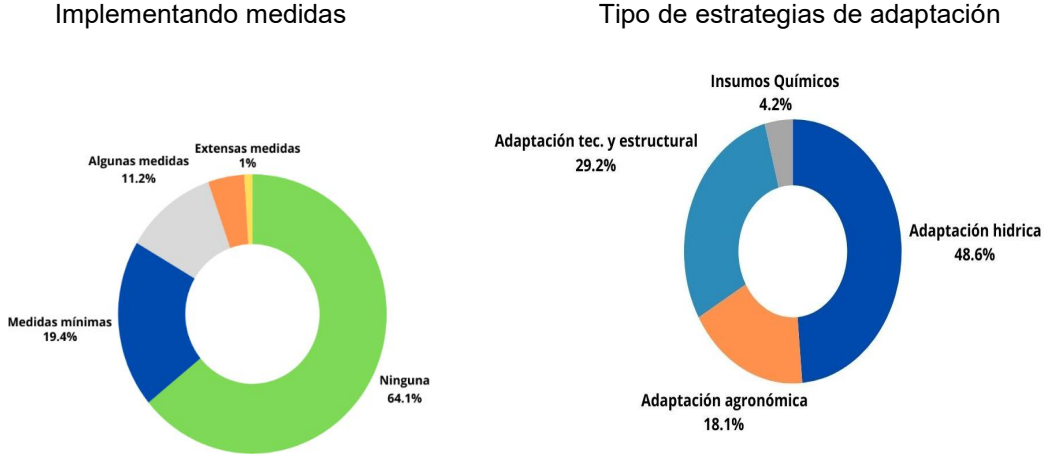


Figura 5. Estrategias de adaptación de agricultores ribereños frente amenazas climáticas.

En cuanto a la relación entre la resiliencia y las variables independientes (Tabla 2), se identificó que el género presenta una asociación significativa con el arraigo territorial, particularmente en lo que respecta a la importancia de la tierra agrícola y la conexión emocional con la historia y cultura agrícola. Si bien este factor es relevante en ambos géneros, su presencia es más pronunciada en los hombres.

Asimismo, la edad mostró una relación significativa con el arraigo territorial, específicamente en la decisión de permanecer en el lugar y continuar cultivando a pesar de la ocurrencia de amenazas climáticas. De manera similar, los años de residencia se asociaron significativamente tanto con el arraigo territorial como con el acceso a créditos para la recuperación frente a estos eventos.

Por otro lado, se encontró que la creencia religiosa tiene una relación significativa con el sentido de comunidad, en términos de la colaboración para enfrentar amenazas climáticas. Además, este factor se vincula con las creencias espirituales, particularmente en el rol de la fe como fuente de fortaleza y consuelo ante situaciones adversas.

Tabla 2 – Significancia estadística de factores explicativos de la resiliencia en agricultores ribereños.

Factores de Resiliencia	Ubicación río	Genero	Edad	Años Residencia	Tencia propiedad	Tamaño Propiedad	Creencia Religiosa
Arrai_qued_lug.	0,054	0,506	**0,017****	**0,001****	0,487	0,400	**0,001****
Arrai_vol_plan.	0,395	0,869	**0,046****	0,054	**0,011****	0,890	0,116
Arrai_impo_tie.	**0,005****	**0,017****	0,112	0,056	0,659	0,355	0,616
Arrai_emo_cone.	**0,010****	**0,023****	0,085	**0,000****	0,605	0,980	0,887
Arrai_vin_fami.	0,400	0,886	0,058	**0,000****	**0,037****	**0,041****	0,735
Eco_din_resp.	0,812	0,933	0,462	0,009**	0,119	0,126	0,553
Eco_herr_resp.	0,616	0,223	0,589	0,357	0,568	**0,002****	0,545
Eco_acce_cred.	**0,030****	0,123	0,718	**0,036****	**0,002****	0,729	0,081
Creen_fe_sobre.	**0,033****	0,141	0,470	**0,041****	0,553	0,898	**0,000****
Creen_po_sup.	0,287	0,955	0,914	0,958	0,055	**0,046****	**0,002****
Creen_man_mini.	0,171	0,899	0,240	**0,012****	0,612	**0,020****	**0,000****
Creen_fort_cree.	0,244	0,357	**0,008****	0,178	0,247	0,429	**0,000****
Creen_prot_dios.	0,493	0,330	**0,047****	0,624	0,895	0,928	**0,000****
Sencom_cola_grup.	0,161	0,864	0,791	0,820	0,546	0,552	**0,036****
Sencom_pla_conj.	**0,019****	0,676	0,093	0,271	0,141	0,893	0,866
Accion_imple_medi	0,063	**0,005****	0,670	0,719	0,109	**0,001****	0,335

*La relación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral)

5 CONCLUSIONES

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la resiliencia y las estrategias de adaptación de los agricultores ribereños frente a eventos climáticos extremos en la cuenca del río Maule. Los resultados indican que el apego al lugar y la fe religiosa emergen como factores clave en la resiliencia de estos agricultores, favoreciendo su permanencia y capacidad de recuperación tras amenazas climáticas. La mayoría de los encuestados prioriza la continuidad de la actividad agrícola a pesar de los riesgos, encontrando fortaleza en sus creencias religiosas. Además, el sentido de comunidad desempeña un rol fundamental en la adaptación, ya que el apoyo mutuo entre agricultores facilita la superación de los efectos adversos de estos eventos. No obstante, se identifica la necesidad de fortalecer el capital social organizacional, promoviendo la participación activa en planes locales de prevención y adaptación frente a futuras amenazas.

Los resultados también evidencian limitaciones económicas significativas, dado que la mayoría de los agricultores carece de recursos financieros y acceso a herramientas tecnológicas para enfrentar los riesgos climáticos. La contratación de seguros agrícolas representa una estrategia clave para fortalecer la resiliencia; sin embargo, la mayoría de los agricultores ribereños no cuenta con esta cobertura, principalmente por desconocimiento, falta de información y desconfianza en su efectividad. Es fundamental promover la implementación de seguros más accesibles, integrales y adaptados a las necesidades del

sector agrícola, en coordinación con el gobierno local y entidades financieras, con el fin de minimizar los impactos de futuras amenazas climáticas y fortalecer la resiliencia del territorio.

Finalmente, se recomienda concientizar sobre la importancia de programas sectoriales de adaptación para la agricultura ribereña, puesto que la mayoría de los agricultores no encuentran implementando medidas. Aunque algunas estrategias adoptadas se enfocan en gestión hídrica, tecnología y prácticas agronómicas, persiste la necesidad de ampliar el acceso a información sobre estrategias efectivas y específicas para cada tipo de amenaza climática. Se recomienda que las entidades públicas promuevan estrategias de adaptación que integren conocimientos locales y tecnologías eficientes y de bajo costo, con el fin de fortalecer la capacidad de respuesta de los agricultores ante los crecientes riesgos climáticos.

AGRADECIMIENTOS
Beca Doctorado Nacional ANID Nº 21221238.

REFERENCIAS

Ai, Amy L., Roslyn Richardson, Carol Plummer, Christopher G. Ellison, Catherine Lemieux, Terrence N. Tice, y Bu Huang. 2013. «Character Strengths and Deep Connections Following Hurricanes Katrina and Rita: Spiritual and Secular Pathways to Resistance Among Volunteers». *Journal for the Scientific Study of Religion* 52(3):537-56. doi: 10.1111/jssr.12043.

Aldunce, Paulina, y Meliza González. 2009. «DESASTRES ASOCIADOS AL CLIMA».

Anón. 2021. *Chile - Generando resiliencia agrícola ante los riesgos climáticos*. FAO.

Bathaiy, Seyede Somaye, Mohammad Chizari, Hasan Sadighi, y Amir Alambeigi. 2021. «Social Media and Farmer's Resilience to Drought as an Environmental Disaster: A Moderation Effect». *International Journal of Disaster Risk Reduction* 59:102209. doi: 10.1016/j.ijdrr.2021.102209.

Bayissa, Yared A., Tsegaye Tadesse, Mark Svoboda, Brian Wardlow, Calvin Poulsen, John Swigart, y Schalk Jan Van Andel. 2019. «Developing a Satellite-Based Combined Drought Indicator to Monitor Agricultural Drought: A Case Study for Ethiopia». *GIScience & Remote Sensing* 56(5):718-48. doi: 10.1080/15481603.2018.1552508.

Bird, Deanne K., Guðrún Gísladóttir, y Dale Dominey-Howes. 2011. «Different Communities, Different Perspectives: Issues Affecting Residents' Response to a Volcanic Eruption in Southern Iceland». *Bulletin of Volcanology* 73(9):1209-27. doi: 10.1007/s00445-011-0464-1.

Bonaiuto, Marino, Susana Alves, Stefano De Dominicis, y Irene Petruccelli. 2016. «Place attachment and natural hazard risk: Research review and agenda». *Journal of Environmental Psychology* 48:33-53. doi: 10.1016/j.jenvp.2016.07.007.

Cretney, R. M., y S. Bond. 2017. «Shifting relationships to place: a relational place-based perspective on SES resilience». *Urban Geography* 38(1):8-24. doi: 10.1080/02723638.2016.1139865.

Cutter, Susan L., Kevin D. Ash, y Christopher T. Emrich. 2016. «Urban–Rural Differences in Disaster Resilience». *Annals of the American Association of Geographers* 106(6):1236-52. doi: 10.1080/24694452.2016.1194740.

Cutter, Susan L., Lindsey Barnes, Melissa Berry, Christopher Burton, Elijah Evans, Eric Tate, y Jennifer Webb. 2008. «A place-based model for understanding community resilience to natural disasters». *Global Environmental Change* 18(4):598-606. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2008.07.013.

Dasmani, Isaac, Kwabena Nkansah Darfor, y Alhassan Abdul-Wakeel Karakara. 2020. «Farmers' Choice of Adaptation Strategies towards Weather Variability: Empirical Evidence from the Three Agro-Ecological Zones in Ghana» editado por M. Hardman. *Cogent Social Sciences* 6(1):1751531. doi: 10.1080/23311886.2020.1751531.

Davis, Edward B., Cynthia N. Kimball, Jamie D. Aten, Benjamin Andrews, Daryl R. Van Tongeren, Joshua N. Hook, Don E. Davis, Pehr Granqvist, y Crystal L. Park. 2019. «Religious Meaning Making and Attachment in a Disaster Context: A Longitudinal Qualitative Study of Flood Survivors». *The Journal of Positive Psychology* 14(5):659-71. doi: 10.1080/17439760.2018.1519592.

FAO. 2021. *The Impact of Disasters and Crises on Agriculture and Food Security: 2021*. FAO.

Farahani, Hossein, y Mehri Jahansoozi. 2022. «Analysis of Rural Households' Resilience to Drought in Iran, Case Study: Bajestan County». *International Journal of Disaster Risk Reduction* 82:103331. doi: 10.1016/j.ijdrr.2022.103331.

Fielke, Simon J., William Kaye-Blake, Alec Mackay, Willie Smith, John Rendel, y Estelle Dominati. 2018. «Learning from Resilience Research: Findings from Four Projects in New Zealand». *Land Use Policy* 70:322-33. doi: 10.1016/j.landusepol.2017.10.041.

Gaillard, J. C., y P. Texier. 2010. «Religions, Natural Hazards, and Disasters: An Introduction». *Religion* 40(2):81-84. doi: 10.1016/j.religion.2009.12.001.

Gallina, Melissa, y Allison Williams. 2014. «Perceptions of Air Quality and Sense of Place among Women in Northeast Hamilton, Ontario, Canada». *International Journal of Social Science Studies* 2(3):67-77. doi: 10.11114/ijsss.v2i3.412.

Gianisa, Adisaputri, y Loic Le De. 2018. «The Role of Religious Beliefs and Practices in Disaster: The Case Study of 2009 Earthquake in Padang City, Indonesia». *Disaster Prevention and Management* 27(1):74-86. doi: 10.1108/DPM-10-2017-0238.

Haque, Md Munjurul, Sabina Islam, Md Bahuddin Sikder, y Md Saiful Islam. 2022. «Community Flood Resilience Assessment in Jamuna Floodplain: A Case Study in Jamalpur District Bangladesh». *International Journal of Disaster Risk Reduction* 72:102861. doi: 10.1016/j.ijdrr.2022.102861.

Herwehe, Lauren, y Christopher A. Scott. 2018. «Drought Adaptation and Development: Small-Scale Irrigated Agriculture in Northeast Brazil». *Climate and Development* 10(4):337-46. doi: 10.1080/17565529.2017.1301862.

Holley, Jason R., Katherine A. McComas, Catherine E. Lambert, Natalie P. Snider, y Grace K. Tucker. 2022. «Responding to Flood Risk in Louisiana: The Roles of Place Attachment, Emotions, and Location». *Natural Hazards* 113(1):615-40. doi: 10.1007/s11069-022-05316-9.

Iqbal, Mohammad Wasim, Somchai Donjadee, Bancha Kwanyuen, y Shi-yin Liu. 2018. «Farmers' Perceptions of and Adaptations to Drought in Herat Province, Afghanistan». *Journal of Mountain Science* 15(8):1741-56. doi: 10.1007/s11629-017-4750-z.

Jacka, Jerry K. 2020. «In the Time of Frost: El Niño and the Political Ecology of Vulnerability in Papua New Guinea». *Anthropological Forum* 30(1-2):141-56. doi: 10.1080/00664677.2019.1647832.

Jin, Jianjun, Wenyu Wang, y Xiaomin Wang. 2016. «Adapting Agriculture to the Drought Hazard in Rural China: Household Strategies and Determinants». *Natural Hazards* 82(3):1609-19. doi: 10.1007/s11069-016-2260-x.

Mase, Amber Saylor, Benjamin M. Gramig, y Linda Stalker Prokopy. 2017. «Climate Change Beliefs, Risk Perceptions, and Adaptation Behavior among Midwestern U.S. Crop Farmers». *Climate Risk Management* 15:8-17. doi: 10.1016/j.crm.2016.11.004.

Matheswaran, Karthikeyan, Niranga Alahacoon, Rajesh Pandey, y Giriraj Amarnath. 2019. «Flood Risk Assessment in South Asia to Prioritize Flood Index Insurance Applications in Bihar, India». *Geomatics, Natural Hazards and Risk* 10(1):26-48. doi: 10.1080/19475705.2018.1500495.

Mishra, Sasmita, Sanjoy Mazumdar, y Damodar Suar. 2010. «Place attachment and flood preparedness». *Journal of Environmental Psychology* 30(2):187-97. doi: 10.1016/j.jenvp.2009.11.005.

Nguimalet, Cyriaque-Rufin. 2018. «Comparison of Community-Based Adaptation Strategies for Droughts and Floods in Kenya and the Central African Republic». *Water International* 43(2):183-204. doi: 10.1080/02508060.2017.1393713.

Siddique Akbar, Muhammad, Muhammad Asif, Muhammad Rizwan Safdar, y Farhan Navid Yousaf. 2024. «An exploratory study on the life recovery experiences of flood affected farmers in South Punjab-Pakistan». *Journal of Environmental Planning and Management* 67(11):2645-67. doi: 10.1080/09640568.2023.2197144.

Sun, Lei, Yan Deng, y Wen-Hua Qi. 2017. «Religious Belief, Disaster Awareness, and Disaster Response: Findings and Implication For Disaster Risk Reduction». en *Proceedings of the 3rd Annual International Conference on Social Science and Contemporary Humanity Development*. Guangzhou, China: Atlantis Press.

Wang, Ziyi, Ziqiang Han, Lin Liu, y Shaobin Yu. 2021. «Place Attachment and Household Disaster Preparedness: Examining the Mediation Role of Self-Efficacy». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(11):5565. doi: 10.3390/ijerph18115565.

Wilson, Geoff A., y Olivia J. Wilson. 2019. «Assessing the resilience of human systems: a critical evaluation of universal and contextual resilience variables». *Resilience* 7(2):126-48. doi: 10.1080/21693293.2018.1539205.

¿Pudo la Megasequía inducir efecto olvido antes de las catastróficas inundaciones de Chile del año 2023?

Octavio Rojas[1], Carolina Arriagada[2], Pedro Arriagada[1], Carlos Leal[1], Esteban Pincheira[1], Macarena Salgado[3], Diego Soto[1], Oscar Link[4]
1 Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, ocrojas@udec.cl
2 Escuela de Arquitectura, Universidad de la Serena, carolina.arriagada@userena.cl
3 Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad de Concepción, masalgado@udec.cl
4 Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepción, olink@udec.cl

RESUMEN

Las catastróficas inundaciones de 2023 en Chile central evidenciaron la vulnerabilidad del territorio ante eventos hidrometeorológicos extremos tras un período prolongado de megasequía. Este estudio explora la incidencia de la megasequía como factor desencadenante natural del "efecto dique" en la ciudadanía y en los actores institucionales, así como su impacto en los instrumentos de gestión del riesgo de desastres. A través de un enfoque multiescalar, se examinan el comportamiento hidrológico, la percepción del riesgo y la integración del fenómeno en los instrumentos de gestión territorial. Los resultados indican que la sequía prolongada pudo haber contribuido a la subestimación del riesgo de inundaciones, reflejada en la falta de preparación institucional y la ocupación de zonas expuestas. Asimismo, se identificaron deficiencias en los planes de emergencia y en la percepción del riesgo de los actores clave. Se refuerza la necesidad de estrategias de gestión del riesgo de desastres que incorporen cambios en los patrones hidrológicos y en la percepción social del riesgo.

Palavras-Chave: Chile, inundaciones, megasequía, efecto olvido, percepción del riesgo.

Could the Megadrought Induce a Forgetting Effect Prior to the Catastrophic Floods in Chile in 2023?

ABSTRACT

The catastrophic floods of 2023 in central Chile highlighted the territory's vulnerability to extreme hydrometeorological events following a prolonged period of megadrought. This study explores the incidence of megadrought as a triggering natural factor of the " levee effect" among citizens and institutional actors, as well as its impact on disaster risk management instruments. Through a multiscalar approach, the research examines hydrological behavior, risk perception, and the integration of the phenomenon into territorial management instruments. The findings indicate that the prolonged drought may have contributed to the underestimation of flood risk, as reflected in institutional unpreparedness and the occupation of exposed areas. Additionally, deficiencies were identified in emergency plans and in key stakeholders' risk perception. The study underscores the need for disaster risk management strategies that incorporate changes in hydrological patterns and social risk perception.

Keywords: Chile, floods, megadrought, levee effect, risk perception.

1 INTRODUCCIÓN

Las inundaciones son uno de los desastres socionaturales más frecuentes a nivel global, con una tendencia creciente durante las últimas dos décadas. Este incremento se ha relacionado con diversos factores, como el crecimiento económico, la expansión urbana en zonas de riesgo, una planificación territorial deficiente y los efectos del cambio climático (Fang et al., 2018; ONU, 2017; IPCC, 2021). En este contexto, numerosas regiones enfrentan desafíos asociados a cambios en los regímenes hidrológicos de eventos extremos, cada vez menos predecibles, como la ocurrencia de transiciones entre períodos de sequías prolongadas y episodios de inundaciones catastróficas (Matanó et al., 2024).

En la región mediterránea de Chile central (33°-37°S), las precipitaciones extremas registradas en junio y agosto del año 2023, provocadas por un río atmosférico de categoría 4 y 3, respectivamente (Garreaud, 2023a; Garreaud, 2023b), generaron inundaciones que afectaron extensas y ocasionaron pérdidas económicas cuantiosas, por ejemplo, US$ 900 millones en el sector agrícola. Este fenómeno ocurrió en un contexto marcado por una "megasequía" que se prolongó durante más de una década, interrumpiendo un período de 14 años sin inundaciones generalizadas tras el último evento significativo del año 2006 (Rojas et al., 2014). Las inundaciones de 2023 evidenciaron desafíos en la capacidad de prevención y respuesta de actores clave, incluidas las comunidades afectadas, los tomadores de decisiones y las instituciones encargadas de la gestión del riesgo de desastres.

La comprensión de los desastres asociados a la interacción entre sociedades y espacios fluviales ha llevado al desarrollo de enfoques teóricos desde la sociohidrología, como el denominado “efecto olvido”. Este concepto, inicialmente evidenciado por G. White y colaboradores, describe cómo la ocupación de zonas inundables se incrementa por la falsa sensación de seguridad generada por las obras de infraestructura hidráulica que mitigan la crecida (Rojas y Martínez, 2011). Posteriormente, números estudios vincularon el “olvido” al denominado “efecto dique” expresado en un crecimiento de la urbanización en zonas de inundación producto de un cambio en la percepción del riesgo (Ansari et al., 2024). Así, la literatura existente ha vinculado el “efecto olvido” con la construcción de obras hidráulicas; en este trabajo, analizamos cómo factores naturales (eg. sequía) podrían desencadenarlo.

La percepción del riesgo emerge como un elemento crítico para diseñar estrategias y emprender acciones frente a diversas amenazas. Por ejemplo, Santoro et al., (2023) indican que existe un período breve posterior a los desastres durante el cual se es proclive a implementar acciones para la reducción del riesgo, que decrece en la medida que la percepción disminuye. Paralelamente, Veloso et al. (2022) evidencian que las comunidades expuestas recurrentemente a inundaciones pueden desarrollar mecanismos de adaptación y conocimiento del territorio que contribuyen a una mejor preparación.

A partir de esta problemática, surgen las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuál fue el comportamiento hidrológico y espacial de las inundaciones ocurridas en Chile en 2023, y cómo se relaciona con el período de megasequía? ¿Cómo percibieron el riesgo de inundaciones fluviales los diversos actores en un contexto de sequía? ¿Estaba la institucionalidad preparada para enfrentar inundaciones extremas en términos de planificación territorial y planes de emergencia?

2 OBJETIVOS

Explorar la incidencia de la megasequía como factor desencadenante natural del 'efecto dique' en la ciudadanía y en los actores institucionales, así como su impacto en los instrumentos de gestión del riesgo de desastres, en el contexto de las catastróficas inundaciones ocurridas en Chile durante junio y agosto de 2023.

3 AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se extiende por 414 km (33°59' S–71°13' O; 37°39' S– 71°13' O), incluye siete cuencas andinas ubicadas en Chile central fuertemente impactadas por las inundaciones de 2023, específicamente: La cuenca baja del río Cachapoal (6.319 Km2), la cuenca alta del río Tinguiririca (1.849 Km2), la cuenca del río Mataquito (6.345 Km2), la cuenca del río Maule (21.080 Km2), la cuenca alta del río Ñuble (4.777 Km2), la cuenca alta del río Itata (1.662 Km2) y la cuenca alta del río Laja (2.767 Km2) (Figura 1). El Maule es la única cuenca hidrográfica que cuenta con una represa ubicada aguas arriba, el embalse Colbún (1.490 Mm^3) con capacidad de regulación de avenidas (Pacheco et al., 2022)

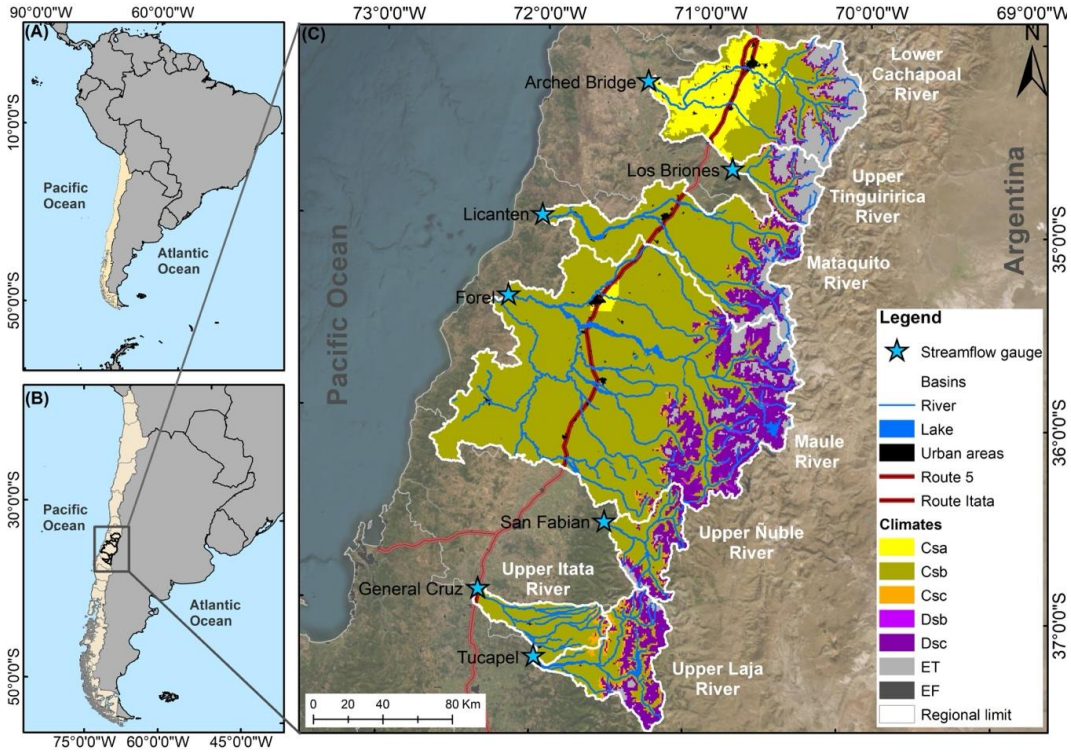


Figura 1. Localización del área de estudio y estaciones de caudal.

Esta macrozona forma parte de la comúnmente denominada región de ríos torrentosos, caracterizada por un régimen mixto (pluvial y nival) (Niemeyer & Cereceda, 1984) y cambios abruptos en la topografía controlados por las diferencias de altitud entre la Cordillera de los Andes y la depresión intermedia o valle central, que se expresa en sistemas fluviales con fuertes pendientes.

Administrativamente, comprende cinco regiones y 76 municipios, con una población de 2,027,516 habitantes (76.7% urbana, 23.3% rural) (INE, 2017), concentrada mayoritariamente en el valle central. En

cuanto al uso del suelo, predominan los bosques (35.4%), tierras agrícolas (20.6%), pastizales y matorrales (19.9%), Áreas Despojadas de Vegetación (15.4%), nieves eternas y glaciares (6.3%), mientras que la zona urbana solo alcanza el 1.1% (CONAF, 2018). Históricamente, los desastres asociados a inundaciones han impactado las actividades económicas agrícolas, la infraestructura vial y los centros de población cercanos a los ríos. De hecho, las inundaciones de las décadas de 1970, 1980 y 2000 fueron particularmente desastrosas (Rojas et al., 2014). Los últimos grandes eventos ocurrieron en julio de 2006 y mayo de 2008 (Vicuña et al., 2008).

4 METODOLOGÍA

La presente investigación se efectúa con un enfoque multiescalar y se organiza en tres apartados metodológicos. En primer lugar, se realiza un análisis del comportamiento hidrológico y las consecuencias de los eventos de inundación ocurrido en 2023 en la región de Chile central, considerando su contexto dentro del período de megasequía. En segundo lugar, se explora la percepción del riesgo de inundación tanto entre los tomadores de decisiones como en la población general. Por último, se examina cómo estaba incorporado el riesgo de inundación en los instrumentos relacionados con la gestión del riesgo de desastres.

Inundaciones 2023: análisis hidrológico, efectos y megasequía

Para realizar el análisis hidrológico de las crecidas se utilizaron series temporales de caudales a partir de medidores de caudal (SFG) ubicados cerca de la desembocadura de los ríos en estudio, o cerca de la confluencia con los ríos principales en el caso de los afluentes. Los SFG son administrados por la Dirección General del Agua (DGA, 2021).

Se aplicó el método de máxima verosimilitud para ajustar las distribuciones de probabilidad que representan las series de caudales máximos extremos. La bondad de ajuste se determinó para cada distribución de probabilidad mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov (KS), χ^2, Anderson-Darling (AD) con un nivel de significancia de 0,05 y el coeficiente de determinación ($r^{\wedge 2}$). El periodo de retorno de un caudal dado se determinó a partir de la función de distribución de probabilidad seleccionada, como la inversa de la probabilidad de excedencia.

Posteriormente se examinaron el comportamiento de la precipitación extrema durante los últimos 30 años para evidenciar ciclos húmedos y secos. Se seleccionaron estaciones precordilleranes de las cuencas con mayor impacto en el segundo evento (cuencas del río Maule e Itata). Se trabajó con estaciones con disponibilidad de datos sobre el 85%, se identificaron discontinuidades y se aplicó la prueba de Pettit para analizar la homogeneidad de las series. Fueron calculados indicadores de frecuencia asociados a días con precipitación intensa (R10mm), muy intensa (R20mm) y extremadamente intensa (R30mm) y basados en percentiles (R90p, R95p, R99p).

Por último, se analizaron los daños asociados a las inundaciones para los 76 municipios utilizando datos proporcionados por Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastre (SENAPRED, 2023). Se consideraron los daños a viviendas (destruidas, daños menores, daños mayores) y a personas (víctimas, afectados). Los cambios espaciales se determinaron con ArcGIS 9.3, que consideró víctimas y daños totales a viviendas. Esta última categoría agrupó daños menores y mayores. Los datos se representaron en cuatro categorías: sin cambios, diferencias leves, diferencias mayores y diferencias muy mayores. Para contrastar los efectos, se graficó la densidad poblacional (habitantes por km^2) de cada municipio.

Evidencias del efecto olvido en la percepción del riesgo de inundación

El análisis de la percepción del riesgo de inundación se llevó a cabo mediante datos obtenidos de encuestas aplicadas tanto a tomadores de decisiones como a la ciudadanía. En el caso de los tomadores de decisiones, se realizó un reanálisis de los datos presentados por Pincheira (2022), los cuales incluyeron la participación actores claves pertenecientes a la cuenca del río Maule. La muestra, aplicada en 2021, fue segmentada en tres categorías: actores gubernamentales, sociedad civil y sector privado. El cuestionario que contenía 20 problemas ambientales, preseleccionados de acuerdo con literatura especializada, que fueron evaluados en escala del 1 al 5, donde 1 correspondía a "poco importante" y 5 a "muy importante". La evaluación se realizó considerando tanto la cuenca en su conjunto como sus secciones específicas. Adicionalmente, se indagó sobre la percepción de tendencia futura de cada problema utilizando una escala del 1 al 5: 1) disminuirá significativamente, 2) disminuirá, 3) permanecerá igual, 4) aumentará, y 5) aumentará significativamente.

Para complementar este análisis, se emplearon datos de una encuesta de percepción del riesgo aplicada en 2021 a una comunidad urbana ubicada en la cuenca del río Chillán, área que fue afectada por las inundaciones del año 2006. Con el propósito de garantizar la pertinencia del estudio, la población objetivo estuvo conformada por personas mayores de 30 años residentes en sectores afectados por las crecidas. La muestra incluyó a 317 individuos, con un nivel de confianza del 95%, un margen de error del 5% y una proporción esperada (p) del 50 %. Estos datos se contrastaron con una encuesta de percepción del riesgo realizada en noviembre de 2024, posterior a las inundaciones ocurridas en 2023. Este último instrumento consideró una muestra de 50 personas residentes en el área impactada por la crecida.

Instrumentos para la gestión del riesgo de inundación

Para analizar cómo se incorporó el riesgo de inundación en los instrumentos de planificación territorial normativos e indicativos y en los asociados a la gestión del riesgo de desastres se efectuó una revisión crítica en las áreas administrativas que abarcan los municipios pertenecientes a las cuencas del río Maule (5 municipios) y Chillán (5 municipios), en etapa previa a la inundación del año 2023. A nivel regional y de carácter indicativo se consideraron Planes Regionales de Ordenamiento Territorial (PROT), Estrategias Regionales de Desarrollo (ERD), Planes Regionales para la Reducción del Desastre (PRRD) y Planes Regionales de Emergencia (PRE).

En el nivel intercomunal y materia normativa se incluyeron los Planes Reguladores Intercomunales (PRI). Por último, a nivel comunal en el ámbito normativo se consideraron los Planes Reguladores Comunales (PRC), Límites Urbanos y Planes Seccionales, mientras que en el ámbito indicativo fueron considerados los Planes de Desarrollo Comunal (PLADECO) y los Planes de Emergencia Comunal (PEC).

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inundaciones 2023: análisis hidrológico, efectos y megasequía

La Tabla 1 muestra los caudales máximos registrados durante los eventos de junio y agosto de 2023, junto con el correspondiente período de retorno y la relación entre los eventos y el evento máximo histórico. Ambos eventos produjeron caudales pico extraordinarios en los ríos y esteros del área de estudio. Cabe destacar que las magnitudes de caudal registradas en 2023 superaron ampliamente el máximo histórico en todos los pluviómetros. Los períodos de retorno T más altos se produjeron en Tinguiririca (T = 5482 años) e Itata (T = 914 años). Es claro que en 2023 se produjeron por primera vez dos inundaciones extremas en un solo año en el mismo lugar, lo que evidencia una anomalía sin precedentes en la frecuencia de las inundaciones y sugiere un cambio en el régimen hidrológico de estos ríos.

Durante el primer evento, en junio, el río Maule presentó un caudal alto con un período de retorno de 35 años, que es menor que los otros períodos de retorno observados en el área, lo que sugiere que la operación del embalse Colbún aguas arriba logró reducir el caudal pico. Las cuencas ubicadas en ambos extremos del área de estudio presentaron los períodos de retorno más bajos, lo que evidencia que el evento atmosférico se concentró en su parte central, es decir, en las cuencas Mataquito, Maule, Ñuble e Itata.

Tabla 1 – Periodos de retorno asociados a las inundaciones de junio y agosto de 2023

CUENCA	SFG CÓDIGO	FECHA	MAGNITUD (M3/S)	Q/QMAX REGISTRADO	T (AÑOS)
CACHAPOAL	06019003-8	24-06-23 07:28	2272	1.26	24
		23-08-23 12:28	2086	1.16	20
TINGUIRIRICA	06028001-0	23-06-23 14:28	1902	3.32	5482
		22-08-23 20:28	984	1.72	308
MATAQUITO	07123001-5	24-06-23 09:10	5384	1.37	160
		22-08-23 07:10	5810	1.48	228
MAULE	07383001-K	25-06-23 19:32	16361	1.04	35
		22-08-23 03:32	27533	1.74	176
ÑUBLE	08106002-9	24-06-23 05:42	2578	1.04	95
		21-08-23 11:12	2851	1.15	186
ITATA	08124001-9	24-06-23 18:30	1875	1.53	914
		21-08-23 12:30	1546	1.26	208
LAJA	08380001-1	24-06-23 03:16	2064	1.02	48
		21-08-23 11:00	1587	0.79	15

La Figura 2 muestra el comportamiento de la precipitación extrema en dos estaciones pluviométricas seleccionadas para la cuenca del río Maule y Chillán. Se observa que el evento hidrometeorológico de 2023 produjo un quiebre a la tendencia de precipitaciones reducidas “megasequía” que inició entre los años 2006-2008. Con anterioridad a dichos años, los eventos extremos ocurrieron con una frecuencia mayor.

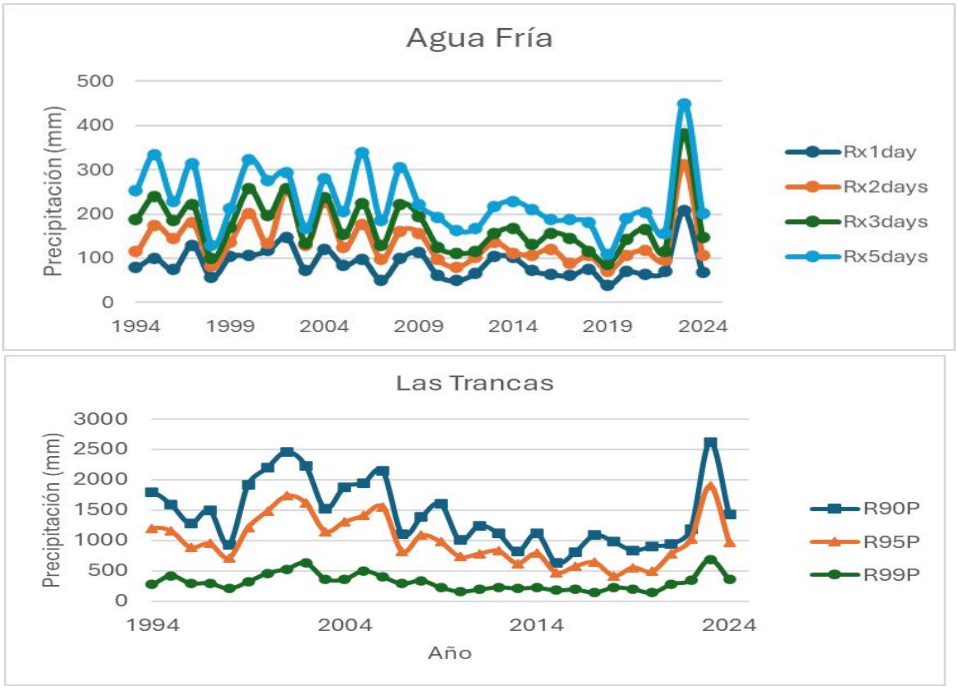


Figura 2. Indicadores de precipitación extrema para estaciones pluviometricas seleccionadas en la cuenca del Maule (estación Agua Fría) y cuenca del Río Chillán (estación Las Trancas)

En la Figura 3 se comparan los daños a viviendas y las víctimas ocasionadas por ambos eventos ocurridos en 2023. Claramente, la población afectada y los daños a viviendas fueron mayores para el segundo evento registrado en agosto. Por ejemplo, el número total de daños a viviendas aumentó en un 331%, asociado principalmente a la categoría de daños menores. Solo la categoría de viviendas destruidas mostró una disminución en el evento de agosto. En cuanto a los habitantes afectados, se registró un aumento del 76%. En Chile, esta categoría está asociada a las personas que no pueden dormir en sus viviendas debido a los daños.

A nivel espacial, se observaron efectos diferenciados, los cuales se relacionan con las diferencias en la magnitud de los caudales entre ambas inundaciones. Durante el evento de agosto, las comunas ubicadas en las cuencas de los ríos Mataquito, Maule y Ñuble tuvieron un mayor número de personas afectadas, mientras que, en general, en las cuencas de los ríos Cachapoal, Tinguiririca, Itata y Laja, los efectos fueron mayores en junio. Es interesante comparar los efectos con la densidad poblacional a nivel comunal, donde es posible observar que las localidades más afectadas en agosto corresponden a aquellas con mayor densidad poblacional.

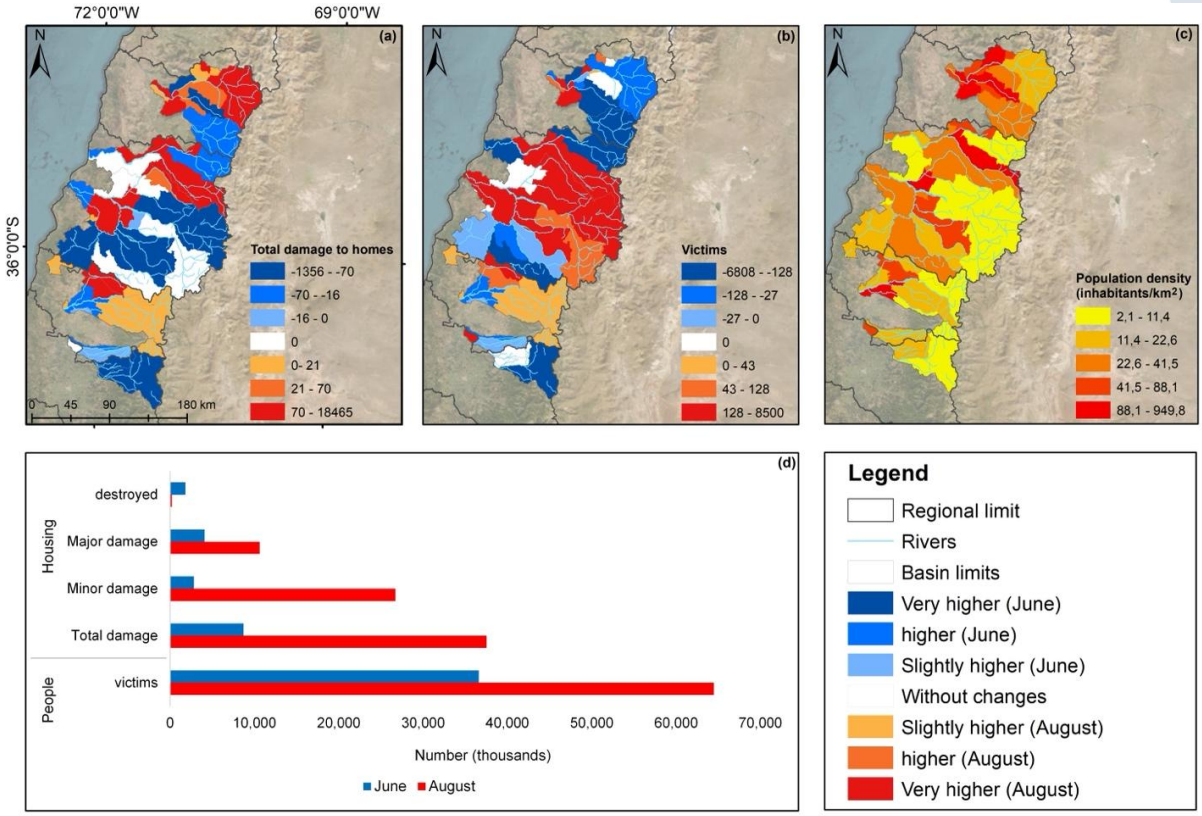


Figura 3. (a) y (b) indican la diferencia en los daños (derecha) causados por la inundación ocurrida entre el 23 y el 25 de junio y la inundación ocurrida entre el 21 y el 23 de agosto en contraste con la densidad de población (c) para cada municipio. Los valores negativos (azul cielo-azul) indican mayores daños durante la inundación de junio, mientras que los valores positivos (naranja-rojo) indican mayores daños durante la inundación de agosto. La vista (d) muestra el daño total a la vivienda y a la población para cada evento.

Evidencias del efecto olvido en la percepción del riesgo de inundación

La percepción de los actores clave de la cuenca del río Maule durante el año 2021, antes de la inundación, mostró un fuerte vínculo con los temas asociados a la sequía, correspondiendo a la disponibilidad de agua para riego (4,4); la sequía (4,3); la pérdida de biodiversidad (4,0); los incendios forestales y la interrupción de caudal (3,9). En efecto, en esta evaluación las inundaciones por desborde de cauce figuran como el problema menos importante y relevante, en todas las secciones de la cuenca.

Figura 4. Percepción de los problemas ambientales de los actores cuenca río Maule ordenandos de mayor a menor importancia

Un análisis más detallado de los resultados por variables asociadas al sexo, antigüedad en la institución, sector del actor y grado de conocimiento de la cuenca (Tabla 2) tampoco muestra diferencias significativas en la priorización del problema de las inundaciones con los otros problemas ambientales de la cuenca, pese a que la cuenca del río Maule fue una de las más afectadas por el evento de 2023 en sus comunidades rurales y sector agrícolas. Las diferencias mayores se observaron en aquellos actores de origen gubernamental con más de 10 años en su institución, que lo posicionan como un problema de jerarquía moderada, pero en un nivel muy inferior a la sequía. Sobre la tendencia futura, hubo coincidencia que los problemas que más aumentarán se asocian a la sequía (4,4), conflictos por el agua (4,3) y a la disponibilidad de agua para riesgo y consumo humano (4,1). Sin embargo, las inundaciones fueron percibidas como una amenaza que permanecerá igual y donde los actores pueden contribuir muy poco para proponer o establecer soluciones.

Respecto a la percepción de los habitantes del área urbana del río Chillán, la encuesta aplicada en 2021, mostró una percepción del riesgo baja en áreas que habían sido impactadas por las inundaciones en 2006 y con procesos de urbanización reciente. En este sentido Tripailaf (2022) detectó una correlación inversa entre los años de residencia y la percepción del riesgo, siendo más alta en habitantes con más de 20 años de residencia. Adicionalmente el 59,4% de los encuestados indicó que no consultó al momento de construir, adquirir o arrendar su vivienda, sobre si esta se encontraba en una zona donde habían ocurrido inundaciones en el pasado.

Las inundaciones de 2023 dejaron sectores inundados productos de la crecida del río Chillán, que afectó a sectores con baja percepción del riesgo con viviendas construidas en los últimos 10 años en el periodo de megasequía, donde los ríos chilenos mostraron menor actividad geomorfológica con señales de estabilización (Pacheco et al., 2022). Sin embargo, la encuesta realizada en noviembre del año 2024, develó un cambio en la percepción de la comunidad, que ahora reconoce su área como altamente propensa a sufrir los efectos de una inundación, percepción que se acompaña con una alta confianza en las obras de protección de cauces realizadas por las autoridades para disminuir el riesgo futuro.

Tabla 2 – Nivel de percepción de los problemas ambientales en la cuenca del río Maule asociada a diferentes variables categóricas.

		Sexo		Antigüedad en la institución		Sector			Reside al interior de la cuenca		Grado de conocimiento de la cuenca	
Problemas Ambientales	Media	F	M	Mayor a 10 años	Menor a 10 años	Gubernamental	Sector privado	Sociedad Civil	No	Si	Alto	Medio
Disponibilidad de agua para riego	4,4	4,5	4,4	4,6	4,2	4,6	3,9	5,0	4,6	4,3	4,6	4,1
Sequía	4,3	4,5	4,2	4,2	4,4	4,7	3,4	4,8	4,0	4,6	4,2	4,3
Pérdida de biodiversidad	4,0	4,3	3,9	4,2	3,8	4,6	3,0	4,4	4,0	4,0	3,9	3,9
Interrupción de caudal	3,9	4,0	3,8	3,9	3,8	4,3	2,7	4,6	3,9	3,8	3,6	4,0
Incendios forestales	3,9	4,3	3,8	3,8	3,9	4,2	2,9	4,6	3,5	4,2	3,6	4,0
Conflictos por el agua	3,8	3,0	3,9	4,3	3,0	4,4	2,6	4,2	4,3	3,3	3,5	3,9
Deforestación	3,7	3,8	3,7	3,5	4,0	4,0	2,7	4,6	3,5	3,9	3,1	4,3
Desempleo y pobreza	3,7	4,3	3,6	3,7	3,8	4,1	3,1	3,8	3,5	3,9	3,5	3,8
Erosión	3,6	3,5	3,7	3,7	3,6	4,0	2,4	4,6	3,8	3,5	3,0	4,1
Contaminación del agua	3,6	3,8	3,6	3,8	3,4	4,3	2,7	3,4	3,6	3,6	3,6	3,6
Disponibilidad de agua para consumo humano	3,5	3,5	3,4	3,8	3,0	4,0	2,7	3,4	3,8	3,1	3,5	3,3
Heladas	3,4	3,8	3,3	3,2	3,7	3,4	3,1	3,6	3,2	3,6	3,3	3,4
Accesibilidad a servicios básicos	3,4	3,0	3,5	3,8	2,8	3,8	2,9	3,4	3,9	2,9	3,1	3,5
Inundaciones	2,7	2,3	2,8	3,0	2,1	3,4	1,3	2,8	3,1	2,2	2,2	3,1

Nota: 1= problema ambiental poco importante/ 5= problema ambiental muy importante. En negrita se indican las diferencias iguales o mayores a 0,5 puntos. Fuente: elaboración propia.

Instrumentos para la gestión del riesgo de inundación

Nivel regional

En cuanto a los Planes Regionales de Ordenamiento Territorial (PROT), ninguna de las regiones contó con un PROT vigente, en proceso de elaboración ni programado para su desarrollo. Solo existen prototipos antiguos que no son considerados en la toma de decisiones ni sirven como guía para los planes regionales. Por otro lado, las regiones sí cuentan con una Estrategia Regional de Desarrollo (ERD). En la región del Maule, que abarca la cuenca del río Maule, se plantea que los instrumentos de planificación territorial deberían incorporar con mayor énfasis la gestión integrada de las cuencas hidrográficas. En tanto, en la región de Ñuble, que

incluye la cuenca del río Chillán, se señala la necesidad de fortalecer la prevención y la capacidad de reacción ante riesgos y desastres naturales, así como de diseñar y ejecutar una estrategia hídrica regional. Sin embargo, ninguno de estos instrumentos aborda de manera específica el tema de las inundaciones.

Por su parte, los Planes Regionales para la Reducción del Desastre (PRRD) incluyen el riesgo de inundaciones como parte de los eventos hidrometeorológicos, considerándolo entre las problemáticas asociadas a lluvias intensas en cortos períodos de tiempo. No obstante, el tratamiento de este riesgo es superficial y carece de mayor profundidad. Por su parte, los Planes Regionales de Emergencia (PRE) sí mencionan los eventos de inundación de manera particular, identificándolos como situaciones que requieren la activación de protocolos de emergencia y la implementación de acciones de mitigación en las zonas de mayor riesgo. Sin embargo, ninguna de las regiones cuenta con un Plan de Emergencia Regional específico para inundaciones, a pesar de disponer de planes específicos para otros tipos de riesgos, como tsunamis o incendios forestales. Esto evidencia que las inundaciones reciben una menor prioridad en comparación con otros desastres, siendo coherente con la percepción reportada de los actores clave.

Nivel intercomunal

En el marco de los instrumentos de planificación territorial normativos a nivel intercomunal, se analizaron los Planes reguladores Intercomunales (PRI) de la zona de estudio, existiendo sólo dos aprobados, uno en la cuenca del río Chillán que abarca las comunas de Chillán y Chillán Viejo y otro en la cuenca del río Maule que abarca la comuna de Colbún y la comuna externa a la cuenca, Machicura. El caso del PRI Colbún – Machicura es el único que identifica la inundación de forma específica, detallando la problemática de la zona en su respectiva ordenanza, mientras que en el PRI Chillán – Chillán Viejo la temática de inundación se abarca desde la perspectiva de protección de drenaje, señalando en su ordenanza que es una zona de protección y de riesgo. Sin embargo, Valdevenito (2018), detectó una subestimación de las áreas de riesgo en dicho instrumento.

Nivel comunal

En el marco normativo, los PRC muestran de forma gráfica la distribución urbana sobre uso de suelo, zonificación, equipamiento, relaciones viales, límite urbano, áreas prioritarias de desarrollo urbano, entre otros ámbitos que se estime conveniente a nivel de desarrollo comunal (MINVU, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2022). En el caso de la cuenca del río Maule, las cinco comunas cuentan con este instrumento, siendo la comuna de San Clemente la única que no considera riesgos en su zonificación urbana. Si bien en su mayoría no se encuentran zonificadas con nomenclatura especificada, son claramente identificables en cartografías y sus respectivas ordenanzas, donde se señalan como áreas restringidas al desarrollo urbano.

En el caso de la cuenca del río Chillán, las comunas de Chillán, Chillán Viejo y San Ignacio cuentan con PRC aprobado, sin embargo, sólo las dos primeras cuentan con zonificación de riesgo en el instrumento. La Tabla 3 muestra que ambas comunas distinguen entre la inundación por desborde de ríos y canales y el riesgo de anegamiento en las ciudades. Hecho que difiere completamente con respecto a la planificación urbana vista en las comunas que forman parte de la cuenca del río Maule, donde no se realiza esta diferenciación.

Es relevante destacar que las zonificaciones no tienen relación con una lectura adecuada a las zonas de amenaza, las que han sido ampliamente discutidas en Chile, debido a la falta de estandarización. Proceso que hoy recién se encuentra en etapa inicial debido a la entrada en vigor de la Ley 21364, que crea el sistema nacional de prevención y respuesta ante desastres y que mandata a los organismos técnicos encargados del

monitoreo de las diversas amenaza a confeccionar los mapas de amenaza que deberán ser utilizados en las diversas etapas de la gestión del riesgo.

Tabla 3 - Zonificación vinculadas a riesgos socio ambientales en PRC

Comuna	Fecha	Zona	Definición	Escala
Colbún	05-02-2014	No especificado	Área de riesgo de inundación por proximidad a embalse	1:5000 y 1:7500
		No especificado	Área de riesgo de inundación por proximidad a estero	
Yerbas Buenas	11-12-2018	No especificado	Áreas de riesgo de inundación por proximidad de esteros o napas freática	1:5000
San Javier	07-11-2016	No especificado	Área de riesgo de inundación	1:5000
Maule	19-07-2019	AR1	Área inundable o potencialmente inundable	1:5000
Chillán	21-07-2016	No especificado	Área de riesgo de anegamiento	1:10000
		No especificado	Área de riesgo de inundación	
Chillán Viejo	20-08-2012	ZRID	Zona de riesgo de inundación por drenaje	1:10000
		No especificado	Área de riesgo de anegamiento	

El análisis de los Planes de Desarrollo Comunal (PLADECO) correspondientes a la cuenca del río Maule revela que solo las comunas de San Clemente y San Javier mencionan la amenaza de inundaciones, aunque sin diferenciar claramente entre anegamientos e inundaciones por desbordes de cauces. La comuna de Maule aborda el riesgo de desastres de manera general, centrándose en otras amenazas, mientras que Colbún únicamente sugiere la necesidad de un plan de emergencia para riesgos ambientales sin especificar amenazas concretas. Por su parte, la comuna de Yerbas Buenas no incluye referencias relacionadas con riesgos.

En la cuenca del río Chillán, todas las comunas mencionan aspectos relacionados con riesgos, excepto Coihueco, cuyo PLADECO no incluye ninguna referencia a inundaciones ni a otros tipos de amenazas. En contraste, el instrumento de la comuna de Pinto es el más detallado en cuanto a riesgos de inundación, diferenciando claramente entre problemas de anegamiento y desbordes de cauces. En términos generales, los PLADECO de ambas cuencas reflejan la gestión del riesgo socioambiental como un desafío pendiente. Si bien establecen acciones relacionadas con la creación de planes de gestión de riesgos, planes de contingencia y estrategias para la reducción del riesgo, estos carecen de una integración sistemática y no reconocen de forma apropiada el problema. Situación que podría estar vinculada con la baja percepción del riesgo de inundación por parte de los actores de ambas cuencas que caracterizó el periodo.

El análisis de los Planes de Emergencia Comunal (PEC) revela discrepancias significativas en su desarrollo y estado de implementación en las comunas que conforman las cuencas estudiadas. Aunque la Ley 21.364, obliga a todas las comunas a contar con un Comité Comunal para la Gestión del Riesgo de Desastres y a disponer de un PEC aprobado antes del 7 de agosto de 2023 (Ministerio del Interior de Chile, 2021), varios de estos instrumentos se encuentran aún en proceso de elaboración o reformulación a octubre de 2023. Pese a ello, cada municipio contaba con las herramientas legales para contar con dichos planes antes de la promulgación de la citada Ley.

En la cuenca del río Maule, las comunas de Colbún, Yerbas Buenas y San Javier disponen de un PEC vigente. En los tres casos, las inundaciones se reconocen como un evento que activa los protocolos establecidos. No obstante, Yerbas Buenas presenta un nivel de detalle superior al identificar específicamente las zonas más propensas a ser afectadas, mientras que San Javier proporciona indicaciones claras para actuar ante inundaciones, diferenciándose de los enfoques más generales observados en otros municipios. En contraste, San Clemente señala contar con un Plan Comunal para la Reducción del Riesgo de Desastres (2022-2025), que incluye el riesgo de inundación al describir sus causas y los años en que se han registrado eventos significativos. Sin embargo, no se recibió información específica sobre el estado del PEC al momento de elaborar este informe. En las comunas de Maule y San Clemente no reportaron el estado de su PEC y no fue posible acceder a la información vía internet.

En la cuenca del río Chillán, la situación es similar. Los PEC se encuentran en elaboración en las comunas de Pinto y Chillán Viejo, en proceso de reforma en Chillán, y vigentes en San Ignacio y Coihueco. En los municipios que cuentan con PEC activos, las inundaciones se consideran una amenaza capaz de activar los protocolos de emergencia, con respuestas diferenciadas según la intensidad del evento.

De acuerdo con los datos recopilados (Tabla 4), de las 10 comunas analizadas, solo seis disponen de un PEC vigente al momento del análisis, lo que evidencia una brecha importante en la planificación y preparación para la respuesta ante emergencias. Un segundo elemento relevante radica en el problema de acceso a la información, pues dichos PEC deberían contar con un acceso abierto y fácil a la comunidad usuaria de dicho documento. En tercer lugar, las recomendaciones emitidas en los planes son genéricas y en muchos no incluyen un listado de sectores potencialmente afectados y/o cartografías que puedan apoyar la toma de decisión. Por último, ninguna comuna posee un PEC específico por inundaciones, instrumento que ofrece la capacidad de mejorar la respuesta y preparación a ante una amenaza que se considere pueda tener un impacto relevante en el territorio.

Tabla 4 - Estado de Planes de Emergencia Comunal cuencas Maule, Chillán y Cautín

Cuenca	Comuna	Instrumento Planificación	Estado
Maule	Colbún	Plan de Emergencia Comunal	Vigente
	Yerbas Buenas	Plan de Emergencia Comunal	Vigente
	San Clemente	Plan de Emergencia Comunal	Sin información
		Plan Comunal Reducción de Riesgo de Desastres (2022-2025)	Vigente
	San Javier	Plan de Emergencia Comunal	Vigente
	Maule	Plan de Emergencia Comunal	Sin información
Chillán	San Ignacio	Plan de Emergencia Comunal 2019	Vigente
	Pinto	Plan de Emergencia comunal 2023	En elaboración
	Coihueco	Plan Comunal de Protección Civil y Emergencias	Vigente
	Chillán	Plan de Emergencia Comunal	En reformación
	Chillán Viejo	Plan de Emergencia comunal 2023	En elaboración

6 CONCLUSIONES

En primer lugar, la megasequía pudo haber inducido un "efecto olvido" natural, alterando la percepción del riesgo de inundación en Chile central antes de los eventos de 2023. Se observó que la disminución

sostenida de las precipitaciones entre 2006 y 2023 generó una falsa sensación de estabilidad hidrogeomorfológica, lo que llevó a comunidades y tomadores de decisiones a subestimar el riesgo de crecidas extremas. Esta percepción errónea se reflejó en la baja priorización de las inundaciones en los instrumentos de planificación territorial y en la ausencia de medidas preventivas específicas en los Planes de Emergencia Comunal.

En segundo lugar, la ocupación de zonas inundables aumentó durante la megasequía, particularmente en áreas urbanas en expansión. Los datos de percepción del riesgo indican que la urbanización reciente en sectores afectados por la inundación de 2023 estuvo marcada por una baja conciencia del peligro, en contraste con comunidades de mayor antigüedad. En efecto, esto refuerza el planteamiento de que el efecto olvido no solo está relacionado con la existencia de infraestructura hidráulica, sino también con cambios ambientales prolongados que modifican la percepción del riesgo.

Por último, la gestión del riesgo de desastres en Chile central presenta importantes deficiencias en términos de preparación y planificación. Si bien la Ley 21.364 establece lineamientos para la prevención de desastres, su implementación ha sido gradual y con recursos limitados. La ausencia de un enfoque integrado que considere la variabilidad climática y la percepción del riesgo limita la capacidad de adaptación de las comunidades y aumenta su vulnerabilidad. En este contexto, se requiere fortalecer la integración del riesgo de inundaciones en la planificación territorial y promover estrategias educativas que reduzcan el efecto olvido en futuros escenarios hidrológicos extremos.

7 REFERENCIAS

GARREAUD, R. Warm winter storms in Central Chile. *Journal of Hydrometeorology*, v. 14, n. 5, 2013, p. 1515-1534. https://doi.org/10.1175/jhm-d-12-0135.1

GARREAUD, R. Análisis (CR)2 | Vuelven los gigantes: un análisis preliminar de la tormenta ocurrida entre el 21 y 26 de junio de 2023 en Chile central. 2023a. Disponible en: https://www.cr2.cl/analisis-cr2-vuelven-los-gigantes-un-analisis-preliminar-de-la-tormenta-ocurrida-entre-el-21-y-26-de-junio-de-2023-en-chile-central/

PACHECO, F.; ROJAS, O.; HERNÁNDEZ, E.; CAAMAÑO, D. Effects on fluvial geomorphology and vegetation cover following hydroelectric power plant operation: A case study in the Maule River (Chile). *Water*, v. 14, 1673, 2022. https://doi.org/10.3390/w14111673

ROJAS, O.; MARDONES, M.; ARUMÍ, J.; AGUAYO, M. Una revisión de inundaciones fluviales en Chile, período 1574–2012: causas, recurrencia y efectos geográficos. *Revista de Geografía Norte Grande*, v. 57, 2014, p. 177–192. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022014000100012

VICUÑA, S.; GIRONÁS, J.; MEZA, F.J.; CRUZAT, M. L.; JELINEK, M.; BUSTOS, E.; POBLETE, D.; BAMBACH, N. Exploring possible connections between hydrological extreme events and climate change in central south Chile. *Hydrological Sciences Journal*, v. 58, n. 8, 2013, p. 1598-1619. https://doi.org/10.1080/02626667.2013.840380

NIEMEYER, H.; CERECEDA, P. Hidrografía de Chile. *Colección de Geografía de Chile*. Santiago, Instituto Geográfico Militar, 1984, 320 pp.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (INE). Censo de Población y Vivienda. Santiago, Chile, 2017.

CONAF (Comisión Nacional Forestal). Usos de suelo regiones O'Higgins, Maule, Ñuble y Bío-Bío (Formato Digital SHP). Santiago, Chile, 2018.

MATANÓ, A.; BERGHUIJS, W.; MAZZOLENI, M.; PHILIP, M.; VAN LOON, A. Compound and consecutive drought-flood events. *Environmental Research Letters*, v. 19, 2024, 13 pp.

FANG, J.; KONG, F.; FANG, J.; ZHAO, L. Observed changes in hydrological extremes and flood disaster in Yangtze River Basin: spatial–temporal variability and climate change impacts. *Natural Hazards*, v. 93, n. 1, 2018, p. 89–107.

ROJAS, O.; MARTÍNEZ, C. Riesgos naturales: evolución y modelos conceptuales. *Revista Universitaria de Geografía*, v. 20, 2011, p. 83–116.

VELOSO, C.; FLORES, E.; NOGUERA, E.; FAÚNDEZ, R.; ARRIAGADA, P.; ROJAS, O.; CARRASCO, J. A.; LINK, O. Preparedness against floods in nearly pristine socio-hydrological systems. *Hydrological Sciences Journal*, v. 67, n. 1, 2022, p. 1-14. https://doi.org/10.1080/02626667.2021.2023156

UNITED NATIONS. Habitat III Regional Report - Latin America and The Caribbean. Nueva York, 2017, 104 pp.

ANSARI, A.; MEJIA, A.; CIBIN, R. Flood teleconnections from levees undermine disaster resilience. *npj Natural Hazards*, v. 1, 2024, p. 2.

SANTORO, S.; LOVREGLIO, R.; TOTARO, V.; CAMARDA, D.; IACOBELLIS, V.; FRATINO, U. Community risk perception for flood management: A structural equation modelling approach. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 97, 2023, 104012.

8 AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile (ANID) a través del proyecto Anillo ATE220021, titulado "Cambio climático y la sociohidrología de las inundaciones", y a los proyectos Fondecyt Regular N°1212032 y N°1252078

CONSTRUÇÃO DE INDICADORES PARA A OPERACIONALIZAÇÃO DA JUSTIÇA CLIMÁTICA: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA[1]

CONSTRUCTION OF INDICATORS FOR OPERATIONALISATION CLIMATE JUSTICE: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS

Rylanneive Teixeira[1], Gabriel de Araújo[2], Flávia de Andrade[3], Beatriz Dunder[4] e Sylmara Dias[5]

1 Universidade de São Paulo (USP), pontesrylanneive@gmail.com

2 Universidade de São Paulo (USP), gabrielparaujo.ga@gmail.com

3 Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), flaviaalessanddra@gmail.com

4 Universidade de São Paulo (USP), beatrizdunder@gmail.com

5 Universidade de São Paulo (USP), sylmaraldias@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste artigo é realizar um balanço bibliográfico sobre indicadores, participação e justiça climática, compreendendo se a literatura científica tem discutido sobre a participação dos atores sociais, em especial mais vulneráveis, na construção de indicadores socioambientais, utilizando-se, para isso, de bibliometria como instrumento de pesquisa a partir da busca na Scopus. A partir da análise bibliométrica, os resultados apontam que a literatura sobre o tema é ainda bastante incipiente, com apenas 08 trabalhos abordando nessa perspectiva.

Palavras-Chave: Indicadores. Participação Social. Mudanças Climáticas.

ABSTRACT

The objective of this paper is to carry out a bibliographic review on indicators, participation and climate justice, understanding whether the scientific literature has discussed the participation of social actors, especially the most vulnerable, in the construction of socio-environmental indicators, using bibliometrics as a research tool based on the search in Scopus. Based on the bibliometric analysis, the results indicate that the literature on the subject is still quite incipient, with only 08 works addressing this perspective.

Keywords: Indicators. Social Participation. Climate Change.

[1] O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil. Processo nº 2024/07339-8. As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade do(s) autor(es) e não necessariamente refletem a visão da FAPESP.

1 INTRODUÇÃO

Em um contexto no qual a emergência climática se instala na sociedade contemporânea de forma cada vez mais intensa e rápida, impactando os indivíduos e territórios em diferentes partes do mundo, os grupos sociais mais vulnerabilizados social e ambientalmente (pobres, negros, mulheres etc.) são reconhecidamente os mais impactados nesse contexto, como destaca a literatura científica sobre (in)justiça climática (Svampa, 2020; Torres; Leonel; Araújo, 2021; Farhana, 2022). Especialmente esses grupos e/ou seus representantes em virtude de sofrerem mais direta e intensamente com os impactos climáticos, precisam estar participando e sendo incluídos nos processos de tomadas de decisões de políticas públicas para enfrentar a crise climática e seus desafios no âmbito local, por exemplo.

Nesse sentido, os indicadores se configuram em ferramentas cruciais para operacionalizar, de maneira mais pragmática, conceitos abstratos e de interesse programático (Jannuzzi, 2002), como as mudanças climáticas. A participação da sociedade como um todo ainda é um grande desafio nesse processo, talvez em função de a construção dessas ferramentas acontecer de “cima para baixo”, conduzida por atores especialistas no tema. No entanto, esse é um desafio que precisa ser considerado na construção de indicadores socioambientais e socioclimáticos, pois os interesses, as visões e as demandas desses grupos também são importantes, de modo que tais indicadores sejam o mais adequado possível às demandas da sociedade e sua realidade local, como assinala Jannuzzi (2002).

Assim, destaca-se que é fundamental pensar e discutir a justiça climática em uma perspectiva local, em que os indicadores devem ter uma visão compartilhada e integrada entre os diferentes atores sociais, principalmente os mais vulnerabilizados. Autores como Ramos e Caeiro (2010) corroboram que a participação da sociedade civil é crucial na construção de indicadores de desenvolvimento sustentável. Por exemplo, os de mudanças climáticas e justiça climática. Considerando isso, questiona-se: a literatura científica atual tem apontado caminhos para a construção de indicadores socioclimáticos de forma participativa, incluindo, em particular, os atores sociais mais vulnerabilizados nesse processo?

Para responder a esta pergunta, o objetivo deste artigo é realizar um balanço bibliográfico sobre indicadores, participação e justiça climática, compreendendo se a literatura científica tem discutido sobre a participação dos atores sociais, em especial mais vulneráveis, na construção de indicadores socioambientais. De modo a realizar esse balanço, a metodologia de pesquisa utilizada foi a pesquisa e análise bibliométrica enquanto instrumento de pesquisa. Sob esta perspectiva, este artigo apresenta, além desta introdução e das considerações, em três tópicos: o primeiro se refere à apresentação da metodologia de pesquisa; o segundo é relativo à apresentação e discussão dos resultados obtidos; e o terceiro se refere às considerações finais que se chegaram com o artigo.

2 METODOLOGIA

Com vistas a alcançar o objetivo proposto no tópico introdutório, a metodologia deste artigo segue as orientações de uma abordagem quantitativa exploratória descritiva (Silveira;

Córdova, 2009). No âmbito deste artigo, configura-se em uma pesquisa quantitativa exploratória descritiva em virtude de possibilitar coletar, analisar e apresentar dados quantitativos acerca do tema de

indicadores, participação e justiça climática, de maneira a ser explorado e, assim, se tornar mais explícito a partir da descrição de como a participação social pode ser um mecanismo crucial na construção de indicadores socioclimáticos que possibilitem a operacionalização da justiça climática.

Dessa forma, para fornecer uma visão geral e abrangente da literatura, foi elaborado um protocolo de pesquisa para a revisão e análise bibliométrica sobre indicadores, participação e justiça climática, seguindo os princípios do PRISMA (Page et al., 2021). Para isso, foram utilizadas as diretrizes do *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis* (Moher et al., 2009), para elaborar os protocolos de busca e fluxos de trabalho, visando identificar e compilar a literatura sobre o tema do objeto de estudo, compreendendo como a participação social pode ser um mecanismo no processo de construção de indicadores socioclimáticos para operacionalização da justiça climática. Por bibliometria, entende-se como um instrumento de revisão da literatura que permite uma análise quantitativa acerca de um determinado tema de pesquisa, sendo, de acordo com Santos (2003), um de seus princípios a análise da atividade científica ou técnica a partir de dados quantitativos de publicações. Por exemplo, a identificação dos autores mais produtivos e dos periódicos científicos que mais publicam artigos acerca de um ou mais temas.

A pesquisa para a revisão especializada se deu no dia 03 de fevereiro de 2025 por meio da base de dados Scopus devido ser um dos bancos de dados que permite o maior número possível de publicações de um universo total estudado, utilizando-se, para isso, dos descritores “indicators”, “participation” e “climate justice”, verificando suas aparições nos títulos, nos resumos e/ou nas palavras-chave dos artigos. Com esta busca inicial, o resultado foi de 19 trabalhos ao total. Primeiramente, cabe destacar que as palavras-chave foram em inglês, visto que possibilitam uma abrangência maior. Também se destaca que testes com outros descritores foram realizados, como a combinação, primeiramente, com a palavra-chave “global south” e, depois, “index”, de modo a verificar se as buscas resultariam em um número mais expressivo de trabalhos; mas, o resultado foi inferior ao anterior, com apenas 02 e 03 documentos, respectivamente. Ainda, foi feita uma busca com os descritores “index”, “participation” e “climate justice”, para ver se o resultado seria um quantitativo maior do que o primeiro; porém, o resultado foi inferior, com 8 trabalhos.

Ao considerar as palavras-chave da primeira busca, ainda foram estabelecidos posteriormente critérios de exclusão: i. presença do descritor exclusivamente em outra parte do artigo; ii. data de publicação posterior a 03 de fevereiro de 2025; iii. texto em coreano; e v. formato de publicação de texto referente à publicação de conferência, livro, editorial ou nota. Com isso, foi obtido um conjunto de 16 trabalhos, no entanto, um não foi encontrado e, o outro, era de acesso pago, resultando, assim, em 14 documentos coletados. Os dados foram coletados no dia 03 de fevereiro de 2025 de forma manual no site do banco de dados mencionado, com suas informações exportadas em formato RIS e/ou Excel, em caso de disponibilidade.

Após a leitura e análise dos trabalhos, considerando seus títulos, seus resumos e suas palavras-chave para observação da aderência ao tema do artigo, foram obtidos 08 artigos ao final, que foram posteriormente lidos e analisados na íntegra. Cabe destacar que esses trabalhos foram selecionados por apresentarem aderência direta com a perspectiva de como a

sociedade civil, enfatizando a inclusão de grupos vulnerabilizados, pode participar da construção de indicadores socioclimáticos para operacionalizar a justiça climática na prática. Os documentos foram compilados em um banco de dados, criado e organizado em uma pasta no *Google Drive*. Considerando isso, esses documentos foram posteriormente lidos na íntegra, com

seus resultados sendo gerados e expressados tanto por meio da linguagem de programação Python no Matplotlib quanto através da elaboração de ilustrações, como se observa no tópico a seguir.

3 ANÁLISES E DISCUSSÕES

3.1 Resultados

O total de trabalhos coletados que tem aderência ao tema de pesquisa deste artigo é de 08, como apresentado no tópico anterior. Desse total, somente um se trata de um capítulo de livro, cujo título é “2030 Agenda for Indigenous Peoples and Local Communities (IPLCs): Representation, Participation, and Rights in Global Sustainability”, de autoria de Soni, Yadav e Patra (2024), e publicado pela editora Springer. Os demais são artigos publicados em periódicos científicos, em sua maioria, de escopo interdisciplinar, dialogando com áreas de diferentes campos do conhecimento científico, como Sociedade e Natureza (Quadro 1). Destaca-se que a interdisciplinaridade é fundamental por se constatar que os problemas são globais e suas causas são para além de fatores biológicos, revelando-se também de dimensões sociais, econômicas, políticas etc. (Ambrizzi; Jacobi; Dutra, 2015), como os problemas relacionados às mudanças climáticas.

Quadro 1 - Títulos, nomes dos meios de publicação e áreas temáticas dos trabalhos

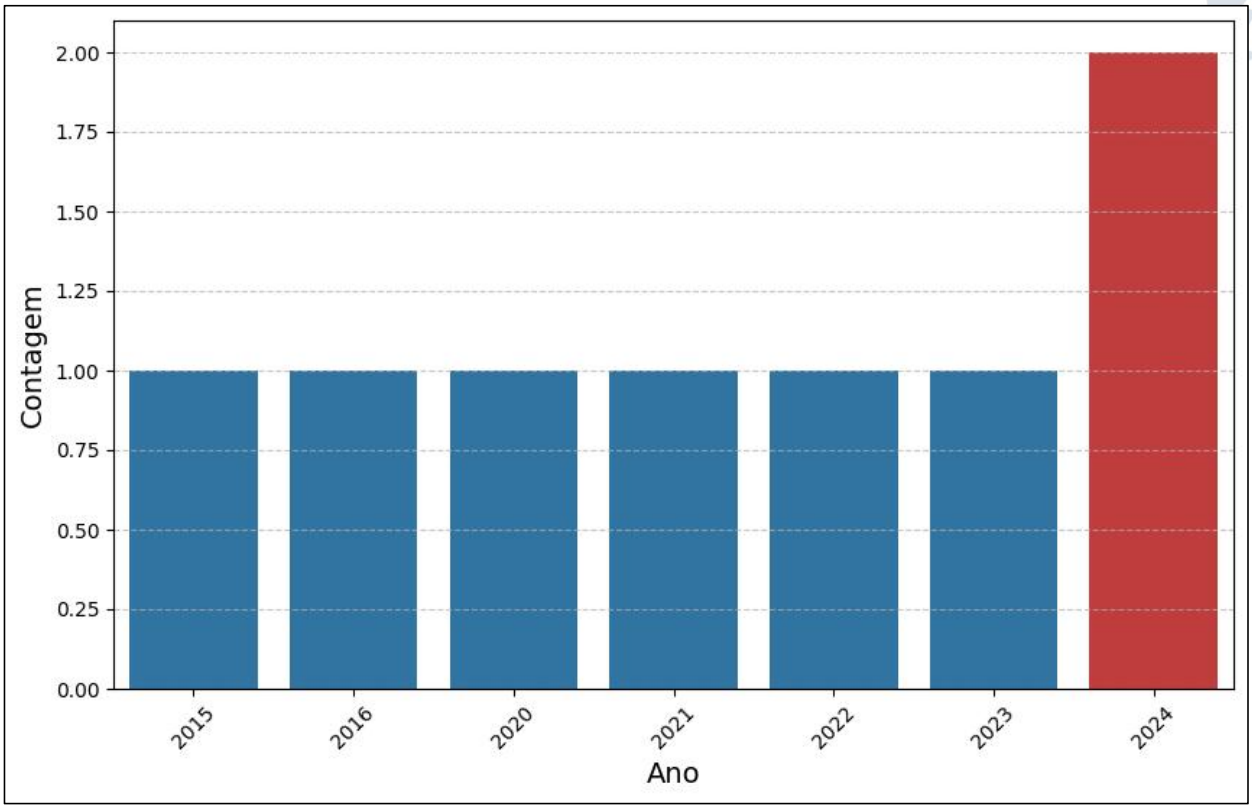
Título	Citação	Nome do periódico científico ou da editora do capítulo de livro	Área temática
2030 Agenda for Indigenous Peoples and Local Communities (IPLCs): Representation, Participation, and Rights in Global Sustainability	Martinelli; Martinelli (2024)	Springer	Interdisciplinar
Local Government-Led Climate Governance and Social Inclusion: The Case Study of J County in China	Yan; Luo (2024)	Social Inclusion	Interdisciplinar
A framework for reviewing laws and policies for climate resilience: the case of the Vietnamese Mekong Delta	Du et al. (2023)	Journal of Environmental Planning and Management	Planejamento e Gestão Ambiental

Whose knowledge counts in nature-based solutions? Understanding epistemic justice for nature-based solutions through a multi-city comparison across Europe and Asia	Mabon et al. (2022)	Environmental Science and Policy	Ciências Ambientais, Política e Sociedade
Setting the Social Monitoring Framework for Nature-Based Solutions Impact: Methodological Approach and Pre-Greening Measurements in the Case Study from CLEVER Cities Milan	Mahmoud et al. (2021)	Sustainability	Estudos Ambientais; e Geografia, Planejamento e Desenvolvimento
How Can Jurisdictional Approaches to Sustainability Protect and Enhance the Rights and Livelihoods of Indigenous Peoples and Local Communities?	DiGiano, Stickler e David (2020)	Frontiers in Forests and Global Change	Ciência Florestal
Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action	Kabisch et al. (2016)	Ecology and Society	Sociedade e Natureza
Inclusive approaches to urban climate adaptation planning and implementation in the Global South	Chu; Anguelovski; Carmin (2015)	Climate Policy	Interdisciplinar

Fonte: Elaboração dos autores (2025).

Desses trabalhos, somente dois foram publicados no ano de 2024, com publicação de um a cada ano desde 2015, demonstrando, assim, um aumento de 100% (Gráfico 1). Sugere-se que a baixa quantidade de publicações na perspectiva da interface entre indicadores, participação e justiça climática, compreendendo como os atores sociais podem integrar os processos de construção de indicadores de sustentabilidade de forma participativa, se deve, talvez, ao fato de dar mais trabalho em comparação ao trabalho com indicadores pré-definidos, como assinalam Guyot, Faleiros e Gandara (2015).

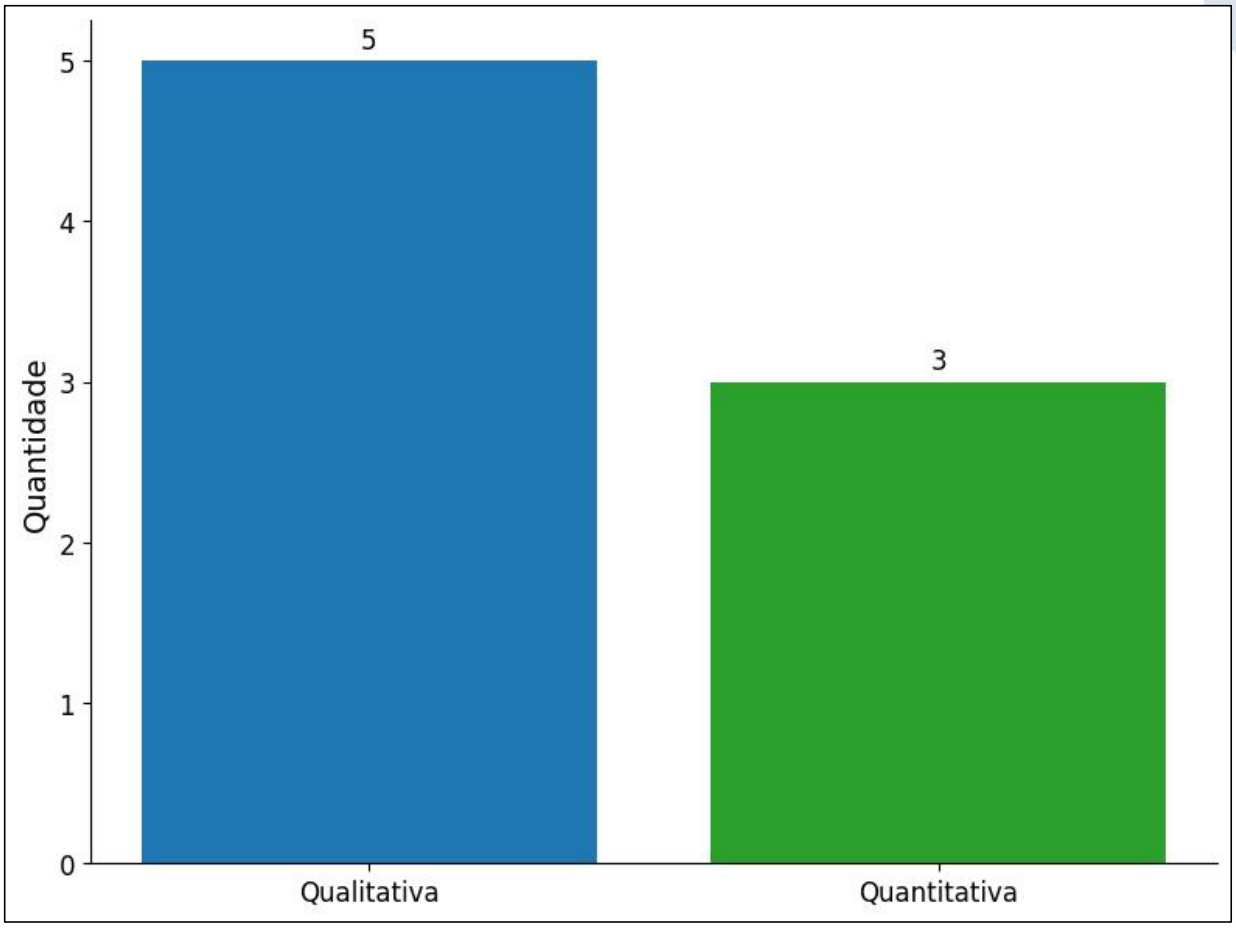
Gráfico 1 - Anos de publicação dos trabalhos coletados na pesquisa



Fonte: Elaboração dos autores (2025).

No que diz respeito à natureza metodológica dos 08 trabalhos, a maioria (05) segue as orientações metodológicas segue uma abordagem de natureza qualitativa (Gráfico 2), utilizando-se, para isso, de diferentes instrumentos de coleta de dados, como workshops, com realização de entrevistas; e pesquisa e análise de documentos. Já 03 dos trabalhos empregam a metodologia de natureza quantitativa como forma de alcançar seus objetivos (Gráfico 2). Para isso, um dos caminhos metodológicos se deu a partir de coleta de dados quantitativos, como no artigo de DiGiano, Stickler e David (2020).

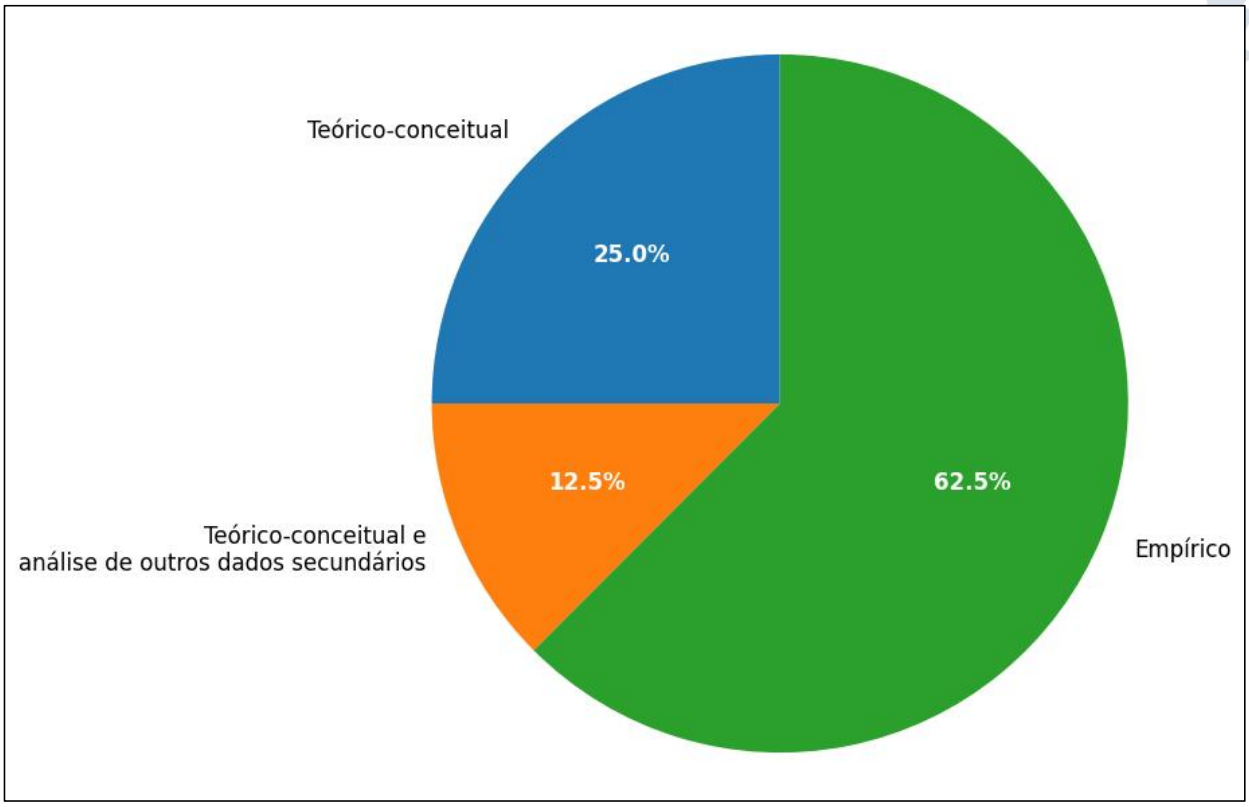
Gráfico 2 - Abordagens metodológicas de pesquisa dos trabalhos coletados



Fonte: Elaboração dos autores (2025).

Mais especificamente, a maioria desses trabalhos (05) é do tipo “empírico” (Gráfico 3), representando 62,5% do total. Mas, mesmo com enfoque em empiria, os textos trouxeram também uma perspectiva teórico-conceitual para explicar teorias e/ou conceitos aplicados na empiria. Os trabalhos com enfoque apenas teórico-conceitual, fazendo uma análise mais analítico-crítica sobre as teorias e/ou os conceitos envolvidos em torno de suas respectivas problemáticas de pesquisa, representam 25% (02 trabalhos) do total (Gráfico 3). E somente 01 dos trabalhos (12,5%) é do tipo “teórico-conceitual e análise de dados secundários”, ou seja, envolve tanto a vertente teórico-conceitual quanto a pesquisa de outros dados secundários, como documentos (Gráfico 3).

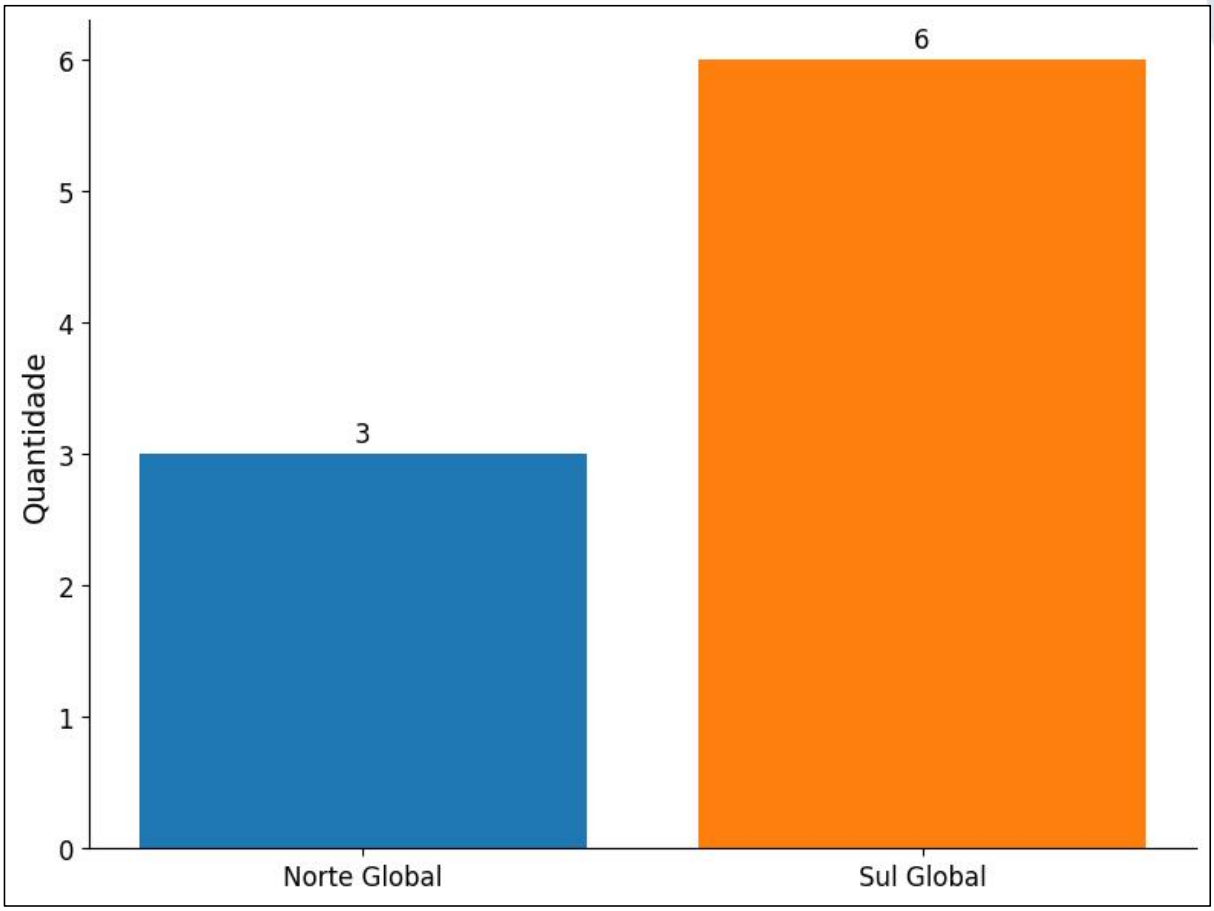
Gráfico 3 - Tipos de estudo dos trabalhos coletados na pesquisa



Fonte: Elaboração dos autores (2025).

Em relação à distribuição global dos trabalhos coletados com a bibliometria, constata-se que a maioria dos trabalhos está concentrada no Sul Global, em detrimento do Norte Global (Gráfico 4). Ressalta-se, conforme observado no Gráfico 4, que o Sul Global apresenta 06 trabalhos, enquanto o Norte Global possui 03; mas que 01 do total de 08 foca em países tanto do Sul quanto do Norte, o que faz com que o total mostrado no Gráfico abaixo seja de 09 trabalhos.

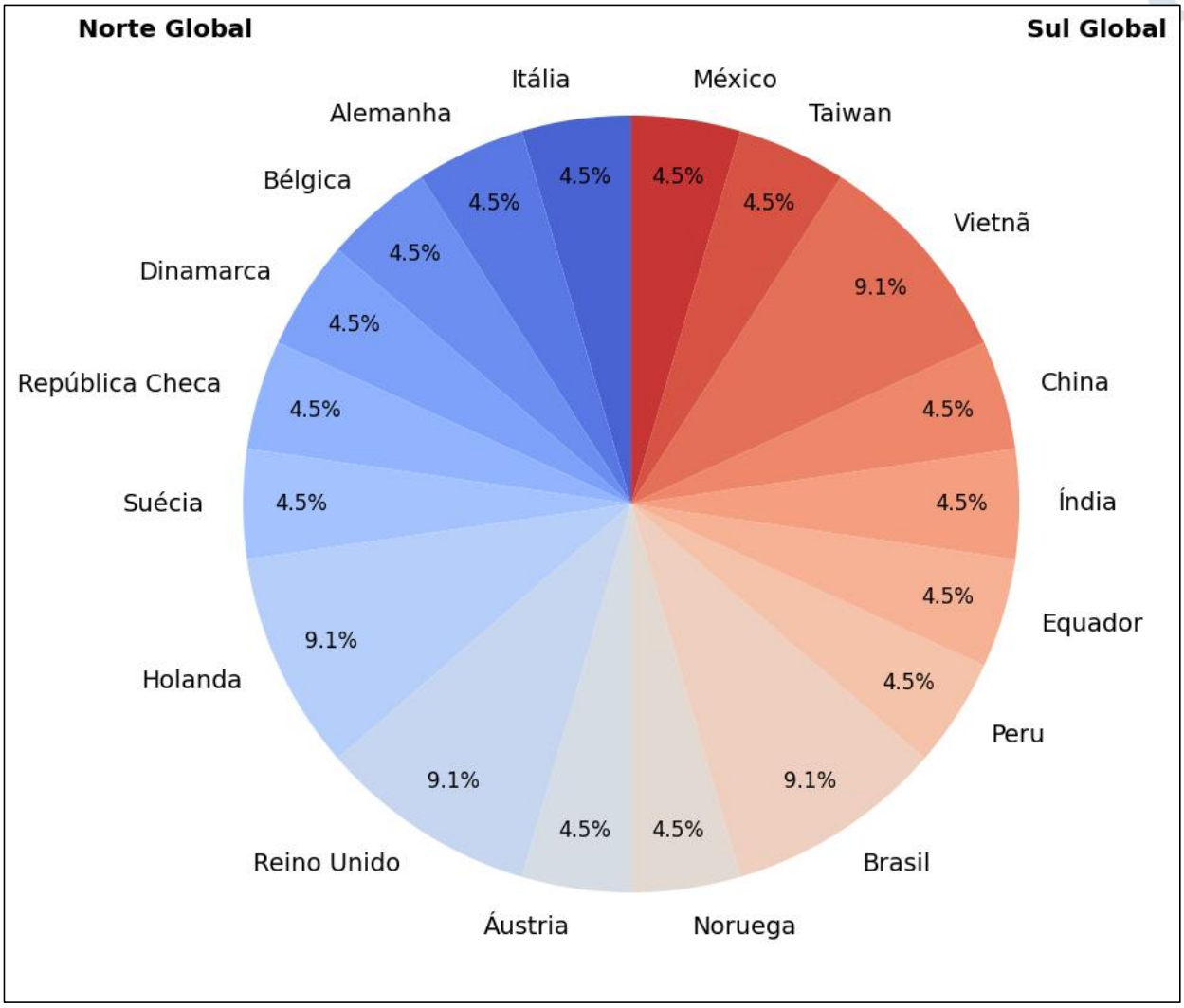
Gráfico 4 - Distribuição global dos trabalhos coletados na pesquisa



Fonte: Elaboração dos autores (2025).

A distribuição desses trabalhos por países do Norte Global e Sul Global se dá de acordo com o Gráfico 5, destacando-se que, nos estudos desenvolvidos, foram mencionados um total de 18 países, em que, com exceção da Holanda e do Reino Unido (países no Norte Global), e do Brasil e do Vietnã (países no Sul Global) – que foram citados duas vezes cada um, os demais foram objetos de estudo apenas uma vez. É importante destacar ainda que, muito embora o Sul Global tenha se prevalecido em termos de distribuição global dos trabalhos coletados na pesquisa (Gráfico 4), os países do Norte Global apareceram quantitativamente mais em função de haver publicações que envolviam mais de um país como recorte empírico (Gráfico 5), a exemplo do artigo “Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action”, de Kabisch et al. (2016), publicado no periódico *Ecology and Society*.

Gráfico 5 - Distribuição dos trabalhos por países pertencentes ao Norte Global e ao Sul Global



Fonte: Elaboração dos autores.

A partir dos resultados obtidos na pesquisa, constata-se que o tema de indicadores, participação e justiça climática em uma perspectiva integrada é ainda incipiente quanto à sua sistematização em bases de dados como a Scopus. Sugere-se que isso se deve ao fato de que a construção de indicadores, especialmente de natureza socioambiental e socioclimática, não integra a participação dos atores sociais em seu processo, como discutido na sequência.

3.2 Discussões

A participação social, compreendida aqui enquanto a inclusão de indivíduos e/ou representantes de organizações da sociedade civil em processos de tomada de decisão de políticas públicas (Milani, 2008), visando construir espaços participativos que possibilitem a

relação e articulação entre atores estatais e não-estatais a fim de uma gestão de interesses coletivos entre os cidadãos (Avritzer, 2011), é essencial para a operacionalização da justiça climática. Isso porque a justiça climática, por meio dos diálogos com autores como Torres,

Leonel e Araújo (2021), e Farhana (2022), é uma concepção crítica que parte do pressuposto principal que o enfrentamento à crise climática não deve reproduzir dinâmicas de opressão e, portanto, ter em seu cerne as demandas dos mais vulnerabilizados enquanto enfoque principal.

Nesse sentido, enquanto epistemologia em desenvolvimento, a justiça climática retrata como desastres criam a necessidade para uma inerente consciência racial em conjunto com a ação para a Redução de Riscos de Desastres (RDD), considerando o fato de que os riscos de desastres socioambientais decorrem de desigualdades que são social e racialmente construídas, demandando lentes analíticas críticas que partem de uma visão interseccional da problemática (Lomotey, 2025). Aplicando a lente do “Antiblackness”, Lomotey (2025) identificou que a cidade de Hull, no Reino Unido, apesar de possuir uma significativa e marginalizada comunidade negra, não foi levada em consideração no âmbito das políticas de intervenção contra inundações.

Ao considerar esse contexto, para que a adaptação às mudanças climáticas se direcione por aspectos que integrem a justiça e, assim, não seja uma má-adaptação, é preciso incluir as populações vulnerabilizadas nesse processo de adaptação. Diferentes mecanismos devem ser utilizados para essa finalidade, incluindo a inserção da população na formulação de indicadores que irão direcionar a atuação do Estado no enfrentamento à emergência climática. Dentre os mecanismos que podem vir a ser utilizados com este objetivo, destaca-se o mapeamento participativo, pois, no contexto das mudanças climáticas e seus impactos, configura-se em um mecanismo crucial na identificação de problemas e desafios, mas também oportunidades frente à crise climática por parte das comunidades que estão inseridas em um dado contexto.

Sydenstricker-Neto (2008) define os mapeamentos participativos como “representações gráficas de dados e atributos selecionados, que seguem padrões e convenções científicas, técnicas e artísticas” (p. 73). Para o autor, a relevância do mapeamento participativo ganhou importância com a complexificação das configurações urbanas e regionais em um contexto de maior democratização e representatividade no processo de tomada de decisão, o que coincide também com o contexto de agravamento da crise climática. No mapeamento participativo, a produção do mapa em si inclui nas suas diversas etapas a colaboração entre diferentes indivíduos, que se complementam e se diferenciam em termos de inserção profissional, representação comunitária e capacidades técnicas e artísticas, incluindo a concepção do conteúdo a ser mapeado quanto à coleta de dados e informações, e à organização e ao tratamento de informação (Sydenstricker-Neto, 2008). Partindo-se desta constatação, reconhece-se a relevância da representatividade e participação no âmbito tanto da concepção de indicadores quanto da coleta e do tratamento de dados que conformam estes indicadores. Com isso, pretende-se um maior envolvimento das populações, com enfoque nas mais vulnerabilizadas, no que concerne ao desenvolvimento de capacidades para a avaliação participativa de riscos de desastres (Riet; Niekerk, 2013), englobando-se uma adaptação que operacionalize os preceitos de justiça climática.

Em termos teórico-conceituais, indicadores são compreendidos nesta discussão enquanto instrumentos que permitem um elo entre modelos explicativos teóricos e evidência empírica dos fenômenos sociais, configurando-se, no campo das políticas públicas, como medidas que possibilitam operacionalizar um conceito abstrato ou uma demanda de interesse

programático (Jannuzzi, 2002), como é o caso das mudanças climáticas. No âmbito das políticas públicas, o uso de indicadores sociais e ambientais para subsidiar planos e investimentos, se bem formulados e aplicados, podem contribuir para a formulação e implementação de políticas públicas mais adequadas à realidade local e às demandas da sociedade (Jannuzzi, 2002).

Nesse contexto, a construção de indicadores voltados para políticas públicas deve considerar aspectos como o grau de cobertura populacional; a sensibilidade a política pública implementada; ser inteligível para seu público alvo; ter viabilidade para que siga sendo atualizado; a escala temporal que possibilite verificar a evolução ao longo do tempo; e a possibilidade de ser desagregado a partir de características geográficas, demográficas e socioeconômicas (Jannuzzi, 2002). Dificilmente, um indicador irá possuir todas essas características, mas é importante que sejam consideradas, sendo avaliadas as propriedades mais e menos importantes de acordo com o objetivo (Jannuzzi, 2002).

Na perspectiva da justiça climática, por exemplo, é necessária a compreensão do contexto local e suas especificidades em diferentes dimensões (social, ambiental, econômica, cultural, política, institucional, entre outras) (Rydin; Holman; Wolf, 2003; Mickwitz; Melanen, 2009; Polido; João; Ramos, 2014), exigindo-se da participação e do envolvimento da comunidade como um todo a qual se destinam os indicadores (Singh et al., 2012). Por isso, a participação dos atores sociais é fundamental na construção de indicadores de desenvolvimento sustentável, consolidando, assim, as ferramentas de avaliação de sustentabilidade (Ramos; Caeiro; Melo, 2004; Reed; Fraser; Dougill, 2006; Ramos; Caeiro, 2010).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados e das discussões apresentados no tópico anterior, pôde-se identificar, considerando a pergunta de partida apresentada na introdução, que a literatura científica atual tem apontado, ainda que de maneira incipiente, caminhos para a construção de indicadores socioclimáticos que integre a participação da sociedade, em especial de grupos mais vulneráveis. Com isso, afirma-se que o objetivo proposto na introdução também foi alcançado a partir dos resultados obtidos com esta pesquisa, na medida em que pôde-se observar panoramicamente como a literatura científica tem discutido na interface entre indicadores, participação e justiça climática, buscando contribuir na perspectiva de como os atores sociais podem estar envolvidos na construção de indicadores socioclimáticos.

Com este estudo, uma perspectiva futura de investigação pode se dá na vertente de compreensão de como se dá a participação dos atores sociais, especialmente dos mais vulneráveis, nos processos de construção dos indicadores, identificando e analisando quais mecanismos de participação social que lhes são possibilitados nesse sentido, de modo a permitir uma efetiva participação. Dessa forma, trazendo uma ótica mais crítico-analítica da revisão sistemática, que acaba sendo limitada em análises bibliométricas como esta. Além disso, a ampliação do universo das bases de dados para a revisão é outra possibilidade de agregação para este tipo de pesquisa.

No âmbito dos estudos e das pesquisas sobre Ambiente e Sociedade, este artigo tem uma importante contribuição para o campo teórico-metodológico e analítico sobre indicadores, mudanças climáticas e populações vulnerabilizadas, pois é, de algum modo, um pontapé na

sistematização de trabalhos voltados a pensar como essas populações podem ser integradas no processo de construção de sistemas de indicadores, promovendo, assim, uma participação social. Dessa forma, é um trabalho com contribuição social; além de para as políticas públicas climáticas por permitir a reflexão e discussão de como tomar melhores decisões direcionadas para uma gestão de políticas públicas participativa de forma efetiva, justa e inclusiva.

5 AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos deste trabalho são, em especial, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio e fomento ao plano de trabalho “Metodologias de apoio à tomada de decisão ao delineamento de políticas públicas centradas na justiça climática” (Processo nº 2024/07339-8), desenvolvido pelo primeiro autor em sua pesquisa de Pós-Doutorado e vinculado ao projeto de pesquisa “Co-planejamento para justiça climática no município de São Vicente: desenvolvimento de ferramentas para tomada de decisão baseada no território com evidências científicas e comunitárias” (Processo nº 2023/10280-2). Os agradecimentos se estendem também ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – INCT Klimapolis (financiado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, sob projeto número 406728/2022-4), do qual este trabalho é contribuição direta aos temas de pesquisa do INCT.

6 REFERÊNCIAS

AMBRIZZI, T.; JACOBI, P. R.; DUTRA, L. M. M. *Ciência das mudanças climáticas e sua interdisciplinaridade*. São Paulo: Annablume, 2015, 282p.

AVRITZER, L. A Qualidade da Democracia e a Questão da Efetividade da Participação: Mapeando o Debate. In: Pires, R. R. C. (Org.). *Efetividade das instituições participativas no Brasil:* estratégias de avaliação/organizador: Roberto Rocha C. Pires. Brasília: Ipea, v. 7, 2011, p. 13-28.

CHU, E.; ANGUELOVSKI, I.; CARMIN, J. Inclusive approaches to urban climate adaptation planning and implementation in the Global South. *Climate Policy*, v. 16, n. 3, p. 372-392, 2016.

DIGIANO, M.; STICKLER, C.; DAVID, O. How Can Jurisdictional Approaches to Sustainability Protect and Enhance the Rights and Livelihoods of Indigenous Peoples and Local Communities?. *Frontiers in Forests and Global Change*, v. 3, p. 40, 2020.

DU, H. et al. A framework for reviewing laws and policies for climate resilience: the case of the Vietnamese Mekong Delta. *Journal of Environmental Planning and Management*, v. 66, n. 6, p. 1280-1304, 2023.

GUYOT, M. S. D.; FALEIROS, K. S.; GANDARA, F. B. *CONSTRUÇÃO PARTICIPATIVA DE INDICADORES DE RESILIÊNCIA ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS*. 2015. Disponível em: <https://resiliencianosemiarido.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/11/cartilha-construcao-indicadores-resiliencia-semiarido.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2025.

JANNUZZI, P. de. M. Considerações sobre o uso, mau uso e abuso dos indicadores sociais na formulação e avaliação de políticas públicas municipais. *Revista de Administração Pública*, v. 36, n. 1, p. 51 a 72-51 a 72, 2002. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/rap/article/view/6427>. Acesso em: 10 fev. 2025.

KABISCH, N. et al. Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. *Ecology and Society*, v. 21, n. 2, 2016.

LOMOTEY, M. Antiblackness in Flood Risk in Hull: The Afterlife of Colonialism. In: SULTANA, F. (Ed.). *Confronting Climate Coloniality:* Decolonizing Pathways for Climate Justice. 1st ed. Earthscan from Routledge. 2025. Cáp. 11. p. 171-187.

MABON, L. et al. Whose knowledge counts in nature-based solutions? Understanding epistemic justice for nature-based solutions through a multi-city comparison across Europe and Asia. *Environmental Science & Policy*, v. 136, p. 652-664, 2022.

MAHMOUD, I. H. et al. Setting the social monitoring framework for nature-based solutions impact: Methodological approach and pre-greening measurements in the case study from CLEVER cities Milan. *Sustainability*, v. 13, n. 17, p. 9672, 2021.

MARTINELLI, Y. R.; MARTINELLI, B. M. 2030 Agenda for Indigenous Peoples and Local Communities (IPLCs): Representation, participation, and rights in global sustainability. In: GALVAO, T. G.; MENEZES, H. Z. de. (Eds.). *The Quest for the Sustainable Development Goals:* Living experiences in territorializing the 2030 Agenda in Brazil. Cham: Springer International Publishing, 2024. p. 263-282.

MILANI, C. R. S. O princípio da participação social na gestão de políticas públicas locais: uma análise de experiências latino-americanas e europeias. *Revista de Administração Pública*, v. 42, p. 551-579, 2008.

MICKWITZ, P.; MELANEN, M. The role of co-operation between academia and policymakers for the development and use of sustainability indicators – a case from the Finnish Kymenlaakso Region. *Journal of Cleaner Production*, v. 17, n.12, p. 1086–1100, 2009.

MOHER, D. et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *International Journal Of Surgery*, v. 8, n. 5, p. 336-341, 2010.

PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *bmj*, v. 372, 2021.

POLIDO, A.; JOÃO, E.; RAMOS, T. B. Sustainability approaches and strategic environmental assessment in small islands: An integrative review. *Ocean & Coastal Management*, v. 96, p. 138-148, 2014.

RAMOS, T. B.; CAEIRO, S. Meta-performance evaluation of sustainability indicators. *Ecological Indicators*, v. 10, n. 2, p. 157-166, 2010.

RAMOS, T. B.; CAEIRO, S.; MELO, J. J. Environmental indicator frameworks to design and assess environmental monitoring programs. *Impact Assessment and Project Appraisal*, v. 22, n.1, p. 47-62, 2004.

REED, M. S.; FRASER, E. D. G.; DOUGILL, A. J. An adaptive learning process for developing and applying sustainability indicators with local communities. *Ecological Economics*, v.59, n.4, p. 406-418, 2006.

RYDIN, Y.; HOLMAN, N.; WOLF, E. Local Sustainability Indicators. *Local Environment: The International Journal of Justice and Sustainability*, v.8, n.6, p. 581 589, 2003.

SANTOS, R. N. M. dos. Produção científica: por que medir? o que medir?. *Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, v. 1, n. 1, p. 22–38, 2003.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P. UNIDADE 2 – A PESQUISA CIENTÍFICA. In: GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (Orgs.). *Métodos de pesquisa*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2025.

SINGH, R. H.; et al. An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, v. 15, n.1, p. 281–299, 2012.

SYDENSTRICKER-NETO, John. Mapeamentos participativos: pressupostos, valores, instrumentos e perspectivas. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, v. 10, n. 2, p. 73-96, 2008.

SULTANA, F. Critical climate justice. *Geogr. J.*, 2022, 188, 118–124.

SVAMPA, M. Até onde vão os movimentos pela justiça climática?. *Nueva Sociedad*, 2020.

TORRES, P. H. C.; LEONEL, A. L.; ARAÚJO, G. P. Climate Injustice in Brazil: What We Are Failing Towards a Just Transition in a Climate Emergency Scenario?. In: TORRES, P. H. C.; JACOBI, P. R. (Eds.). *Towards a just climate change resilience:* Developing resilient, anticipatory, and inclusive community response. Switzerland: Palgrave Macmillan Cham, 2021. p. 81-107. Cap. 6.

VAN RIET, G.; VAN NIEKERK, D. Capacity development for participatory disaster risk assessment. *Environmental Hazards*, v. 11, n. 3, p. 213-225, 2012.

YAN, C.; LUO, Y. Local Government-Led Climate Governance and Social Inclusion: The Case Study of J County in China. *Social Inclusion*, v. 12, 2024.

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E REGIME DE CHUVAS NO SUL DO BRASIL: EVIDÊNCIAS E DESAFIOS PARA A RESILIÊNCIA URBANA

CLIMATE CHANGE AND PRECIPITATION REGIMES IN SOUTHERN BRAZIL: EVIDENCE AND CHALLENGES FOR URBAN RESILIENCE

1º Ronaldo Adriano Alves[1], 2º Anderson Paulo Rudke[2], 3º Luiz Fernando R. Ferreira[1], 4º Francisca da Silva Reis[1], 5º Jorge Alberto Martins[3], 6º Maurício M. dos Santos[3]

1 Universidade Estadual de Londrina (UEL), e-mail: ronaldo.adriano@uel.br, luiz.fernando.ferreira@uel.br, francisca.silva@uel.br,
2 Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), e-mail: rudke@ufmg.br
3 Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), e-mail: jmartinseae@gmail.com

RESUMO

Ao longo das últimas décadas as mudanças no clima se intensificaram de forma significativa. Este estudo avalia as projeções futuras de precipitação na Região Sul do Brasil sob diferentes cenários de emissões de gases de efeito estufa (SSP2-4.5 e SSP5-8.5), com base em 16 modelos climáticos do CMIP6. Foram analisados os índices PRCPTOT e R95p para identificar tendências de alterações no regime pluviométrico e na ocorrência de eventos extremos. De maneira geral, os resultados indicam uma tendência de aumento nas médias anuais de precipitação para os cenários futuros (2015-2100). Além disso, os resultados mostram uma preocupante intensificação dos eventos extremos. Diante desse cenário, destaca-se a urgência de fortalecer a resiliência urbana por meio de estratégias de adaptação. Soluções Baseadas na Natureza, são discutidas como alternativa para minimizar os impactos e promover a resiliência urbana frente às mudanças climáticas.

Palavras-Chave: Mudanças climáticas, precipitação, modelos climáticos, resiliência de áreas urbanas.

ABSTRACT

Over the past few decades, climate change has intensified significantly. This study evaluates future precipitation projections in the Southern Region of Brazil under different greenhouse gas emission scenarios (SSP2-4.5 and SSP5-8.5), based on 16 climate models from CMIP6. The PRCPTOT and R95p indices were analyzed to identify trends in changes to the rainfall regime and the occurrence of extreme events. Overall, the results indicate a trend of increasing annual average precipitation for the future scenarios (2015–2100). In addition, the results show a concerning intensification of extreme events. In light of this scenario, the urgency of strengthening urban resilience through adaptation strategies is highlighted. Nature-Based Solutions are discussed as an alternative to minimize impacts and promote urban resilience in the face of climate change.

Keywords: Climate change, precipitation, climate models, urban area resilience.

INTRODUÇÃO

Com as mudanças climáticas globais, os eventos hidrológicos extremos têm se tornado uma preocupação crescente devido à sua intensificação e recorrência. A crise climática global, cujos impactos já começam a se manifestar de forma significativa, teve um episódio crítico no estado do Rio Grande do Sul, no Sul do Brasil, entre a última semana de abril e maio de 2024. Um total de 95% dos municípios foram atingidos, deixando um saldo de 600 mil desabrigados,179 mortes e dezenas de desaparecidos (Sérvulo, 2024).

Um estudo recente da *World Weather Attribution (2024)* apontou que a ocorrência do fenômeno El Niño aumentou tanto a probabilidade quanto a intensidade das tempestades severas que atingiram a região. Além disso, o estudo destaca que as mudanças climáticas exercem um papel crucial na intensificação desses eventos, contribuindo para o aumento da frequência e da severidade das tempestades, com projeções indicando um acréscimo de 6% a 9% na intensidade desses fenômenos.

Complementarmente, o mais recente relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) indica que há mais de 50% de probabilidade de a temperatura global atingir ou ultrapassar 1,5°C entre 2021 e 2040. Até o final do século, o aumento médio da temperatura global poderá chegar a 4°C (Rounce et al., 2023).

As projeções climáticas futuras desempenham um papel fundamental na compreensão do sistema climático, na identificação de riscos socioambientais e no embasamento de estratégias para a adaptação e mitigação dos impactos das mudanças climáticas. Essas projeções são essenciais para orientar gestores públicos na implementação de ações eficazes, promovendo cidades mais resilientes e sustentáveis frente aos desafios climáticos.

Atualmente, a ciência tem avançado significativamente em termos de avaliações por modelos climáticos baseados em simulações computacionais para estudar e prever as condições climáticas futuras com base em diferentes cenários de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e outras variáveis climáticas. As avaliações climáticas internacionais, como por exemplo as do IPCC e de cenários climáticos nacionais, dependem fortemente dos resultados de múltiplas simulações de modelos climáticos coletados em intercomparações de modelos. Assim, a confiabilidade e a confiança nessas intercomparações têm tido uma ampla influência na ciência e, consequentemente, na comunicação científica voltada para políticas públicas (Tokarska et al., 2020).

Neste contexto, este estudo teve como objetivo explorar uma relação emergente entre a tendência de aquecimento global simulada nas últimas décadas e as projeções de mudanças no regime pluviométrico futuro em diferentes cenários de emissões para uma região específica do Brasil. As avaliações são feitas com base nos índices Precipitação Total Acumulada (PRCPTOT), que corresponde ao total anual de precipitação registrado em dias chuvosos (RR ≥ 1 mm). Trata-se de um índice que contabiliza exclusivamente os dias com precipitação significativa, desconsiderando períodos sem registro de chuva, o que o torna particularmente útil para análises voltadas à avaliação do regime pluviométrico em contextos de mudança climática. Adicionalmente, avalia também o índice R95p, um indicador utilizado para quantificar a precipitação extrema, representando o total anual de chuva proveniente de dias com precipitação acima do percentil 95 da distribuição diária de chuvas em um período de referência.

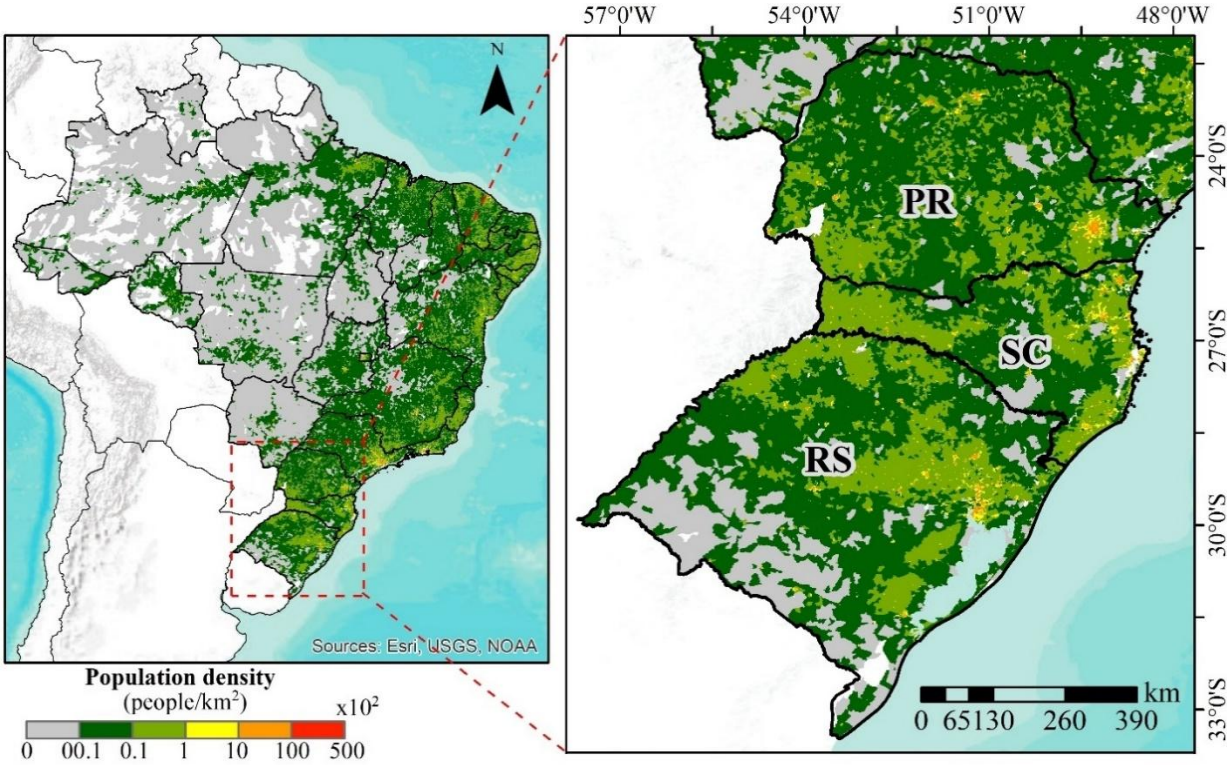
1 METODOLOGIA

1.1 Área de Estudos

A presente pesquisa tem como área de estudo a Região Sul do Brasil (Figura 1). Ao todo, essa região abrange 1.188 municípios, distribuídos entre os estados do Paraná (399 municípios), Santa Catarina (293 municípios) e Rio Grande do Sul (496 municípios). Segundo dados do (IBGE, 2021), a população total da Região Sul é de 29.937.706 habitantes.

O clima predominante, segundo a classificação de Köppen, é o subtropical, com variações entre o clima temperado úmido com verão quente (Cfa) e o clima temperado úmido com verão ameno (Cfb). A Região Sul é caracterizada por estações do ano bem definidas, com amplitudes térmicas significativas ao longo do ano, resultando em invernos rigorosos e verões quentes em determinadas áreas.

Figura 1 – Localização da área de estudo: Região Sul do Brasil e seus estados (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul).



Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

1.2 Conjunto de Dados

Os dados diários de precipitação foram utilizados para analisar tanto a série histórica quanto as projeções futuras nos 1.188 municípios da Região Sul do Brasil. O estudo baseou-se nas Projeções Globais Diárias Reduzidas da NASA (NEX-GDDP) (Thrasher et al., 2022), que fornecem cenários climáticos globais em escala diária.

Foram empregados 16 Modelos de Circulação Geral (MCGs) (Tabela 1), desenvolvidos no âmbito do Projeto de Intercomparação de Modelos Acoplados (CMIP6), com resolução espacial de 0.25º latitude × 0.25º longitude (~27,8 km). Esses modelos passaram por ajustes de redução de escala estatística, correção de viés e desagregação espacial, utilizando o Global *Meteorological Forcing Dataset* (Sheffield et al., 2006). Diversos estudos apontam essa base de dados como uma alternativa confiável para pesquisas sobre os impactos regionais das mudanças climáticas (e.x., de Mendonça et al., 2024; Thrasher et al., 2022).

Tabela 1 - Lista de modelos NEX-GDDP usados neste estudo.

Modelo	País	Histórico	SP2-4.5	SSP2-8.5
ACCESS1.0	Australia	X	X	X
BCC-CSM1.1	China	X	X	X
BNU-ESM	China	X	X	X
CANESM2	Canadá	X	X	X
CCSM4	EUA	X	X	X
CESM1(BCG)	EUA	X	X	X
CNRM-CM5	França	X	X	X
CSIRO-MK3.6.0	Australia	X	X	X
GDFL-CM3	EUA	X	X	X
GDFL-ESM2G	EUA	X	X	X
GDFL-ESM2M	EUA	X	X	X
INM-CM4	Rússia	X	X	X
IPSL-CM5A-LR	França	X	X	X
IPSL-CM5A-MR	França	X	X	X
MIROC-ESM	Japão	X	X	X
MIROC-ESM-CHEM	Japão	X	X	X
MPI-ESM-LR	Alemanha	X	X	X
MPI-ESM-MR	Alemanha	X	X	X
MRI-CGCM3	Japão	X	X	X
NORESM1-M	Noruega	X	X	X

Fonte: (Xavier et al., 2022)

Para a modelagem das projeções futuras, foram considerados dois cenários distintos de emissões de gases de efeito estufa, disponibilizados pela NASA. Foram selecionados um cenário moderado e um cenário pessimista, representando diferentes possíveis trajetórias climáticas. Para as simulações históricas, os modelos climáticos são influenciados por fatores antropogênicos, como emissões de gases de efeito estufa e aerossóis, além de fatores naturais externos, como atividade solar e vulcânica (Jiang et al., 2020; Thrasher et al., 2022) . Já para as projeções climáticas de cenários futuros, as simulações são orientadas pelos diferentes Caminhos Socioeconômicos Compartilhados (SSPs), que incluem alterações explícitas em indicadores de desenvolvimento social, como população e economia. Os SSPs foram projetados para estabilizar a concentração de dióxido de carbono e responder ao forçamento radiativo ao longo do próximo século (Huang et al., 2024; Kii, 2021).

1.3 Tratamento e Análise dos Dados

A identificação dos eventos extremos foi realizada com base em índices climáticos amplamente consagrados na literatura (Aerenson et al., 2018; Avila-Diaz et al., 2020) . Atualmente, um conjunto abrangente de 27 índices climáticos extremos é utilizado globalmente de forma representativa para detectar e monitorar mudanças climáticas. Esses índices foram desenvolvidos pela Equipe de Especialistas em Detecção de Mudanças Climáticas e Índices (ETCCDI), estabelecida por uma colaboração entre a Comissão de Climatologia (CCI) da Organização Meteorológica Mundial (OMM), o Programa Mundial de Pesquisa Climática (WCRP) e a Comissão Técnica Conjunta OMM/COI para Oceanografia e Meteorologia Marinha (JCOMM) (Zhang et al., 2011) . Para o presente estudo, selecionamos dois destes índices, eles foram calculados em escala anual (Aerenson et al., 2018; Avila-Diaz et al., 2020), e ambos são correlacionados com a intensidade das precipitações.

Entre os índices climáticos de precipitação extrema e secas do ETCDDI, dois foram selecionados para este estudo: o PRCPTOT, que corresponde ao total anual de precipitação em dias chuvosos, e o R95p, que representa o total anual de precipitação acumulada em dias considerados extremamente chuvosos (acima do percentil 95). Ambos os índices são expressos em milímetros (mm) e fornecem uma medida da variação da precipitação ao longo do tempo, permitindo avaliar tendências e intensidade de eventos extremos associados às mudanças climáticas.

Com base nos índices climáticos extremos obtidos, foram realizadas análises estatísticas para detectar possíveis tendências de aumento ou redução ao longo do tempo. Para essa finalidade, aplicou-se o teste não paramétrico de Mann-Kendall (Kendall, 1948; Mann, 1945) , amplamente empregado em estudos hidrometeorológicos para identificar a persistência de variações positivas ou negativas nos dados analisados (Jiang et al., 2023; Mallakpour and Villarini, 2017).

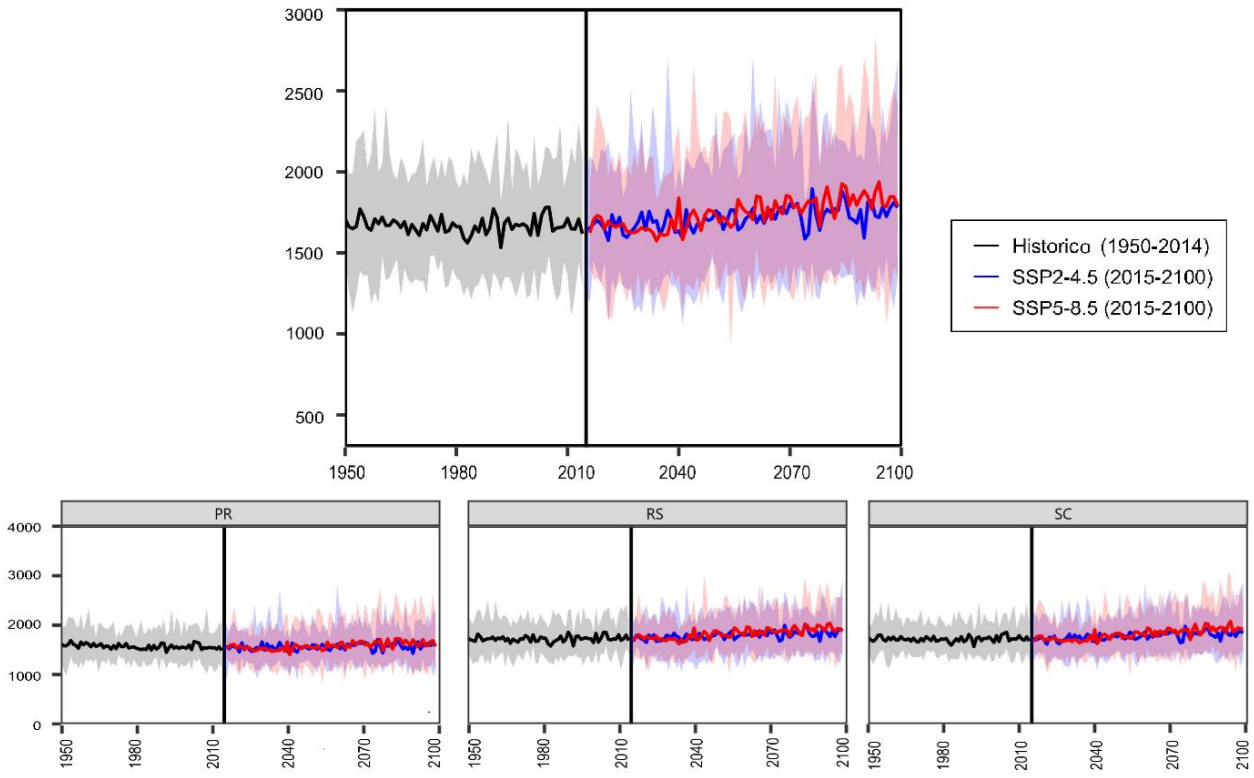
Apesar de sua eficácia na detecção de tendências, esse teste não quantifica a intensidade das variações observadas, apenas indica a direção da tendência e sua significância estatística. Para complementar essa análise, foi utilizado o estimador de Theil-

Sen (Sen's Slope), que permite mensurar a magnitude das mudanças ao longo do período estudado (Bal, 2024).

2 RESULTADOS

Os valores de precipitação extraídos da análise multimodelo do CMIP6 são apresentados na Figura 2. As linhas e a área suavizada em preto representam os valores de precipitação registrados no período histórico (1950-2014), enquanto as linhas e áreas suavizadas em azul e vermelho representam os valores projetados para o período futuro (2014-2100) nos cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5 que corresponde aos cenários moderado e pessimista respectivamente. Como pode ser observado, os resultados apontam uma acentuada mudança na variabilidade climática representada pelo aumento na intensidade das chuvas.

Figura 2 – Médias anuais das precipitações acumuladas mensais para a região Sul do Brasil – período histórico (representado em preto) e projeções futuras [SSP2-4.5 (representado em azul) e SSP5-5.8 (representado em vermelho)].



Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

Os valores médios de precipitação observados no período histórico para a região Sul, de 1.670 mm, são significativamente superados nas projeções futuras. As estimativas apontam para médias de aproximadamente 1.712 mm no cenário moderado (SSP2-4.5 – linha tracejada azul) e 1.744 mm no cenário pessimista (SSP5-8.5 – linha tracejada vermelha), representando um aumento de 2,51% a 4,43%, considerando a variação dos cenários.

Os resultados também são apresentados de forma individual para cada estado da região. A Tabela 2 destaca o comportamento das médias anuais de precipitação nos diferentes cenários para os três estados. Observa-se um aumento nas médias PRCPTOT mais proeminente para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.

TABELA 2 - Médias anuais de precipitação por estados da região Sul do Brasil

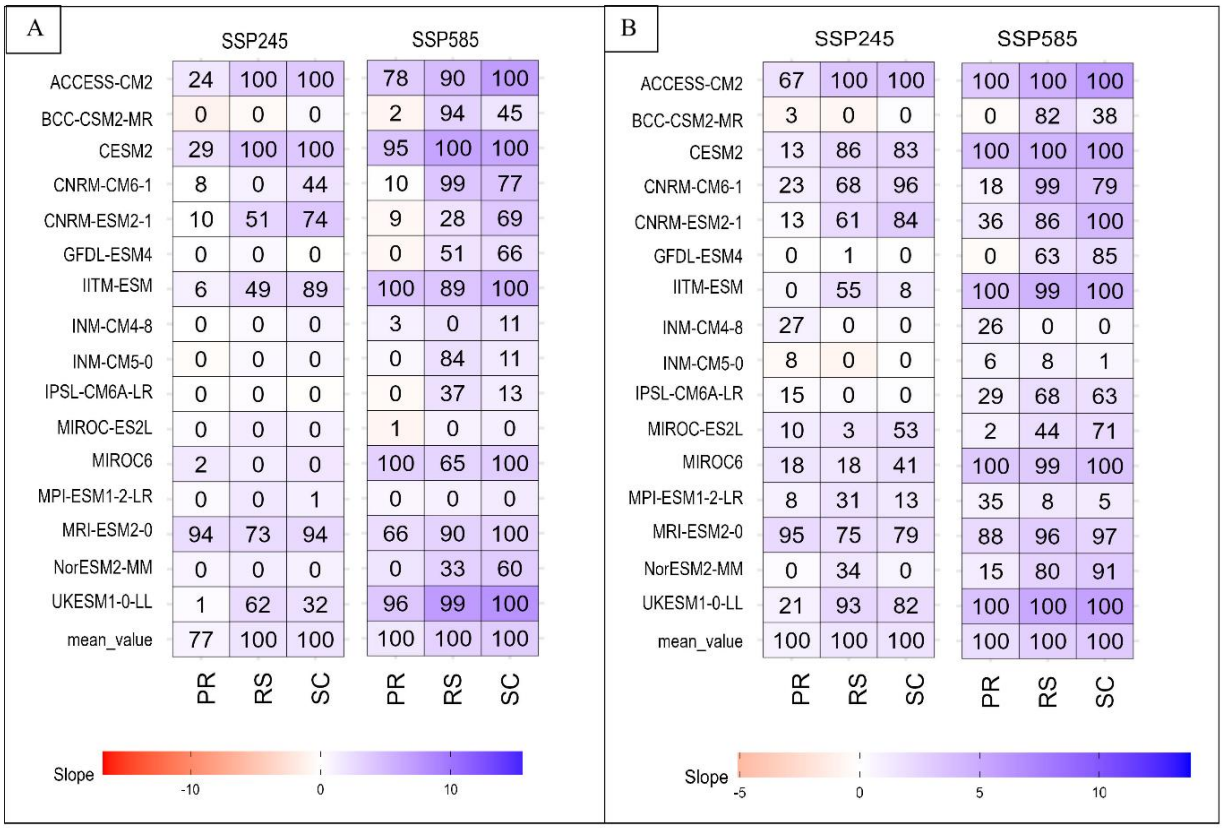
Estados	**Histórico**	**Projeções futuras**	
		SSP2-4.5	**SSP5-8.5**
Paraná	1.568 mm	1.562 mm	1.582 mm
Santa Catarina	1.719 mm	1.778 mm	1.817 mm
Rio Grande do Sul	1.722 mm	1.792 mm	1.831 mm

Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

O índice PRCPTOT representa o total anual de precipitação acumulada em dias chuvosos. Esse indicador contabiliza a soma da precipitação em todos os dias do ano que registram chuva. Para uma análise mais completa, incluímos uma análise espacializada para este índice, para termos uma melhor compreensão de como os munícipios abrigados em nossa área de estudos podem ser afetados. Além do índice PRCPTOT, incluímos também nesta análise o índice R95p, que representa o total anual de precipitação acumulada em dias extremamente chuvosos, ou seja, aqueles cuja precipitação diária excede o percentil 95 da distribuição histórica das chuvas. Dessa forma, o R95p reflete a intensificação dos eventos de precipitação extrema ao longo do ano. Os resultados podem ser vistos na Figura 3.

Para auxiliar a compreensão da figura, é possível identificar que, tanto o gráfico de PRCPTOT (Figura 3A) quanto o gráfico R95p (Figura 3B) estão divididos em duas seções indicando os diferentes cenários de emissões de gases de efeito estufa: SSP2-4.5 e SSP5-8.5. Nota-se que os dados estão organizados por estados (eixo x), com informações específicas por modelo climático (eixo y). As cores indicam o *slope* das tendências, com tons vermelhos refletindo redução nas médias, e os tons azuis indicando aumento. As numerações no centro dos retângulos equivalem a mediana das cidades, em cada um dos estados, que apresentou tendencia significativa para o índice avaliado.

Figura 3 - (A) Índice climático PRCPTOT, (B) Índice climático R95p - as cores indicam o *slope* das tendências e as numerações no centro equivalem as medianas das cidades que apresentou tendencia significativa para o índice em questão.



Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

Os resultados indicam aumento no volume total de precipitação anual. Considerando a análise sobre os eventos extremos de precipitação, R95p, é possível identificar uma maior irregularidade no regime de chuvas, ou seja, aumento na intensidade de eventos pluviométrico. Esse cenário aponta para a ocorrência de períodos de estiagem mais prolongados intercalados com eventos de chuvas intensas, um padrão climático que tende a se acentuar, especialmente sob o cenário SSP5-8.5.

3 DISCUSSÕES

Embora os diferentes modelos climáticos apresentem variações decorrentes das incertezas inerentes às simulações atmosféricas, oceânicas e da superfície terrestre, a média das projeções (*mean_value*) oferece uma visão mais confiável das tendências futuras. Para a Região Sul do Brasil — com destaque para os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul — os resultados indicam um aumento no índice PRCPTOT. No entanto, a principal preocupação recai sobre a intensificação desses eventos, pois os dados sugerem um aumento na concentração das chuvas ao longo do tempo. Isso aponta para uma distribuição irregular das precipitações ao longo do ano, com volumes elevados concentrados em períodos específicos. Compreender essas tendências climáticas é essencial para embasar decisões

estratégicas, viabilizando a implementação de medidas eficazes de resiliência climática e de prevenção de desastres.

Diferentes regiões do globo têm experimentado drásticas e ameaçadoras mudanças na pluviosidade, que incluem tanto enchentes quanto secas. As mudanças climáticas representam um desafio global, porém seus impactos não são distribuídos de maneira uniforme. Países do Sul Global, devido a fragilidades econômicas, políticas e sociais, estão entre os mais vulneráveis à crise climática, enfrentando maiores dificuldades na adaptação e mitigação dos efeitos do aquecimento global (Santos et al., 2024).

Os resultados deste estudo ressaltam a urgente necessidade de adaptação da infraestrutura urbana, da gestão de recursos hídricos e das políticas públicas voltadas à mitigação dos impactos climáticos. Essas conclusões convergem com mudanças climáticas que já vem sendo observadas, evidenciando a intensificação de eventos extremos. Um exemplo alarmante as recentes enchentes no Rio Grande do Sul em 2024, que expôs a gravidade desses fenômenos. Esses eventos reforçam a necessidade de políticas preventivas e estratégias de adaptação para minimizar os impactos das mudanças climáticas e proteger a população.

É valido ressaltar, que a identificação de padrões na precipitação permite antecipar eventos extremos, como enchentes e secas, minimizando seus impactos sobre o abastecimento de água, a produção agrícola e a infraestrutura urbana. Dessa forma, o uso de informações climáticas detalhadas se torna um instrumento essencial para garantir maior segurança ambiental, social e econômica diante das mudanças climáticas em curso.

3.1 Cidades Resilientes

Diante dos cenários futuros apresentados nesta pesquisa, é imprescindível que os gestores públicos das cidades busquem o desenvolvimento de pesquisas e a incorporação de práticas resilientes as áreas urbanas, que são fundamentais para minimizar os impactos de desastres naturais e crises. Ações que resultarão em menos danos humanos, econômicos e sociais advindo das mudanças climáticas.

O crescimento populacional nas áreas urbanas tem provocado significativas alterações na ocupação do solo, resultando na expansão das áreas impermeabilizadas. Com o aumento da intensidade das chuvas, essa combinação tende a agravar os impactos sobre as populações urbanas. Além disso, diversos estudos indicam que as infraestruturas tradicionais, conhecidas como "infraestruturas cinzas", frequentemente utilizadas para o manejo das águas pluviais, serão insuficientes para enfrentar os riscos crescentes associados às mudanças climáticas (Abebe et al., 2021). Nesse contexto, as Soluções Baseadas na Natureza (SBN) surgem como uma alternativa eficaz, integrando elementos naturais para mitigar esses desafios socioambientais de forma sustentável (Alves et al., 2024).

O conceito de SBN foi desenvolvido pela União Europeia e refere-se a abordagens de engenharia que imitam processos naturais para resolver problemas urbanos e ambientais (Alves et al., 2023b) . Este conceito abrange uma variedade de práticas, incluindo Infraestruturas Verdes (IV), Técnicas Compensatórias (TC), Desenvolvimento de Baixo Impacto (*Low Impact Development* – LID), Melhores Práticas de Manejo (*Best Management Practices* – BMP), entre outras (Alves et al., 2023a).

É imperativo que gestores de políticas públicas incorporem medidas de adaptação e resiliência, como SBN, que desempenha um papel importante na mitigação de problemas urbanos, como a intensificação das inundações, que são esperadas para grande parte da região Sul do Brasil. A adoção dessas práticas é uma forma de assegurar o bem-estar e o desenvolvimento sustentável das comunidades urbanas em um mundo cada vez mais complexo e sujeito a mudanças.

4 CONCLUSÕES

Os resultados desta pesquisa evidenciam mudanças significativas no regime de precipitação na Região Sul do Brasil ao longo do século XXI, com um aumento nos volumes anuais de precipitação, principalmente nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Além do acréscimo no total de chuvas, observa-se uma intensificação da variabilidade climática, caracterizada por períodos prolongados de estiagem intercalados com eventos extremos de precipitação. O índice R95p identifica aumento de eventos extremos de chuva. Essa irregularidade no regime pluviométrico reforça a necessidade de planejamento e adaptação para minimizar os impactos das mudanças climáticas.

A análise dos índices PRCPTOT e R95p e a apresentação dos resultados desta pesquisa destaca a importância de estratégias preventivas para a gestão hídrica e a infraestrutura urbana. O aumento na frequência e severidade de tempestades, conforme projetado pelos modelos climáticos, representa um desafio crítico para a resiliência das cidades, tornando essencial a implementação de políticas públicas voltadas à adaptação climática.

Nesse contexto, SbN surgem como uma alternativa eficaz e sustentável para mitigar os impactos das mudanças climáticas. A incorporação de infraestruturas verdes e técnicas compensatórias pode reduzir os riscos de enchentes e contribuir para a construção de cidades mais resilientes. Assim, a integração de dados climáticos detalhados com políticas públicas voltadas à adaptação e mitigação climática se mostra essencial para garantir maior segurança ambiental, social e econômica frente aos desafios impostos pelas mudanças climáticas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro, por meio da concessão de bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS

Aerenson, T., Tebaldi, C., Sanderson, B., Lamarque, J.F., 2018. Changes in a suite of indicators of extreme temperature and precipitation under 1.5 and 2 degrees warming. Environmental Research Letters 13. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaafd6

Alves, R., Rudke, A.P., Martins, J.A., Dos Santos, M.M., 2023a. Nature-Based Approaches for Sustainable Stormwater Management in Urban Environments: A Bibliometric Analysis. Geographia Opportuno Tempore 9. https://doi.org/10.5433/got.2023.v9.48786

Alves, R., Rudke, A.P., Martins, J.A., Moreira dos Santos, M., 2023b. Abordagens Baseada na Natureza Para Gestão Sustentável de Águas Pluviais em Ambientes Urbanos: Uma Análise Bibliométrica. Geographia Opportuno Tempore 9, e48786. https://doi.org/10.5433/got.2023.v9.48786

Alves, R.A., Moreira, M., Santos, D., Rudke, A.P., Roberta, P., Venturin, F., Martins, J.A., 2024. Site selection for nature-based solutions for stormwater management in urban areas: An approach combining GIS and multi-criteria analysis. J Environ Manage. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120999

Avila-Diaz, A., Abrahão, G., Justino, F., Torres, R., Wilson, A., 2020. Extreme climate indices in Brazil: evaluation of downscaled earth system models at high horizontal resolution. Clim Dyn 54, 5065–5088. https://doi.org/10.1007/s00382-020-05272-9

Bal, A., 2024. Improving the Robustness of the Theil-Sen Estimator Using a Simple Heuristic-Based Modification. Symmetry (Basel) 16, 698. https://doi.org/10.3390/sym16060698

de Mendonça, L.M., Blanco, C.J.C., da Silva Cruz, J., 2024. Performance and projections of the NEX-GDDP-CMIP6 in simulating precipitation in the Brazilian Amazon and Cerrado biomes. International Journal of Climatology. https://doi.org/10.1002/joc.8547

Huang, X., Wang, Y., Ma, X., 2024. Simulation of extreme precipitation changes in Central Asia using CMIP6 under different climate scenarios. Theor Appl Climatol 155, 3203–3219. https://doi.org/10.1007/s00704-023-04802-9

IBGE, 2021. IBGE, (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas) [WWW Document]. Censo demográfico.

Jiang, F., Wen, S., Gao, M., Zhu, A., 2023. Assessment of NEX-GDDP-CMIP6 Downscale Data in Simulating Extreme Precipitation over the Huai River Basin. Atmosphere (Basel) 14. https://doi.org/10.3390/atmos14101497

Jiang, J., Zhou, T., Chen, X., Zhang, L., 2020. Future changes in precipitation over Central Asia based on CMIP6 projections. Environmental Research Letters 15, 054009. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab7d03

Kendall, M.G., 1948. Rank correlation methods. American Psychological Association.

Kii, M., 2021. Projecting future populations of urban agglomerations around the world and through the 21st century. npj Urban Sustainability 1, 10. https://doi.org/10.1038/s42949-020-00007-5

Mallakpour, I., Villarini, G., 2017. Analysis of changes in the magnitude, frequency, and seasonality of heavy precipitation over the contiguous USA. Theor Appl Climatol 130, 345–363. https://doi.org/10.1007/s00704-016-1881-z

Mann, H.B., 1945. Nonparametric Tests Against Trend. The Econometric Society 13.

Rounce, D.R., Hock, R., Maussion, F., Hugonnet, R., Kochtitzky, W., Huss, M., Berthier, E., Brinkerhoff, D., Compagno, L., Copland, L., Farinotti, D., Menounos, B., McNabb, R.W., 2023. Global glacier change in the 21st century: Every increase in temperature matters. Science (1979) 379, 78–83. https://doi.org/10.1126/science.abo1324

Santos, T., Cabral, V., Vitória, M., Victor, A., Filho, G., 2024. Governança Ambiental Global no Contexto da Mudança Climática: O caso do Rio Grande do Sul e o papel da cooperação com a União Europeia EIXO 3-ENERGIA, MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.

Sérvulo, P., 2024. 179 mortos, 600 mil desabrigados e agora o fim do apoio militar no RS. Defesa encerra operação das Forças Armadas após tragédia sem precedentes [WWW Document]. Revista Sociedade Militar.

Sheffield, J., Goteti, G., Wood, E.F., 2006. Development of a 50-Year High-Resolution Global Dataset of Meteorological Forcings for Land Surface Modeling.

Thrasher, B., Wang, W., Michaelis, A., Melton, F., Lee, T., Nemani, R., 2022. NASA Global Daily Downscaled Projections, CMIP6. Sci Data 9. https://doi.org/10.1038/s41597-022-01393-4

Tokarska, K.B., Stolpe, M.B., Sippel, S., Fischer, E.M., Smith, C.J., Lehner, F., Knutti, R., 2020. Past warming trend constrains future warming in CMIP6 models, Sci. Adv.

World Weather Attribution, 2024. Climate change, El Niño and infrastructure failures behind massive floods in southern Brazil [WWW Document].

Xavier, A.C.F., Martins, L.L., Rudke, A.P., de Morais, M.V.B., Martins, J.A., Blain, G.C., 2022. Evaluation of Quantile Delta Mapping as a bias-correction method in maximum rainfall dataset from downscaled models in São Paulo state (Brazil). International Journal of Climatology 42, 175–190. https://doi.org/10.1002/joc.7238

Zhang, X., Alexander, L., Hegerl, G.C., Jones, P., Tank, A.K., Peterson, T.C., Trewin, B., Zwiers, F.W., 2011. Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. Wiley Interdiscip Rev Clim Change. https://doi.org/10.1002/wcc.147

IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO PLANEJAMENTO URBANO: IMPLICAÇÕES PARA ADAPTAÇÃO EM CURITIBA

CLIMATE CHANGE IMPACTS ON URBAN PLANNING: IMPLICATIONS FOR ADAPTATION IN CURITIBA

Ketlyn da Cunha Roque[1], Ana Carolina Martins Silva[2] e Sarah Canci Vieira[3]
Luciene Pimentel da Silva[4]
1 Instituição: Pontifícia Universidade Católica do Paraná E-mail: ketlyn.roque@pucpr.edu.br
2 Pontifícia Universidade Católica do Paraná E-mail: anacarolms@outlook.com
3 Instituição: Pontifícia Universidade Católica do Paraná E-mail: sarah.canci@pucpr.edu.br
4 Pontifícia Universidade Católica do Paraná E-mail: pimentel.luciene@pucpr.br

RESUMO
Este estudo teve como objetivo analisar dados climáticos do período recente, como temperaturas máximas, umidade relativa do ar e precipitação, para identificar possíveis alterações em relação às normais climatológicas e possíveis implicações para a adaptação da cidade de Curitiba (PR). A metodologia envolveu análise gráfica e espacializada dos dados climatológicos. Os resultados mostraram variação climática importante em Curitiba, com tendência de aumento das temperaturas, redução das precipitações, e uma leve diminuição na umidade relativa do ar. Esses dados têm implicações diretas para a gestão urbana, uma vez que afetam a saúde e a qualidade de vida da população, sobretudo os mais vulneráveis. Essas variações constituem uma ameaça e podem desencadear desastres. A pesquisa destaca a necessidade emergente de políticas públicas voltadas para a resiliência das populações vulneráveis, incluindo estratégias de adaptação como infraestrutura verde, drenagem sustentável e possível reuso de águas pluviais, promovendo cidades mais seguras e resilientes.
Palavras-Chave: Planejamento Urbano. Mudanças Climáticas. Desastres.

ABSTRACT
This study aimed to analyze recent climate data, such as maximum temperatures, relative humidity, and precipitation, to identify possible changes compared to climatological normals and potential implications for the adaptation of Curitiba (PR). The methodology involved graphical and spatialized analysis of climatological data. The results showed significant climate variation in Curitiba, with a trend of increasing temperatures, decreasing precipitation, and a slight reduction in relative humidity. These findings have direct implications for urban management, as they affect public health and quality of life, especially for the most vulnerable populations. These variations pose a threat and may trigger disasters. The research highlights the urgent need for public policies focused on the resilience of vulnerable populations, including adaptation strategies such as green infrastructure, sustainable drainage, and potential rainwater reuse, promoting safer and more resilient cities.
Keywords: Urban planning. Climate Change. Disasters.

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm aumentado a frequência, magnitude e intensidade de desastres deflagrados por eventos climáticos extremos em todo o mundo (Kerim; Zeynep, 2021). O aumento das temperaturas potencializará os impactos das mudanças climáticas, tornando indivíduos vulneráveis até 15 vezes mais propensos a morrer devido às consequências do aquecimento global (Pörtner et al., 2022). O ano de 2023, por exemplo, foi um dos mais quentes dos últimos 174 anos (Taalas, 2023). Entre 2000 e 2018, aproximadamente 48 mil brasileiros perderam a vida devido a efeitos diretos ou indiretos das variações bruscas de temperatura como as ondas de calor (Santos et al., 2024).

Foi observada uma falta de concordância e exatidão com relação ao conceito do fenômeno das ondas de calor, um fenômeno diferente das chamadas ilhas de calor. De acordo com o último relatório do IPCC, as ondas de calor são caracterizadas por um período de clima anormal quente, como uma referência a um limite relativo de temperatura, com duração de dois dias a meses. (Portner et al., 2022). O glossário do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) define que as ondas de calor consistem em 5 ou mais dias consecutivos em que as temperaturas máximas diárias ultrapassam a temperatura máxima média mensal em 5ºC ou mais (INMET, 2022). Porém, segundo a Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente (SVSA) - as ondas de calor são fenômenos meteorológicos caracterizados por período excessivamente quente e desconfortável, em que as temperaturas ficam acima de um índice normal esperado para aquela região e período, com um mínimo de três dias com temperatura 5ºC acima da média de temperaturas máximas esperadas para aquele período.

O impacto econômico desse fenômeno se apresenta como um desafio crescente. Pesquisas recentes indicam que, até o final do século XXI, os prejuízos podem variar entre 2,3% e 5,6% do PIB total das cidades, podendo atingir 11% em áreas costeiras (Bento et al., 2023). No Brasil, observa-se a prioridade de investimento no pós evento, ao invés do preparo e prevenção, que acaba por causar sofrimento à população que talvez pudesse ser minimizado ou evitado (Liberato, 2016; Pinto, 2024). Além disso, as mudanças climáticas intensificam processos migratórios (Mcardle, 2021), contribuindo para o crescimento de assentamentos precários e a deterioração da infraestrutura urbana (Rahaman et al., 2023).

A configuração urbana intensifica os impactos dos eventos climáticos extremos, pois a alta densidade populacional e a impermeabilização do solo amplificam as ilhas de calor. A escassez de vegetação reduz a infiltração da água, elevando a temperatura e

comprometendo a qualidade ambiental. Essas condições aumentam a vulnerabilidade social, sobretudo em comunidades de baixa renda, onde o acesso a infraestrutura resiliente é limitado (Fonseca, Garcias e Pimentel Da Silva, 2023). O aumento das temperaturas sobrecarrega os sistemas de abastecimento de água e energia, aumentando o consumo de água, que pode comprometer a segurança dos sistemas de abastecimento de água e, intensificando a demanda por eletricidade, sobretudo em períodos de seca. As áreas verdes constituídas como infraestrutura verde urbana, no contexto do coletivo denominado como Soluções Baseadas na Natureza (SbN), têm o potencial de contribuir também na mitigação das ilhas e das ondas de calor, com a biodiversidade, e controle da degradação ambiental (Pimentel da Silva et al., 2022). As SbN, tem sido defendida no contexto do planejamento e da gestão urbana como medidas adaptativas para redução dos riscos e desastres, além do aumento da resiliência das cidades (Pinheiro et al., 2021).

Apesar da relevância da relação entre planejamento urbano e mudanças climáticas, observa-se na literatura lacunas de abordagens integrativas. O Brasil é um país que tem demonstrado suscetibilidade e vulnerabilidade importantes a eventos climáticos extremos, oportunizando estratégias para o aprimoramento das políticas urbanas voltadas à adaptação das cidades à uma nova realidade climática (Klug et al., 2016). No contexto mais amplo, ambiental, o próprio Estatuto das Cidades (Lei Federal nº 10.257/2001), já apontava para a temática, que implica no estabelecimento de diretrizes para o ordenamento territorial sustentável e a proteção ambiental. Merece destaque também, a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC, Lei Federal nº 12.608/2012) reforça a necessidade de integrar a gestão urbana à redução de riscos de desastres climáticos, implicando que os planos diretores identifiquem e restrinjam ocupações em áreas de risco.

Diante desse contexto, esta pesquisa tem como objetivo analisar dados climáticos de temperaturas, alturas pluviométricas e umidade relativa dos últimos cinco anos de Curitiba, a fim de identificar padrões de comportamento em relação às normais climatológicas. A pesquisa busca responder a seguinte questão: Qual tem sido o comportamento das temperaturas, precipitação e umidade relativa do ar na cidade nos últimos cinco anos?

2 METODOLOGIA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Curitiba é uma cidade no Primeiro Planalto Paranaense, localizada na Região Sul do Brasil, coordenadas LAT 25°26’ S; LONG 49°16’ W, a aproximadamente 935 metros de

altitude em relação ao nível do mar. É conhecida por seu transporte público inovador, sua mobilidade urbana e muitas áreas verdes. O clima é subtropical segundo a classificação de Koppen (Cfb), com temperaturas médias anuais de 17 °C (20.5 °C em Janeiro e 13 °C em julho) e totais anuais pluviométricos de 1.550 mm, ligeiramente concentrados nos meses de verão. Sendo os meses mais secos julho e Agosto (Alvares et al., 201). Sua população estimada é de 1.963.726 habitantes para o ano de 2021 (IBGE, 2023). É a cidade polo do conjunto de 29 municípios que formam a Região Metropolitana de Curitiba (RMC) em uma área de 15.622,34 km2 e população de 3.731.769 habitantes (IBGE, 2021; Curitiba, 2023).

Frente às mudanças climáticas, Curitiba integra redes globais de sustentabilidade e clima, como ICLEI e C40, respectivamente. Destaca-se que nesse contexto, em 2020, conforme compromissos com o grupo de cidades C40, Curitiba publicou seu Plano de Ação Climática (PlanClima) com o objetivo de alinhar as políticas de desenvolvimento urbano ao Acordo de Paris e Agenda da ONU 2030, dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030.

2.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os dados climatológicos foram obtidos a partir do Portal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A análise envolveu os registros de temperatura, chuva e umidade relativa, da estação Curitiba (A807) entre 2019 e outubro de 2024 e, os valores das normais climatológicas do período 1991-2020. Foram observadas as variações das temperaturas médias das temperaturas máximas e temperaturas máximas mensais; dos totais pluviométricos mensais e anuais, os valores médios da precipitação acumulada mensal e anual, totais de dias com e sem precipitação; e os valores médios e as médias das mínimos diárias da umidade relativa. As análises gráficas foram desenvolvidas no Excel e o mapeamento foi realizado no QGIS versão 3.34. Os dados sobre ocupações irregulares e áreas verdes, referentes aos anos de 2017 e 2018, foram obtidos a partir do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC). Já os cenários de ondas de calor foram obtidos a partir do Planclima.

3 RESULTADOS

3.1. TEMPERATURAS

No quadro 01 fica explícito que os anos de 2023 e 2024 foram os que apresentaram maiores temperaturas em relação a normal climatológica das temperaturas máximas. O aumento das temperaturas registrado nesse período intensificou os impactos das mudanças climáticas, contribuindo para a redução das precipitações e para a maior variabilidade nos padrões climáticos da região. Dessa forma, a escolha dos dados climáticos mais recentes permite uma análise mais precisa da intensificação dos eventos extremos e de suas implicações para a adaptação da cidade de Curitiba, destacando a urgência de estratégias voltadas à resiliência urbana.

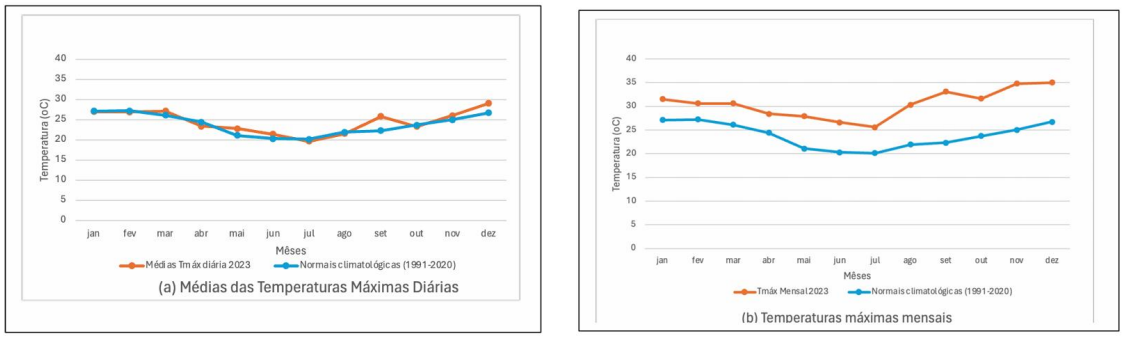
Quadro 1: Comparativos de Temperaturas

Ano	em relação a normal climatológica (ºC)
2019	+11,16
2020	+11,22
2021	+2,06
2022	-4,41
2023	+11,83
2024	+18,88

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

A Figura 1 apresenta as médias das temperaturas máximas diárias, as temperaturas máximas mensais e a normal climatológica (1991-2020) para Curitiba em 2023. As variações nessas temperaturas têm implicações significativas, sobretudo em áreas urbanas adensadas e em comunidades socialmente vulneráveis. O aumento das temperaturas médias em setembro de 2023, que superou em 3,5°C a normal climatológica, destaca-se como uma preocupação relevante, particularmente em regiões com condições habitacionais precárias. Nesses locais, a infraestrutura frequentemente carece de recursos adequados para conforto térmico, aumentando a exposição das populações vulneráveis ao calor.

Figura 1: Temperaturas máximas (ºC) de 2023 em Curitiba



Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

Essa tendência se repete em outros anos, com a maior oscilação registrada em setembro de 2020, quando as temperaturas ultrapassaram as normais climatológicas em 3,8°C. As temperaturas máximas mensais também demonstram uma tendência de superação dos valores climatológicos em todos os meses analisados, com destaque para a primavera (setembro-outubro). A maior temperatura máxima mensal registrada foi de 35,5°C, em outubro de 2020, sendo a única vez nos últimos cinco anos em que a temperatura máxima superou os 35°C em Curitiba. Em 2023, a temperatura mais alta foi registrada em dezembro, alcançando 35°C. Ademais, entre janeiro, março, agosto e dezembro de 2023, todas as temperaturas máximas diárias superaram os 30°C, intensificando a vulnerabilidade social dessas populações, que possuem acesso limitado a serviços de saúde, transporte e locais refrigerados. Essa tendência de superação das temperaturas climatológicas pode agravar problemas de saúde pública, especialmente em comunidades vulneráveis expostas ao calor extremo. No comparativo entre 2023 e 2024, observa-se que 2024 iniciou com temperaturas extremas de 35°C nos dois primeiros meses. No entanto, essa temperatura não foi registrada novamente até outubro. Em contrapartida, em 2023, os 35°C só foram atingidos nos dois últimos meses do ano, mantendo-se por quatro meses consecutivos. As temperaturas mínimas, por sua vez, permaneceram similares entre os dois anos, sem quedas inferiores a 25°C até outubro de 2024.

3.2. PLUVIOSIDADE

Conforme indicado no Quadro 2, 2022 foi o único ano em que a pluviosidade excedeu a normal climatológica de precipitação acumulada mensal em 11,72%. Em contraste, 2019 e 2023 apresentaram valores mais próximos da média histórica. O ano de 2024, até o momento, apresenta um déficit significativo de chuvas, embora a análise ainda esteja em andamento devido à ausência de dados para novembro e dezembro. Essa redução na pluviosidade pode agravar cenários de desabastecimento hídrico e seca, exigindo medidas preventivas por parte das autoridades, como o ocorrido na crise hídrica de 2020.

Quadro 2: Comparativos de Pluviosidade

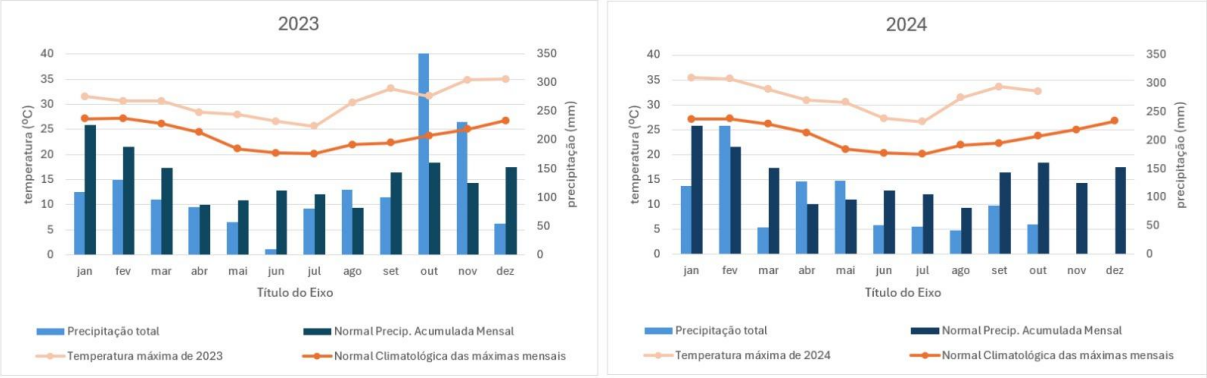
Ano	total precipitação acumulada (mm)	Normal precipitação acumulada	em relação à normal (%)
2019	1432,00	1630,70	-12,15

2020	1217,40	1630,70	-25,34
2021	1175,20	1630,70	-27,91
2022	1822,60	1630,70	+11,72
2023	1512,20	1630,70	-7,24
2024	926,8 (até outubro)	1630,70	-43,18

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

A análise da pluviosidade revela diferenças expressivas entre os anos (FIGURA 2). O início de 2023 apresentou precipitações menos intensas em relação ao mesmo período de 2024. Mas, outubro de 2023 se destacou por registrar o maior volume de chuvas desde 2019, com um 445,3 mm concentrados em 19 dias, enquanto novembro registrou 14 dias de precipitações intensas. Durante o segundo semestre de 2023, os volumes de chuva superaram em duas vezes a normal climatológica, aumentando o risco de inundações em áreas vulneráveis situadas em áreas de risco. O aumento da umidade relativa do ar nesse período, impulsionado pelo alto volume de precipitação, atenuou temporariamente os efeitos do calor, mas também elevou a sensação térmica e o desconforto nas áreas urbanizadas.

Figura 2: Temperatura e pluviosidade em 2023 e 2024



Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

Apesar do elevado volume de chuva registrado em 2023 em outubro, uma análise comparativa demonstra que 2022 acumulou um total de 1.822 mm de precipitações, em contraste com os 1.512 mm registrados em 2023. Essa discrepância evidencia uma distribuição irregular das chuvas ao longo do ano. Em 2022, a maior precipitação mensal foi de 274 mm, com uma distribuição mais equilibrada ao longo dos meses, favorecendo um melhor gerenciamento dos recursos hídricos.

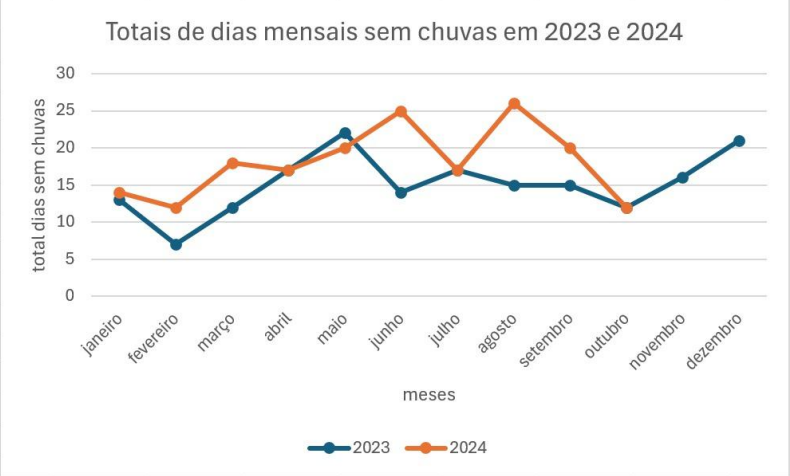
A tendência de dias com precipitação apresenta uma redução significativa. O inverno de Curitiba é caracterizado por ser mais seco, porém no gráfico é perceptível que 2024 foi mais seco do que 2023, em junho do ano 2023 foram entre 10 a 15 dias de precipitações, porém em 2024 o mês de junho e agosto reduziu para apenas 5 dias (FIGURA 3). Embora, até o momento, as precipitações tenham sido relativamente bem distribuídas, atingindo até 22 dias com chuva com 150 mm. E o mês de outubro de 2023 que se destaca por ter ultrapassado os 350mm numa distribuição de quase 20 dias. Alguns meses registraram volumes bastante baixos. Em maio de 2023, por exemplo, a pluviosidade foi inferior a 50 mm no mês, concentrada em apenas sete dias.

Figura 3: Concentração de pluviosidade em 2023 e 2024

Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

A análise da FIGURA 4 indica uma tendência de aumento no número de dias sem chuva em 2024 em comparação a 2023. Durante os meses de inverno (junho, julho e agosto), que já são caracterizados por menor precipitação, percebe-se que 2024 apresentou um número maior de dias secos, especialmente em agosto, onde o total de dias sem chuva superou os 25, enquanto em 2023 esse número foi inferior a 20. Além disso, observa-se que maio de 2024 foi ligeiramente mais seco do que 2023, com um aumento no número de dias sem chuva. Outubro, por outro lado, mostra um contraste marcante, pois foi um dos meses mais úmidos de 2023, com menos dias sem chuva, enquanto em 2024 houve um aumento expressivo na quantidade de dias secos. Essa tendência pode indicar um padrão de secas mais prolongadas em 2024, especialmente nos meses críticos do inverno e na transição para a primavera. Caso essa tendência se mantenha, pode haver impactos na umidade do solo, nas condições climáticas urbanas e até na disponibilidade hídrica.

Figura 4: Totais de dias sem precipitação em 2023 e 2024



Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

3.3. UMIDADE RELATIVA

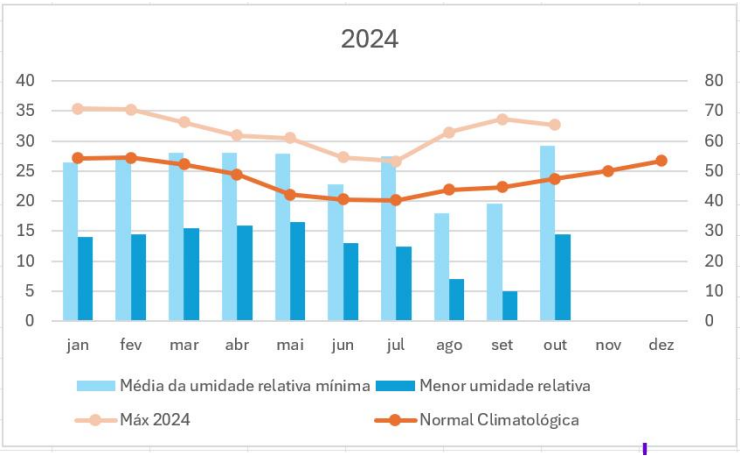
A normal climatológica da umidade relativa do ar em Curitiba (FIGURA 5) varia entre 77% e 83,2%, sendo considerada elevada, o que pode gerar impactos no meio urbano. As umidades relativas mínimas, que oscilam entre 35% e 10%, com maior concentração acima dos 20%, indicam uma variabilidade significativa, afetando a saúde pública e a qualidade de vida da população. A relação entre temperatura e umidade relativa influencia diretamente o conforto térmico. Quando a umidade relativa está alta e as temperaturas são elevadas, a dificuldade na evaporação do suor pode aumentar a sensação de calor e causar hipertermia. Por outro lado, quando a umidade relativa é muito baixa e a temperatura está elevada, o corpo perde líquidos mais rapidamente, favorecendo a desidratação e podendo causar ressecamento das mucosas e sangramentos nas vias respiratórias. Além disso, a redução da umidade relativa pode piorar a qualidade do ar, aumentando a concentração de poluentes e agravando problemas respiratórios. Isso exige medidas mitigadoras, como a ampliação de áreas verdes para regular a umidade e a temperatura no ambiente urbano.

Figura 5: Umidade relativa mínima em 2023 e 2024

Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

Nos anos de 2019 e 2020, a umidade relativa mínima variou entre 17% e 31%. Já em janeiro de 2021, atingiu 40%. Em 2022 e 2023, os valores oscilaram entre 15% e 36%, enquanto em 2024 houve uma redução expressiva no segundo semestre do ano (FIGURA 6), com índices de 14% em agosto e 10% em setembro. Em setembro, a umidade relativa do ar chegou a 10%, com temperaturas próximas de 35°C, intensificando os riscos à saúde da população.

Figura 6: Umidade relativa mínima em 2023 e 2024 e previsão para 2025 e 2026

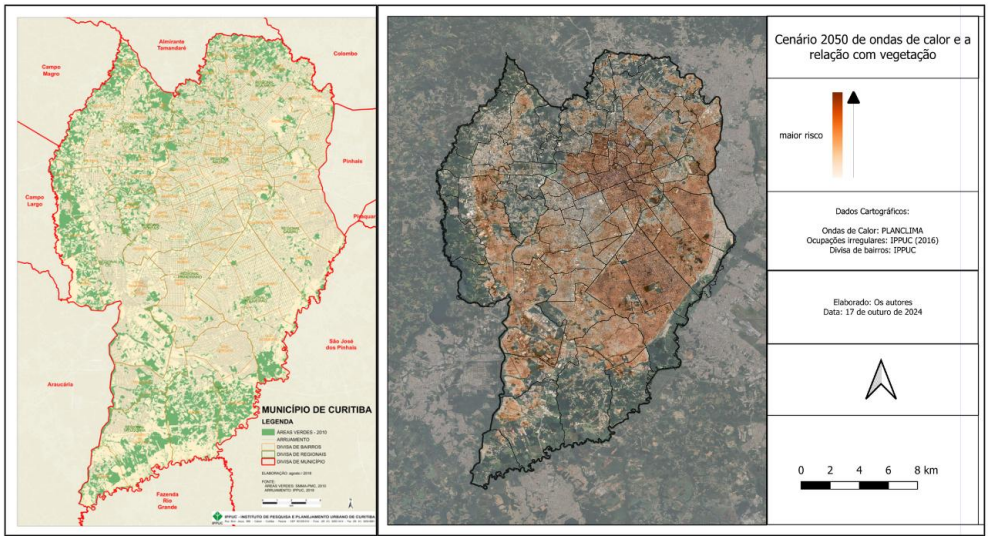


Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

A cobertura vegetal desempenha um papel crucial na mitigação dos riscos associados às ondas de calor. Como evidenciado no mapa de satélite da Figura 7, é perceptível a relação entre as áreas com maior presença de vegetação, principalmente nas

regiões limítrofes de Curitiba, com menores riscos de ondas de calor. A vegetação contribui para o resfriamento do ar ao proporcionar sombra e reduzir a temperatura da superfície. Além disso, exerce influência sobre a umidade do ar por meio da transpiração das plantas, que libera vapor d'água na atmosfera, ajudando a manter níveis mais equilibrados de umidade. Esse efeito é fundamental para mitigar o desconforto térmico em áreas urbanas, especialmente em cenários de aumento das temperaturas e ondas de calor.

Figura 7: Cenário de 2050 de ondas de calor e a relação com a vegetação



Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

Além da influência na regulação térmica, a cobertura vegetal também desempenha um papel essencial na retenção da umidade do solo e na redução da evaporação excessiva, contribuindo para um microclima mais equilibrado. Entretanto, a distribuição desigual da vegetação na cidade evidencia disparidades socioespaciais, onde bairros com menor presença de áreas verdes tendem a ser mais afetados por ilhas de calor urbanas. Assim, políticas públicas voltadas à arborização urbana, criação de parques e adoção de soluções baseadas na natureza tornam-se fundamentais para a adaptação climática e o aumento da resiliência das cidades frente às mudanças climáticas.

4 DISCUSSÃO

A relação entre a urbanização e o aumento da temperatura tem sido amplamente discutida em estudos anteriores, evidenciando uma conexão entre o crescimento das áreas

urbanas e a alteração do microclima (Rossi, 2004). O estudo de Santos (2023) em Santa Maria (RS) corrobora a ideia de que a urbanização pode alterar microclimas de forma complexa e dinâmica. A pesquisa de Santos utilizou simulações computacionais para demonstrar como a construção de fábricas, estradas e edifícios altera os padrões climáticos locais, criando microclimas diferenciados. Este estudo ressalta a importância da integração entre a meteorologia e o urbanismo para a criação de soluções de mitigação. Dessa maneira, fica evidente que um planejamento urbano mais eficiente deve considerar não apenas a ocupação do solo, mas também a análise dos padrões climáticos, a fim de reduzir os impactos das mudanças climáticas nas áreas urbanas.

Esses achados ganham ainda mais relevância quando analisados à luz dos cenários projetados pelo PlanClima de Curitiba. A tendência de aumento da temperatura média da cidade é clara, e os cenários para 2030, 2050 e 2100 indicam um agravamento dos efeitos do aquecimento, sem uma ampliação proporcional da amplitude térmica (CURITIBA, 2020). Este aumento de temperatura é, em grande parte, concentrado em áreas de ocupação irregular, o que coloca em evidência a relação entre vulnerabilidade social e exposição aos efeitos das mudanças climáticas. A evidência de que as áreas de maior vulnerabilidade são as mais expostas a esse aumento de temperatura e outros fenômenos climáticos é um alerta para a necessidade de ações de mitigação mais focadas nessas regiões.

Além disso, é importante destacar as desigualdades no impacto das mudanças climáticas entre diferentes áreas da cidade. A sensação térmica em áreas mais ricas, como a Zona Sul do Rio de Janeiro, pode ser significativamente menor em comparação a regiões mais pobres, como Bangu, na Zona Oeste, onde a sensação térmica chega a ser 13 °C mais alta (Santos et al., 2024). Esses dados evidenciam a disparidade na exposição aos impactos das mudanças climáticas, com as populações mais vulneráveis enfrentando um agravamento das condições climáticas. Essa disparidade está fortemente ligada às condições de habitação precárias e à falta de infraestrutura adequada, fatores que tornam essas áreas mais suscetíveis aos efeitos das ondas de calor e outros desastres climáticos.

Além disso a questão do calor extremo interfere no regime de chuvas que consequentemente causa inundações e alagamentos em áreas sem vegetação. Superfícies impermeáveis eleva a temperatura do ambiente e forma ilhas de calor onde predominam materiais como concreto e asfalto. (SUDERHSA,2002). A maior absorção da radiação solar pelas superfícies resulta em uma maior emissão de calor para o ambiente. Esse aumento na temperatura favorece correntes de ar ascendentes, que podem intensificar a ocorrência de chuvas. Segundo Silveira (1997), a área central de Porto Alegre apresenta um índice

pluviométrico mais elevado do que as regiões periféricas, fenômeno atribuído ao processo de urbanização. Além disso, nas cidades, as chuvas mais críticas costumam ser intensas e de curta duração, o que contribui para o agravamento das enchentes urbanas (SUDERHSA, 2002.)

5 CONCLUSÃO

O objetivo deste estudo foi analisar dados climáticos, incluindo temperaturas máximas, umidade relativa do ar e precipitação, a fim de identificar suas possíveis implicações na adaptação da cidade de Curitiba. Os resultados indicaram que as variações climáticas observadas, como o aumento das temperaturas extremas e a redução da precipitação, têm efeitos diretos no ambiente urbano e nos indivíduos, com impactos significativos na saúde pública, na infraestrutura e na vulnerabilidade social. Em particular, as áreas mais impactadas a esses fenômenos são aquelas com infraestrutura deficiente e maior concentração de populações vulneráveis. Esses achados fornecem uma base importante para a formulação de políticas públicas voltadas para a adaptação e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas no contexto urbano.

Uma das principais implicações dos resultados é a necessidade urgente de Curitiba adotar estratégias proativas para lidar com a variabilidade das precipitações, que tende a se intensificar nas próximas décadas devido o contexto de agravamento das ondas de calor. A criação de infraestrutura resiliente, como sistemas de drenagem sustentável, áreas verdes e práticas de captação de água, será essencial para lidar com tanto os períodos de seca quanto com as inundações, cada vez mais frequentes. A integração dessas soluções no planejamento urbano pode ajudar a mitigar os impactos da variação climática, contribuindo para a criação de um ambiente urbano mais seguro e saudável. Essas ações devem ser alinhadas com o uso de materiais de alto albedo e a construção de espaços públicos que favoreçam a sombra e o conforto térmico.

Além disso, é crucial considerar a inter-relação entre as temperaturas extremas e a vulnerabilidade social. Os dados analisados indicam que a combinação de altas temperaturas e baixa umidade relativa pode agravar a saúde pública, especialmente para as populações mais vulneráveis. O aumento do risco de desidratação, problemas respiratórios e complicações de condições de saúde pré-existentes, combinado com os efeitos das inundações e alagamentos em áreas ambientalmente vulneráveis, torna evidente a necessidade de políticas públicas mais inclusivas. Essas políticas devem focar na proteção

das populações mais afetadas. Embora os resultados forneçam direções claras para o planejamento urbano, existem algumas limitações nesta pesquisa. A análise foi restrita a uma cidade específica, o que pode não refletir as condições climáticas e sociais de outras regiões com características urbanas diferentes. Futuros estudos poderiam expandir a amostra para incluir outras cidades e examinar a relação entre variáveis climáticas e vulnerabilidade social de forma mais abrangente.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A. et al. Koppen's classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift. v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.

BRASIL. *Nota Técnica nº 18/2023*. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. Brasília/DF. Disponível em: < https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/notas-tecnicas/2023/nota-tecnica-no-18-2023-svsa-ms/view> Acesso em: 20 out. 2024.

CURITIBA. *Plano Municipal de. Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas de Curitiba*. 2020. Disponível em: < https://mid.curitiba.pr.gov.br/2020/00306556.pdf> Acesso em: 17 out. 2024.

FONSECA, M. N. DA; GARCIAS, C. M.; SILVA, L. P. DA. Sistema de alerta de desastre baseado no CEP: limites e possibilidades. *Cadernos Metrópole*, v. 25, 2023.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua: Análise da Mobilidade da População*. 2020. Disponível em: https://www.ibge.gov.br. Acesso em: 17 out. 2024.

___. *Censo Demográfico de 2022*. 2022. Disponível em: < https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/ > Acesso em: 17 out. 2024.

IPCC. *Climate change 2023: Synthesis report. A report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2023.

KERIM, K. et al. I. *Assessment of Urban Flood Risk Factors Using Monte Carlo Analytical Hierarchy Process*. Natural Hazards Review, vol. 22, no. 4, p. 4021048, 1 Nov. 2021.

KLUG, L.B.; MARENGO, J.; LUEDEMANN, G. *Mudanças climáticas e os desafios brasileiros para implementação da nova agenda urbana*. 2016. In: COSTA, M. (Ed.), O Estatuto da Cidade e a Habitat III: Um balanço de quinze anos da política urbana no Brasil e a Nova

Agenda Urbana. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/160920_estatuto_cidade_cap12.pdf>

MCARDLE, R. Intersectional climate urbanism: Towards the inclusion of marginalised voices. *Geoforum*, v. 126, p. 302–305, 1 nov. 2021.

PINHEIRO, E.G.; GARCIAS, C.M.; FERENTZ, L.M.S.; FONSECA, M.N. Disaster Preparedness Indicators: an application in the state of Paraná, Brazil. *Cidades, Comunidades e Territórios.* 2021: Spring Special Issue, p.105 – 119

PÖRTNER, H.-O. et al. *Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [. p. 2897–2930, 2022

ROSSI, F.A.; KRÜGER, E.L.; NIKOLOPOULOU, M. *A influência da configuração urbana no microclima e sensação térmica em ruas de pedestre de Curitiba, Paraná*. In: XI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 11, 2011, Búzios, RJ. Anais... Búzios, RJ: ENTAC, 2011. 1 CDROM.

ROSSI, F.A. *Análise da influência da ocupação do solo na variação da temperatura em diferentes localidades da cidade de Curitiba*. 2004. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2004.

SANTOS, D.M.; LIBONATI, R.; GARCIA, B.; GEIRINHAS, J.; SALVI, B.; SILVA, E.; RODRIGUES, J..; PERES, L.; RUSSO, A.; GRACIE, R.; GURGEL, H.; TRIGO, R.; *Twenty-first-century demographic and social inequalities of heat-related deaths in Brazilian urban areas*. Plos One, v. 19, n. 1, p. e0295766, 24 jan. 2024.

SANTOS, J.. *Simulação do microclima urbano de Santa Maria-RS através do software Envi-Met*. 2023. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Programa de Pós- Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2023.

PIMENTEL DA SILVA, L.; FONSECA, M.N.; MOURA, E.N.; SOUZA, F.T. Ecosystems Services and Green Infrastructure for Respiratory Health Protection: A Data Science

Approach for Paraná, Brazil. *Sustainability* 2022, 14, 1835. https://doi.org/10.3390/su14031835

TAALAS, P. Provisional State of the Global Climate 2023. World Meteorological Organization Nature Publishing Group, 25 ago. 2023.

UTILIZAÇÃO DA BIOMASSA DA *Leucaena leucocephala* PARA A PRODUÇÃO DE BIOGÁS

USE OF *Leucaena leucocephala* BIOMASS FOR BIOGAS PRODUCTION

1º Jocilene Louize Bach Fafarão, 2º Layla de Fatima Goncalves, 3º Victor Hugo Correa,4º Vanessa de Sibie Valério, 5º Daniel Tait Vareschin

RESUMO

Nos últimos anos, as mudanças climáticas têm acelerado a transição global para fontes de energia mais limpas e sustentáveis. Os biocombustíveis, como etanol, biodiesel e biogás, surgem como alternativas viáveis devido ao seu caráter renovável, menor impacto ambiental e integração com a produção agrícola. A Leucena (*Leucaena leucocephala*) é considerada uma espécie invasora, que tem provocado distúrbios ecológicos nas áreas de preservação permanente de várias regiões no Brasil, dentre elas Maringá-PR. Esta espécie se expande sobre o ecossistema local e altera seu funcionamento. A proposta do trabalho é caracterizar a biomassa da Leucena (ramos finos e folhas) e avaliar sua capacidade nutritiva para a digestão anaeróbia na produção de biogás.

Palavras-Chave: Biogás, Biocombustíveis, Digestão anaeróbia, Leucena (*Leucaena leucocephala).*

ABSTRACT

In recent years, climate change has accelerated the global transition toward cleaner and more sustainable energy sources. Biofuels, such as ethanol, biodiesel, and biogas, have emerged as viable alternatives due to their renewable nature, lower environmental impact, and integration with agricultural production. Leucaena (Leucaena leucocephala) is considered an invasive species that has caused ecological disturbances in permanent preservation areas across several regions in Brazil, including Maringá-PR. This species expands over the local ecosystem, altering its functioning. The aim of this study is to characterize the biomass of Leucaena (fine branches and leaves) and assess its nutritional capacity for anaerobic digestion in biogas production.

Keywords: Biogas, Biofuels, Anaerobic digestion, Leucena (*Leucaena leucocephala).*

1 INTRODUÇÃO

A utilização desenfreada de combustíveis fósseis desde a Primeira Revolução Industrial tem provocado sérios impactos ambientais, sendo a principal responsável pelas mudanças climáticas atuais. A queima desses combustíveis libera grandes quantidades de gases de efeito estufa (GEE), na atmosfera, como o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), ozônio (O_3), entre outros, que retêm o calor e alteram o equilíbrio climático global (IPCC, 2014).

Diante dessa realidade, a busca por combustíveis alternativos traz como destaque as fontes de energia renovável, como biocombustíveis (etanol, biodiesel, biogás) e energia solar, eólica e hidrelétrica. Essas fontes não apenas reduzem as emissões de gases poluentes, mas também promovem a diversificação da matriz energética, contribuindo para uma transição energética que visa mitigar os efeitos das mudanças climáticas (REN21, 2020).

Segundo dados da EPAGRI (2024), a região Sul do Brasil se destaca como uma das principais produtoras de biogás no país, com uma produção estimada em aproximadamente 873 milhões de Nm³ no ano de 2023. O estado do Paraná, líder regional, registrou 426 plantas de biogás cadastradas, com a geração de energia elétrica representando a principal forma de aplicação (54%), seguida pela produção de biometano (25%). Esses números evidenciam a relevância estratégica do biogás na diversificação e no fortalecimento da matriz energética sul-brasileira, além de seu potencial como fonte renovável e sustentável de energia.

A biomassa utilizada foi a Leucena *(Leucaena leucocephala),* uma arbórea de médio porte com características de adaptação e resistência. Originária da América Central foi inserida na região semiárida do Brasil na década de 40, como fonte de proteína na alimentação de caprinos, ovinos e bovinos (SANTANA, 2008). No noroeste do Paraná, foi inserida na década de 70 com o mesmo objetivo, alimentação animal, porém sua dispersão foi rápida e passou a invadir as áreas de preservação permanente e reservas legais.

Atualmente, a Leucena é um grande problema ambiental, devido à sua fácil reprodução e rápido crescimento. Essas características contribuíram para sua disseminação descontrolada, resultando em invasão biológica. Atualmente, a espécie é reconhecida como invasora em mais de vinte países (LOWE, 2000).

A parede celular das plantas é rígida e complexa, composta principalmente por lignocelulose, cuja estrutura inclui lignina, celulose e hemicelulose, desempenhando funções estruturais e de proteção contra a degradação por microrganismos e animais. Para viabilizar o aproveitamento dessa biomassa, especialmente na produção de biocombustíveis, foram necessários pré-tratamentos físicos, moendo a biomassa para aumentar a superfície de contato durante o processo de digestão anaeróbia (GÍRIO et al., 2010).

A análise físico-química da biomassa é essencial para a produção eficiente de biogás, assim permite avaliar o potencial energético do substrato e sua degradabilidade durante a digestão anaeróbia. Parâmetros como matéria seca, matéria orgânica volátil, carbono total, nitrogênio total e a relação C/N auxiliam na escolha do pré-tratamento adequado, no dimensionamento do reator e na definição das condições operacionais ideais. Além disso, essa caracterização possibilita a identificação de compostos inibidores, contribuindo para a estabilidade do processo, o aumento da produção de metano e a viabilidade econômica do sistema (CIBIOGÁS, 2022).

2 OBJETIVO

A pesquisa tem como objetivo avaliar o potencial de produção de biogás a partir da biomassa da Leucena (*Leucaena leucocephala*), considerando suas características físico-químicas e sua viabilidade como substrato na digestão anaeróbia.

3 METODOLOGIA

3.1 Coleta e armazenamento do Substrato.

O substrato utilizado para realizar o trabalho foram as folhas e ramos finos da Leucena coletada na área urbana da cidade de Maringá – PR. Posteriormente, esse material recebeu um pré-tratamento físico, sendo triturado com processador de alimentos para obter tamanho menor a 10 mm de acordo com as normas VDI 4630 (2016). O armazenamento foi feito em embalagens plásticas com 10 g congeladas em freezer a uma temperatura de -18 °C, até o momento das análises.

3.2 Sólidos Totais, Voláteis e Fixos

A determinação dos teores de sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV) e sólidos fixos (SF) foi realizada com base no princípio da gravimetria, utilizando cápsulas de porcelana, conforme o método Standard Methods 2540-B (APHA, 2005). Para a quantificação dos ST, as amostras foram submetidas à secagem em estufa a 105 °C até atingirem peso constante. O teor de ST foi calculado a partir da razão entre a diferença de massa antes e após a secagem. Em seguida, os cadinhos contendo os resíduos secos foram submetidos à calcinação em forno mufla a 550 °C por 3 horas, permitindo a determinação dos SV, representados pela perda de massa decorrente da queima da matéria orgânica volátil. O teor de SF foi obtido pela diferença entre os valores de ST e SV, correspondendo à fração mineral residual da amostra.

3.3 Carbono orgânico total

A determinação do carbono orgânico total (COT) foi realizada com base na equação descrita por Carmo e Silva (2012), utilizando os dados obtidos a partir da incineração da matéria orgânica em forno mufla, conforme metodologia previamente descrita. O processo envolve, inicialmente, o cálculo da porcentagem de matéria orgânica (MO) presente na amostra, seguida da estimativa do teor de COT com base em uma equação empírica.

$$MO(\%) = [P- (T c -C)/P]. 100 \qquad \text{Eq: 1}$$

$$COT(\%) = (0,425 . MO) – 2,064 \qquad \text{Eq: 2}$$

Onde MO é a matéria orgânica (%), P é o peso (g) da amostra depois da secagem na estufa a 105 ° C, C é o peso (g) do cadinho limpo e seco e T c é o peso (g) do cadinho após a incineração em forno mufla a 550°C.

3.4 pH

O potencial hidrogênio (pH) das amostras foi determinado por meio do método potenciométrico, conforme o método 4500-H+ descrito no *Standard Methods* (APHA, 2005). Para a análise, 10 g da amostra sólida foram diluídas em 100 mL de água destilada (proporção 1:10). Após a preparação da solução, o eletrodo previamente calibrado foi imerso na amostra para a medição do pH. A calibração do equipamento, um pHmetro da marca Digimed, modelo DM-22, seguiu as instruções do fabricante.

3.5 Nitrogênio orgânico total Kjeldahl

O método Kjeldahl foi utilizado para a determinação do nitrogênio orgânico total, por meio da decomposição da matéria orgânica. As amostras foram digeridas com ácido sulfúrico concentrado, em presença de uma mistura catalítica de sulfato de cobre e sulfato de potássio, em bloco digestor a 400 °C. Após a digestão, o nitrogênio convertido em forma amoniacal foi destilado da solução ácida e quantificado por titulação com ácido clorídrico (HCl) 0,1 mol·L^{-1}, seguindo o método 4500-Norg-A descrito pela *Standard Methods* (APHA, 2005). Para obter a porcentagem de nitrogênio, utilizou a equação 3.

$$\%N = \frac{(V_{amostra} - V_{branco}) \times M_{HCl} \times 14,01 \times 100}{m} \qquad \text{Eq: 3}$$

Onde p $V_{amostra}$ é o volume de HCl gasto na amostra em mL, V_{branco} é o volume de HCl gasto na titulação do branco (mL), M_{HCl} é a molaridade do HCl (mol/L), 14,01 é a massa molar do nitrogênio (g/mol) e m é a massa da amostra.

A porcentagem de proteína bruta é determinada pela equação 4.

$$\%PB = \%N \cdot F \qquad \text{Eq: 4}$$

Em que o %N é a porcentagem obtida de nitrogênio e F é o fator de conversão utilizado para plantas valor de 6,25.

3.6 Análise de Fibras

Na análise de fibras para identificação de lignina, celulose e hemicelulose, as amostras foram secas à 55 °C por 72 horas e fragmentadas em moedor elétrico à granulometria menor que 1 mm, cada amostra possui aproximadamente 500 mg e foram armazenadas em bolsas filtrante de TNT (tecido não tecido). Para determinar as fibras foram utilizados detergentes específicos para diferenciar as frações fibrosas da parede celular vegetal fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina em detergente ácido (LDA).

A FDN foi utilizada para estimar os constituintes totais da parede celular que inclui hemicelulose, celulose, lignina e proteínas associadas às fibras. A FDA indicou principalmente celulose e lignina. A lignocelulose foi representada pela FDN e a lignina pela LDA,

desconsiderando o nitrogênio ligado à lignina (TRIOLO et al., 2011). Conforme as equações 5 e 6 proposta por Karki et al. (2022), os teores de celulose e hemicelulose foram calculados.

Celulose = FDA – LDA Eq. 5

Onde Celulose é o teor de celulose (%ST), FDA é o teor de fibra do tratamento em detergente ácido(%ST) e LDA é o teor de lignina do tratamento em detergente ácido(%ST).

Hemicelulose = FDN – FDA Eq. 6

Sendo Hemicelulose é o teor de hemicelulose (%ST); FDN é o teor de fibra do tratamento em detergente neutro (%ST); FDA é o teor de fibra do tratamento em detergente ácido (%ST).

3.7 Lipídeos

A determinação dos lipídios do substrato será realizada em triplicata pelo método de Goldfish adaptado (Detmann et al., 2012), utilizando o aparelho TE-044. Aproximadamente 1,5–2g da amostra será pesada em papel filtro, dobrado e inserido no equipamento. Utilizar-se-á 70 mL de éter de petróleo em copos previamente secos (105 °C por 4h) dessecados e pesados. A extração ocorrerá com imersão da amostra no éter a 60 °C por 2h, seguida de suspensão a 70 °C por 1h e recuperação do solvente a 90 °C por 20min. Após a extração, os copos com gordura serão secos (105 °C por 6h), dessecados e pesados. A equação 7 determina o percentual de lipídios da amostra.

$$L(\%) = [(B - C)/A] \cdot 100 \quad \text{Eq. 7}$$

Onde L é Lipídios (%), A: massa da amostra natural (g), B: massa do copo mais lipídios (g) e C: massa do copo seco (g).

3.8 Demanda Química de Oxigênio

A determinação da demanda química de oxigênio (DQO) do substrato foi realizada com base no método de refluxo fechado, conforme descrito por Raposo *et al.* (2008). As amostras foram digeridas com dicromato de potássio em meio ácido, na presença de um catalisador, utilizando um bloco aquecedor. Após a digestão, a amostra será titulada com sulfato de amônio ferroso (SAF), em triplicata, para garantir a reprodutibilidade dos resultados. A concentração da solução titulante de SAF foi calculada de acordo com a equação 8, e a DQO da amostra sólida utilizando a equação 9.

$$N_{(SAF)} = (10\ mL + 1N) / V_{(SAF)}\ mL \quad \text{Eq. 8}$$

Onde $N_{(SAF)}$ é a concentração (N) do agente titulante e $V_{(SAF)}$ é o volume (mL) gasto na titulação da solução padrão de dicromato.

$$DQO\ (mg\ O_2\ g^{-1}\ SV) = [(SAF_{Br} - SAF_{\text{amostra sólida}}) \cdot N_{(SAF)} \cdot 8] / M_{\text{amostra sólida}} \quad \text{Eq. 9}$$

Sendo SAF_{Br} é o volume (mL) de SAF utilizado na titulação do branco (utilizando a média da triplicata), SAF $_{amostra\ sólida}$ é o volume (mL) de SAF utilizado na titulação da amostra sólida e M amostra sólida é a massa (g SV) da amostra sólida presente no tubo de digestão.

3.9 Potencial bioquímico de metano teórico

O potencial bioquímico de metano teórico foi calculado pela metodologia Symons and Buswell (1933), que utiliza a fórmula empírica da biomassa ($C_aH_bO_cN_d$), descrita nas equações 10 e 11, para prever a produção teórica de metano. Quanto maior o conteúdo de compostos fermentáveis como celulose e proteína (e menor o de lignina e taninos), maior o rendimento de CH_4, sob condições normais de temperatura e pressão.

$$C_aH_bO_cN_d + \left(a - \frac{b}{4} - \frac{c}{2} + \frac{3d}{4}\right) H_2O \rightarrow \left(\frac{a}{2} - \frac{c}{2} - \frac{d}{2} + \frac{b}{8}\right) CH_4 + \left(\frac{a}{2} + \frac{c}{2} - \frac{b}{8} - \frac{d}{2}\right) CO_2 + dNH_3 \quad \text{Eq. 10}$$

Onde CHON corresponde ao carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio (%TS); a, b, c e d ao número de átomos destes elementos, respectivamente.

$$BMPT = \frac{22.4}{12a + b + 16c + 14d} \times \left(\frac{a}{2} + \frac{b}{8} - \frac{c}{2} - \frac{3d}{8}\right) \times 1000 \quad \text{Eq: 11}$$

Sendo BMPT Potencial bioquímico de metano teórico (mLN CH_4/g STV), 22,4 é o volume molar do gás nas condições normais de temperatura e pressão (L/mol), 1000 fator de conversão para mL.

Para calcular a biodegradabilidade dos substratos utilizou a equação 12, utilizando o BMPT em relação do BMP.

$$BD = (BMP/BMPT) \cdot 100 \quad \text{Eq. 12}$$

Em que BD corresponde a biodegradabilidade do substrato (%) e BMP o potencial bioquímico de metano observado (mLN CH_4 $gSTV^{-1}$).

3.10 Análise estatística

As análises físico-químicas foram realizadas em triplicatas. O desvio padrão será adicionado aos resultados e as análises serão feitas através do *software Microsoft Excel*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 01 apresenta os resultados da caracterização físico-química do substrato utilizado, biomassa das folhas de *Leucaena leucocephala*. Foram avaliados parâmetros essenciais à digestão anaeróbia, tais como umidade, teor de sólidos totais (ST), sólidos fixos (SF), sólidos voláteis (SV), relação entre sólidos voláteis e totais (SV/ST), teor de matéria

orgânica, pH, composição elementar e macronutrientes (incluindo nitrogênio total para determinação da relação C/N), além das principais frações de compostos orgânicos, como lipídios, carboidratos totais, proteínas brutas e lignina. Esses dados fornecem subsídios para a análise da viabilidade do substrato como fonte energética e sua adequação às exigências microbiológicas do processo de biodigestão.

Tabela 01: Caracterização físico- química da biomassa da Leucena.

Parâmetro	Teor
ST (%)	32,76 ± 0,21
SF (%ST)	2,67 ± 0,03
SV (%ST)	30,09 ± 0,18
SV/ST	1,09 ± 0,01
Umidade (%)	67,23 ± 0,21
COT (%SV)	10,72 ± 0,07
Densidade (g cm^{-3})	0,75
pH	6,31
Nitrogênio total (NTK) (%SV)	1,55 ± 0,09
Nitrogênio Amoniacal (%SV)	0,04 ± 0,01
Proteína Bruta (%SV)	9,70 ± 0,57
Lignina (%SV)	12,83 ± 0,54
Celulose (%SV)	12,63 ± 0,74
Hemicelulose (%SV)	20,09 ± 1,84
Lipídios (%SV)	1,84 ± 0,30
DQO (mg O2 g^{-1} SV)	1107,32 ± 73,03
Carboidrato totais (%SV)	5,73
C/N	2,22

Fonte: Autores.

A relação entre SV/ST deve ser maior ou igual a 0,70 para obter alto potencial de transformação orgânica do substrato, boa biodegradabilidade, o valor alcançado nessa relação pelo substrato está dentro do esperado (PAVAN *et al*. 2000). Já a umidade do substrato se demonstra elevada (67,23%), o que pode facilitar a digestão anaeróbica (KHALID*. et al*. 2011).

Para Chernicharo (2016), o pH ideal para o crescimento das bactérias metanogênicas situa-se entre 6,6 e 7,4. O pH da amostra analisada encontra-se muito próximo dessa faixa, indicando condições favoráveis à atividade microbiológica responsável pela produção de metano.

Parkin e Owen (1986) relatam que a relação C/N ideal para o crescimento das bactérias metanogênicas está compreendida entre 20 e 30. Relações fora desse intervalo podem resultar no acúmulo de ácidos graxos voláteis (AGV) ou em elevada liberação de amônia (NH_3), comprometendo a estabilidade do processo. Diante disso, observa-se que a relação C/N do substrato está abaixo da faixa recomendada pela literatura. A correção desse parâmetro pode ser alcançada por meio de pré-tratamentos específicos ou pela adição de co-substratos ricos em carbono, favorecendo o equilíbrio nutricional do meio e o desempenho do sistema.

Ao se somar as frações de moléculas orgânicas presentes no substrato lipídios, lignina, proteína bruta e carboidratos totais, temos o total de 30,09%, o qual corresponde exatamente ao teor de matéria orgânica determinado na amostra. Essa correspondência indica

consistência entre os dados obtidos nas análises individuais, demonstrando a confiabilidade dos métodos aplicados e reforçando a validade dos resultados obtidos na caracterização físico-química do substrato.

Por fim, a análise de fibras revelou um teor significativo de lignina no substrato, componente estrutural complexo e altamente recalcitrante no processo de digestão anaeróbia. A lignina, por sua natureza aromática e ligação cruzada com celulose e hemicelulose, não é biodegradável em condições anaeróbias, limitando a conversão da matéria orgânica em biogás (BOUGRIER et al., 2018). Esse fator pode impactar negativamente a eficiência do processo, tornando necessário considerar estratégias que visem à ruptura de sua estrutura para aumentar a biodisponibilidade dos polissacarídeos associados.

5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos ao longo deste estudo permitem concluir que a biomassa de *Leucaena leucocephala* apresenta características físico-químicas favoráveis ao processo de digestão anaeróbia, indicando seu potencial para a produção de biogás. Embora a relação C/N esteja abaixo da faixa recomendada, medidas corretivas, como a adição de co-substratos ricos em carbono, podem ser aplicadas para otimizar o desempenho do sistema. A presença de lignina, embora represente uma limitação à degradação anaeróbia, pode ser contornada com pré-tratamentos adequados. Assim, o substrato possui viabilidade para a digestão anaeróbia, podendo ser explorado como fonte renovável para geração de biogás, especialmente quando associado a estratégias complementares que potencializem sua conversão energética.

6 REFERÊNCIAS

APHA. American Public Health Association (2005). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 21ª Edição. Washington: American Water Works Association, 1368p.

BOUGRIER, C. et al. Use of trace elements addition for anaerobic digestion of brewer's spent grains. **Journal of Environmental Management**, v. 223, p. 101–107, 2018.

CARMO, D. L.; SILVA, C. A. Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.**, p. 1211–1220, 2012.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2016.

CIBIOGÁS – CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS – BIOGÁS. *Manual de Aproveitamento do Biogás*. Foz do Iguaçu: CIBiogás, 2022. Disponível em: https://cibiogas.org. Acesso em: 10 abr. 2025.

CHOU, C. H.; KUO, Y. L. Allelopathic research of subtropical vegetation in Taiwan. III. Alelopathic exclusion of understrory by Leucaena leucocephala(Lam.) de Wit. Journal of Chemical Ecology, New York, v. 12, n. 6, p. 1431-1448, 1986.

CUNHA, F. R. P.; FERNANDES, A.; DA SILVA, H. P. A dispersão da *Leucaena leucocephala (LAM.) de WIT* nos córregos urbanos de Maringá (PR). **Arquivos do Mudi**, v. 17, n. 1, p. 3-4, 28 fev. 2014.

EVANGELISTA, J. Leucena. EMBRAPA - Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Sobral - CE, 2013.

GÍRIO, F.M.; FONSECA, C.; CARVALHEIRO, F.; DUARTE, L.C.; MARQUES, S.; BOGEL-ŁUKASIK, R.. Hemicelluloses for fuel ethanol: a review. Bioresource Technology, [S.L.], v. 101, n. 13, p. 4775-4800, jul. 2010. Elsevier BV

http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2010.01.088.
HOWELL, G.; BENNETT, C.; MATERIC, D. A comparison of methods for early prediction of anaerobic biogas potential on biologically treated municipal solid waste. Journal of Environmental Management, v. 232, p. 887-894, 2019.
IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Disponível em: https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/biodiversidade/especies-exoticas-invasoras/sobre-as-especies-exoticas-invasoras > 2022.
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.
JI, C.; KONG, C-X.; MEI, X-L.; LI, J. A review of the anaerobic digestion of fruit and vegetable waste. Applied Biochemistry and Biotechnology, v. 183, p; 906-922, 2017.
KARKI, R. et al. Anaerobic co-digestion of various organic wastes: Kinetic modeling and synergistic impact evaluation. **Bioresource Technology**, v. 343, n. October 2021, p. 126063, 2022.
KHALID, A. et al. The anaerobic digestion of solid organic waste. **Waste Management**, v. 31, p. 1737–1744, 2011.
KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R; AMARAL, A. C. do. Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do distestato. Concórdia: Sbera: Embrapa Suínos e Aves, 1ª Edição, 209 p, 2019.
LOWE, S.; BROWNW, M.; BOUDJELAS, S.; DE POORTER, M. 100 of the world's worst invasive alien species - a selection from the Global Invasive Species Database. Invasive Species Specialist Group (ISSG). First published as special lift-out in Aliens 12, December 2000. Updated and reprinted version: November 2004. Disponível em: https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2000-126.pdf. Acesso em: 10 de mar. 2025.
MARTINS, Florinda; FELGUEIRAS, Carlos; SMITKOVÁ, Miroslava. Fossil fuel energy consumption in European countries. Energy Procedia, v. 153, p. 107-111, 2018.
RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY (REN21). *Renewables 2020 Global Status Report*. Paris: REN21 Secretariat, 2020. EPAGRI https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/2024/04/29/sul-do-brasil-conta-com-636-plantas-de-biogas-mais-da-metade-de-origem-na-agropecuaria/?utm_source=chatgpt.com
PARKIN, G. F.; OWEN, W. F. Fundamentals of anaerobic digestion of wastewater sludges. **Journal of Environmental Engineering**, v. 112, n. 5, p. 867–920, 1986.
PAVAN, P. et al. Performance of thermophilic semi-dry anaerobic digestion process changing the feed biodegradability. **Water Science and Technology**, v. 41, n. 3, p. 75–81, 2000.
POLASTRI, P. **Avaliação da produção de biogás por meio da codigestão anaeróbia de resíduo ruminal bovino e bagaço de malte.** 2024. 193 f. Tese (Doutorado) -UEM, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Maringá, PR, 2024.
SAFAR, K. M.; BUX, M. R.; ASLAM, U. M.; MUHAMMAD, B. K.; AHMED, M. S. Analysis of the feasibility of fruit and vegetable wastes for methane yield using diferente substrate to inoculum ratios at Hyderabad, Sindh, Pakistan. Journal of Material Cycles and Waste Management, v. 21, p. 360-374, 2019.
SAMPAIO, A. C. F. O Processo de degradação e o estado de conservação da flora nos Fragmentos Florestais da área rural do município de Maringá, Paraná.2013. 264f. Tese

(Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.

SANTANA. O. A.; ENCINAS. J.I. Levantamento das espécies exóticas arbóreas e seu impacto nas espécies nativas em áreas adjacentes a depósitos de resíduos domiciliares. Revista Biotemas, v. 21, n. 4, p. 29-38, 2008.

SYMONS, G. E.; BUSWELL, A. M. The methane fermentation of carbohydrates. **Journal of the American Chemical Society**, v. 55, n. 5, p. 2028–2036, 1933.

TRIOLO, J. M. et al. A new algorithm to characterize biodegradability of biomass during anaerobic digestion: Influence of lignin concentration on methane production potential. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 20, p. 9395–9402, 2011.

WANG, Z.; LV, J.; GU, F.; YANG, K.; GUO, J. Environmental and economic performance of an integrated municipal solid waste treatment: A Chinese case study. Science of the Total Environment, v. 709, p. 136096, 2020.

WILLE, C. N. Potencial do fungo Pycnoporus sanguineus na biopolpação da madeira para a fabricação de papel. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biologia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2007.

ZHANG, Q.; HU, J.; LEE, D. Biogas from anaerobic digestion process: research updates. Renewable Energy, v. 98, p. 108-119, 2019

CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DO DDGS DE MILHO

CONSIDERATIONS REGARDING THE POTENTIAL OF BIOGAS PRODUCTION BY CORN DDGS

1º Layla de Fátima Gonçalves[1], 2º Jocilene Louize Bach Fafarão[2], 3º Vanessa de Sibie Valério[3], 4º João Antônio Galiotto Miranda[4] e 5º Daniel Tait Vareschini[5]

1 Universidade Estadual de Maringá, pg405221@uem.br

2 Universidade Estadual de Maringá, pg405245@uem.br

3 Universidade Estadual de Maringá, vanessa.sibie@hotmail.com

4 Universidade Federal do Paraná, joao.galiotto@ufpr.br

5 Universidade Estadual de Maringá, dvareschini@uem.br

RESUMO

Nas últimas décadas, as mudanças climáticas têm se agravado num contexto mundial. Dentre os gases que intensificam o aquecimento global, 75% são gerados através de atividades humanas, principalmente pela queima de combustíveis fósseis para transportes. O biogás é uma energia renovável, produzida a partir de matéria-orgânica e amplamente estudada nos últimos anos, devido a necessidade de descarbonização mundial. Quando bem otimizada, a produção é favorável ambiental e economicamente, sendo um produto que pode ser utilizado como substituição de combustíveis fósseis e geração de energia elétrica. Um meio de atingir este patamar é através do ciclo de bioenergias, como utilizar subprodutos da produção de etanol com a produção do biogás. Dentro desse contexto, o etanol de milho com o subproduto DDGS (grãos secos de destilaria e solúveis) têm ganho destaque no Brasil, principalmente no Paraná. Deste modo, o presente estudo traz considerações a respeito da utilização deste material como substrato para produção de biogás e integração de energias, através de análises físico-químicas, fornecendo a composição nutricional de um DDGS proveniente de destilaria do Paraná. Os resultados demonstraram que o DDGS estudado apresenta composição bioquímica condizente com a literatura e capaz de proporcionar os nutrientes necessários para a digestão anaeróbia.

Palavras-Chave: Biogás. Digestão anaeróbia. Milho. Integração. Etanol.

ABSTRACT

In the last decades, climate changes have been aggravated in a global context. Between the gases that intensify global warming, 75% are generated through human activities, mainly due

to fossil fuels burning for transportation. Biogas is a renewable energy, produced from organic matter and widely studied in recent years, due to the need for global decarbonization. When well optimized, its production is environmentally and economically favorable, being a product that can be used as a replacement for fossil fuels and to generate electrical energy. One way to reach this is through the bioenergy cycle integration such as using by-products of ethanol production to the production of biogas. Within this context, corn ethanol with the by-product DDGS (dried distillers and soluble grains) has gained prominence in Brazil, especially in Paraná.

Thus, the present study brings considerations regarding the use of this material as a substrate for biogas production and energy integration, through physicochemical analyses, providing the nutritional composition of a DDGS from a ethanol distillery in Paraná. The results showed that the studied DDGS has a biochemical composition consistent with the literature and capable of providing the nutrients necessary for anaerobic digestion.

Keywords: Biogas. Anaerobic digestion. Corn. Integration. Ethanol.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o uso intenso de combustíveis fósseis tem acarretado na intensificação do aquecimento global, através da liberação de gases de efeito estufa (GEEs), como metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2). Além disso, as mudanças climáticas, como derretimento de geleiras e ondas de calor estão sendo agravadas perante esse aquecimento do globo. Diante desse contexto, estudos apontam que 75% desses GEEs são emitidos via atividade humana, principalmente pelos meios de transporte (IPCC, 2014; Bai *et al*, 2018).

O biogás é uma fonte renovável de energia produzida a partir de matérias primas orgânicas. Dessa forma, tem sido utilizado como meio de redirecionar resíduos e efluentes industriais, diminuindo o impacto ambiental que estes teriam sem o tratamento e destino adequados, isto é, apresenta a capacidade de reduzir de forma significativa a quantidade de emissão de CO2 e CH4 que seriam lançados na atmosfera. Ademais, sua purificação, isto é, a transformação em biometano, pode ser fonte substitutiva ao gás natural em transportes e pode ser utilizado como fonte de geração de energia elétrica. Somado a isto, quando em produção otimizada, é possível viabilizar sua geração de modo a ser economicamente viável e lucrativa (Mariani, 2018; Souza, Rizzato, 2022).

Dentre as plantas em operação no Brasil, as principais fontes de substrato advêm de, respectivamente, agropecuária, indústria e saneamento, sendo o setor industrial o segundo maior responsável pelo volume total de biogás produzido. Em 2022, 57% da produção do setor foi produzida por indústrias sucroenergéticas, sendo a região Sul com o maior número de plantas em operação, destacando o estado do Paraná, com 47% das plantas e a região sudeste com o maior volume de produção industrial do país. Isso se deve a plantas instaladas em indústrias de bebidas e alimentos (CiBiogás, 2023).

Nesse contexto, um dos grãos que tem ganhado considerável destaque no Brasil nos últimos anos é o milho. O milho é um grão de ciclo rápido, de 3 a 5 meses, cuja plantação pode ocorrer em áreas de canaviais e seu armazenamento pode ser realizado em silos convencionais (Nogueira, 2021; EMBRAPA, 2015). Além disso, do milho pode-se obter mais de um produto. É possível estimar que de 1 tonelada de milho, obtêm-se 420 litros de etanol, 18 litros de óleo e 300kg de DDGS. (MAPA, 2021; EMBRAPA, 2022).

O DDGS (Grãos Secos de Destilaria com Solúveis) de milho é um coproduto da produção de etanol e fonte de nutrientes, contendo carboidrato, principalmente amido, proteínas, minerais e vitaminas. Sua geração é crescente, junto à indústria de etanol de milho, cuja produção chegou a mais de 15,5% do etanol de cana na safra 2022/23 e já possui plantas nos estados de Mato Grosso, Goiás, São Paulo e Paraná. Devido ao seu alto valor nutricional e disponibilidade, o DDGS de milho tem se tornado uma fonte promissora de estudos para a digestão anaeróbica que gera o biogás (EMBRAPA, 2022; Iram et al, 2020).

A composição do DDGS de milho, entretanto, varia de acordo com o híbrido de milho utilizado (Cromwell et al, 1993; Iram et al, 2020). Além disso, o processamento dentro da indústria do etanol irá afetar diretamente o potencial nutricional destes coprodutos (EMBRAPA, 2022). Dessa forma, justifica-se a relevância da análise físico-química de tal material no Paraná, a fim de trazer considerações a respeito do seu potencial como substrato para produção de biogás.

2 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo trazer considerações a respeito do potencial de produção de biogás do DDGS de milho proveniente de grãos de destilaria do Paraná em escala laboratorial, através da análise físico-química do substrato.

3 METODOLOGIA

O substrato utilizado para teste é o DDGS de milho proveniente de indústria de destilaria do Paraná, seco e armazenado em Cascavel-PR até o momento do presente estudo, onde foi mantido refrigerado em geladeira no Departamento de Engenharia Química-UEM – Maringá – PR durante todas as análises físico-químicas.

3.1 Potencial hidrogeniônico

O potencial hidrogeniônico (pH) do inóculo e do substrato será determinado através da metodologia 4500-H+ contida no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012). Para amostras líquidas, será realizada a leitura direta através de pHmetro digital de bancada modelo DM-22, da marca Digimed®. Para amostras sólidas, será realizada diluição em proporção 1:10 conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), utilizando-se de amostra e água destilada. Após a diluição, será realizada a leitura do pH conforme amostras líquidas, sob agitação constante.

3.2 Sólidos totais, voláteis e fixos

Os sólidos totais, voláteis e fixos serão determinados de acordo com método 2540-B Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012). Os sólidos totais (ST) serão determinados através da pesagem de 3 a 5g de amostra sólida e 10g de amostra líquida. Em seguida, será realizada a secagem em estufa a 105°C até peso constante ou no mínimo 6h e serão retirados da estufa e até resfriamento total. Os cadinhos serão pesados em balança analítica e calculados os ST através da razão entre a diferença do peso final e inicial do cadinho. Os sólidos voláteis (SV) e fixos (SF) serão determinados através da calcinação da amostra em forno mufla a 550ºC durante 3h, após a determinação dos ST, conforme método 2540-E (ALPHA, 2012). Em seguida, o cadinho será retirado da mufla até resfriamento total e pesado em balança analítica. A diminuição do peso do cadinho após incineração do material seco representará o teor de SV e a diferença dos valores de ST e SV representará o teor de SF.

3.3 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A demanda química de oxigênio (DQO) do substrato será realizada com base no exposto em Raposo et al. (2008) , através do método de refluxo fechado. Dessa forma, as amostras serão digeridas em dicromato, utilizando bloco aquecedor e catalisador e posteriormente tituladas com sulfato amônio ferroso (SAF), em triplicata. O cálculo da concentração da solução titulante de SAF é realizado conforme a Equação 1.

$$N(SAF) = \frac{10mL * 1N}{V(SAF)mL} \quad \text{Eq.1}$$

Onde:

V(SAF) é o volume gasto, em mL, na titulação da solução padrão de dicromato; N(SAF) é a concentração, em N, do agente titulante.

Por fim, a DQO da amostra sólida é calculada de acordo com a Equação 2.

$$DQO(mg\ O_2\ g^{-1}\ SV) = \frac{(SAF\ Br - SAF\ amostra\ sólida) * N\ SAF * 8}{M_{amostra\ sólida}} \quad \text{Eq.2}$$

Em que:

SAF Br é o volume (mL) de SAF utilizado na titulação do branco (utilizando a média da triplicata);

SAF amostra sólida é o volume (mL) de SAF utilizado na titulação da amostra sólida;

N SAF é a concentração (N) do agente titulante, calculada na Equação 1;

M amostra sólida é a massa (g SV) da amostra sólida presente no tubo de digestão.

3.4 Nitrogênio Orgânico Total

O teor de nitrogênio orgânico total do substrato será determinado através do método Kjeldahl, baseado na decomposição da matéria orgânica. Dessa forma, serão pesadas 5 g de amostra em balança analítica e digeridas em ácido sulfúrico concentrado, na presença de mistura catalítica (sulfato de cobre + sulfato de potássio) em bloco digestor dentro de uma

capela, por pelo menos 1 hora, na temperatura de 400ºC. O nitrogênio presente na solução ácida resultante será destilado por meio de arraste de vapor em destilador de nitrogênio e quantificado via titulação, utilizando-se do ácido clorídrico 0,1 mol/L (APHA, 2012; CHECCHI, 2003). O volume do titulante será anotado e utilizado nos cálculos abaixo.

Em que:

$$Nitrogênio(\%) = \frac{[(V-VB)*(C*14{,}007)]}{W(mg)*100} \quad \text{Eq.3}$$

V: Volume de HCl gasto na titulação da amostra (mL).
VB: Volume de HCl gasto na titulação do branco (mL).
C: Concentração do titulante
W: Peso da amostra

Ao se analisar uma amostra em estado líquido, substitui-se o peso da amostra (W) pelo volume analisado (VA)

O teor de proteína é então determinado por

$$P = N * F \quad \text{Eq.4}$$

Em que F é um fator variável para cada tipo de material. Utiliza-se, para alimentos em geral, F = 6,25.

3.5 Lipídios

Os lipídios do substrato serão determinados através do método de Goldfish adaptado, conforme o descrito em Detmann et al., (2012). A análise ocorrerá em aparelho de sistema para determinação de gordura TE-044, em triplicata.

Primeiramente, o substrato será pesado em balança analítica, dentro de um papel filtro, até aproximadamente 1,5 - 2g. Em seguida, será feita uma dobradura no papel filtro a fim de não vazar amostra e inserido esse cartucho no aparelho TE-044. Serão adicionados 70ml de éter de petróleo no copo do aparelho, previamente seco à 105ºC por 4h e pesado, sendo um para cada repetição.

O cartucho de papel filtro com amostra será mergulhado no éter à 60ºC por 2h e, posteriormente, suspenso por 1h com éter à 70ºC. Fechar a recirculação e recuperar o éter à 90ºC por 20min. Os copos já com gordura serão secos em estufa de 105ºC por pelo menos 6h, posteriormente colocados em dessecador e pesados.

O cálculo do percentual de lipídios presentes na amostra será calculado por:

$$LIP(\%) = \frac{B-C}{A} * 100 \quad \text{Eq. 5}$$

Sendo:

A: massa da amostra natural (g);
B: massa do copo mais lipídios (g);
C: massa do copo seco (g).

3.6 Fibras: celulose e lignina

As fibras (celulose e lignina) presentes no substrato serão determinadas através do método de Van Soest, via detergentes ácido e neutro, seguindo o método descrito em Medeiros (2015). A análise ocorrerá em laboratório terceirizado Fundação ABC localizado em Castro – PR.

3.7 Carbono Orgânico Total

O carbono orgânico total (COT) será estimado levando em consideração o conteúdo de matéria orgânica das amostras quantificado através da razão da perda de massa do resíduo incinerado em forno mufla obtida pela análise de sólidos voláteis descrita anteriormente. Dessa forma, o cálculo realizado é de acordo com as equações 6 e 7 descritas por Carmo e Silva (2012).

$$MO(\%) = \left(\frac{P-(Tc-T)}{P}\right) * 100 \quad \text{Eq. 6}$$

$$COT(\%) = 0{,}425 * MO - 2{,}064 \quad \text{Eq.7}$$

Em que MO é a matéria orgânica (%), P é o peso da amostra depois da secagem em estufa a 105°C (g), C é o peso do cadinho limpo e seco (g) e Tc é o peso do cadinho após incineração em mufla a 550°C (g).

3.8 Potencial teórico de produção de metano

O potencial teórico de produção de metano (PBM t) foi calculado através da metodologia de Triolo *et al.* (2011), da qual se utilizou para avaliar a biodegradabilidade do resíduo DDGS. Essa estimativa considerou as fórmulas empíricas de cada componente orgânico presente no substrato e quantificado através de análises físico-químicas: proteína (PTN) ($C_5H_7O_2N$), lipídeo (LP) ($C_{57}H_{104}O_6$), lignina (LG) ($C_{10}H_{13}O_3$), carboidratos (CHO) ($C_{10}H_{13}O_3$), de acordo com a Equação 12 e expresso em mL_NCH_4 gSV^{-1}.

$$PBM\ t = [\ 496 * \%PTN + 1014 * \%LP + 727 * \%LG + 415 * \%CHO\ ] * 0{,}01 \quad \text{Eq. 8}$$

O teor de proteína bruta foi obtido através da multiplicação do valor de NTK pelo fator geral 6,25; o qual considera que as proteínas possuem, em média, 16% de nitrogênio (FAO, 2002). Os lipídios foram determinados através da metodologia descrita na seção 3.7 e quantificação de lignina foi realizada conforme descrito na seção 3.8. Os carboidratos totais foram obtidos através do método centesimal, via diferença entre outros constituintes, tais como proteínas, lipídios, água e cinzas, conforme descrito pela Equação 13 (FAO, 2002).

$$Carboidratos\ totais\ (\%) = 100 - \sum proteína, lipídio, lignina, água\ e\ cinzas \quad \text{Eq. 9}$$

Sabendo que a estimativa do potencial teórico de metano não desconsidera frações não biodegradáveis dos componentes do substrato, este dado foi utilizado somente para avaliação de biodegradabilidade do substrato, através da relação entre o potencial medido experimentalmente e o potencial teórico, conforme a Equação 14 (SAFAR *et al.*, 2019).

$$BD\ (\%) = \frac{PBM}{PBM\ t} * 100 \quad \text{Eq. 10}$$

Em que:

BD é a biodegradabilidade do substrato

PBM é o potencial bioquímico de metano do substrato

PBMT é o potencial teórico da produção de metano.

3.9 Análise estatística

Todas as análises físico-químicas foram realizadas em triplicatas. As análises estatísticas foram realizadas no *software Microsoft Excel*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação às análises físico-químicas realizadas no substrato, obteve-se os parâmetros conforme ilustra a Tabela 18.

Tabela 18. Caracterização físico-química do DDGS de milho.

Parâmetro	Valor	Unidade
pH	4,1	N.A.
Sólidos totais (ST)	90,94	%
Umidade	9,06	%
Sólidos fixos (SF)	10,50	%ST
Sólidos voláteis (SV)	80,44	%ST
Lipídios	8,11	%SV
Carbono Orgânico Total (COT)	32,12	%SV
Teor de proteína bruta	30,16	%SV
Nitrogênio (NTK)	4,82	%SV
Nitrogênio amoniacal (NAT)	0,03	%SV
DQO	1059,37	mg O2 g^{-1} SV
Celulose	12,48	%SV
Fibra em Detergente Ácido	15,04	%SV
Lignina	2,56	%SV
Densidade	0,584	g/cm³
Carboidratos totais	39,61	%SV
C/N	6,66	N.A.

Fonte: A Autora.

Realizando-se a soma da composição de moléculas orgânicas presentes no substrato, isto é, lipídios, lignina, proteína bruta e carboidratos totais, obtém-se o total de 80,44%; exatamente o percentual de matéria orgânica obtido. Dessa forma, é possível afirmar que as análises, ainda que individuais, constam resultados coerentes entre si.

Em relação aos parâmetros de proteína bruta, lipídios e cinzas ou sólidos fixos, Diebel et al. (2012) obteve os resultados de 24-30%; 8,2-11,7% e 4,6-18,91% respectivamente. Percebe-se, portanto, que os resultados obtidos são semelhantes. A densidade obtida pelo mesmo autor foi de 0,600 g/cm³ sendo suficientemente semelhante ao resultado apresentado. Ademais, o conteúdo proteico obtido pelo autor foi de conteúdo de carbono 47,5%; umidade

8,84% e conteúdo de nitrogênio 4,68%; sendo resultados semelhantes aos de carboidratos totais, umidade e nitrogênio (NTK) obtidos neste presente trabalho.

Em Vieira et al. (2021) afirma-se que o pH dos coprodutos da usina de milho são naturalmente ácidos, sendo de 3-4, semelhantes aos obtidos pela autora. Estudos de (Iram; Cekmecelioglu; Demirci, 2020) apontam dados de matéria seca ou sólidos totais variando de 87,1-95,5%, corroborando com o encontrado nas análises realizadas. Ademais, os autores afirmam a presença de fibra em detergente ácido variando entre 11,4-20,8%; onde encontra-se, dentro desta faixa, também os resultados obtidos. Em relação à DQO, Bianco (2019) encontrou resultados com média de 1334 mg O_2 g^{-1} SV para um substrato igualmente complexo e sólidos voláteis de 88%. Deste modo, para sólidos voláteis de 80,44% obtidos pelo presente estudo, pode-se afirmar que há certa coerência no valor de DQO de 1059,37 mg O_2 g^{-1} SV obtido.

Os resultados obtidos pela caracterização do substrato permitem a possibilidade de considerações a respeito da utilização de DDGS para a produção de biogás. É possível afirmar que, devido à alta concentração de matéria orgânica no substrato, existam suficientes moléculas biodegradáveis para a formação de biogás (Asquer; Pistis; Scano, 2013) . O pH obtido para o substrato não favorece a produção de biogás, segundo Chernicharo (2019), o qual afirma que a faixa ótima para a digestão em anaerobiose é entre 6 a 8. Entretanto, este parâmetro possui a capacidade de ser controlado através de inoculos com capacidade de tamponamento alta, ou substancias químicas externas, tais como a adição de bicarbonatos, conforme sugerido pelo próprio autor.

No aspecto da relação C/N, Asquer, Pistis e Scano (2013) afirmam que esta representa a biodisponibilidade de substrato orgânico em comparação direta ao principal nutriente necessário para o bom crescimento dos microrganismos presentes na biodigestão anaeróbia. Entretanto, percebe-se que o valor obtido não está nas faixas adequadas propostas por Chernicharo (2019), indicando que existe a possibilidade deste parâmetro ser otimizado através do aumento dessa biodisponibilidade, sendo que pré-tratamentos físicos e químicos com tal finalidade podem ser um meio de contribuir para melhor eficácia do processo.

5 CONCLUSÃO

A partir deste estudo, é possível afirmar que é um material pioneiro na área de biogás, sendo os artigos existentes com material similar (WDG). Somado a isto, as caracterizações físico-químicas do substrato foram condizentes com a literatura, apesar da variação que ocorre com o DDGS, a decorrer de seu processamento e local de produção. Deste modo, o estudo enfatiza que o substrato obtido em destilaria do Paraná apresenta características nutricionais favoráveis para dar seguimento a testes piloto, como os de Potencial Bioquímico de Metano, na área de produção de biogás.

6 REFERÊNCIAS

ABIMILHO (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIAS DO MILHO). **Estatísticas de milho**. Disponível em: <https://www.abimilho.com.br/estatisticas>. Acesso em: 12 ago. 2024.

ABIOGÁS. **Biogás no Brasil: conhecendo o mercado no país.** São Paulo: [s.n.]. Disponível em: <https://cdn.prod.website-files.com/632ab10950c5e334290bfadf/6390e356167ec2342aceba88_Infograficos-Abiogas_D_2021-1.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2024.

ABIOGÁS. **O potencial brasileiro de biogás**. Associação Brasileira de Biogás, p. 1–28, 2020.

ABIOGÁS. **ABiogás divulga novo potencial do biogás para o mercado brasileiro.** Disponível em: <Disponível em: https://abiogas.org.br/abiogas-divulga-novo-potencial-do-biogas-para-o-mercado-brasileiro-durante-forum-em-sao-paulo/.>. Acesso em: 24 ago. 2024.

ABIOGÁS. **Biogás e biometano no Brasil. Programa Renovabio, dez. 2016.** Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/4323103/ABioga%CC%81s.pdf/8e80e093-4042-4c24-ad9e-851c6190b399>. Acesso em: 7 ago. 2024.

AMERICAN PUBLIC HEALTH SOCIETY (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22. ed. Washington, DC: [s.n.].

ANDA (ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS). **Principais indicadores do setor de fertilizantes.** Disponível em: <https://anda.org.br/wp-content/uploads/2024/01/Principais_Indicadores_2023.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2024.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Sistema de Informações da ANEEL (SIGA)**. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/siga.>. Acesso em: 7 ago. 2024.

ANGELIDAKI, I. et al. Defining the biomethane potential (BMP) of solid organic wastes and energy crops: A proposed protocol for batch assays. **Water Science and Technology**, v. 59, n. 5, p. 927–934, 2009.

ANGELIDAKI, I.; SANDERS, W. Assessment of the anaerobic biodegradability of macropollutants. **Environmental Science and Biotechnology**, v. 3, p. 117–129, 2004.

ASQUER, C.; PISTIS, A.; SCANO, E. A. Characterization of fruit and vegetable wastes as a single substrate for the anaerobic digestion. **Environmental Engineering and Management Journal**, v. 12, n. S11, p. 89–92, nov. 2013.

BAI, Xuemei; DAWSON, Richard J.; ÜRGE-VORSATZ, Diana; DELGADO, Gian C., BARAU, Aliyu S.; DHAKAL, Shobhakar; DODMAN, David; LEONARDSEN, Lykke; MASSON-DELMONTE, Valerie; ROBERTS, Debra; SCHULTZ, Seth. **Six Research Priorities for Cities and Climate Change. Nature**. 555 p. ISBN - 10.1038/d41586-018-02409-z, 2018.

BIANCO, C. I. **Caracterização da matéria orgânica de resíduos sólidos orgânicos biodegradáveis e a reprodutibilidade dos métodos utilizados: Uma revisão sistemática da literatura**. Doutorado—São Carlos - SP: Universidade de São Paulo, 2019.

BORTOLETTO, A. M.; ALCARDE, A. R. Dominante nos EUA, etanol de milho é opção, no Brasil, para safra excedente. **Visão Agrícola: Industrialização (Biocombustível)**, p. 135–137, 2015.

BRASIL. **Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências.** BRASIL, 2017.

CARMO, D. L.; SILVA, C. A. Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.**, p. 1211–1220, 2012.

CHECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de Alimentos**. 2. ed. Campinas: [s.n.].

CHERNICHARO, C. A. DE L. **Reatores anaeróbios**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2019. v. 5

CIBIOGÁS. Panorama do biogás no Brasil - 2022. **Relatório Técnico nº 001/2023**, p. 1–31, 2023.

COELHO, J. D. Milho: Produção e Mercados. **Caderno Setorial ETENE: Agricultura**, v. ano 8, n. nº 291, jul. 2023.

CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). **Safra Brasileira de Grãos**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 12 ago. 2024.

CONTINI, E. et al. Milho: Caracterização e Desafios Tecnológicos. **EMBRAPA - SÉRIE DESAFIOS DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO (NT2)**, p. 1–45, 2019.

CRUZ, A. C.; PEREIRA, F. DOS S.; FIGUEIREDO, V. S. DE. Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio: avaliação do potencial econômico brasileiro. **BNDES Setorial**, v. 1, p. 175–178, mar. 2017.

DETMANN, E. et al. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, MG: Editora UFV, 2012.

DIEBEL, W. et al. Material property characterization of co-products from biofuel industries: Potential uses in value-added biocomposites. **Biomass and Bioenergy**, v. 37, p. 88–96, fev. 2012.

ENERGIA E BIOGÁS. **Biogás no Brasil**. Disponível em: <https://energiaebiogas.com.br/biogas-no-brasil#:~:text=Durante%20as%20%C3%BAltimas%20duas%20d%C3%A9cada,el%C3%A9trica%20com%20biog%C3%A1s%2C%20no%20mundo.>. Acesso em: 7 ago. 2024.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **O Compromisso do Brasil no Combate às Mudanças Climáticas: Produção e Uso de Energia.** Disponível em: <http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/NT%20COP21%20 iNDC.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2024.

EPE (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA). **O Compromisso do Brasil no Combate às Mudanças Climáticas: Produção e Uso de Energia**.

FERNANDES, R. **Avaliação da produção de etanol empregando milho como matéria-prima.** Trabalho de Conclusão de Curso—Uberlândia, MG: Universidade Federal de Uberlândia, 2019.

G1. **Lula reajusta bolsas de pesquisas e diz que dinheiro para saúde, educação e ciência não é gasto.** Disponível em: <https://g1.globo.com/politica/noticia/2023/02/16/lula-reajusta-bolsas-de-pesquisa-e-diz-que-dinheiro-para-saude-educacao-e-ciencia-nao-gasto.ghtml>. Acesso em: 15 ago. 2024.

GIZ. **Guia de Referência para a Cobertura Jornalística de Energias Renováveis**. Brasília: [s.n.]. Disponível em: <www.giz.de/brasil>.

GYENGE, L. et al. Anaerobic digestion of corn-DDGS: effect of pH-control, agitation andbatch repetition. **UPB Scientific Bulletin, Series B: Chemistry and Materials Science**, dez. 2014.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Statistics 2017, renewables information: Overview (2017 overview).** Disponível em: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/renewablesinformation---2017-edition---overview.html>. Acesso em: 7 ago. 2024.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Métodos físico-químicos para análises de alimentos.** 4. ed. São Paulo: [s.n.].

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Outlook**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.iea.org/terms>.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change**. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

IRAM, A.; CEKMECELIOGLU, D.; DEMIRCI, A. **Distillers' dried grains with solubles (DDGS) and its potential as fermentation feedstock**. **Applied Microbiology and Biotechnology**Springer, , 1 jul. 2020.

IRENA – INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Biogas for road vehicles: Technology brief. Abu Dhabi, 2017.** Disponível em: <http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Biogas_for_ Road_Vehicles_2017.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2024.

IRENA - INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Renewable capacity statistics 2021.** Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2021/March/Renewable-Capacity-Statistics-2021>. Acesso em: 7 ago. 2024.

JESSEN, H. **Corn oil makes the grade (2013)**. Disponível em: <https://ethanolproducer.com/articles/corn-oil-makes-the-grade-9755>. Acesso em: 25 ago. 2024.

KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; AMARAL, A. C. **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato**. Concórdia, SC: Sbera, EMBRAPA Suínos e Aves, 2019.

LAMSAL, B. P.; PATHIRAPONG, P.; RAKSHIT, S. Microbial growth and modification of corn distillers dried grains with solubles during fermentation. **Industrial Crops and Products**, v. 37, n. 1, p. 553–559, 1 maio 2012.

LETTINGA, G.; HULSHOF POL, L. W.; ZEEMAN, G. **Biological Wastewater Treatment. Part I: Anaerobic wastewater treatment.** 1. ed. [s.l.] Wageningen Agricultural University , 1996.

LI, X. et al. Ethanol production from mixtures of Distiller's Dried Grains with Solubles (DDGS) and corn. **Industrial Crops and Products**, v. 129, p. 59–66, 1 mar. 2019.

LINS, L. P.; MITO, J. Y. L.; FERNANDES, D. M. **Composição média do biogás de diferentes tipos de biomassa**. IV Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais. **Anais**...Rio de Janeiro: 2015.

MARIANI, L. **Biogás: diagnóstico e propostas de ações para incentivar seu uso no Brasil**. Doutorado—Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2018.

MAUAD, F. F.; FERREIRA, L. DA C.; TRINDADE, T. C. G. **Energia Renovável no Brasil: análise das principais fontes energéticas renováveis brasileiras.** 1. ed. São Carlos: EESC/USP, 2017. v.

MEDEIROS, S. R. DE; GOMES, R. DA C.; BUNGENSTAB, D. J. **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**. 1. ed. Brasília: EMBRAPA, 2015. v. 1

MILANEZ, A. Y. et al. A produção de etanol pela integração do milho-safrinha às usinas de cana-de-açúcar: avaliação ambiental, econômica e sugestões de política. **Revista do BNDS 41**, p. 147–208, jun. 2014.

MILANEZ, A. Y. et al. **Biogás de resíduos agroindustriais: panorama e perspectivas.** [s.l.] BNDS, 2018. v. 47

MOHAMMADI SHAD, Z.; VENKITASAMY, C.; WEN, Z. Corn distillers dried grains with solubles: Production, properties, and potential uses. **Cereal Chemistry**, v. 98, n. 5, p. 999–1019, 1 set. 2021.

MONFET, E.; AUBRY, G.; RAMIREZ, A. A. **Nutrient removal and recovery from digestate: a review of the technology**. **Biofuels**Taylor and Francis Ltd., , 4 mar. 2018.

MOREIRA, M. M. R.; ARANTES, S. M. **Análise socioeconômica e ambiental da produção de etanol de milho no Centro-Oeste brasileiro.** São Paulo: [s.n.].

MOSIER, N. S.; ILELEJI, K. E. How fuel ethanol is made from corn. **Bioenergy: Biomass to Biofuels and Waste to Energy**, p. 539–544, 1 jan. 2020.

NASTARI, P. M. Etanol de milho tem futuro no Brasil. **Agroanalysis: Mercado&Negócios (Energia)**, p. 26–27, 2018.

NELSON, K. A.; MOTAVALLI, P. P.; SMOOT, R. L. Utility of Dried Distillers Grain as a Fertilizer Source for Corn. **Journal of Agricultural Science** , v. 1, n. 1, p. 1–11, jun. 2009.

NEVES, M. F. et al. **Etanol de milho: cenário atual e perspectivas para a cadeia no Brasil.** 1. ed. Ribeirão Preto, SP: UNEM (União Nacional do Etanol do Milho), 2021. v. 1

NOGUEIRA, L. C. **Produção de etanol de milho: efeito de híbridos, tempo e temperatura de armazenamento dos grãos.** Mestrado—Frutal: Universidade do Estado de Minas Gerais, 2021.

NPCT (NUTRIÇÃO DE PLANTAS CIÊNCIA E TECNOLOGIA). **Evolução do consumo aparente de N, P, K e Total de NPK no Brasil.** Disponível em:

<//www.npct.com.br/npctweb/npct.nsf/article/BRS-3132#evolucao>. Acesso em: 24 ago. 2024.
RAPOSO, F. et al. Assessment of a modified and optimised method for determining chemical oxygen demand of solid substrates and solutions with high suspended solid content. **Talanta**, v. 76, n. 2, p. 448–453, 15 jul. 2008.
REN21 – RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY. **Renewables 2017: global status report. Paris, 2017.** . Disponível em: <http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/17-8399_GSR_2017_Full_ Report_0621_Opt.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2024.
REVISTA CULTIVAR (2019). **Manejo químico em milho safrinha** . Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/manejo-quimico-em-milho-safrinha>. Acesso em: 26 ago. 2024.
RFA (RENEWABLE FUELS ASSOCIATION). **2019 Ethanol Industry Outlook** . Disponível em: <https://ethanolrfa.org/resources/annual-industry-outlook.>. Acesso em: 25 ago. 2024.
RODRIGUES, R. P. **Manejo de plantas daninhas na cultura do milho: uma revisão.** Trabalho de Conclusão de Curso—Colatina - ES: Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, 2022.
SAYEDIN, F.; KERMANSHAHI-POUR, A.; HE, S. (QUAN). Anaerobic digestion of thin stillage of corn ethanol plant in a novel anaerobic baffled reactor. **Waste Management**, v. 78, p. 541–552, 1 ago. 2018.
SCHEUERMANN, G. N.; LUDKE, J. V. Considerações para o uso de DDGS em frangos de corte. **Avicultura Industrial.com.br**, p. 14–19, 2022.
SENAI/PR. **Oportunidades da cadeia produtiva de biogás para o estado do Paraná.** Curitiba: [s.n.].
SICCHIERI, I. M. et al. Selection, composition, and validation of standard inoculum for anaerobic digestion assays. **Biomass and Bioenergy**, v. 164, 1 set. 2022.
SILVA, A. L. DA; CASTAÑEDA-AYARZA, J. A. Macro-environment analysis of the corn ethanol fuel development in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 135, 1 jan. 2021.
SRINIVASAN, R. et al. Fiber separated from distillers dried grains with solubles as a feedstock for ethanol production. **Cereal Chemistry**, v. 84, n. 6, p. 563–566, 2008.
STRAZZI, S. Derivados do milho são usados em mais de 150 diferentes produtos industriais. **Visão agrícola: milho.**, v. n. 13, p. 1–176, 9 jul. 2015.
TALAMINI, D. J. D. et al. Viabilidade do uso de DDGS e DDG de milho na alimentação de frangos e suínos em Santa Catarina. **Comunicado Técnico nº 594 - EMBRAPA**, p. 1–11, nov. 2022.
TORRES DA SILVA, H. J. et al. Aspectos técnicos e econômicos da produção de etanol de milho no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, p. 142–159, out. 2020.
VDI 4630. **Fermentation of organic materials characterization of the substrate, sampling, collection of material data, fermentation tests.** . **VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE**, 2006.

VIEIRA, L. C. et al. Utilização de DDG e WDG na nutrição de ruminantes. Em: **Zootecnia de Precisão: desafios e aplicações**. [s.l.] Editora Científica Digital, 2021. p. 151–169.

ZARRINBAKHSH, N.; MOHANTY, A. K.; MISRA, M. Fundamental studies on water-washing of the corn ethanol coproduct (DDGS) and its characterization for biocomposite applications. **Biomass and Bioenergy**, v. 55, p. 251–259, ago. 2013.

EIXO TEMÁTICO 2

RISCOS E DESASTRES AMBIENTAIS

RESUMOS

RESUMO - 02 - RISCOS E DESASTRES AMBIENTAIS

A BIBLIOGRAPHICAL STUDY ON THE MOST USED METHODS IN MAPPING RISKS RELATED TO URBAN FLOODING (2013-2024)

Vinnicius Vale Dionizio França (vinnydionizio@gmail.com)

Thiago Kich Fogaça (tkfogaca@gmail.com)

De acordo com os últimos relatórios do IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental Sobre Mudança Do Clima) os impactos adversos das mudanças climáticas causadas pela sociedade continuarão a se intensificar a curto prazo e médio prazo. Todas as regiões do mundo estão projetadas para enfrentar aumentos adicionais das ameaças climáticas, que tendem a se tornar cada vez mais frequentes e intensas. No que diz respeito as cidades, aglomerados urbanos e a infraestrutura, as inundações se apresentam como uma das principais causas de impactos substanciais, danos e perdas econômicas e humanas. A base de dados foi a biblioteca acervo de periódicos da CAPES com pesquisa realizada no dia 06 de setembro de 2024, na consulta os termos “risco, inundações e Geografia”, condicionados ao título ou assunto. Além disso, aplicou-se os filtros para tipo de trabalho: Artigo, Ano (2013 – 2024) e condicionando para os textos que tiveram revisão por pares. Após a coleta dos textos, os mesmos foram classificados contendo as seguintes informações: autoria, ano, escala espacial, objetivos, materiais e métodos e principais resultados. O objetivo deste trabalho é identificar os principais métodos utilizados em estudos geográficos para o mapeamento de risco de desastres relacionados a inundações. Para fim de síntese,

esse texto objetiva responder as seguintes perguntas: Quais foram as escalas espaciais utilizadas? Quais foram os métodos mais utilizados nos trabalhos analisados? O método utilizado para inclusão dos textos para análise levou em consideração aqueles que utilizaram alguma técnica de geoprocessamento, análise estatística e/ou confecção de mapas. Apenas um trabalho foi excluído da seleção visto que sua metodologia era elaboração de um referencial teórico, a qual distância dos demais trabalhos inclusos. Após a análise dos trabalhos, foi possível concluir que os materiais mais utilizados foram os dados de relevo, que incluem altimetria, declividade, MDE – Modelo Digital de Elevação e registros históricos dos eventos, como pesquisas em bancos de dados de desastres e Defesa Civil, ambos em 5 trabalhos. Em seguida vieram a utilização de dados pluviométricos, como dados de precipitação, utilizado em 3 trabalhos, enquanto dados de setores censitários do Censo IBGE e aplicação de questionários, foram utilizadas apenas 1 vez. Diante deste contexto, não foi possível identificar um método específico para elaboração de cenários de risco. Desta maneira, sugere-se uma pesquisa mais aprofundada envolvendo outros níveis de publicações, como dissertações e teses, para ampliar os resultados.

Palavras-chave: mapeamento de risco; desastres; inundações; revisão bibliográfica.

RESUMO - 02 - RISCOS E DESASTRES AMBIENTAIS

AVANCES EN EL CONOCIMIENTO DE LOS CAMPOS VOLCÁNICOS MONOGENÉTICOS EN COLOMBIA Y SU IMPORTANCIA EN LA EVALUACIÓN DE LA AMENAZA VOLCÁNICA

Hugo Fernando Murcia Agudelo (hugo.murcia@ucaldas.edu.co)

Laura Sánchez-Torres (laura.sanchez@ucaldas.edu.co)

Susana Osorio (susana.osorio@ucaldas.edu.co)

Luis Alvaro Botero-Gómez (luis.botero@ucaldas.edu.co)

Tradicionalmente, las evaluaciones de amenaza en el planeta se han centrado en volcanes poligenéticos, subestimando el peligro de los campos volcánicos monogenéticos. Sin embargo, en estos campos, la evaluación de la amenaza es importante debido a su amplia distribución, que a menudo se encuentra en áreas densamente pobladas y destinos turísticos. En Colombia, existen mapas de amenaza para volcanes poligenéticos, pero pocos estudios han abordado las amenazas de los campos volcánicos monogenéticos. Esto probablemente se relaciona con la poca información sobre este tipo de vulcanismo, cuya actividad es de corta duración (hasta años) y a la densa vegetación en el país, que dificulta su identificación. El objetivo de este trabajo, es presentar el avance en el conocimiento en campos volcánicos monogenéticos en Colombia, integrado los estilos eruptivos, características composicionales, temporalidad y análisis estructural de seis campos volcánicos monogenéticos potencialmente activos. De norte a sur, son: Samaná

(CVMS), Tapias-Guacaica (CVMTG), Villamaría- Termales (CVMVT), Pijaos (CVMP), San Agustín (CVMSA) y Guamuéz-Sibundoy (CVMGS). Estos campos volcánicos presentan una variedad de estilos eruptivos representados por sus geoformas: los campos CVMTG y CVMVT muestran geoformas de erupciones efusivas como domos de lava, mientras que los campos CVMS, CVMP, CVMSA y CVMGS muestran geoformas de domos de lava, maares y conos de escoria, resultado de erupciones tanto explosivas como efusivas. Esta variedad permite anticipar la distribución potencial de los productos volcánicos en caso de una nueva erupción. Composicionalmente, los campos varían desde básicos (CVMPP, CVMSAF y CVMGS) hasta intermedios (CVMTG y CVMVT) y ácidos (CVMS). Comprender estas variaciones es crucial, ya que las composiciones básicas representan un rápido ascenso del magma desde la fuente, mientras que las composiciones más evolucionadas sugieren un sistema de alimentación complejo, desde el cual nuevo magma asciende desde los reservorios de la corteza. En términos de temporalidad, se conoce que el CVMS tiene edades entre 1,32 Ma y 16 ka, el CVMTG entre 0,80 y 0,77 Ma, y el CVMVT entre 2 Ma y 10 ka. Para los otros tres campos no se conocen edades. La importancia de conocer la evolución cronológica, radica en la utilidad de esta información para realizar análisis de periodicidad y actividad de los campos monogenéticos. Finalmente, los controles estructurales en estos campos incluyen mecanismos como fallas paralelas, curvatura de fallas, interacciones de sistemas de fallas, contrastes litológicos, sintaxis tectónica dilatacional y lineamientos paralelos a fallas. Estas discontinuidades estructurales pueden influir en el ascenso del magma y en las zonas con mayor probabilidad y susceptibilidad de erupciones. En conclusión, el estudio del vulcanismo monogenético en Colombia ha proporcionado información esencial para evaluar la amenaza volcánica, por lo que es fundamental continuar con su investigación. Este conocimiento es útil para que las instituciones gubernamentales elaboren mapas de amenaza y creen planes de evacuación. Además, permite a las comunidades locales comprender y responsabilizarse de su territorio y prepararse para futuras erupciones, a pesar de las incertidumbres que caracteriza este tipo de actividad volcánica.

Palavras-chave: vulcanismo monogenético; amenaza; colombia.

RESUMO - 02 - RISCOS E DESASTRES AMBIENTAIS

CONCEPÇÃO DE PLANO DE CONTINGÊNCIA PARA DESASTRES ASSOCIADOS A DESLIZAMENTOS – ESTUDO PARA O MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE (MG)

Filemom Henrique Costa Fernandes (filemomhenrique@gmail.com)

Marcos Barreto (mbm@poli.ufrj.br)

Marcio Dertoni (marcio.dertoni@gmail.com)

Problematização da Pesquisa: Em consequência da necessidade de avanços das metodologias de elaboração de planos de contingência específicos para desastres relacionados a deslizamentos, deve-se questionar sobre a possibilidade de utilização de uma metodologia geral para este caso específico de desastre. Objetivos: O objetivo geral do trabalho é a proposta de um método de elaboração de um plano de contingência específico para desastres relacionados a deslizamentos, com base em revisão bibliográfica sobre o tema e na aplicação ao caso do município de Belo Horizonte (MG). Procedimentos metodológicos: Inicialmente, fez-se uma revisão bibliográfica em referências nacionais e internacionais de requisitos gerais para elaboração de planos de contingência genéricos, ou seja, sem serem específicos para o caso de deslizamentos. Através de um critério baseado no atendimento a um conjunto formado por tais requisitos, selecionou-se o método mais adequado para a elaboração de planos de contingência, sendo, posteriormente, adaptado para o caso de deslizamentos. Resultados finais: Apesar de existir metodologias elaboradas pelo governo estadual e governos municipais da região metropolitana de Belo Horizonte

(RMBH), as mesmas possuem lacunas, variando de 30 a 63%, em relação aos requisitos julgados necessários para um plano de contingência. Selecionou-se o método de Dertoni (2016), tendo sido adaptado para o caso de desastres associados a deslizamentos e aplicado para o município de Belo Horizonte. Obteve-se, como resultado final, um plano de contingência que tendo como partes constituintes: a) representação do cenário, caracterizado pelos seguintes elementos: fonte, propagação e receptores; b) identificação da propagação, baseada nas características de propagação de um deslizamento; c) identificação dos receptores potenciais, separados em grandes agrupamentos (densidade demográfica dos bairros, vilas e favelas, logradouros e hospitais), pequenos agrupamentos (escolas, creches e faculdades) e receptores críticos (instalações da rede de energia elétrica, água, esgoto, transporte e transmissão); identificação dos atores naturais e necessários envolvidos na resposta a desastres; elaboração de estratégias de resposta; definição de ações de suporte e alocação de recursos no espaço e no tempo. Conclusões: Concluiu-se que os planos gerais de contingência da RMBH precisam de adaptações quando aplicados para casos específicos de desastres, como no caso de deslizamentos. O método de Dertoni (2016) para elaboração de planos de contingência se mostrou o mais viável para servir de base para o caso específico de deslizamentos. A aplicação do método para o caso de Belo Horizonte considerou os cenários prováveis de desastre baseando-se nas áreas de alta susceptibilidade a deslizamentos, possibilitando a identificação dos potenciais receptores e dos diferentes atores envolvidos em situações de emergência, e a definição das estratégias de resposta, recursos humanos e logísticos e formas de avaliar a eficácia e suficiência das ações.

Palavras-chave: plano de contingência; deslizamentos; desastre; redução de riscos; belo horizonte.

RESUMO - 02 - RISCOS E DESASTRES AMBIENTAIS

ESTUDO DE CASO SOBRE PROCESSOS EROSIVOS NO PERÍMETRO URBANO DE BOM JESUS DAS SELVAS, MARANHÃO

Danillo Silva Nunes (danillosnunes@live.com)

O município de Bom Jesus das Selvas está situado na porção oeste do estado do Maranhão, distante 470 km da capital, São Luís. Nos últimos anos, a região ganhou notoriedade na mídia nacional devido aos impactos socioambientais das voçorocas urbanas, que podem alcançar até 50 metros de profundidade, 200 metros de largura e extensão quilométrico. Diante do cenário preocupante, este estudo objetiva aprofundar a análise das voçorocas urbanas no município, buscando compreender suas causas, impactos e proposição de medidas mitigadoras. A pesquisa concentra-se na influência da destinação inadequada das águas pluviais, somada às características geológicas e edáficas locais. Para alcançar o objetivo proposto, foi utilizada uma abordagem qualitativa, que integrou análise histórica do processo de povoamento da região, pesquisa bibliográfica sobre processos erosivos, solos, geologia, estudos de caso em cidades vizinhas, análise cartográfica e visitas de campo. Feito isso, evidencia-se que a construção da BR-222 alterou o fluxo de drenagem natural da região, direcionando as águas pluviais para um único ponto. Este fato, somado ao crescimento desordenado da zona urbana em região de fragilidade ambiental com alta propensão aos processos erosivos, a impermeabilização do solo pela pavimentação ocasionando aumento do escoamento superficial, a topografia local, a ausência de obras de saneamento básico e de

contenção de taludes, intensificaram o processo erosivo, culminando no cenário alarmante atual. Destaca-se que a área tornou-se um local para despejo irregular de resíduos sólidos urbanos, com repetidos casos de queima criminosa, o que impede o processo de regeneração natural e ainda, à jusante é alvo de retirada clandestina de sedimentos para construção civil. Como consequências tem-se a degradação ambiental, danos a infraestrutura urbana e riscos à segurança da população. Considerando a pequena escala de detalhamento dos levantamentos edáficos e geológicos estaduais, propõe-se a elaboração de estudos sobre as camadas geológicas locais, estabilidade de taludes, dimensionamento de bacias de contenção e construção de obras de civis, com destaque aos preceitos da bioengenharia para mitigação do problema, além do processo de educação ambiental junto aos moradores. Contudo, considera-se que a mitigação dos riscos a vida só será efetivada com os esforços combinados do poder público, por meio da fiscalização e implantação de obras de engenharia, e da população, com a mudança de atitude frente aos problemas e aplicação diária das práticas de segurança.

Palavras-chave: voçoroca; drenagem urbana; planejamento urbano; risco geológico.

RESUMO - 02 - RISCOS E DESASTRES AMBIENTAIS

VULNERABILIDADE FRENTE AOS EVENTOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS NO ESTADO DO PARANÁ

Brendo Washington Lopes Temo (brendo.temo@simepar.br)

Larissa Maciel Ticianel (larissa.ticianel@simepar.br)

Gabrielle Luiza Foschiani De Oliveira (gabrielle.oliveira@simepar.br)

Igor Oscar Alves Da Rocha Blum (igor.blum@simepar.br)

Allan Rodrigo Nunho Dos Reis (allan.nunho@simepar.br)

Gabriel Henrique De Almeida Pereira (gabriel.pereira@simepar.br)

Clovis Cechim Júnior (clovis.cechim@simepar.br)

Flavio Deppe (deppe@simepar.br)

Em decorrência dos efeitos negativos causados por eventos climáticos extremos nas áreas urbanas, são necessárias cada vez mais avaliações para identificação de áreas vulneráveis nestas localidades. Por isso, a resiliência urbana, entendida como a capacidade de restaurar funções essenciais após distúrbios, deve ser priorizada em políticas públicas, visando reduzir os impactos climáticos e melhorar a segurança e o bem-estar das comunidades. Cidades vulneráveis, com maior frequência de desastres, necessitam de ações de adaptação e políticas focadas na construção de resiliência. Dessa forma, a fim de avaliar o panorama da vulnerabilidade das cidades do estado do Paraná, este trabalho comparou as ocorrências de eventos climáticos

extremos e as medidas de adaptação dos municípios. Para isso, cruzou-se os dados disponíveis da Defesa Civil do Paraná, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do Serviço Geológico do Brasil (SGB) e do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), ordenando-os conforme as mesorregiões do estado. Os dados analisados indicaram que, embora as maiores cidades do Paraná registrem mais ocorrências em valores absolutos, a relação proporcional entre ocorrências e habitantes coloca cidades menores como as mais vulneráveis. Além disso, os dados do SNIS e do SGB indicaram que a existência de planos de manejo urbano ou estratégias de prevenção de riscos não está diretamente relacionada ao número de ocorrências registradas. Assim, municípios com maiores volumes proporcionais de ocorrências nem sempre são contemplados por estudos e ações preventivas, o que os tornam mais vulneráveis frente aos eventos climáticos extremos. Dentre os municípios com maior número proporcional de ocorrências, aproximadamente 66% possuem mapeamento de áreas de risco de inundação, mas nenhum possui infraestruturas de resiliência. Ademais, no Paraná, apenas 46 dos 399 municípios possuem setorização de risco cadastrada no SGB. Portanto, a vulnerabilidade climática no Paraná não está necessariamente associada ao porte das cidades, mas sim à ausência de políticas preventivas e infraestruturas de resiliência, especialmente nos municípios menores com maior proporção de ocorrências. A lacuna entre mapeamentos de risco e a implementação de medidas adaptativas reforça a necessidade de ações integradas no planejamento urbano. Essas medidas são fundamentais para mitigar os impactos de eventos extremos e fortalecer a segurança das comunidades.

Palavras-chave: adaptação climática; mapeamento de risco; resiliência urbana; vulnerabilidade climática.

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO PARA COLETA DE DADOS SOCIAIS EM ZONAS DE AUTOSSALVAMENTO: CONTRIBUIÇÕES PARA PLANOS DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO

Marco Túlio Gomes Campos[1], Thiago André Albuquerque Silva[2], Pedro Amoni[3], Ana Paula Gaboardi Costa[4], Marília Luz Soares Tonial[5], Juciara Ferreira da Silva[6], Fernanda Gomes Correa Laham[7] e Henrique Rocha Ribeiro[8]

[1]Arcadis Brasil, marco.campos@arcadis.com | [2]Arcadis Brasil, thiago.albuquerque@arcadis.com | [3]Arcadis Brasil, pedro.azevedo@arcadis.com | [4]Arcadis Brasil, ana.costa@arcadis.com | [5]Arcadis Brasil, marilia.tonial@arcadis.com | [6]Arcadis Brasil, juciara.silva@arcadis.com | [7]Arcadis Brasil, fernanda.laham@arcadis.com | [8]Vale S.A., henrique.ribeiro7@vale.com

Os rompimentos das barragens de Mariana e Brumadinho, em Minas Gerais, destacaram a relevância dos Planos de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM), que fornecem informações essenciais para prevenir acidentes e garantir uma gestão eficaz em cenários de crise. A elaboração desse documento, em conformidade com as exigências legais, exige a realização de um Levantamento de Dados Sociais nas áreas de influência das barragens, fundamental para o dimensionamento de riscos e o delineamento de estratégias de mitigação voltadas para seres humanos e animais. Nesse contexto, torna-se indispensável o desenvolvimento de métodos de amostragem que assegurem a coleta e o processamento de dados sociais com alta qualidade. Assim, este estudo teve como objetivo desenvolver um sistema automatizado para identificar e descrever características de edificações, população e fauna em zonas de autossalvamento (ZAS). O sistema foi projetado com uma estrutura de questionário que minimiza erros de amostragem e reduz a necessidade de coletas adicionais. O processo iniciou-se com o desenvolvimento de um aplicativo para dispositivos móveis, eliminando formulários em papel e minimizando erros de transcrição. O aplicativo foi integrado a um banco de dados SQL estruturado, permitindo o armazenamento em tempo real das informações coletadas, bem como a geração automatizada de relatórios que sintetizam os dados e facilitam sua análise e interpretação. Além disso, foram desenvolvidos *dashboards* interativos para acompanhar as atividades de campo nas áreas amostradas. A integração das informações pelo aplicativo ocorreu de maneira dinâmica, permitindo a complementação dos dados à medida que as respostas eram registradas pelos entrevistadores. Isso reduziu significativamente o tempo necessário para as amostragens e eliminou a necessidade de revisitas às propriedades. Os resultados indicaram uma otimização do processo de coleta e processamento de informações em comparação com metodologias tradicionais, baseadas em formulários físicos ou sistemas não automatizados. O sistema desenvolvido permitiu identificar características detalhadas de 398 edificações, abrangendo 633 indivíduos em situação de vulnerabilidade. Adicionalmente, o estudo avaliou o conhecimento da população acerca das rotas de fuga e dos pontos de encontro em situações de emergência, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias eficazes de comunicação e para a implementação de medidas de mitigação de riscos. Esses avanços fortaleceram a resiliência das comunidades diante de possíveis eventos adversos e melhoraram a gestão de riscos. A experiência relatada neste estudo evidencia a importância de investir continuamente no desenvolvimento e aprimoramento de ferramentas automatizadas para atender às demandas de emergência e segurança em áreas de risco.

Palavras-chave: levantamento socioambiental; gestão de crises; PAEBM.

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR COLLECTING SOCIAL DATA IN SELF-RESCUE ZONES: CONTRIBUTIONS TO EMERGENCY ACTION PLANS FOR MINING DAMS

Marco Túlio Gomes Campos[1], Thiago André Albuquerque Silva[2], Pedro Amoni[3], Ana Paula Gaboardi Costa[4], Marília Luz Soares Tonial[5], Juciara Ferreira da Silva[6], Fernanda Gomes Correa Laham[7] e Henrique Rocha Ribeiro[8]

[1]Arcadis Brasil, marco.campos@arcadis.com
[2]Arcadis Brasil, thiago.albuquerque@arcadis.com
[3]Arcadis Brasil, pedro.azevedo@arcadis.com
[4]Arcadis Brasil, ana.costa@arcadis.com
[5]Arcadis Brasil, marilia.tonial@arcadis.com
[6]Arcadis Brasil, juciara.silva@arcadis.com
[7]Arcadis Brasil, fernanda.laham@arcadis.com
[8]Vale S.A., henrique.ribeiro7@vale.com

The failures of the Mariana and Brumadinho dams, in Minas Gerais, highlighted the relevance of Emergency Action Plans for Mining Dams (PAEBM), which provide essential information to prevent accidents and ensure effective management in crisis scenarios. The development of this document, in compliance with legal requirements, requires the execution of a Social Data Survey in the areas influenced by the dams, which is fundamental for risk assessment and the design of mitigation strategies aimed at both humans and animals. In this context, the development of sampling methods that ensure high-quality social data collection and processing becomes indispensable. Thus, this study aimed to develop an automated system to identify and describe the characteristics of buildings, population, and fauna in self-rescue zones (ZAS). The system was designed with a questionnaire structure that minimizes sampling errors and reduces the need for additional data collection. The process began with the development of a mobile application, eliminating paper-based forms and minimizing transcription errors. The application was integrated into a structured SQL database, enabling real-time storage of collected information as well as the automated generation of reports that synthesize data and facilitate its analysis and interpretation. Additionally, interactive dashboards were developed to monitor field activities in the sampled areas. The integration of information through the application occurred dynamically, allowing data to be supplemented as responses were recorded by interviewers. This significantly reduced the time required for sampling and eliminated the need for revisits to properties. The results indicated an optimization of the data collection and processing process compared to traditional methodologies based on physical forms or non-automated systems. The developed system enabled the identification of detailed characteristics of 398 buildings, covering 633 individuals in vulnerable situations. Additionally, the study assessed the public's knowledge of escape routes and assembly points during emergency situations, contributing to the development of effective communication strategies and the implementation of risk mitigation measures. These advancements strengthened the resilience of communities in the face of potential adverse events and improved risk management. The experience reported in this study underscores the importance of continuously investing in the development and improvement of automated tools to meet emergency and safety demands in risk-prone areas.

Keywords: socio-environmental survey; crisis management; PAEBM.

CONDIÇÕES DE TEMPO E DESASTRE NATURAL: UM ESTUDO DE CASO NO MUNICIPIO DE PARAGOMINAS/PA

(WEATHER CONDITIONS AND NATURAL DISASTER: A CASE STUDY IN THE MUNICIPALITY OF PARAGOMINAS/PA)

Marcos Samuel Matias Ribeiro[1], Maria Helena Constantino Spyrides[2], Kellen Carla Lima[2], Daniele Tôrres Rodrigues[3], Jório Bezerra Cabral Junior[4], Marcio Roberto da Silva Melo[5]
1 Universidade Federal Rural da Amazônia, marcos.matias@ufra.edu.br
2 Universidade Federal do Rio Grande do Norte, mhspyrides@gmail.com, kellencarla@gmail.com
3 Universidade Federal do Piauí, mspdany@yahoo.com.br
4 Universidade Federal de Alagoas, jorio.cabral@igdema.ufal.br
5 Universidade Federal Rural da Amazônia, marcio.melo@ufra.edu.br

RESUMO

Nas últimas décadas as ocorrências de eventos extremos associados às condições de tempo vêm se tornando cada vez mais intensos e frequentes, acarretando diferentes problemas para a sociedade, principalmente quando atinge populações que apresentam condições críticas de vulnerabilidade social e ambiental. Dessa forma, objetivou-se analisar as condições de tempo que ocasionou um evento de precipitação extrema, desencadeando uma ocorrência de desastres natural no município de Paragominas/Pará/Brasil. Foram utilizados dados observados de precipitação provenientes do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), imagens de satélite e radar advindas dos arquivos disponibilizados pela Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais, as informações de desastres coletadas do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2Id) do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, além de registros fotográficos locais da situação na qual ficou o município. A precipitação extrema no município foi no dia 12 de abril de 2018, contabilizando um acumulado diário de 151,4mm, com maior intensidade entre 03:00 e 04:00 horas que registrou 96,6mm e 40,8mm respectivamente, totalizando 137,4mm em duas horas. A média de chuva no mês de abril foi de 18,17mm. Observa-se nas imagens de satélite, forte atividade convectiva sobre a região, com temperaturas de topo da nuvem em torno de -60 a -70 °C. O sistema atmosférico atuante para tal comportamento é a Zona de Convergência Intertropical, com seu deslocamento ao Sul de sua posição normal. Com a alta precipitação observada, o município ficou em situação de Emergência, proveniente de um desastre classificado como enxurrada, com decreto datado em 12/04/2018 e portaria de reconhecimento publicada no DOU em 17/04/2018. Acarretou 2 óbitos, 153 feridos, 911 enfermos, 204 desabrigados, 564 desalojados, 594 unidades habitacionais danificadas, 120 unidades habitacionais destruídas. Além de toda desestruturação causada nos serviços básicos de saúde, educação, assistência social e mobilidade urbana. O entendimento sobre o comportamento dos eventos extremos e as condições de vulnerabilidade socioambientais dará subsídios aos gestores públicos para o direcionamento de políticas públicas eficazes, principalmente em regiões de maior risco.

Palavras-Chave: Chuva Intensa, Calamidade Pública, Danos humanos.

ABSTRACT

In recent decades, extreme weather events have become increasingly intense and frequent, causing various problems for society, especially when they affect populations with critical social and environmental vulnerabilities. Therefore, the aim of this study was to analyze the weather conditions that led to an extreme precipitation event, triggering a natural disaster in the municipality of Paragominas, Pará, Brazil. Observed precipitation data from the National Institute of Meteorology (INMET), satellite and radar images from the Satellite and Environmental Systems Division archives, disaster information collected from the Integrated Disaster Information System (S2Id) of the Ministry of Integration and Regional Development, and local photographic records of the situation in the municipality were used. The extreme precipitation event in the municipality occurred on April 12, 2018, with a daily total of 151.4 mm, the heaviest rainfall recorded between 03:00 and 04:00 hours, amounting to 96.6 mm and 40.8 mm, respectively, totaling 137.4 mm in two hours. The average rainfall for April was 18.17 mm. Satellite images show intense convective activity over the region, with cloud top temperatures around -60 to -70 °C. The atmospheric system responsible for this behavior is the Intertropical Convergence Zone, which had shifted southward from its normal position. Due to the high precipitation observed, the municipality was declared a State of Emergency, resulting from a disaster classified as flash floods, with a decree issued on April 12, 2018, and a recognition ordinance published in the Official Federal Gazette (DOU) on April 17, 2018. The event resulted in 2 fatalities, 153 injuries, 911 illnesses, 204 people displaced, 564 people homeless, 594 damaged housing units, and 120 destroyed housing units. In addition to significant disruptions in essential public services such as health, education, social assistance, and urban mobility. Understanding the behavior of extreme events and social and environmental vulnerabilities will provide public managers with the necessary tools to implement effective public policies, particularly in high-risk areas.

Keywords: Heavy Rainfall, Public Calamity, Human Damage.

RESUMO - 02 - RISCOS E DESASTRES AMBIENTAIS

MAPEANDO MOBILIDADE FLUTUANTE

Maurício Matheus (mauricio.matheus@mineral.eng.br)

Sara Melissa González Martinez (sara.martinez@mineral.eng.br)

Gabriel Sollero (gsollero@mineral.eng.br)

Mariana Faria (mfaria@mineral.eng.br)

Guilherme Klaussner (guilherme@mineral.eng.br)

Conhecer a população em áreas de risco, como os hidrológicos, é essencial para gestão eficaz de emergências. Em zonas urbanas densas o fluxo populacional transitório é difícil de medir, pois os dados censitários não capturam sua dinâmica. Este trabalho propõe uma metodologia para caracterizar a população flutuante em área de risco hidrológico. A Mineral Engenharia e Meio Ambiente, contratada pela Empresa Metropolitana de Águas e Energia (EMAE), caracterizou a população na área potencialmente inundável em casos extremos de chuva que possam comprometer as barragens Guarapiranga e Rio Grande, sudeste do Brasil, no Estado de São Paulo, na Zona de Autossalvamento (ZAS) definida por modelos de Dam-Break no Plano de Ação de Emergência (PAE), conforme exigências da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). As barragens já registraram eventos críticos, sendo a cheia de 2020 uma das mais severas, com alagamentos em diversos bairros, desalojando famílias e impactando a mobilidade urbana. A metodologia proposta analisa a população flutuante em trânsito na ZAS,

considerando sua concentração e variação diária. A metodologia empregou Sistema de Informação Geográfica (SIG) e dados da pesquisa de Origem e Destino de 2017 da Companhia do Metropolitano de São Paulo (Metrô), gerando rotas e demandas de viagens na ZAS, mapas de fluxo e de calor em zonas de ponderação georreferenciadas, para caracterizar a dinâmica da população flutuante na infraestrutura de transporte na área de estudo (ônibus, metrô, trem, terminais e carros).

A espacialização dos dados seguiu uma hierarquia baseada no volume de uso da malha viária e rede de transporte na ZAS, considerando intervalos horários ao longo de 24 horas, para identificar padrões de fluxo. Os dados utilizados incluíram: localização dos domicílios de viajantes que realizam viagens de origem e/ou destino dentro da ZAS; o horário de início e término das viagens; fatores de expansão de domicílios e residentes para estimar valores representativos do total da população flutuante da ZAS. Após tratamento e sobreposição dos dados, foram gerados mapas de calor e de fluxo. Os de calor mostraram as áreas de maior concentração de população flutuante na ZAS, e os de fluxos os picos de movimentação em dias e horários específicos, evidenciando também a formação de linhas de desejo que indicam os trajetos preferenciais dos deslocamentos. A metodologia proposta mostrou-se eficaz para compreender a dinâmica da população flutuante da ZAS, identificando setores críticos a serem priorizados em emergências, mesmo na ausência de dados cadastrais detalhados.

Palavras-chave: população flutuante; análise espacial; linha de desejo; gestão de riscos; zona de autossalvamento.

UTILIZAÇÃO DE MODELAGEM DE ATINGIMENTO DE MOVIMENTOS DE MASSA NA DELIMITAÇÃO DE SETORES DE RISCO
USE OF MASS MOVEMENT RANGE MODELING IN DELIMITING RISK SECTORS

Larissa Mozer Blaudt[1], Marcelo Fischer Gramani[2] e Alessandra Cristina Corsi[3]
1 Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, larimozer@ipt.br
2 Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, mgramani@ipt.br
3 Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, accorsi@ipt.br

RESUMO

A identificação e delimitação de setores de risco são etapas fundamentais em um Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR), pois permitem o planejamento e a implementação de estratégias para redução dos riscos por parte das prefeituras. A ocorrência recente de eventos pluviométricos extremos, que desencadearam escorregamentos em encostas naturais, evidenciou a necessidade de aprimorar o mapeamento de comunidades urbanas situadas na base de encostas com alta suscetibilidade. Com esse objetivo, foi aplicada a modelagem descrita no Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa, do Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada em Riscos de Desastres Naturais (GIDES), nos municípios de Santos e São Sebastião, ambos localizados no litoral de São Paulo. A modelagem proposta no GIDES considera critérios topográficos para delimitar áreas propensas à deflagração de movimentos de massa, bem como aquelas que podem ser atingidas pelos materiais mobilizados. A identificação de trechos suscetíveis a deflagração de movimentos de massa já é abordada por cartas de suscetibilidade, contudo, a determinação do raio de alcance desses processos, especialmente em áreas urbanizadas na base de encostas naturais, representa o maior desafio. De acordo com a metodologia, encostas com altura igual ou superior a 5 metros e inclinação entre 25° e 50° apresentam condições para a ocorrência de escorregamentos planares. Já aquelas com inclinação superior a 50° são mais suscetíveis a quedas de blocos. A definição de setores de risco considera não apenas as áreas que atendem a esses critérios, mas também as regiões a montante e a jusante, delimitadas pela modelagem de alcance. Entretanto, é importante ressaltar que a delimitação espacial do setor não determina, por si só, sua classificação de risco, sendo necessário avaliar outros fatores, como histórico de ocorrências, evidências de instabilidade e vulnerabilidade da ocupação. Considerando as áreas ocupadas por moradias, no município de Santos foram identificados critérios topográficos para a ocorrência de escorregamentos planares e quedas de blocos, enquanto, em São Sebastião, as características do terreno indicaram condições somente para escorregamentos planares. Dos 187 setores mapeados nos dois municípios, a metodologia foi aplicada como ferramenta em 83 setores, dos quais 80 foram classificados como setores de risco para escorregamentos planares e 03 para quedas de blocos. Os resultados demonstram que a modelagem proposta é uma abordagem que contribui para a complementação dos mapeamentos de risco ao delimitar mais precisamente os setores e ao integrar a análise de encostas naturais, ampliando a compreensão dos cenários de risco nos municípios e fornecendo subsídios para aprimorar a gestão territorial e a prevenção de desastres.

Palavras-Chave: Riscos, Escorregamentos, Quedas de Blocos, Modelagem

ABSTRACT

The identification and demarcation of risk areas are fundamental steps in a Municipal Risk Reduction Plan (PMRR), as they allow city governments to plan and implement risk reduction strategies. The recent occurrence of extreme rainfall events that triggered landslides on natural slopes highlighted the need to improve the mapping of urban communities located at the base of slopes with high susceptibility. With this objective, the modeling described in the Danger and Risk Mapping Manual for Mass Gravitational Movements, of the Project to Strengthen the National Strategy for Integrated Management of Natural Disaster Risks (GIDES), was applied in the municipalities of Santos and São Sebastião, both located on the coast of São Paulo. The modeling proposed in GIDES considers topographic criteria to delimit areas prone to the triggering of mass movements, as well as those that may be affected by the mobilized materials. The identification of stretches susceptible to the outbreak of mass movements is already covered by susceptibility maps, however, determining the range of these processes, especially in urbanized areas at the base of natural slopes, represents the biggest challenge. According to the methodology, slopes with a height equal to or greater than 5 meters and an inclination between 25° and 50° present conditions for the occurrence of planar landslides. Those with an inclination greater than 50° are more susceptible to rock falls. The definition of risk sectors considers not only the areas that meet these criteria, but also the upstream and downstream regions, delimited by the reach modeling. However, it is important to emphasize that the spatial delimitation of the sector does not determine, by itself, its risk classification, and it is necessary to evaluate other factors, such as history of occurrences, evidence of instability and vulnerability of the occupation. Considering the areas occupied by housing, topographic criteria for the occurrence of planar landslides and rock falls were identified in the municipality of Santos, while in São Sebastião, the terrain characteristics indicated conditions only for planar landslides. Of the 187 sectors mapped in the two municipalities, the methodology was applied as a tool in 83 sectors, of which 80 were classified as sectors at risk for planar landslides and 03 for block falls. The results demonstrate that the proposed modeling is an approach that contributes to complementing risk mapping by delimiting the sectors more precisely and by integrating the analysis of natural slopes, expanding the understanding of risk scenarios in the municipalities and providing subsidies to improve territorial management and disaster prevention.

Keywords: Risks, Landslides, Rock Falls, Modeling

PERIGOS GEOTÉCNICOS ASSOCIADOS AO CARSTE: CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DE PROCESSOS OCORRIDOS NA REGIÃO DE TRANQUERIA ALMIRANTE TAMANDARÉ, PR

GEOTECHNICAL HAZARDS ASSOCIATED WITH KARST: CHARACTERIZATION AND ANALYSIS OF PROCESSES OCCURRING IN THE TRANQUERIA ALMIRANTE TAMANDARÉ REGION, PR

1º Caroline de Araujo Haluch, 2º Renato Eugenio Lima , 3º Danyelle Stringari

1 Centro de estudo e Pesquisa sobre Desastres – CEPED/PR, Universidade Estadual do Paraná - Unespar, araujo898@gmail.com

2 Centro de apoio cientifico em desastres – UFPR, Universidade Federal do Paraná – CENACID, renatolima@ufpr.br

3 Centro de estudo e Pesquisa sobre Desastres – CEPED/PR, Universidade Estadual do Paraná - Unespar, danyelle.stringari@unespar.edu.br

RESUMO

Na localidade de Tranqueira em Almirante Tamandaré - PR, ocorrem rochas carbonáticas da Formação Capirú: mármores calcíticos e metadolomitos, das unidades Rio Branco e Morro Azul. Litologias altamente suscetíveis ao intemperismo químico através da percolação hídrica e dissolução mineral, resultando em feições no terreno como canais e cavidades subterrâneas, subsidências, colapsos (dolinas), feições típicas de sistemas cársticos. Com a expansão da ocupação e uso do solo, os processos cársticos que naturais se tornam perigosos, ameaçando a população e estruturas diversas.

Este estudo teve como objetivos a criação do banco de dados para caracterização do sistema, confecção do mapa de ocorrências de subsidências e colapsos, análise dos processos perigosos ativos considerando os fatores controladores e deflagradores, considerando influências geológicas, morfológicas e antrópicas. Primeiramente realizou-se revisão teórica sobre carstificação e processos perigosos associados, seguida da aquisição de dados por meio de geodados em SIG (Sistema de Informação Geográfica) e levantamento de campo, utilizando fichas descritivas inseridas no software VICON SAGA 7.4, foram coletadas informações como localização, classificação das feições e morfologia. Por fim a etapa de processamento e análise dos dados nos *softwares* VICON e QGIS 3.26.3 permitindo correlação das informações e geração de mapas.

Foram descritas dez dolinas e dois campos de dolinas, em sua maioria assimétricas e estruturais, apresentando afundamentos entre 1 e 7 metros de diâmetro e profundidades de 0,5 a 2 metros, com evoluções rápidas a graduais, gerando estruturas simples ou complexas. E dentre os processos ativos colapsos, sufusões e subsidências. O mapeamento confirmou que os colapsos se concentram em mármores calcíticos e dolomíticos, em áreas de menor declividade com solos espessos e úmidos favorecendo a dissolução química. As feições indicativas de processos cársticos ativos incluem rachaduras em edificações, inclinação de postes e cercas, danos em vias, subsidências, colapsos e sumidouros.

Os principais fatores de controle são a composição litológica suscetível à dissolução química, as estruturas tectônicas como fraturas e falhas que atuam como caminhos preferenciais para percolação e dissolução. O avanço na ocupação e uso do solo são os

principais deflagradores, a atividade agrícola aumenta a exposição ao intemperismo, intensificando a dissolução, a mineração tem grande impacto devido aos volumes de bombeamento hídrico, uso de explosivos e tráfego de veículos pesados gerando sismos e remobilização subterrânea de material.

O monitoramento de indicadores, controle dos fatores deflagradores, atualização constante do banco de dados geotécnico e elaboração de mapas de risco, são essenciais para a gestão ambiental e urbanística, medidas fundamentais para prevenir desastres em terrenos cársticos, garantindo segurança para população, infraestrutura e meio ambiente.

Palavras-Chave: Cárstico; Dolinas; Perigo; Monitoramento; Sistema.

ABSTRACT

In the locality of Tranqueira in Almirante Tamandaré - PR, there are carbonate rocks of the Capirú Formation: calcite marbles and metadolomites, from the Rio Branco and Morro Azul units. These lithologies are highly susceptible to chemical weathering through water percolation and mineral dissolution, resulting in terrain features such as underground channels and cavities, subsidence, collapses (dolines), typical features of karst systems. With the expansion of occupation and land use, natural karst processes become dangerous, threatening the population and various structures.

The objectives of this study were to create a database to characterize the system, create a map of subsidence and collapse occurrences, and analyse active hazardous processes considering the controlling and triggering factors, taking into account geological, morphological and anthropic influences. First, a theoretical review of karstification and associated hazardous processes was carried out, followed by data acquisition using GIS (Geographic Information System) geodata and a field survey, using descriptive sheets entered into the VICON SAGA 7.4 software, which collected information such as location, classification of features and morphology. Finally, the data was processed and analyzed using VICON and QGIS 3.26.3 *software*, allowing the information to be correlated and maps to be generated.

Ten dolines and two doline fields were described, most of them asymmetrical and structural, with Dolines between 1 and 7 meters in diameter and depths of 0.5 to 2 meters, with rapid to gradual evolution, generating simple or complex structures. Among the active processes are collapses, suffusions and subsidence. The mapping confirmed that the collapses are concentrated in calcite and dolomite marbles, in areas of lower slope with thick, moist soils favoring chemical dissolution. Features indicative of active karst processes include cracks in buildings, leaning posts and fences, damage to roads, subsidence, collapses and sinkholes.

The main controlling factors are the lithological composition susceptible to chemical dissolution, tectonic structures such as fractures and faults that act as preferential paths for percolation and dissolution. The advance in occupation and land use are the main triggers, agricultural activity increases exposure to weathering, intensifying dissolution, mining has a major impact due to the volumes of water pumping, use of explosives and heavy vehicle traffic generating earthquakes and underground remobilization of material.

Monitoring indicators, controlling triggering factors, constantly updating the geotechnical database and drawing up risk maps are essential for environmental and urban management, which are fundamental measures for preventing disasters in karst terrain, guaranteeing safety for the population, infrastructure and the environment.

Keywords: Karst, Dolines, Hazard, Monitoring, System.

RESUMO - 02 - RISCOS E DESASTRES AMBIENTAIS

CATEGORIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA ESCOLAR EN CHILE CON RESPECTO A AMENAZAS DE ORIGEN NATURAL Y ANTRÓPICAS.

Italo Ortiz Oporto (italortizo@gmail.com)

Andrea Soledad Martínez Arias (amartineza@udec.cl)

María José Herrera Ossandón (maherrera@udec.cl)

Valentina Ignacia González Bernal (valgonzalez2018@udec.cl)

Los establecimientos educacionales son definidos como infraestructura crítica, Chile al estar ubicado en el cinturón de fuego del pacífico, está expuesto a constantes amenazas naturales y antrópicas, como implica por ejemplo la amenaza de incendios forestal. Esto pone en valor el cómo salvaguardar infraestructura crítica, en este caso, educacional. Por lo tanto, una forma de construir establecimientos estandarizada para todo el territorio, a pesar de lo complejos que son los diferentes escenarios del territorio, nos plantea la pregunta de ¿Cómo saber a qué escenario se enfrenta cada escuela para mejorar o sugerir su respuesta en un escenario de riesgo de desastre? Metodología: Este estudio usa una metodología documental y relacional al incorporar la ubicación geográfica con software de código abierto (Quantum GIS), posibilitando la integración de información espacial de las escuelas públicas, subvencionas y privadas, asociando las diferentes capas de información de amenazas definidas por el Ministerio de Medioambiente (MMA) como por ejemplo, eventos hidrometeorológicos, inundaciones, sequías, actividad volcánica, remoción en masa e incendios forestales, estos datos, obtenidos desde instituciones como el

MMA y datos de Infraestructura de Datos Geoespaciales (IDE) de Chile, contrastando los datos con establecimientos educacionales, estos últimos georreferenciados desde la base de datos del Ministerio de Educación (MINEDUC). Resultados: El estudio identifica escuelas públicas, subvencionadas y privadas expuesta a amenazas, simples o a más de una a la vez, lo cual se vuelve más complejo a gestarse “efectos cascada”, siendo usual la asociación de desastres meteorológico con remoción en masa. Esta georreferenciación permite determinar no solo la cantidad de establecimientos expuestos, sino centrar el análisis en las comunidades que están en zonas de exposición de amenazas. Conclusión: A pesar de que a la infraestructura crítica escolar es un bien nacional, carece de herramientas para confrontar una situación de amenaza. El estudio categoriza establecimientos en su entorno de riesgos. Considerando el uso comunitario de las escuelas, especialmente las escuelas públicas que se usan como albergues en situaciones de catástrofes, surge la oportunidad situar una escuela como articulador en una situación de riesgo, lo cual es coherente con el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030.

Palavras-chave: infraestructura crítica; desastres naturales; incendios forestales; escuelas; georreferenciación.

CORRELATION STUDY BETWEEN MASS MOVEMENTS AND ACCUMULATED PRECIPITATION FOR THE CITY OF OURO PRETO (MG)

Gabriela Luísa Simplício Pereira[1], Bárbara Cristina Mendanha Reis[2]

[1] Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), gabriela.simplicio@aluno.ufop.edu.br

[2] Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), barbara.reis@ufop.edu.br

RESUMO

A ocorrência de movimentos de massa se relaciona a vários fatores, dentre eles aspectos hidrológicos, geomorfológicos e a ocupação de encostas. A cidade de Ouro Preto (MG), assim como muitas outras cidades coloniais brasileiras, mantem a tradição construtiva portuguesa em encostas, apresentando núcleos históricos preservados em meio ao relevo montanhoso. O Brasil, porém, difere das construções europeias em muitos aspectos, devido a mudança do clima temperado para o clima tropical, além de cobertura vegetal e contexto geológico-geotécnico distintos. No município, existe uma significativa preocupação com os movimentos de massa, visto o grande número de eventos anuais, especialmente durante o período, parecendo assim dependentes um do outro. Neste trabalho, se objetiva a realização de uma análise multicriterial, estudando a relação de movimentos de massa a dois fatores condicionantes deflagradores: a precipitação e ocupação desordenada, atualizando os limiares desencadeadores existentes para o município. O processo metodológico baseou-se na metodologia de determinação de envoltória de escorregamentos de Tatizana et al. (1987) e as adaptações realizadas no trabalho de Castro (2006). Foram utilizados os registros de movimentos de massa coletados e compilados por Castro (2006) e Xavier (2018) e os dados pluviométricos foram cedidos por Souza (2023), da Estação Saramenha, operada pela empresa Alcan. Assim, compatibilizou-se os períodos das duas séries de dados e obteve-se o período de estudo de 1982 a 2014. A análise descritiva dos dados de precipitação reforçou a existência de um período chuvoso entre os meses de outubro e março no município. E, a análise descritiva dos dados de movimentos de massa evidenciou a existência de uma correlação entre a ocorrência dos dois eventos, visto que mais de 90% dos registros de movimentos de massa ocorreram no período chuvoso. A análise de períodos de acumulação indicou os períodos de 4 a 6 dias como mais significativos, seguindo a tendência encontrada por Castro (2006) e Silva (2015), não apresentando diferenças notáveis nos períodos superiores a 8 dias. Segundo Soares e Ramos Filho (2015), o dia de acumulação que representa maior influência na deflagração dos movimentos de massa é apresentado como o diagrama de menor número de dias que apresenta uma separação mais nítida dos pontos com e sem escorregamentos. Assim, obteve-se que o intervalo mais representativo para a série de dados é de 4 dias de acumulação, resultando na equação de $PD = 1134 \times PA^{-0,817}$ e $R^2 = 0,9922$, e limiar de atenção de 47,99 mm.4dias-1 e de alerta de 103,1 mm.4dias-1. Além disso, análise espacial reforçou a hipótese da recorrência anual dos eventos durante o período chuvoso, principalmente nas áreas dos setores de risco atuais, dos bairros críticos Alto da Cruz, Padre Faria, Santa Cruz e São Cristóvão, apontados pela análise de agrupamentos.

Palavras-Chave: Movimentos de massa. Escorregamentos. Precipitação acumulada. Chuvas Intensas.

ABSTRACT

Mass movement occurrences are influenced by multiple factors, including hydrological, geomorphological conditions, as well as hillside occupation. Ouro Preto – Minas Gerais, a historical Brazilian city, which reflects Portuguese architectural traditions in mountainous terrain, preserving colonial urban centers. However, the transition from temperate to tropical climate, along with distinct vegetation and geotechnical conditions, introduces significant differences from European contexts. The municipality registers a high frequency of mass movement events, especially during the rainy season, indicating a strong correlation between rainfall and slope instability. This study presents a multicriteria analysis, investigating the relationship between mass movements and two triggering factors: precipitation and disordered urban occupation. The methodology is based on the landslide envelope model by Tatizana et al. (1987) and adaptations proposed by Castro (2006). Mass movements data were obtained from works of Castro (2006) and Xavier (2018), and the pluviometric records were provided by Souza (2023) from the Saramenha Station, operated by the company Alcan. Thus, the periods of the two datasets were integrated, resulting in the analysis period from 1989 to 2014. The descriptive analysis confirmed a rainy season from October to March, during which over 90% of recorded mass movements occurred. Accumulation period analysis identified 4 to 6-day intervals as most significant, aligning with previous studies of Silva (2015) and Castro (2006). The most representative rainfall threshold was determined to be a 4-day accumulation period, resulting in the empirical equation $PD = 1134 \times PA^{-0,817}$ and $R^2 = 0,9922$, with an attention limit of 47.99 $mm \cdot 4days^{-1}$ and an alert limit of 103.1 $mm \cdot 4days^{-1}$.Spatial analysis confirmed the annual recurrence of events during the rainy season, especially in critical areas identified through cluster analysis, especially in the Alto da Cruz, Padre Faria, Santa Cruz, and São Cristóvão neighborhoods. These findings contribute to updating predictive models and improving risk management strategies for mass movement events in Ouro Preto.

Keywords: Mass Movements, Accumulated Precipitation, Landslides, Heavy Rain.

EIXO TEMÁTICO 2

RISCOS E DESASTRES AMBIENTAIS

ARTIGOS COMPLETOS

ARTIGO - 02 - RISCOS E DESASTRES AMBIENTAIS

METODOLOGIA FLORIMA (FLOODS RISK MANAGEMENT) PARA MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO - A PROPOSTA DA DEFESA CIVIL DE JUIZ DE FORA/MG

Joviano Elias De Souza Assis (jovianoassis6@gmail.com)

Luís Fernando Martins (fernandodefesacivilpjf@gmail.com)

Gabriel Felipe Iranço Martins Da Silva (gabrieldefesacivil.pjf1@gmail.com)

Rafael Fabiao (rafael.fabiaorfs@gmail.com)

Marcio Aparecido Meireles (marciomeirelesjfora@gmail.com)

Wilson Rodrigues Lourinho Netto (wilsonrlnetto@gmail.com)

Felipe Guedes De Almeida (felipe.guedes.engjf@gmail.com)

Ana Carolina Marini Magalhães De Toledo (anacarolinatoledo@id.uff.br)

Ao longo das últimas décadas o crescimento desordenado das cidades, contribuiu para que cenários de desastres sejam cada vez mais frequentes, e um dos mais comuns são as inundações. Tal cenário inclusive se aplica ao território do município de Juiz de Fora/MG, que ao longo do período chuvoso (entre outubro e março), sofre com recorrentes inundações nos Bairros Santa Luzia, Industrial, Mariano Procópio, Democrata, Linhares, Jardim Esperança, Retiro, Floresta, Santa Efigênia, Sagrado Coração de Jesus e Igrejinha. Um dos preceitos tanto da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) como do Marco de Sendai é o conhecimento sobre os riscos de desastres no território municipal. Isto posto, tem-se que as defesas civis atualmente possuem uma grande dificuldade de realizar mapeamentos de forma independente, ficando tais estudos sob dependência do apoio técnico dos Governos Estaduais e Federais.

Visando padronizar a forma de mapear as áreas de inundação, ter dados mais precisos e contribuir com os municípios de menor porte a realizar tais estudos de forma independente, o artigo em questão visa apresentar a chamada metodologia Florima - Floods Risk Management elaborada pelo corpo técnico da Defesa Civil de Juiz de Fora/MG, que faz uso de modelagem hidrodinâmica, produzida através do

software Hec-RAS e de plataformas de geoprocessamento para obtenção das manchas de inundação nas áreas de risco da cidade. Como produtos é possível obter os arquivos matriciais referentes a altura da lâmina d'água e a velocidade do fluido oriundo da inundação para chuvas de tempos de recorrência diversos. Após é aplicada a técnica de álgebra dos mapas, onde é realizado o produto das duas variáveis supracitadas para fins de obtenção do índice de perigo em m²/s. É avaliada ainda a condição de vulnerabilidade das edificações às margens do curso d'água em estudo, e obtidas tais informações, novamente é aplicada a técnica da álgebra de mapas com as variáveis índice de perigo e vulnerabilidade, para determinar o risco de inundação, na área de análise. O produto final é o mapa de risco de inundação.

Palavras-chave: inundação; gestão de riscos; metodologia florima; mapeamento de áreas de risco.

RISCO DE EVENTOS NA-TECH MOTIVADOS POR INUNDAÇÕES – RIO GRANDE DO SUL

RISK OF NA-TECH EVENTS TRIGGERED BY FLOOD – RIO GRANDE DO SUL

1º Nair Vicenzi Antunes de Quadros[1] e 2º José Carlos de Moura Xavier[2]

1 Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, nairvicenzi@uol.com.br

2 Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, josecx59@gmail.com

RESUMO

As mudanças climáticas têm intensificado os fenômenos naturais, como as inundações ocorridas no Rio Grande do Sul em 2024, evidenciando a vulnerabilidade das infraestruturas industriais a eventos Na-tech, caracterizados por explosões, incêndios e liberações tóxicas em instalações que manipulam ou armazenam substâncias perigosas. Este estudo analisa os impactos desses eventos, destacando a falta de legislação específica no Brasil para prevenir e responder a cenários Na-tech. Apesar de inspeções da Fepam registrarem medidas preventivas, como barreiras flutuantes e a relocação de empresa em área suscetível, não foram identificadas evidências conclusivas de acidentes tecnológicos. O monitoramento revelou deficiências na coleta de dados, dificultando a identificação de impactos. Nesse contexto, é essencial modernizar instalações vulneráveis, criar um arcabouço legal básico e adotar estratégias de planejamento territorial que evitem a instalação de indústrias perigosas em áreas suscetíveis a desastres naturais, promovendo maior resiliência industrial e comunitária frente a extremos climáticos.

Palavras-Chave: Na-tech. Inundação. Acidente Tecnológico. Fenômeno Natural. Mudanças Climáticas.

ABSTRACT

Climate change has intensified natural phenomena, such as the floods that occurred in Rio Grande do Sul in 2024, highlighting the vulnerability of industrial infrastructures to Na-tech events, characterized by explosions, fires, and toxic releases in facilities that handle or store hazardous substances. This study analyzes the impacts of these events, emphasizing the lack of specific legislation in Brazil to prevent and respond to Na-tech scenarios. Although Fepam inspections have recorded preventive measures, such as floating barriers and the relocation of companies in vulnerable areas, no conclusive evidence of technological accidents has been identified. Monitoring revealed deficiencies in data collection, hindering the identification of impacts. In this context, it is essential to modernize vulnerable facilities, create a basic legal framework, and adopt territorial planning strategies that prevent the establishment of hazardous industries in areas prone to natural disasters, promoting greater industrial and community resilience against climate extremes.

Keywords: Na-tech. Flood. Technological Accident. Natural Phenomena. Climate Change.

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm aumentado a frequência e intensidade de desastres naturais, como chuvas intensas, ondas de calor, secas extremas e ciclones, gerando significativos impactos socioambientais (IPCC, 2021). Entre 2013 e 2022, 93% dos municípios brasileiros (5.199) relataram desastres, com cerca de 2 milhões de moradias danificadas ou destruídas e mais de 4,2 milhões de pessoas deslocadas (CNM, 2023). Projeções indicam maior ocorrência de chuvas extremas no Brasil, intensificando desastres geohidrológicos, com deslizamentos prevalentes em grande parte do território e inundações concentradas no Sudeste e Sul (ASCOM/CEMADEN, 2022).

Fenômenos naturais também podem desencadear acidentes tecnológicos, conhecidos como Na-tech, como explosões, incêndios e liberações tóxicas em instalações que manipulam substâncias perigosas. A imprevisibilidade climática global tende a agravar a frequência e severidade desses eventos, exigindo revisão de políticas de prevenção e mitigação (KRAUSMANN; CRUZ; SALZANO, 2017). A falta de planejamento urbano, ocupação de áreas vulneráveis e a exposição de estruturas industriais a extremos climáticos aumentam os perigos de Na-tech, demandando uma gestão integrada, fundamentada em ciência e dados, para prevenir e mitigar impactos, o que torna relevante o estudo de eventos Na-tech associados a essas ocorrências.

Este estudo analisa os impactos de inundações em instalações industriais, com foco em eventos Na-tech, tomando como referência as inundações que afetaram o Rio Grande do Sul entre abril e maio de 2024. O objetivo é identificar vulnerabilidades industriais, promover resiliência e propor estratégias de mitigação e resposta para minimizar impactos em infraestruturas críticas e comunidades afetadas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Desastres naturais

A Lei nº 14.750, de 12 de dezembro de 2023, estabelece diretrizes para a prevenção de acidentes e desastres, o monitoramento de perigos, a recuperação de áreas afetadas, e a emissão de alertas antecipados (BRASIL, 2023). A legislação brasileira define desastre como evento adverso, natural ou causado pela ação humana, que impacta ecossistemas e populações vulneráveis, gerando danos humanos, materiais e ambientais, além de prejuízos econômicos e sociais. Este estudo adotará a definição legal brasileira para analisar desastres no país, contextualizando as discussões conforme a legislação vigente.

Em 2023, o Brasil registrou 1.161 desastres, com 62% associados a eventos geohidrológicos e hidrológicos. O relatório S2ID registrou 132 mortes e cerca de 524 mil desalojados, relacionados a eventos chuvosos, sendo a região Sul a mais afetada (BRASIL, 2024). De 1991 a 2024, aproximadamente 6.345 eventos de inundações foram registrados, dos quais 10,38% ocorreram no Rio Grande do Sul, impactando mais de 400 mil pessoas (ATLAS SOCIOECONÔMICO, 2024). As chuvas intensas de abril e maio de 2024 causaram deslizamentos de terra e inundações em níveis sem precedentes no estado (COPAAERGS, 2024).

2.2 Eventos Na-tech

Segundo Showalter e Myers (1992, 1994), eventos Na-tech ocorrem quando fenômenos naturais resultam na liberação de substâncias químicas perigosas para o meio ambiente. O termo é uma combinação de "Natural" e "Technological", descrevendo situações em que fenômenos naturais desencadeiam acidentes tecnológicos. Terremotos, inundações e outros, podem agravar o impacto humano ao liberar substâncias perigosas da indústria, contaminando o ambiente e afetando as pessoas (KRAUSMANN et al., 2011). Os impactos sobre infraestruturas industriais são recorrentes, mas frequentemente ignorados na gestão de eventos Na-tech (NECCI; KRAUSMANN, 2022).

Com as mudanças climáticas, os fenômenos naturais estão mudando de tempo e local, exigindo adaptação nas estratégias de gestão de Na-tech. Novas informações sobre perigos naturais devem levar à revisão das avaliações e medidas de gestão, um desafio devido às incertezas (NECCI; KRAUSMANN, 2022). A falta de preparação para Na-tech foi evidenciada por acidentes graves, destacando a vulnerabilidade das instalações tecnológicas e a falta de preparo das autoridades para cenários complexos (SALZANO et al., 2013). A gestão de eventos Na-tech é complexa e multidisciplinar, e os métodos convencionais de segurança industrial muitas vezes não são eficazes, devido a desafios como liberações simultâneas de substâncias e a falha de barreiras de segurança. A resposta a esses acidentes é dificultada pela competição por recursos e pela inadequação de medidas tradicionais em cenários pós-desastres naturais (KRAUSMANN; CRUZ; SALZANO, 2017).

De acordo com Necci e Krausmann (2022), muitos acidentes Na-tech poderiam ser evitados com maior conscientização. Após grandes incidentes, a União Europeia fortaleceu a legislação preventiva, como a Diretiva Seveso III, que exige a monitoração de indústrias de alto risco. Além disso, várias iniciativas, tanto nacionais quanto internacionais, têm se concentrado em aprimorar a gestão de Na-tech, incluindo publicações do INERIS (2014), OECD (2015), UNI (2021) e TRAS 310, 320 (2022), bem como o guia DSB (2022). No Brasil, embora existam regulamentações sobre gestão de riscos de desastres, ainda não há legislação específica para eventos Na-tech.

Para prevenir Na-tech, é crucial limitar instalações de alto risco em zonas sujeitas a desastres naturais e adotar estratégias de planejamento territorial. Instalações mais antigas, localizadas em áreas vulneráveis devido às mudanças climáticas, podem precisar ser realocadas ou modernizadas. A segurança inerente e redundâncias podem reduzir perigos, mas falhar em fenômenos naturais devido a causas comuns (KRAUSMANN & NECCI, 2021).

A compreensão dos eventos Na-tech no Brasil exige o conhecimento de sua distribuição geográfica, frequência e tendências nos últimos 30-40 anos, considerando as mudanças climáticas. Isso pode ser alcançado com a unificação dos registros em um banco de dados específico, superando a ausência de ferramentas adequadas nos sistemas existentes (XAVIER; SOUSA JUNIOR, 2015, 2016). No contexto das mudanças climáticas, os eventos Na-tech resultam da interação complexa entre sistemas humanos, ambientais e sociais, e a perspectiva das ciências da Terra é crucial para compreender os impactos climáticos e ajustar as pesquisas baseadas em dados históricos (MAO et al., 2024).

2.3 Eventos Na-tech associados a inundações

As inundações, fenômenos naturais comuns, podem ser causadas por diversos fatores, como cheias de rios, chuvas intensas, ciclones tropicais, escoamento urbano, colapso de represas e tsunamis, causando danos significativos a empresas, ao afetar instalações, produtos, matérias-primas e documentos essenciais. Além disso, esses fenômenos podem desencadear acidentes tecnológicos, conhecidos como “Na-tech”, incluindo explosões e incêndios (PIATYSZEK et al., 2017).

No Brasil, dois eventos Na-tech associados a inundações ocorreram na Serra do Mar, em Cubatão, São Paulo, em 2013. Em 22 de fevereiro, chuvas intensas (225,2 mm em 24 horas) causaram a inundação da Refinaria Presidente Bernardes (RPBC) e o transbordamento da Estação de Tratamento de Despejos Industriais (ETDI), liberando material oleoso no rio Cubatão. Deslizamentos também atingiram a Estação de Tratamento de Água (ETA) Pilões, arrastando cinco cilindros de cloro (Cl_2) para os rios Pilões e Cubatão, dois dos quais foram encontrados danificados em locais distantes. Em 17 de março, novas chuvas (189,2 mm em 24 horas) inundaram áreas da refinaria, incluindo a Bacia de Acumulação de Efluentes, liberando borra oleosa para o rio Cubatão (XAVIER, 2017, p. 17).

Segundo Piatyszek et al. (2017), durante inundações, os equipamentos industriais podem ser danificados por detritos externos, pelo impacto direto das águas, deslizamentos, colisão com outros equipamentos e deslocamento de ativos. Esses eventos destacam as plantas industriais como elementos vulneráveis aos Na-tech e fontes de acidentes tecnológicos. Para mitigar os efeitos, é essencial que as empresas adotem medidas de prevenção, proteção e gerenciamento de emergência. Estudos sobre os efeitos das inundações em equipamentos industriais revelaram danos estruturais e falhas em equipamentos elétricos (CAMPEDEL, 2008). Cozzani et al. (2010) indicam que a falta de dados detalhados dificultou a análise dos danos, mas os dados disponíveis destacaram os modos de danos, como reações químicas com a água e a liberação de substâncias, principalmente pela contaminação dos corpos d’água. Essas análises permitiram o desenvolvimento de árvores de eventos pós-liberação para avaliar as consequências dos acidentes. A deficiência de dados é um desafio no gerenciamento de Na-tech, exigindo esforços colaborativos futuros para superar essa limitação (MAO et al., 2024).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este item descreve o delineamento da pesquisa, detalhando o objeto de estudo, as fontes de dados utilizadas e os métodos adotados para consistência e adequação das abordagens empregadas para alcançar o objetivo proposto.

3.1 Caracterização do objeto da pesquisa

O estudo foca nos empreendimentos industriais do Rio Grande do Sul, região com 497 municípios, 10,88 milhões de habitantes e área de 281.707 km² (IBGE, 2022). O clima local é influenciado por El Niño, que intensifica as chuvas, como as registradas em 2023 e 2024, e por La Niña, que reduz a precipitação (MAPBIOMAS, 2024). O período de maio e abril de 2024 foi escolhido para investigar eventos Na-Tech, que envolvem a interação entre impactos naturais

e acidentes tecnológicos. As atividades industriais são caracterizadas como qualquer atividade que beneficia ou transforma matéria-prima em produto e são consideradas potencialmente poluidoras ou causadoras de degradação ambiental (FEPAM, 2016a, 2016b). Inundações ocorrem quando o volume de água excede a capacidade de contenção de margens naturais ou canais, frequentemente em planícies devido as chuvas intensas que sobrecarregam bacias de contribuição (BRASIL, 2022). Já enchentes acontecem quando as águas de chuvas alcançam um curso d'água, aumentando temporariamente a vazão ou o volume descarregado (BRASIL, 2007).

3.2 Caracterização das fontes de dados

As fontes consultadas para este estudo incluem a Plataforma de Prospecção e Inteligência em Vendas B2B (ECONODATA), a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), o Atlas de Vulnerabilidade a Inundações 2012, o Portal da Indústria e a Federação das Indústrias do Rio Grande do Sul (FIERGS), o Mapa Único do Plano Rio Grande (MUP RS), o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) e a Defesa Civil do Estado do Rio Grande do Sul. Também foram analisados artigos científicos, relatórios técnicos, reportagens online e em canais de TV, com foco nos impactos e nas respostas às inundações de abril e maio de 2024.

3.3 Método

O método de análise adotado neste estudo envolveu a integração e correlação dos dados obtidos de diversas fontes, a fim de identificar padrões e relacionamentos entre as inundações e possíveis acidentes tecnológicos, particularmente no contexto dos eventos Na-tech.

3.3.1 Análise Qualitativa e Quantitativa

Os dados foram organizados e categorizados para identificar variáveis comuns, como localização das indústrias e áreas vulneráveis a inundações. A análise quantitativa correlacionou acidentes e danos com dados meteorológicos e geográficos, enquanto a análise qualitativa caracterizou cenários de acidentes envolvendo substâncias químicas e perigosas.

3.3.2 Integração de Dados Espaciais e Temporais

A análise utilizou um enfoque espacial para correlacionar a distribuição de indústrias e infraestrutura com áreas vulneráveis e afetadas por inundações, avaliando a relação entre a intensidade das chuvas e os setores mais suscetíveis a impactos de eventos Na-tech.

3.3.3 Informações Complementares

Para identificar indícios de acidentes tecnológicos associados às inundações, realizou-se uma pesquisa abrangente em jornais, portais de notícias, redes sociais e outros meios,

buscando relatos e registros sobre ocorrências relacionadas ao manejo, transporte ou armazenamento de substâncias químicas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta os dados obtidos e sua análise, correlacionando os resultados com os objetivos propostos, seguindo as metodologias definidas para assegurar a coerência das conclusões.

4.1 RESULTADOS - Apresentação dos Dados

4.1.1 Panorama da Indústria e Setor Energético – Rio Grande do Sul

De acordo com o Portal da Indústria (2024), o Rio Grande do Sul possui 51.189 empresas industriais, o que corresponde a 8,9% do total nacional, posicionando o estado como o 5º colocado no ranking de estabelecimentos e trabalhadores industriais. Os principais setores industriais são: 17,4% na Construção, 16,8% em Alimentos, 12,4% em Serviços Industriais de Utilidade Pública, 7,2% em Químicos e 6,4% em Máquinas e Equipamentos. O setor químico no estado é diversificado, abrangendo desde a comercialização de produtos químicos e petroquímicos até a fabricação de itens como produtos de limpeza, cloro, sabões, tintas, vernizes, químicos orgânicos e inorgânicos, além de resinas termoplásticas, óxidos, plásticos, tecidos especiais, papel, peças automotivas, calçados e produtos de refino de petróleo, também realizando operações de armazéns gerais (ECONODATA, 2024).

No estado há três terminais lacustres (Canoas, Rio Grande e Triunfo) com 32 tanques e capacidade nominal de 140.454 m³ de derivados (exceto GLP) e etanol; três terminais marítimos (um em Osório e dois em Rio Grande) com 86 tanques e capacidade de 509.000 m³ de petróleo, 477.425 m³ de derivados e etanol, além de 2.616 m³ de GLP; e um terminal terrestre (em Rio Grande) com 8 tanques e capacidade de 7.809 m³ de derivados e etanol. Além disso, o estado conta com duas refinarias (Rio Grande e Canoas) com capacidade de refino de 237.157 barris/dia de petróleo e armazenamento total de 1.458.438 m³, incluindo petróleo, derivados, intermediários e etanol (ANP, 2023).

4.1.2 Panorama de inundações – Rio Grande do Sul

O Atlas de Vulnerabilidade a Inundações do Rio Grande do Sul (2012) identificou 1.392 trechos inundáveis em 134 cursos d'água, abrangendo 303 dos 496 municípios do estado, sendo 34% de alta vulnerabilidade, 28% de média e 38% de baixa. Em Porto Alegre, foram identificados cinco trechos, todos de alta vulnerabilidade (ANA, 2012). Entre 1991 e 2024, o Brasil registrou 6.345 eventos de inundações, com o Rio Grande do Sul respondendo por 10,38% das ocorrências, afetando mais de 400 mil pessoas (ATLAS SOCIOECONÔMICO, 2024). Entre 2023 e 2024, o estado enfrentou desastres naturais severos, incluindo as chuvas de novembro de 2023, que impactaram 138 municípios, especialmente no Vale do Taquari. Em 2024, o estado vivenciou o maior desastre de sua história, com inúmeras mortes, milhares de desabrigados e prejuízos financeiros estimados em R$ 4,6 bilhões (JORNAL DA UNESP, 2024).

4.1.2.1 Evento inundações – Abril/maio de 2024

As chuvas intensas de abril e início de maio de 2024 causaram a maior catástrofe climática da história do Rio Grande do Sul. Entre 27 de abril e 2 de maio (6 dias), diversas cidades registraram precipitação pluvial entre 300 e 400 mm, e outras atingiram de 500 mm a 700 mm, equivalente a um terço da média histórica anual (COPAAERGS, 2024). A precipitação acumulada em 15 dias, a partir de 27 de abril, também registrou grandes áreas com chuvas entre 300 mm e 400 mm (INMET, 2024).

Esse evento provocou enchentes, inundações, deslizamentos e elevou o nível dos rios, afetando estradas e infraestruturas. A Bacia do Guaíba foi uma das mais impactadas, e a inundação do lago Guaíba alcançou 5,35 metros, superando as enchentes de 1941. Atingindo 469 municípios (dados de 23/05/2024), resultando em mortes, milhares de desabrigados e significativos danos materiais. O estado de calamidade pública foi decretado nos dias 1 e 5 de maio pelos governos estadual e federal (COPAAERGS, 2024). De acordo com o Governo do Rio Grande do Sul (2024), a Defesa Civil divulgou, em 20 de agosto, uma atualização sobre as enchentes, informando que 2.398.255 pessoas foram afetadas, 806 feridas, 27 desaparecidas e 183 óbitos foram confirmados.

Segundo o Mapa Único do Plano Rio Grande (MUP RS), os fenômenos meteorológicos ocorridos entre abril e maio de 2024 impactaram 970.788 pessoas e 537.936 endereços**.** As regiões mais afetadas foram: Vale do Rio dos Sinos (22,7%), Vale do Taquari (21,5%), Paranhana-Encosta da Serra (17,5%), Região Sul (16,7%) e Vale do Caí (15,0%), (MUP RS, 2024).

4.1.2.1.1 Impactos nas infraestruturas e Atividades Econômicas

Entre 23 de maio e 10 de junho de 2024, 220 indústrias do Rio Grande do Sul participaram de um questionário online, disponível para empresas interessadas. Entre as participantes, 65,5% estão localizadas no Vale dos Sinos, na Região Metropolitana e na Serra, com 55% atuando nos setores de Borracha e Plástico, Máquinas e Equipamentos, Alimentos, Couro e Calçados e Metalurgia. A maior parte das empresas (64,1%) é de médio ou grande porte. O levantamento indicou que 81% das empresas foram impactadas pelas enchentes de maio de 2024, sendo que 63% enfrentaram paralisação total ou parcial das atividades, geralmente por até 30 dias, com uma média de 14 dias. Cerca de 60% das empresas retomaram suas operações em até um mês, enquanto aquelas que ficaram fechadas por mais de 15 dias tinham, em sua maioria, um faturamento superior a R$ 30 milhões. Dos 220 respondentes, 174 relataram perdas, com valores máximos de R$ 100 milhões e uma média de R$ 3,1 milhões. Micro e pequenas empresas sofreram perdas médias de R$ 117 mil, enquanto as médias e grandes enfrentaram prejuízos médios de R$ 4,5 milhões. Os principais danos envolveram problemas logísticos, falta de pessoal e dificuldades com fornecedores, além de perdas físicas de estoques, equipamentos e instalações (OBSERVATÓRIO DA INDÚSTRIA RS, 2024).

Segundo parecer elaborado pela FIERGS com base nos dados do Decreto Estadual 57.626 de 21 e maio de 2024, 78 municípios do Rio Grande do Sul se encontravam em Estado de Calamidade e 340 em Situação de Emergência, onde estão localizadas cerca de 47 mil

indústrias. Nesse parecer, o estado foi dividido em 10 regiões econômicas, considerando as características produtivas de cada uma: Metropolitana, Vale dos Sinos, Serra, Serra Centro, Vale do Taquari, Central, Planalto, Missões, Campanha e Sul (FIERGS, 2024).

No que se refere aos 78 municípios em Estado de Calamidade, destacam-se o Vale do Taquari (23), a Região Central (20), o Vale dos Sinos (11) e a Região Metropolitana (7). Entre os municípios afetados estão Lajeado, Montenegro, Santa Maria, Santa Cruz do Sul, Canoas, Novo Hamburgo e Porto Alegre. Quanto à população afetada, as regiões mais impactadas foram a Região Metropolitana (1,8 milhão), Vale dos Sinos (1,2 milhão) e a Região Central (726,5 mil),

principalmente devido à alta densidade populacional de municípios localizados próximos a lagos e rios. Quanto aos estabelecimentos industriais, as regiões com o maior número de indústrias eram o Vale dos Sinos, com 6,4 mil, a Região Metropolitana, com 5,4 mil, e a Serra, com 4 mil. Os municípios que decretaram Estado de Calamidade Pública são responsáveis por quase toda produção de tabaco e farmoquímicos e farmacêuticos do estado, além disso, representam 48,1% dos estabelecimentos industriais, 63,6% da arrecadação de ICMS proveniente de atividades industriais e 60,3% dos empregos no setor industrial, evidenciando a relevância econômica dessas áreas fortemente impactadas pelas enchentes (FIERGS, 2024).

A delimitação regional permitiu identificar os setores predominantes em cada área, com base na massa salarial mensal por segmento industrial nos municípios declarados em Estado de Calamidade. No Vale do Taquari, destacam-se os setores de alimentos e químicos, além de derivados de petróleo e biocombustíveis, metalúrgica, manutenção de máquinas e equipamentos, celulose e papel, têxteis, borracha e plástico, móveis, entre outros. Na Região Central, sobressaem os setores de tabaco e alimentos, também estão presentes derivados de petróleo e biocombustíveis, químicos, têxteis, borracha e plástico, produtos de metal, couro e calçados, entre outros. No Vale dos Sinos, os principais setores são couro e calçados e produtos de metal, também presentes derivados do petróleo e biocombustíveis, químicos, celulose e papel, têxteis, borracha e plástico e alimentos, entre outros. Já na Região Metropolitana, destacam-se os setores alimentos e máquinas e equipamentos, também estão presentes farmoquímicos e farmacêuticos, derivados de petróleo e biocombustíveis, celulose e papel, têxteis, borracha e plástico, veículos automotores e produtos de metal, entre outros (FIERGS, 2024).

Em relação aos 340 municípios em Situação de Emergência, abrigam 22 mil indústrias, o que representa 44% do total do estado. Essas regiões representam 68,4% dos municípios do estado, onde residem 41,8% da população riograndense. As regiões mais populosas e mais afetadas foram as Missões (803,5 mil), Planalto (799,6 mil) e a Região Metropolitana (638,5 mil). O número de municípios em Situação de Emergência, que foi consideravelmente maior do que os em Estado de Calamidade, e a proporção da população atingida em relação à gravidade do desastre, destacam a importância das áreas mais fortemente impactadas. As inundações de maio de 2024 causaram um impacto econômico amplo e significativo nas regiões atingidas, evidenciando a necessidade de direcionar recursos de forma mais eficaz para as áreas mais afetadas, especialmente aquelas com maior concentração de atividades industriais e de populações atingidas. Entretanto os efeitos do desastre ainda estão em curso, sendo necessário a continuidade de novos dados e avaliações para a compreensão mais completa dos impactos e de estratégias de recuperação reconstrução (FIERGS, 2024).

A refinaria Riograndense, localizada em Rio Grande e responsável pela produção e comercialização de derivados de petróleo, paralisou as atividades de refino como medida de prevenção e segurança, e instalou uma extensa barreira de contenção na enseada do Saco da Mangueira, conectada à Lagoa dos Patos, visando proteger o pátio de atendimento das distribuidoras contra o avanço das águas (ROLLSING, 2024). A Refinaria Alberto Pasqualini (Refap) operou com carga reduzida durante as enchentes, chegando a interromper a produção de gás liquefeito de petróleo (GLP) devido ao aumento dos estoques causado pela baixa retirada do produto pelas revendedoras. Além disso, os terminais associados aos ativos de refino na região foram afetados por alagamentos (RUDDY, 2024). Como única refinaria produtora de diesel no estado, a Refap também enfrentou dificuldades no escoamento dos combustíveis, em
razão da falta de acesso provocada pelas enchentes, o que impactou o abastecimento em diversas regiões do Rio Grande do Sul (CNN BRASIL, 2024).

4.1.2.1.2 Atuação dos Órgãos Reguladores e Defesa na Gestão e Resposta

As ações da Defesa Civil do Rio Grande do Sul abrangeram o monitoramento e alertas, a emissão de alertas antecipados, atualização de balanços e a disseminação de informações à população sobre as medidas de segurança. Além disso, a Defesa Civil mobilizou equipes para ações de resgate e evacuações, e outras atividades (DEFESA CIVIL, 2024). Em publicação do dia 19 de setembro de 2024, a Defesa Civil já havia repassado mais de R$ 101 milhões de recursos a municípios afetados pelo desastre entre abril e maio de 2024, sendo realizado por meio da transferência de recursos fundo a fundo, podendo ser empregados em ações de reposta a desastres, ações de socorro e de assistências emergenciais às despesas de custeio operacional e em ações de recuperação de áreas vulneráveis (ASCOM DEFESA CIVIL, 2024a).

Segundo a Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura (2024), a Fepam atua como órgão técnico integrante do Sistema Estadual de Proteção Ambiental (SISEPRA), sendo responsável por atividades de fiscalização, licenciamento, estudos, pesquisas e a execução de programas e projetos voltados à proteção ambiental no Rio Grande do Sul. A plataforma da Fundação Estadual de Proteção Ambiental (Fepam), apresenta dados sobre acidentes envolvendo transportes de produtos e resíduos perigosos (rodoviário, ferroviário e hidroviário), atendidos pela equipe de emergência do órgão. Os registros disponíveis incluem informações sobre a data**,** localização**,** tipo de produto**,** modalidade de transporte e tipo de acidente (como tombamentos, vazamentos, transbordos, incêndios, colisões, descarrilamentos e perdas de carga).

Considerando o evento ocorrido entre abril e maio de 2024 no estado do Rio Grande do Sul, as equipes da Fepam realizaram visitas a mais de 100 empreendimentos, abordando questões relacionadas à segurança ambiental e à adequação às novas normativas publicadas em decorrência da calamidade pública. Foi realizado sobrevoo na região portuária de Rio Grande, que abriga um parque industrial composto por diversas empresas licenciadas. Constatou-se que os empreendimentos não foram diretamente atingidos, mas medidas preventivas foram adotadas, como a instalação de barreiras flutuantes. O monitoramento na região foi realizado de forma presencial e remota, incluindo vistorias por terra e ar, com o uso

de drones em outras áreas impactadas, como o Vale do Taquari e Porto Alegre, envolvendo ações para reduzir os impactos ambientais, incluindo a ampliação do raio do cerco preventivo, com solicitação de medidas mitigadoras aos empreendedores e a aplicação de mantas absorventes de óleo (ASCOM SEMA-FEPAM, 2024). Além disso, a fundação emitiu Licença Única (LU) para a relocação de uma empresa situada em área suscetível a inundações, incentivando a transferência para locais mais seguros (ASCOM FEPAM, 2024).

De acordo com o Sistema Federal de Proteção e Defesa Civil (2024), os técnicos da Fepam também trabalharam em parceria com militares do Exército Brasileiro e da Marinha Brasileira em operação de recolhimento de tonéis de produtos químicos em Canoas. Nos dois primeiros dias da operação foram recolhidos mais de 1.950 recipientes de diferentes tamanhos, que haviam sidos arrastados pelas inundações e continham resquícios de produtos químicos. O objetivo do recolhimento foi evitar o manuseio e uso indevido desses recipientes pela população. Além disso, também foi realizada coleta de lodo da região para análise (OLIVEIRA; CRISTIANO, 2024).

O governo do Rio Grande do Sul anunciou a criação de Centros Regionais de Proteção e Defesa Civil em diferentes municípios como parte do Plano Rio Grande, um programa voltado à reconstrução, adaptação e resiliência climática no estado, com o objetivo de enfrentar as consequências econômicas, sociais e ambientais do evento histórico de 2024. A proposta de instalação desses centros é oferecer infraestrutura e disponibilizar recursos em situações críticas, com capacidade para reunir diferentes equipes e profissionais, promovendo a coordenação e a articulação entre os agentes e instituições envolvidos na prevenção, preparação e resposta a desastres (ASCOM DEFESA CIVIL, 2024b).

4.2 DISCUSSÃO – Análise dos dados

Os dados apresentados indicam que as chuvas intensas que ocorreram entre abril e maio de 2024 no estado do Rio Grande do Sul atingiram níveis sem precedentes, com as regiões que decretaram maior número de Estados de Calamidade Pública coincidindo com aquelas que registraram as maiores precipitações acumuladas no período de 15 dias, variando entre 350 mm e 400 mm. Essas áreas também concentram setores industriais estratégicos, como os de alimentos, produtos químicos, derivados de petróleo e biocombustíveis, além de abrigarem um terminal lacustre e uma refinaria. A concentração de atividades industriais em áreas vulneráveis, especialmente aquelas que lidam com substâncias químicas perigosas, agrava significativamente os perigos em cenários de inundações, aumentando a probabilidade de eventos Na-tech. A presença de substâncias químicas como derivados de petróleo, solventes e gases, entre outras, representa uma ameaça significativa em situações de inundação, pois pode resultar em vazamentos, explosões, contaminação de corpos hídricos e solos, além de emissões tóxicas que afetam a saúde pública e o meio ambiente.

Diante desse cenário, as empresas atingidas pelas inundações de 2024 adotaram medidas preventivas, como a paralisação temporária de atividades, instalação de barreiras de contenção e ajustes operacionais, além de relatar os impactos e as ações adotadas. A Defesa Civil emitiu alertas antecipados e divulgação de dados, enquanto a Fepam fez o monitoramento constante, incluindo inspeções presenciais e remotas, vistorias aéreas e a emissão de normativas específicas, incluindo a relocação de empresa situada em áreas de risco. Contudo, os eventos de 2024 reforçam a necessidade urgente de investimentos em

infraestrutura preventiva e de uma análise detalhada da localização das indústrias em áreas vulneráveis, como já identificado no Atlas de Vulnerabilidade a Inundações do Rio Grande do Sul, de 2012, que apontou diversas áreas com alta suscetibilidade às inundações.

Embora o contexto para a ocorrência de eventos Na-tech tenha sido propício, não foram encontradas evidências conclusivas de que as inundações tenham causado derramamentos ou outros acidentes significativos envolvendo produtos químicos. Foram registrados apenas relatos de transporte de recipientes de armazenamento de produtos químicos pelas águas, mas sem confirmações oficiais sobre danos ambientais ou tecnológicos. Dados da Fepam também não apresentaram informações que estabelecessem uma relação direta entre os fenômenos naturais e acidentes tecnológicos. Essa lacuna nos dados revela uma necessidade crítica de aprimorar o monitoramento e a coleta de informações detalhadas sobre acidentes envolvendo produtos químicos. A ausência dessas informações compromete a identificação precisa das interações
entre fenômenos naturais e tecnológicos, dificultando a caracterização de eventos Na-tech e, consequentemente, a adoção de medidas preventivas adequadas.

5 CONCLUSÃO

A análise das inundações que afetaram o Rio Grande do Sul em 2024, juntamente com as medidas reativas das empresas e o monitoramento do órgão responsável, destaca a necessidade urgente de adaptação nos sistemas de gestão de desastres e acidentes no Brasil, especialmente no que se refere aos eventos Na-tech. É fundamental que os bancos de dados sejam atualizados para incluir registros específicos desses incidentes, permitindo a identificação detalhada da perda de contenção de substâncias perigosas associada a fenômenos naturais. Esses registros devem abranger não apenas os fenômenos naturais iniciadores, como precipitações, mas também suas características, como intensidade, duração e área afetada, além dos desdobramentos, como inundações e movimentos de massa, e as falhas nos equipamentos industriais, como rupturas e extravasamentos. A inclusão de informações sobre as substâncias químicas envolvidas, suas propriedades e sua dispersão no ambiente, incluindo possíveis explosões ou incêndios, é igualmente essencial. Além disso, é crucial documentar as ações emergenciais realizadas, a eficácia dos planos de resposta e os recursos utilizados, bem como os danos ambientais, sociais e econômicos, como a contaminação de água, solo e ar, perdas humanas e materiais, e os impactos à imagem das empresas.

A gestão eficaz dos eventos Na-tech exige uma adaptação contínua às mudanças nos padrões de perigos naturais, intensificadas pelas alterações climáticas. A falta de preparação adequada para esses eventos complexos é um desafio significativo, dado que a gestão de Na-tech envolve múltiplas disciplinas e requer conhecimentos ainda em desenvolvimento. As medidas tradicionais de segurança industrial frequentemente se mostram ineficazes, especialmente em cenários pós-desastres naturais, onde a competição por recursos e a inoperabilidade das barreiras de segurança agravam os danos. A falta de legislação específica sobre Na-tech no Brasil evidencia a necessidade urgente de um arcabouço legal mínimo, além de estratégias de planejamento territorial que limitem a instalação de indústrias de alto risco em áreas vulneráveis a desastres naturais. A modernização ou realocação de instalações antigas, especialmente aquelas situadas em zonas de risco, é essencial para minimizar os

impactos de eventos Na-tech, que podem ser prevenidos com maior conscientização e medidas preventivas adequadas. Por fim, as lições pós-acidentes devem ser cuidadosamente registradas para aprimorar a prevenção e a gestão de futuros eventos, visando reduzir os perigos e melhorar a resiliência do setor industrial e das comunidades afetadas.

6 REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, Brasil. *Atlas de vulnerabilidade a inundações: Rio Grande do Sul*. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2012. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/e5cd6ea2-1ef6-46f9-8ec4-4f0b4bae35e8/attachments/Plotagem_A0_RS_30_01_2014_new.pdf. Acesso em: 24 fev. 2025.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, Brasil. *Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2023*. Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro, 2023. 270 p. Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico. Acesso em: 23 fev. 2025.

ASCOM DEFESA CIVIL. Defesa Civil: *Defesa Civil do Estado já repassou mais de R$ 101 milhões a municípios afetados por desastres*. Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 19 jul. 2024a. Disponível em: https://www.estado.rs.gov.br/defesa-civil-do-estado-ja-repassou-mais-de-r-101-milhoes-a-municipios-afetados-por-desastres. Acesso em: 24 fev. 2025.

ASCOM DEFESA CIVIL. *Estado irá criar centros regionais da Defesa Civil.* Secretaria da Reconstrução Gaúcha, 10 out. 2024b. Disponível em: https://planoriogrande.rs.gov.br/estado-ira-criar-centros-regionais-da-defesa-civil. Acesso em: 21 fev. 2025.

ASCOM FEPAM. *Fepam concede primeira Licença Única que autoriza mudança física de empresa para área sem risco de inundação.* [S.l.]: Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 18 out. 2024. Disponível em: https://www.estado.rs.gov.br/fepam-concede-primeira-licenca-unica-que-autoriza-mudanca-fisica-de-empresa-para-area-sem-risco-de-inundacao. Acesso em: 23 fev. 2024.

ASCOM SEMA-FEPAM. *Fepam realiza sobrevoo e verifica situação de empresas na região do Porto de Rio Grande.* [*S.l.*]: Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. Fepam, 31 mai. 2024. Disponível em: https://fepam.rs.gov.br/equipes-da-fepam-sobrevoam-o-porto-de-rio-grande-apos-cheia-na-regiao-sul. Acesso em: 24 fev. 2024.

ASCOM/CEMADEN. *Cientistas do Cemaden apontam aumento de riscos de deslizamentos e inundações no Brasil, em projeções de aquecimento global acima de 2°C.* [*S.l.*]: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 05 nov. 2020. Atualizado em 14 jan. 2022. Disponível em: https://www.gov.br/cemaden/pt-br/assuntos/noticias-cemaden/cientistas-do-cemaden-apontam-aumento-de-riscos-de-deslizamentos-e-inundacoes-no-brasil-em-projecoes-de-aquecimento-global-acima-de-2o-c. Acesso em: 21 fev. 2025.

ATLAS SOCIOECONÔMICO. *Inundações: Mais de 400 mil pessoas foram afetadas por inundações no período de 1991 a 2024 no Rio Grande do Sul. Atlas Socioeconômico,* 2024. Disponível em: https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/inundacoes. Acesso em: 26 fev. 2025.

BRASIL. Lei nº 14.750, de 12 de dezembro de 2023. Altera as Leis nºs 12.608, de 10 de abril de 2012, e 12.340, de 1º de dezembro de 2010, para aprimorar os instrumentos de prevenção de acidentes ou desastres e de recuperação de áreas por eles atingidas, as ações de monitoramento de riscos de acidentes ou desastres e a produção de alertas antecipados. *Diário Oficial da União*, 13 dez. 2023.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. *Em 2023, Cemaden registrou maior número de ocorrências de desastres no Brasil*: Centro também emitiu no ano passado a terceira

maior quantidade de alertas de desastres. [*S.l.*]: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 19 jan. 2024. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/01/em-2023-cemaden-registrou-maior-numero-de-ocorrencias-de-desastres-no-brasil. Acesso em: 24 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. *Inundação*. [*S.l.*]: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 26 mai. 2021. Atualizado em 16 mar. 2022. Disponível em: https://www.gov.br/cemaden/pt-br/paginas/ameacas-naturais/inundacao. Acesso em: 23 fev. 2025.

BRASIL. Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios. Organizado por CARVALHO, C.S.; MACEDO, E.S.; OGURA, A.T. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 176 p. ISBN 978-85-60133-81-9.

CAMPEDEL, M. Analysis of Major Industrial Accidents Triggered by Natural Events Reported in the Principal Available Chemical Accident Databases. *EUR 23391 EN*. Luxemburgo: OPOCE, 2008. JRC42281.

CNM - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS, Brasil. *Desastres obrigam mais de 4,2 milhões de pessoas que foram negligenciadas pelas políticas públicas a buscarem alternativas de moradia nos últimos dez anos*. Estudo Técnico, Brasília, 26 jul. 2023. Disponível em: https://cnm.org.br/storage/noticias/2023/Links/27072023_Estudo_Habita%C3%A7%C3%A3o_Desastre_revisado_area_publica%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em: 25 fev. 2025.

CNM - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS, Brasil. *Panorama dos desastres no Brasil 2013-2023. Estudo Técnico.* Brasília, 2024. Disponível em: https://cnm.org.br/biblioteca/exibe/15245. Acesso em: 25 fev. 2025.

COPAAERGS - CONSELHO PERMANENTE DE AGROMETEOROLOGIA APLICADA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. *Boletim Extraordinário: Catástrofe climática no Rio Grande do Sul*. Boletim de Informações n. 69, 23 mai. 2024. Disponível em: https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202405/31084753-boletim-copaaergs-extraordinario-maio-2024-final.pdf. Acesso em: 25 fev. 2025.

COZZANI, V. et al. Industrial accidents triggered by flood events: Analysis of past accidents. *Journal of Hazardous Materials*, v. 175, n. 1-3, p. 501-509, 2010. ISSN 0304-3894. DOI 10.1016/j.jhazmat.2009.10.033. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389409016719. Acesso em: 21 fev. 2025.

DEFESA CIVIL DO RS. Página inicial, 2024. Disponível em: https://www.defesacivil.rs.gov.br/inicial. Acesso em: 21 fev. 2024.

ECONODATA. *Ranking das maiores empresas do setor químico no Rio Grande do Sul. 2024: Confira o ranking com as maiores empresas e faça análises desse segmento de mercado a partir de dados estratégicos para turbinar sua prospecção B2B*. Econodata, 2024. Disponível em: https://www.econodata.com.br/maiores-empresas/rs/industria-quimica. Acesso em: 23 fev. 2025.

FEPAM – FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. *Licenciamento ambiental*, 2016a. Disponível em: https://ww3.fepam.rs.gov.br/licenciamento/area4/16.asp. Acesso em: 22 fev. 2025.

FEPAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. *Guia Básico do Licenciamento Ambiental*. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016b. Disponível em: https://ww3.fepam.rs.gov.br/licenciamento/documentos/Guia_Basico_Lic.pdf. Acesso em: 26 fev. 2025.

FIERGS - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. *Principais indicadores econômicos dos municípios atingidos pelas enchentes no Rio Grande do Sul: Estado de Calamidade x Situação de Emergência.* Unidade de Estudos Econômicos, 27 mai. 2024. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/portaldaindustria/noticias/media/filer_public/8e/88/8e88c7b2-fab6-4f16-99d9-59c0f08ca60b/estudo_fiergs.pdf. Acesso em: 25 fev. 2025.

GOVERNO DO ESTADO RS. *Enchentes: Defesa Civil atualiza balanço das enchentes no RS – 20/8.* Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 20 ago. 2024. Disponível em: https://www.estado.rs.gov.br/defesa-civil-atualiza-balanco-das-enchentes-no-rs-20-8. Acesso em: 24 fev. 2025.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, Brasil. PIA – Empresa – Pesquisa Industrial Anual: Principais resultados – 2022. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9042-pesquisa-industrial-anual.html. Acesso em: 23 fev. 2025.

INMET- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, Brasil. Precipitação acumulada. Instituto Nacional de Meteorologia, 2024. Disponível em: https://tempo.inmet.gov.br/PrecAcumulada. Acesso em: 22 jan. 2025.

IPCC. Sumário para formuladores de políticas. In: MASSON-DELMOTTE, V.; ZHAI, P.; PIRANI, A.; CONNORS, S. L.; PÉAN, C.; BERGER, S.; CAUD, N.; CHEN, Y.; GOLDFARB, L.; GOMIS, M. I.; HUANG, M.; LEITZELL, K.; LONNOY, E.; MATTHEWS, J. B. R.; MAYCOCK, T. K.; WATERFIELD, T.; YELEKÇI, O.; YU, R.; ZHOU, B. (org.). *Mudança do clima 2021: a base da ciência física. Contribuição do Grupo de Trabalho I ao Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas.* Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

JORNAL DA UNESP. *Estudo analisa enchentes de setembro de 2023 no RS para mapear vulnerabilidade de municípios a desastres ambientais.* Jornal da Unesp, 06 ago. 2024. Disponível em: https://jornal.unesp.br/2024/08/06/estudo-analisa-enchentes-de-setembro-de-2023-no-rs-para-mapear-vulnerabilidade-de-municipios-a-desastres-ambientais/. Acesso em: 24 fev. 2025.

KRAUSMANN, E. et al. Industrial accidents triggered by natural hazards: an emerging risk issue. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v. 11, p. 921-929, 2011. DOI 10.5194/nhess-11-921-2011.

KRAUSMANN, E.; CRUZ, A. M.; SALZANO, E. *Natech risk assessment and management: reducing the risk of natural-hazard impact on hazardous installations*. Amsterdam: Elsevier, 2017.

KRAUSMANN, E.; CRUZ, A. M.; SALZANO, E. *Natech risk assessment and management: reducing the risk of natural-hazard impact on hazardous installations*. Amsterdam: Elsevier, 2017.

KRAUSMANN, E.; NECCI, A. Thinking the unthinkable: A perspective on Natech risks and Black Swans. *Safety Science*, v. 139, 105255, 2021. ISSN 0925-7535. DOI 10.1016/j.ssci.2021.105255. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753521001004. Acesso

em: 25 fev. 2025.

MAO, Y. et al. A systematic literature review of risk management research on hydrometeorological hazards-related Natech events. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, v. 92, 105478, 2024. ISSN 0950-4230. DOI 10.1016/j.jlp.2024.105478. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423024002365. Acesso em: 25 fev. 2025.

MAPBIOMAS. *Os impactos do evento climático de maio de 2024 sobre a cobertura e o uso da terra no Rio Grande do Sul*. Nota Técnica, 2024. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2024/06/NT_Evento_climatico_extremo_RS_maio_2024_Final.pptx.pdf. Acesso em: 24 fev. 2025.

MUPRS - *Mapa Único Plano Rio Grande*. Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão, 2024. Disponível em: https://mup.rs.gov.br/. Acesso em: 24 fev. 2025.

NECCI, A.; KRAUSMANN, E. Natech risk management – Guidance for operators of hazardous industrial sites and for national authorities. *EUR 31122 EN*. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2022. ISBN 978-92-76-53493-8. DOI 10.2760/666413. JRC129450.

OBSERVATÓRIO DA INDÚSTRIA RS. *Principais resultados da consulta da FIERGS às Indústrias Gaúchas acerca das enchentes*. Informe Econômico, Ano 26, n. 23, 17 jun. 2024. Disponível em: https://observatoriodaindustriars.org.br/inteligencia-estrategica/principais-resultados-da-consulta-da-fiergs-as-industrias-gauchas-acerca-das-enchentes/. Acesso em: 25 fev. 2025.

OLIVEIRA, T.; CRISTIANO, J. *Marinha e Exército retiram recipientes químicos no RS: Militares atuam em ruas de Canoas em parceria com a Fepam.* Agência Marinha de Notícias, 7 jun. 2024. Disponível em: https://www.agencia.marinha.mil.br/cuidando-da-nossa-gente/marinha-e-exercito-retiram-recipientes-quimicos-no-rs. Acesso em: 20 fev. 2025.

PIATYSZEK, E. et al. 5 - Natech Events Triggered by Floods: When Floods Cause Technological Accidents. In: VINET, F. (Ed.). *Floods*. Elsevier, 2017. p. 73-87. ISBN 9781785482687. DOI 10.1016/B978-1-78548-268-7.50005-5. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781785482687500055. Acesso em: 25 fev. 2025.

PORTAL DA INDÚSTRIA. *A indústria no Estado: Rio Grande do Sul. 2024*. Disponível em: https://perfildaindustria.portaldaindustria.com.br/estado/tudo/rs. Acesso em: 24 fev. 2025.

ROLLSING, C. *Refinaria em Rio Grande instala barreiras na água para conter pior cenário de enchente*. ZERO HORA, 09 mai. 2024. Disponível em: https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2024/05/refinaria-em-rio-grande-instala-barreiras-na-agua-para-conter-pior-cenario-de-enchente-clvzmr09v005m01bapw0wmaki.html. Acesso em: 21 fev. 2025.

RUDDY, G. *Petrobras opera refinaria com restrição e aciona térmica com diesel no RS*. epbr.Biodieselbr, 15 mai. 2024. Disponível em: https://www.biodieselbr.com/noticias/biocombustivel/negocio/petrobras-opera-refinaria-com-restricao-e-aciona-termica-com-diesel-no-rs-150524. Acesso em: 26 fev. 2025.

SALZANO, E. et al. Public awareness promoting new or emerging risks: Industrial accidents triggered by natural hazards (NaTech). *Journal of Risk Research*, v. 16, n. 3-4, p. 469-485, 2013.

DOI 10.1080/13669877.2012.729529.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler – FEPAM. Quem somos. Disponível em: <https://www.fepam.rs.gov.br/quem-somos>. Acesso em: 29 out. 2024.

SHOWALTER, P. S.; MYERS, M. F. Natural disasters as the cause of technological emergencies: a review of the decade 1980-1989. *Working Paper 78*. Natural Hazards Research and Applications Information Center. Institute of Behavioral Science. University of Colorado, 1992.

SHOWALTER, P. S.; MYERS, M. F. Natural disasters in the United States as release agents of oil, chemicals, or radiological materials between 1980-1989: analysis and recommendations. *Risk Analysis*, v. 14, n. 2, p. 169-182, 1994.

SISTEMA FEDERAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL. *Relatório de Operação Rio Grande do Sul*, n. 032. 05 jun. 2024. Disponível em: https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=9628577&ts=1724967094280&disposition=inline. Acesso em: 24 fev. 2025.

XAVIER, J. C. de M.; SOUSA JUNIOR, W. C. de. Recognising na-tech events in Brazil: Moving forwad. Natural Hazards (Dordrecht), v. 82, p. 493, 2016.

XAVIER, J. C. de M.; SOUSA JUNIOR, W. C. *Estudo de Caso de Evento Na-tech em Cubatão, SP, 2013: Certezas e Incertezas*. Congresso ABRISCO 2015 PSAM. ABRISCO (Associação Brasileira de Análise de Risco, Segurança de Processo e Confiabilidade) e IAPSAM (International Association for Probabilistic Safety Assessment and Management), Rio de Janeiro, Brasil (2015).

XAVIER, J.C.M. *Riscos de eventos Na-tech sob mudanças climáticas na região costeira do estado de São Paulo*. 2017. 112f. Tese de doutorado em Infraestrutura Aeroportuária – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2017.

ESTUDO DE CORRELAÇÃO ENTRE MOVIMENTOS DE MASSA E *PRECIPITAÇÃO ACUMULADA PARA O MUNICÍPIO DE OURO PRETO (MG)

CORRELATION STUDY BETWEEN MASS MOVEMENTS AND ACCUMULATED PRECIPITATION FOR THE CITY OF OURO PRETO (MG)

Gabriela Luísa Simplício Pereira[1], Bárbara Cristina Mendanha Reis[2]

[1] Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), gabriela.simplicio@aluno.ufop.edu.br

[2] Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), barbara.reis@ufop.edu.br

RESUMO

A ocorrência de movimentos de massa se relaciona a vários fatores, dentre eles aspectos hidrológicos, geomorfológicos e a ocupação de encostas. No município de Ouro Preto (MG) estes eventos possuem muito destaque devido a sua alta frequência e consequências, especialmente no período chuvoso, parecendo assim dependentes um do outro. Neste trabalho, se objetiva a atualização dos limiares de precipitação para o município com base na série de dados de 1989 a 2014, utilizando o método da envoltória de escorregamentos de Tatizana *et al*. (1987). Assim, obteve-se que o intervalo mais representativo para a série de dados é de 4 dias de acumulação, resultando na equação de $\boldsymbol{PD = 1134 \times PA^{-0{,}817}}$ e $\boldsymbol{R^2 = 0{,}9922}$, e limiar de atenção de 47,99 mm.4dias^{-1} e de alerta de 103,1 mm.4dias^{-1}. Além disso, análise espacial reforçou a hipótese da recorrência anual dos eventos durante o período chuvoso, principalmente nas áreas dos setores de risco atuais do município.

Palavras-Chave: Movimentos de massa. Escorregamentos. Precipitação acumulada. Chuvas Intensas.

ABSTRACT

The occurrence of mass movements is related to several factors, including hydrological and geomorphological aspects as well as the occupation of hillsides. In the city of Ouro Preto (MG), these events are very prominent due to their high frequency and consequences, especially during the rainy season, so they appear to be dependent on each other. The goal of this study is to update the precipitation limits for the urban area based on the data series from 1989 to 2014, using the landslide envelope method of Tatizana *et al.* (1987). The most representative time range for the data series was 4 days of accumulation, resulting in the equation $PD = 1134 \times PA^{-0{,}817}$ with $R^2 = 0{,}9922$ and a warning limit of 47,99 mm.4days^{-1} and a warning limit of 103,1 mm.4days^{-1}. The spatial analysis reinforced the hypothesis of the annual recurrence of events during the rainy season, especially in the municipality's current risk sectors.

Keywords: Mass Movements, Accumulated Precipitation, Landslides, Heavy Rain.

1 INTRODUÇÃO

Movimentos de massa de rocha, detritos ou solo, são eventos relacionados à dinâmica externa da Terra comuns no Brasil, assim como inundações, enchentes e tempestades, que são geralmente associados a eventos pluviométricos intensos e longos, principalmente no verão nas regiões sul e sudeste do país (TOMINAGA *et al.,* 2009).

A ocorrência de movimentos de massa é vista por Bigarella *et al.* (1996) como o mais importante processo geomorfológico modelador da superfície terrestre, sendo então um processo natural inevitável e parte da evolução da natureza (KOBIYAMA *et al.,* 2006). Porém, a partir de 1960 no Brasil, tem sido observado uma tendência de aumento da incidência de desastres naturais, agravado pelo intenso processo de urbanização e consequente crescimento desordenado em áreas impróprias à ocupação (TOMINAGA *et al.,* 2009).

Em Ouro Preto, a ocupação iniciou durante o auge da corrida do ouro, marcado pela ocupação em núcleos nas proximidades dos córregos de exploração aluvião ou nos morros de maior ocorrência aurífera (OLIVEIRA e SOBREIRA, 2015). E, a cidade, assim como muitas outras cidades coloniais brasileiras, mantem a tradição construtiva portuguesa em encostas, apresentando núcleos históricos preservados em meio ao relevo montanhoso. O Brasil, porém, difere das construções europeias em muitos aspectos, devido a mudança do clima temperado para o clima tropical, além de cobertura vegetal e contexto geológico-geotécnico distintos (FARAH, 2003).

No município existe uma significativa preocupação com os movimentos de massa, visto o grande número de eventos anuais, especialmente durante o período chuvoso, de outubro a março (Castro, 2006). Estes eventos ocorrem em grande parte da cidade, em alguns casos devido a suscetibilidade geológica e em outros devido a problemas construtivos, mas sempre deixando grandes cicatrizes e desabrigados. A forma de mitigação realizada é por meio da observação e vistorias de áreas de risco já mapeadas, associado ao monitoramento da precipitação acumulada, trabalhando com níveis de alerta. Os limiares de precipitação, ou limites, utilizados atualmente em Ouro Preto foram definidos no estudo de correlação realizado por Castro (2006), que resultou em um Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC) e que inspirou a criação do Sistema de Alerta Meteorológico de Ouro Preto (SAMOP) por parte do órgão de defesa civil municipal.

2 OBJETIVOS

Desta forma, este trabalho busca realizar uma análise multicriterial, estudando a relação dos movimentos de massa a dois fatores condicionantes deflagradores: a precipitação e ocupação desordenada, atualizando os índices desencadeadores já existentes para o município.

3 METODOLOGIA

O processo metodológico desse projeto final de curso baseou-se na metodologia de determinação de envoltória de escorregamentos de Tatizana *et al.* (1987) e as adaptações realizadas no trabalho de Castro (2006).

Primeiramente, realizou-se uma breve caracterização e contextualização do município de Ouro Preto (MG), seguido então do levantamento bibliográfico, análise dos registros de movimentos de massa na área de estudo e dos dados de precipitação, seguidos de seu tratamento. A partir disso, foi possível iniciar a análise de correlação para definir um novo limiar de precipitação, com base na nova série de dados, além de gerar a envoltória de escorregamentos proposta por Tatizana *et al. (*1987) e identificar alguns bairros como áreas críticas.

3.1 Ouro Preto – MG: Um Estudo de Caso

O município de Ouro Preto se localiza na região central do estado de Minas Gerais, no Quadrilátero Ferrífero, entre a Serra de Ouro Preto e a Serra do Itacolomi, e tem clima tropical úmido de altitude com estações bem marcadas, temperatura média anual de 18,5°C e precipitação média anual de 1247 mm, destacando período chuvoso de outubro a março, segundo Castro (2006).

Depois da ocupação inicial, ocorreram outros movimentos em direção a outras regiões, especialmente nas proximidades da Alcan e Morro do Cruzeiro, e a posterior descentralização em direção às áreas periféricas da cidade.

De modo geral, a cidade é marcada pelo alto índice de movimentos de massa, especialmente nos períodos de chuva intensas e nos bairros localizados na serra. Alguns eventos se destacam na história da cidade, como no período chuvoso de 1978/1979, em que ocorreram vários movimentos de massa, mas o maior e pior deles aconteceu no bairro Vila São José, que deslocou cerca de 100.000 m³ de material. Neste mesmo período chuvoso, ocorreram vários outros eventos, inclusive na Rua Padre Rolim, que possui alta incidência e recorrência de eventos. E, o deslizamento e maior repercussão recentemente, aconteceu em 2022, quando parte do Morro da Forca cedeu, atingindo casarões na Estação Ferroviária e impedindo o trânsito na região.

No ano de 2023, foi publicado o Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR) que contou com a atualização da setorização de risco do município, que conta agora com 186 setores, sendo 156 na sede. Essa atualização, entretanto, não torna o mapeamento do CPRM de 2016 obsoleto.

Assim, depreende-se que movimentos de massa são eventos comuns no município, estando condicionados a fatores naturais, mas muito influenciados por fatores humanos, como a ocupação das encostas, que causam o aumento das forças solicitantes, diminuição da resistência do material, operações de corte e/ou aterro, entre muitos outros. E que a associação desses fatores à alta pluviosidade associada aos meses de outubro a março, colaboram para a incidência frequente de escorregamentos anualmente.

3.2 Coleta e Registro de Dados

Os registros de movimentos de massa se mostraram muito variados e sem padrão de dados, isso devido a variabilidade de fonte de registros e mudança do órgão responsável pela atividade no decorrer dos anos. Assim, por conta dessa e outras dificuldades, optou-se por utilizar os dados coletados e compilados por Castro (2006) e Xavier (2018). É importante destacar que as ocorrências utilizadas não correspondem a totalidade dos eventos, visto a

limitação de atendimento do Corpo de Bombeiros e da Defesa Civil Municipal, que pode se relacionar grande área de atendimento e à falta de técnicos para suportar a demanda, especialmente no período chuvoso.

Os dados de precipitação têm grande importância no estudo, permitindo a correlação entre os dois eventos, porém, para isso, é preciso que os dados sejam significativos para a área de estudo. O órgão de defesa civil municipal possui cerca de 35 anos de dados referentes a essas e outras estações que compõe a rede de pluviômetros do município e seu acesso pode ser feito por meio de uma solicitação formal ao órgão. Entretanto, pelo desconhecimento desta informação em tempo hábil, utilizou-se os dados cedidos por Souza (2023) da Estação Saramenha, operada pela empresa Alcan, para o período de 1982 a 2014. Assim, os dados das estações selecionadas foram compatibilizados aos períodos das ocorrências de movimentos de massa, alcançando então o cadastro pluviométrico de 1989 a 2014.

3.3 Organização e Tratamento dos Dados de Movimentos de Massa e Precipitação

Em seguida, foi realizada a organização e tratamento de dados, com a triagem dos registros de movimentos de massa e precipitação e exclusão dos eventos de movimentos de massa fora do período chuvoso e de períodos falhos ou inconsistentes na série de precipitação. Depois, é realizada uma compatibilização dos períodos de análise, resultando nos seguintes anos: 1989, 1991, 1992, 1995, 1996, 1997, 2001, 2002, 2003, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 e 2014. Conforme a disponibilidade de dados, variou-se ainda os meses de estudo para cada ano, mas sempre compreendendo no denominado período chuvoso, de outubro a março. Depois disso, uma análise individual dos fatores pode ser realizada, avaliando a tendência dos movimentos de massa e o comportamento pluviométrico no município.

3.4 Análise Dados

Esta fase se inicia após a análise dos dados pluviométricos e seleção das ocorrências de movimentos de massa, permitindo a correlação entre eles, conforme o método da envoltória de escorregamentos proposto por Tatizana *et al*. (1987) e adaptado por Castro (2006).

3.4.1 Correlação entre Movimentos de Massa e Precipitação

A fim de estabelecer a correlação entre precipitação e movimentos de massa, se toma como referência o método proposto por Tatizana *et al*. (1987), que é o mais utilizado nesta área, e a adaptação realizada por Castro (2006). A análise de dados é realizada por meio da correlação entre as datas que possuem registros de movimentos de massa e a precipitação acumulada nos dias antecedentes de cada evento. Assim, foram gerados diversos gráficos de dispersão contendo um comparativo para os dias com e sem eventos registrados para o período de acumulação de 2 a 10 dias. A finalidade destes é comparar os gráficos de dispersão obtidos até se notar uma separação nítida entre os pontos com e sem ocorrências, considerando então este período de acumulação como o mais representativo para relação

numérica entre os dois fatores em estudo. Para isso, foram selecionados somente os dados de escorregamentos dos anos hidrológicos no período chuvoso, como utilizado por Castro (2006). Pelo mesmo motivo, foram excluídos também os registros de movimentos de massa fora deste período, entretanto os registros de movimentos de massa com registro de chuva no dia chuva abaixo de 3,0 mm/dia foram mantidos, devido ao baixo número de registros em certos períodos.

Os gráficos de dispersão foram construídos considerando os pontos com e sem escorregamentos na data de ocorrência, de forma separada por ano e período de acumulação.

A partir destes gráficos de dispersão, foram selecionados valores significativos para os períodos, sendo eles:

- V_{alerta}: valor de precipitação em n dias relacionado à ocorrência de um movimento de massa que faz a separação da faixa de maior frequência dos dias sem movimentos de massa e com;
- $V_{mínimo}$: valor mínimo de precipitação em n dias relacionado à ocorrência de um movimento de massa;
- $V_{máximo}$: valor máximo de precipitação em n dias relacionado à ocorrência de um movimento de massa.

Em seguida, se estudou a relação numérica entre as chuvas e os movimentos de massa por meio de gráficos de dispersão, sendo a razão entre a precipitação diária (PD) e a precipitação acumulada (PA) para dias com e sem movimentos de massa, excluindo a precipitação do dia da ocorrência, adaptação da envoltória de escorregamentos apresentada por Tatizana et al. (1987). A finalidade desta é estudar os pontos de situações adversas, ou seja, os casos em que ocorreram movimentos de massa associados a baixas precipitações, e vice-versa.

Com a curva de correlação definida, foi possível encontrar o CPC adaptado por Castro (2006) como forma de medir a suscetibilidade de deslizamentos com a evolução da precipitação. Este coeficiente pode ser interpretado da forma em que os valores acima de 1 representam que os deslizamentos ocorrem, ou seja, quando ultrapassam a envoltória de deslizamentos (AMARAL, 2018). Assim, pode-se obter o valor de PA identificado como nível de atenção. Isto é, a partir deste valor de precipitação acumulada a ocorrência de movimentos de massa é tida como certa.

Por fim, elaborou-se um gráfico contendo todos as ocorrências de movimentos de massa e classificando-as quanto a frequência de eventos em um único dia, em eventos isolados e generalizados, que, por sua vez, subdivide em de pequeno, médio e grande porte, conforme apresentado por Castro (2006).

3.4.2 Análise espacial por meio de agrupamentos

O mapeamento do risco e de vulnerabilidade são ferramentas essenciais a gestão de todo tipo de acidente. No município de Ouro Preto, a tipologia do risco se relaciona principalmente a processos de movimentos de massa ou hidrológicos, além de outros desencadeados por estes. Desta forma, essa e outras ferramentas de análise ganham ainda mais importância, auxiliando na capacidade de prevenir, mitigar e responder no momento dos eventos.

Neste sentido, também foi realizado o mapeamento de todas as ocorrências por meio do software QGIS. Por meio desses, foram desenvolvidas também outras análises correlacionando as bases de setorização de risco já existentes para o município. Assim, foi possível realizar análises anuais e notar áreas de alta recorrência.

A fim de obter as regiões críticas para movimentos de massa, a partir do número de registros, buscou-se a análise dos dados por meio de estatística multivariada exploratória: a análise de agrupamentos. Fávero e Belfiore (2024) explicam que a análise de conglomerados ou análise de clusters consiste em técnica exploratória utilizada para identificar padrões de comportamento semelhantes entre observações com base em determinadas variáveis. O objetivo é formar grupos, ou clusters, que sejam homogêneos internamente e heterogêneos entre si. Esses grupos devem reunir observações que se assemelhem em relação às variáveis analisadas e sejam diferentes das de outros grupos, visando alocar as observações em poucos grupos representativos.

Cabe destacar que por ser uma técnica exploratória a mesma não tem caráter preditivo, ou seja, quando novas observações são incluídas no banco de dados, a modelagem precisa ser refeita, o que pode gerar novos agrupamentos. Além disso, a inclusão de uma nova variável pode alterar completamente a distribuição das observações nos grupos (FÁVERO; BELFIORE, 2024).

Para aplicar a análise de agrupamentos, após definir os objetivos da pesquisa, que no caso desse trabalho é agrupar os bairros em função do número de ocorrências de movimentos de massa, é necessário escolher entre métodos hierárquicos ou não hierárquicos de aglomeração e selecionar uma medida de distância ou similaridade, que indicará o grau de proximidade entre as observações.

Inicialmente, recorreu-se ao método hierárquico aglomerativo, no qual o número de clusters não era conhecido previamente, e utilizou-se a distância euclidiana como método de encadeamento das observações. E, a partir da análise visual do dendrograma gerado, obteve-se a criação de quatro a cinco *clusters* como ideal, evitando a ocorrência de grandes saltos.

Para aplicar o método não hierárquico K-*means*, utilizou-se o método *Elbow*, processo no qual se calcula a soma total dos quadrados dentro dos *clusters* (WCSS) para diferentes números de clusters (valores de K) (CRISPIM, 2019). No gráfico resultante, busca-se o "cotovelo", ou seja, o ponto a partir do qual a redução na WCSS torna-se menos significativa, mesmo com o aumento no número de *clusters*. O método *Elbow* não fornece uma resposta exata, mas sugere o número de *clusters*, cabendo ao analista de dados usar o bom senso na escolha final.

Apesar do resultado obtido pelo método de *Elbow* ter sugerido um cotovelo entre 2 e 3 *clusters*, optou-se por trabalhar com 4 *clusters*, em conformidade com a análise visual do dendrograma. Essa escolha conservadora foi tomada para garantir uma maior robustez na análise e não comprometeu a qualidade da aglomeração dos dados, permitindo uma segmentação adequada das observações.

Após a conclusão de agrupamentos, é importante estudar se os valores de determinada variável métrica se diferem entre os grupos definidos, ou seja, se a variabilidade entre os *clusters* é significativamente superior à variabilidade interna a cada cluster (FÁVERO; BELFIORE, 2024).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise descritiva dos dados de movimentos de massa

O registro de movimentos de massa é composto pelas ocorrências apresentadas por Castro (2006) e Xavier (2018), o que resultou em 427 ocorrências, no período de dezenove anos: 1989, 1991, 1992, 1995, 1996, 1997, 2001, 2002, 2003, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 e 2014. Entre os anos que compõe a série de estudos, cabe destaque aos anos de 1997, 1992 e 2008 com alto número de registros por ano, como apresenta a Figura 1. Além disso, todos os anos têm em comum a predominância dos registros durante os meses de outubro a março.

Figura 1 – Número de registros por ano

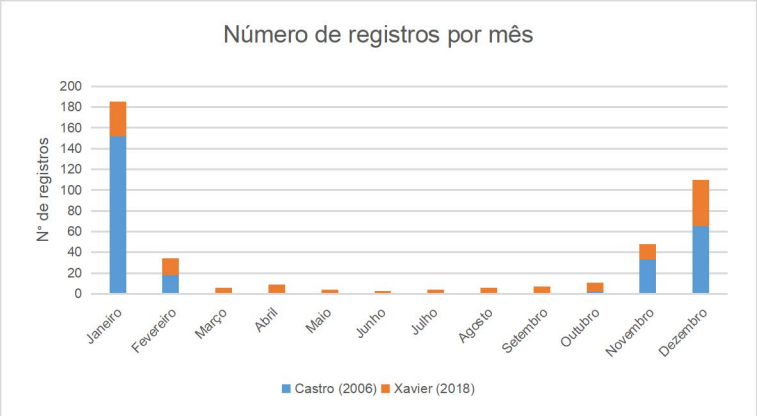
Fonte: Elaborada pelas autoras, 2025.

O ano de 1997 se destaca com maior número de registros, com 60 ocorrências no período de 15 dias. Os registros iniciam em 02/01/1997 com 16 registros, seguido de 03/01/1997 com 12, 04/01/1997 com 10, 05/01/1997 e 06/04/1997 com 6 cada, 08/01/1997 com 5, 13/01/1997 com 1, 16/01/1997 com 3 e 17/01/1997 com 1. Estes dados evidenciam o alto número de ocorrências em um curtíssimo período e sua frequência associada a vários dias consecutivos.

Dos 427 de registros, cerca de 63% são provenientes do trabalho de Castro (2006) e 37% do trabalho de Xavier (2018). Assim, devido às diferentes fontes de dados das ocorrências, a classificação por tipo de movimento de massa deve ser realizada separadamente.

Na Figura 2 está representada a distribuição mensal dos registros de movimentos de massa, evidenciando um aumento significativo entre outubro e março, período chuvoso, que concentra mais de 90% dos eventos. Nos meses seguintes, há uma redução acentuada, possivelmente devido à exclusão dos dados fora do período chuvoso por Castro (2006). No entanto, dado o contraste expressivo entre o número de ocorrências no período chuvoso e nos demais meses, a inclusão desses dados teria pouco impacto no comportamento geral do gráfico.

Figura 2 – Número de registros por mês



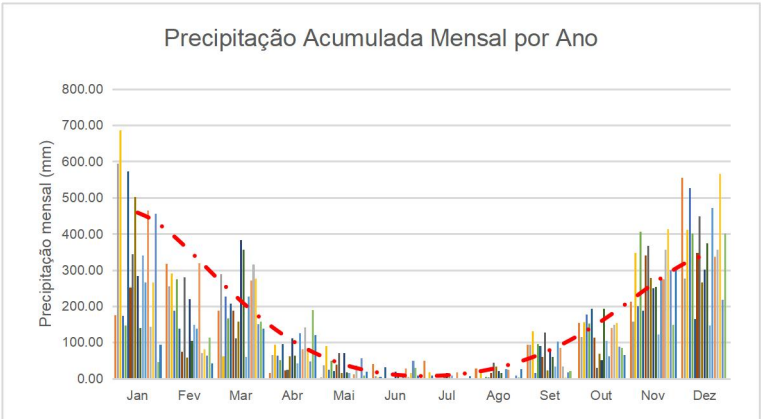
Fonte: Elaborada pelas autoras, 2025.

Essa análise considera o total de eventos, porém, foram excluídos do estudo de correlação os registros que não atendiam a duas condições: referirem-se ao período chuvoso, de outubro a março, e estarem associados a movimentos de massa causados por chuvas, não por fenômenos antrópicos. A exclusão dos registros fora do período chuvoso só foi realizado mediante a análise e percepção da inexistência de chuvas expressivas durante este. Assim, os registros que não cumpriam essas condições representavam 7,73% dos dados, assim, 33 ocorrências foram removidas, restando 394 registros para a análise.

4.2 Análise descritiva dos dados pluviométricos

Ao analisar a precipitação acumulada mensal, observam-se picos nos meses de dezembro e janeiro, seguidos por uma redução significativa à medida que o ano avança em direção ao seu meio, conforme ilustrado na Figura 3. Dessa forma, a variação da precipitação no município é representada graficamente, confirmando o período de outubro a março como os meses chuvosos, conforme indicado por Castro (2006).

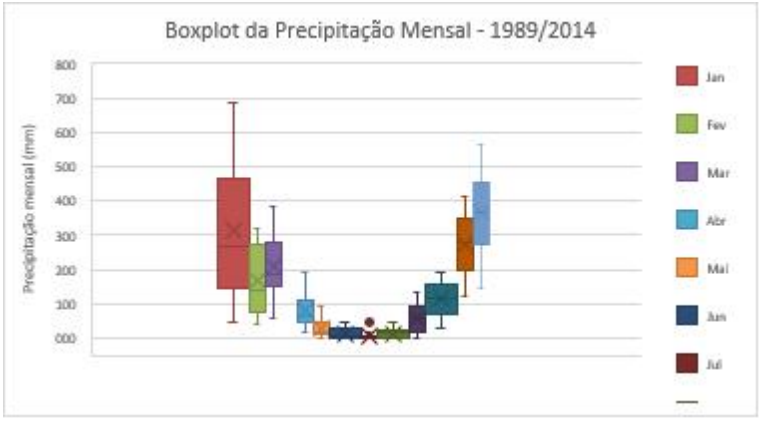
Figura 3 – Precipitação acumulada mensal por ano – 1989 a 2014



Fonte: Elaborada pelas autoras, 2025.

Uma variação significativa é observada ao analisar a precipitação acumulada para cada mês ao longo dos anos de forma individual. Examinando o ano de 2002 especificamente, percebe-se que as mudanças no comportamento da precipitação em um mês acompanham as dos meses subsequentes. Assim, a linha de tendência se mantém consistente ao longo de todos os anos da série de dados, como se observa na Figura 4.

Figura 4 – *Boxplot* da Precipitação Mensal - 1989 a 2014



Fonte: Elaborada pelas autoras, 2025.

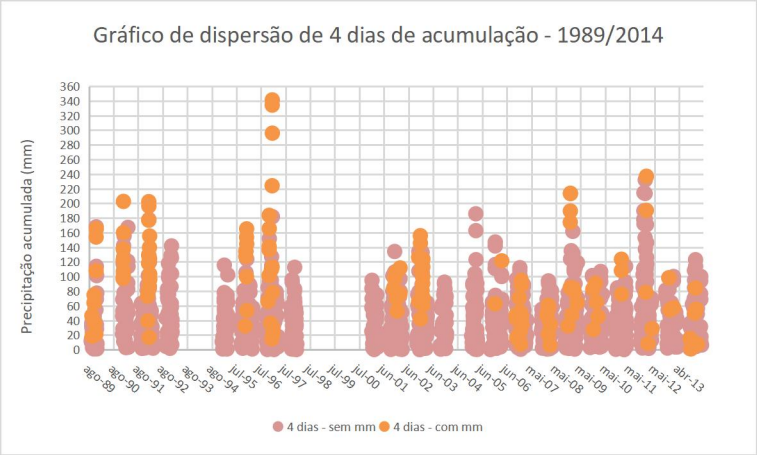
O mês de janeiro apresentou a maior variabilidade, com *outlier* de 687,50 mm/mês e média de 313,54 mm/mês. Com mesma característica de tendência central e variabilidade, tem-se o mês de dezembro, com *outlier* de 565,90 mm/mês e média de 365,17 mm/mês.

As precipitações máximas diárias apresentam a mesma tendência da precipitação acumulada por mês, com os maiores valores de dezembro a março. Na mesma tabela são destacadas as máximas diárias superiores a 50 mm, o que já é considerado uma chuva intensa, segundo Moreira (2002) e Ribeiro et al. (2020). Da totalidade, cerca de 23% (53 dias) tem precipitação máxima diária superior a 50 mm e, dentro do período chuvoso, este valor corresponde a 43,86%, especialmente nos meses de dezembro e janeiro.

4.3 Correlação entre movimentos de massa e precipitação

No gráfico de dispersão gerado, referente a todos os anos de maneira conjunta (Figura 5), esperava-se observar uma separação clara entre os pontos com e sem movimentação de massa, especialmente para valores mais altos de precipitação, o que tende a ocorrer em períodos de acumulação mais longos. Entretanto, a identificação das faixas de separação foi muito difícil, fazendo a análise individual para os diferentes períodos chuvosos necessária.

Figura 5 – Gráfico de dispersão de 4 dias de acumulação – 1989/2014



Fonte: Elaborada pelas autoras, 2025.

Alguns períodos não permitiram esta análise individual, devido ao número insuficiente de registros, como 1995, 1997, 2001 e 2005/2006. A brusca redução de número de registros afetou também a determinação dos valores significativos após 2005, principalmente o V_{alerta}.

Nos demais períodos, foi possível observar as faixas de forma mais evidente, com variações na nitidez entre eles, e, consequentemente, obter os valores significativos. Apesar das variações apontadas nos gráficos resultantes, de modo geral, toda a série de dados apresentou comportamento semelhante.

Visto que as ocorrências associadas a precipitação de ou próxima a zero milímetros não foram retiradas, nota-se uma certa acumulação de pontos próximos ao eixo das abcissas dos gráficos de dispersão. Apesar disso, a análise e definição de valores significativos não foi impossibilitada, influenciando somente no aspecto visual do gráfico e no $V_{mínimo}$ inferior no caso de precipitações muito baixas.

Nos gráficos de dispersão de 2 a 10 dias de acumulação para o período de 1991/1992, nota-se uma separação de faixas mais nítida e expressiva, nos quais, a partir de 5 dias de acumulação diferenciar os períodos de acumulação se tornava muito difícil. Desta forma, para 1991/1992 os períodos de acumulação de 4 a 6 dias foram tomados como mais significativos. Os demais períodos de estudo indicam a mesma tendência, mostrando os gráficos de períodos de acumulação acima de 7 dias com diferenças pouco notáveis. Como resultado desses gráficos, os valores significativos puderam ser extraídos, como apresenta a Tabela 1, para o período de 4 a 6 dias de acumulação.

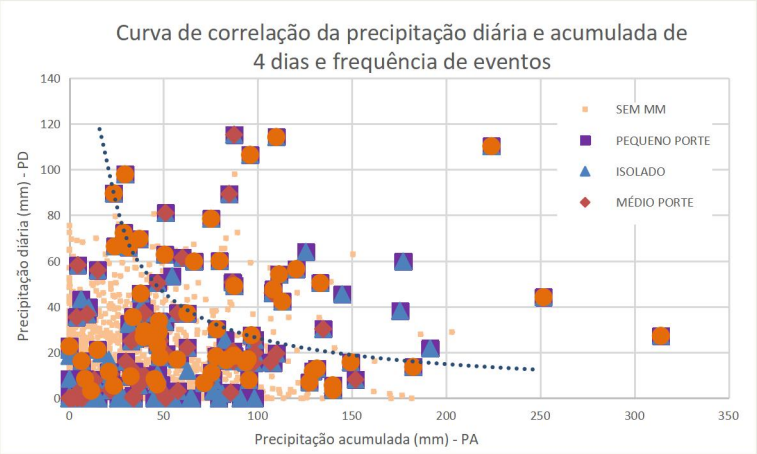
Tabela 1 – Valores significativos para períodos de acumulação de 4 a 6 dias

	4 DIAS	5 DIAS	6 DIAS
$V_{mínimo}$	35,4 mm	41,9 mm	51,6 mm
$V_{máximo}$	154,2 mm	174,4 mm	190,6 mm
V_{alerta}	103,1 mm	114,7 mm	133,0 mm

Fonte: Elaborada pelas autoras, 2025.

É importante destacar que foi adotada uma abordagem mais conservadora dos demais estudos para o município, visto o elevado número de registros associados a precipitações diárias muito baixas. Esse aspecto foi analisado por meio das curvas de correlação entre PD e PA para dias com e sem eventos, para os períodos de 4, 5 e 6 dias. A Figura 6 mostra a correlação para o período de 4 dias de acumulação, que apresentou os resultados mais satisfatórios.

Figura 6 – Correlação envoltória de escorregamentos e frequência de eventos



Fonte: Elaborada pelas autoras, 2025.

Na curva de correlação foi possível notar que grande parte dos pontos sem ocorrências de movimentos de massa se encontram próximos ou nos eixos do gráfico, apresentando valores muito baixos de precipitação diária e acumulada. Entretanto, à medida que se afasta dos eixos vê-se a acumulação da maioria dos pontos, com valores de precipitação bem inferiores aos de alerta ou atenção. E, depois desses, associados a precipitações mais altas existe uma frequência bem menor de pontos, que são os pontos adversos.

Desta forma, para o período de acumulação de 4 dias, obteve-se o valor de precipitação acumulada de alerta (PA) de 47,99 mm em 4 dias.

Tendo então todas as correlações feitas, pode-se classificar as ocorrências quanto a sua frequência diária, ou seja, o número de ocorrências em um único dia, conforme a metodologia Castro (2006). Os eventos isolados correspondem a 63,58% dos registros e os generalizados ao 36,42% restantes. E, dentre os eventos generalizados, correspondem a eventos de pequeno, médio e grande porte, respectivamente, 25,43%, 7,51% e 3,47%.

Na Figura 6, também é apresentada a correlação do porte do evento de movimento de massa e a precipitação diária e acumulada. Neste, se destaca a predominância dos eventos isolados e de pequeno porte que são associados a precipitações diárias e acumuladas inferiores. Assim, tem-se que até cerca de 40 mm/dia e 100mm/4dias são maiores as chances de eventos isolados e de pequeno porte.

Já os eventos de médio e grande porte são pouco frequentes e associados a precipitações diárias e acumuladas bem superiores aos demais. Assim, tem-se a predominância dos eventos isolados e de pequeno porte na região imediatamente abaixo da envoltória.

4.4 Análise espacial por agrupamentos

Antes de analisar o resultado da clusterização, verificou-se que existe pelo menos uma diferença entre os quatro grupos para a variável número de registros de ocorrências de movimento de massa ao nível de significância de 5% (sig. F = 0,000). De forma resumida, os resultados da análise de variância de um fator, com as variabilidades de cada variável, as estatísticas F e os respectivos níveis de significância.

Assim, a análise de agrupamento não hierárquico de *k-means* resultou em 4 *clusters*, sendo o *cluster* 1 de 0 a 8 registros, *cluster* 2 de 10 a 20 registros, *cluster* 3 de 33 a 36 registros e o *cluster* 4 de 39 a 43 registros.

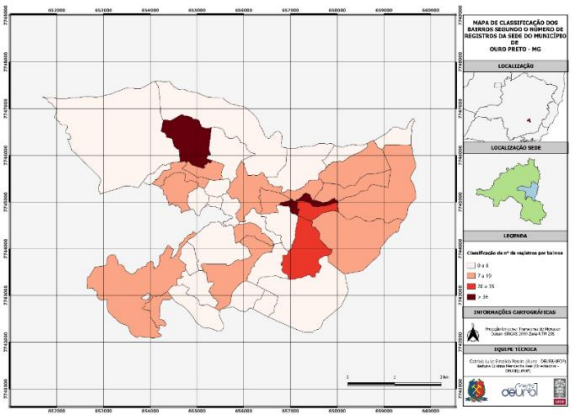
O *cluster* 1 acumula 22 bairros, o *cluster* 2 apresenta 13 bairros e os *clusters* 3 e 4 totalizaram 2 bairros cada um. A soma dos aglomerados retoma 39 bairros, número que remete ao número de bairros que compõe a sede do município, conforme dados do IBGE, 2021.

Apesar dos problemas relacionados a variação dos registros de movimento de massa, foi possível delimitar as áreas mais atingidas na área urbana do município para o período de estudo. Assim, buscou-se relacionar o dia da ocorrência aos eventos de precipitação e a predominância de certos locais de ocorrência.

Analisando a relação de registros de movimentos de massa por bairro, se evidencia a predominância de ocorrências em quatro bairros dentre os 39 que compõe a sede do município – IBGE, 2021. Estes bairros de destaque são Alto da Cruz, Padre Faria, Santa Cruz e São Cristóvão com número de registros de 43, 33, 36 e 39, respectivamente.

Por meio do *software* QGIS estas áreas foram mapeadas e classificadas conforme os *clusters* gerados, como vê-se na Figura 7.

Figura 7 – Mapa de classificação dos bairros conforme número de registros

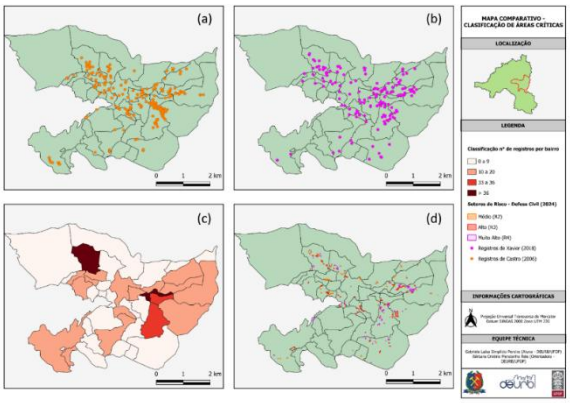


Fonte: Elaborada pelas autoras, 2025.

Os bairros que compõe os clusters 3 e 4 se destacam e podem ser consideradas as áreas mais críticas quanto a movimentos de massa no período chuvoso. Estes bairros são: Alto da Cruz, Padre Faria, Santa Cruz e São Cristóvão, o que vai de acordo com a análise feita inicialmente. Ao analisar somente os bairros mais afetados segundo a *clusterização*, ainda é evidenciada a constância nos bairros Alto da Cruz e São Cristóvão ao longo da série de dados.

Na Figura 8, são apresentados quatro mapas da sede do município, com os registros de Castro (2006) (a), Xavier (2018) (b) e resultante da clusterização (c) feito neste trabalho. Além desses, é apresentada a setorização de risco do PMRR (2023) (d).

Figura 8 – Mapa comparativo áreas mais afetadas; (a) Mapeamento dos registros de Castro (2006); (b) Mapeamento dos registros de Xavier (2018); (c) Clusterização dos bairros da cidade conforme registros de a e b; (d) Setorização de risco do PMRR (2023)



Fonte: Elaborada pelas autoras, 2025.

Comparando a Figura 8(a) e Figura 8(b) da , nota-se que as mesmas áreas são destacadas, reforçando a hipótese de recorrência dos eventos em certas regiões. Isto porque os registros de Castro e Xavier são referentes a diferentes períodos. Visto que a Figura 8(c) é resultado da série de dados de Figura 8(a) e Figura 8(b), o resultado segue o que se esperava. O mapa em Figura 8(d) diz respeito a setorização de risco mais recente para o município, publicada no PMRR em 2023, que é proveniente de várias bases de dados relevantes. As áreas destacadas nesta setorização coincidem muito com as áreas destacas nos demais mapas.

Desta forma, entende-se que existe uma equivalência entre as áreas críticas julgadas neste trabalho e a setorização de risco mais atual para o município, especialmente nas áreas dos bairros resultantes da clusterização Alto da Cruz, Padre Faria, Santa Cruz e São Cristóvão.

4.5 Discussão

A análise descritiva dos dados de precipitação reforçou a existência de um período chuvoso e um período seco no município, sendo o chuvoso entre os meses de outubro e março e o seco nos demais, como já havia sido afirmado por outros autores, como Castro (2006). A análise descritiva dos dados de movimentos de massa, evidenciou a existência de uma correlação entre a ocorrência dos dois eventos, visto que mais de 90% dos registros de movimentos de massa ocorreram no período chuvoso.

Os gráficos de dispersão gerados na análise dos períodos de acumulação não mostraram uma separação óbvia dos eventos. Entretanto, foi possível realizar uma separação por faixas, analisando individualmente dos períodos de estudo.

Esta análise de acumulação indicou os períodos de acumulação de 4 a 6 dias como mais significativos e, por meio da envoltória de escorregamentos, foram obtidos os valores de atenção para chuvas antecedentes. Os limiares de alerta e atenção resultantes dessas análises são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Comparativo de valores significativos por período de acumulação

PERÍODO DE ACUMULAÇÃO	Vatenção (mm)	Valerta (mm)
4 dias	47,99	103,1
5 dias	48,12	114,70
6 dias	45,44	119,70

Fonte: Elaborada pelas autoras, 2025.

Os períodos de acumulação encontrados neste trabalho, seguiram a tendência encontrada por Castro (2006) e Silva (2015), não apresentando diferenças notáveis nos períodos superiores a 8 dias. Como resultado, foram obtidos períodos de acumulação mais significativos de 5 e 6 dias, respectivamente, como apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Comparativo valores significativos por Castro (2006) e Silva (2015)

FONTE	PERÍODO DE ACUMULAÇÃO	Vatenção (mm)	Valerta (mm)
Castro (2006)	5 dias	39,40	124,00
Silva (2015)	6 dias	54,10	151,40

Fonte: Elaborada pelas autoras, 2025.

Observa-se também uma redução considerável em relação aos valores de alerta, de cerca de 8% para 5 dias e de cerca de 20% para 6 dias. Os valores de alerta, entretanto, tiveram comportamento divergente, com aumento de cerca de 22% para 5 dias e redução de 16% para 6 dias. Estas variações podem ser justificadas pela abordagem mais conservadora adotada neste e às diferenças nas séries de dados.

Segundo Soares e Ramos Filho (2015), o dia de acumulação que representa maior influência na deflagração dos movimentos de massa é apresentado como o diagrama de menor número de dias que apresenta uma separação mais nítida dos pontos com e sem escorregamentos. Como os três períodos de acumulação encontrados mostraram resultados muito próximos, considera-se o período de acumulação de 4 dias como mais representativo da área e período de estudo, com equação que correlaciona a precipitação diária (PD) com a precipitação acumulada (PA), do tipo potência, de $PD = 1134 \times PA^{-0,817}$ e R^2=0,9922, excluindo a precipitação do dia do evento.

Assim, com o resultado do estudo de correlação de movimentos de massa e precipitação acumulada, é possível atualizar os valores de precipitação desencadeadores, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 – Valores de precipitação desencadeadores de movimentos de massa

NIVEL DE OPERAÇÃO	PRECIPITAÇÃO (mm/4 dias)	AÇÃO
Normal	> 35,40	Acompanhamento dos índices pluviométricos
Observação	35,40 < P < 47,99	Vistorias áreas de risco
Atenção	47,99 < P < 103,1	Remoções preventivas
Alerta	<103,1	Remoções totais

Fonte: Elaborada pelas autoras, 2025.

A ocupação no município iniciou nos topos de colina e platôs a meia encosta, sendo estas as áreas mais estáveis e planas, abrigando as grandes construções históricas e igrejas

(PINHEIRO, 2003). Desta forma, os movimentos de expansão urbana seguintes foram desenvolvidos pela população de baixo poder aquisitivo em áreas provenientes de atividade mineradora no passado (SOBREIRA e FONSECA, 2001). Assim, áreas já consideradas de risco foram ocupadas e a situação é agravada constantemente pela ocupação desordenada e as consequências dessa.

Este é o caso de muitos bairros da sede do município, mas principalmente dos bairros críticos Alto da Cruz, Padre Faria, Santa Cruz e São Cristóvão, apontados pela análise de agrupamentos. Estes possuem alta densidade demográfica, baixo poder aquisitivo e baixa instrução técnica construtiva, o que resultou na retirada da vegetação, mudança da geometria da encosta e aumento da percolação, principalmente. E, combinados a eventos pluviométricos, promovem a aceleração de processos erosivos e aumentam a propensão da área ser afetada por algum tipo de perigo, especialmente da ocorrência de movimentos de massa.

Fernandes (2000), destacou a falta de conhecimento das propriedades e das características dos terrenos, o que combinado à ocupação desordenada e suscetibilidade natural das encostas refletia na aceleração e intensificação na instabilidade das encostas. Ainda hoje, essa condição é mantida, com pouco conhecimento sobre as áreas e com a população de baixo poder aquisitivo sendo mais afetada pelos eventos.

5 CONCLUSÃO

O município de Ouro Preto (MG) é marcado pela ocorrência de movimentos de massa de grandes proporções, especialmente durante o período chuvoso. Ao combinar o efeito da água com a ocupação de áreas impróprias, esta relação se torna mais estreita, promovendo a redução da estabilidade no terreno.

Neste estudo, obteve-se a equação que correlaciona PD com PA, do tipo potência, de $PD = 1134 \times PA^{-0,817}$ e R^2=0,9922, excluindo a precipitação do dia do evento. E, tem-se o limiar de atenção de 47,99 mm/4 dias e de alerta de 103,1 mm/4dias, além do limiar mínimo de 35,4 mm/4 dias.

Considerando os resultados obtidos, pode-se afirmar que a precipitação é um fator significativo para o desencadeamento de movimentos de massa no município de Ouro Preto. E, a atualização dos limiares de precipitação utilizados hoje se mostrou importante, visto o aumento dos casos adversos e maior repercussão de eventos de grande porte na cidade nos últimos anos.

A cartografia geotécnica foi apresentada como uma ferramenta essencial ao planejamento urbano e territorial, servindo como meio de monitoramento e acompanhamento das zonas de instabilidade. Sua associação aos limiares pluviométricos compõe um instrumento de gestão de risco muito importante. Visto a atualização da setorização de risco do município no ano de 2023, um ponto de melhora nesta associação seria na relação dos dados pluviométricos, com a implantação de novas estações pluviométricas, especialmente nas proximidades das áreas críticas, manutenções nas existentes e maior facilidade no acesso aos dados existentes, visando o subsídio de pesquisas futuras.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, Ana Maria Carrascosa do. Análise estatística da precipitação relacionada à ocorrência de movimentos de massa em Cubatão-SP. 2018. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro (SP), 107 p.

AMARAL, Rosangela do; Gutjahr, Mirian Ramos. Desastres Naturais / Rosangela do Amaral, Mirian Ramos Gutjahr. São Paulo: IG/SMA, 2015. 3° ed. Revisada. (Série Cadernos de Educação Ambiental, 8).

BIGARELLA, J. J; BECKER, R. D.; PASSOS, E. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Florianópolis: Editora da UFSC, 1996. 875 p.

CASTRO, J. M. G. Pluviosidade e movimentos de massa nas encostas de Ouro Preto. 2006. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2006.

CRISPIM, Diêgo Lima; FERNANDES, Lindemberg Lima; DE OLIVEIRA ALBUQUERQUE, Roberta Luiza. Aplicação de técnica estatística multivariada em indicadores de sustentabilidade nos municípios do Marajó-PA. Revista Principia-Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB, n. 46, p. 145-154, 2019.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com Excel®, SPSS® e Stata®. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2024.

FARAH, Flavio. Habitação e encostas. IPT, 2003.

FERNANDES, Gilberto. Caracterização geológico-geotécnica e propostas de estabilização da encosta do Morro do Curral–Centro de Artes e Convenções de Ouro Preto. 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censos. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/ouro-preto/pesquisa/23/27652. Acesso em: 30 de nov. 2023.

Ministério de Desenvolvimento Regional. Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR). Viçosa: MDR, 2023. Disponível em: https://www.ouropreto.mg.gov.br/seguranca/pmrr. Acesso em: 3 jun. 2024.

OLIVEIRA, Leandro Duque de; SOBREIRA, Frederico Garcia. Crescimento urbano de Ouro Preto-MG entre 1950 e 2004 e atuais tendências. 2015.

PINHEIRO, Antônio Luiz; SOBREIRA, Frederico Garcia; LANA, Milene Sabino. Influência da expansão urbana nos movimentos em encostas na cidade de Ouro Preto, MG. Rem: Revista Escola de Minas, v. 56, p. 169-174, 2003.

SILVA, Naiara de Lima. Correlação entre pluviosidade e movimentos gravitacionais de massa no Alto Ribeirão do Carmo/MG. 2015. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotécnica) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2015.

SOARES FL, RAMOS FILHO GM. Correlações entre movimentos de massa e pluviosidade nas encostas de João Pessoa/PB- Brasil. Revista Geotecnia, 2015, v.33, p.51 62, 2014.

SOBREIRA, Frederico Garcia; FONSECA, Marco Antônio. Impactos físicos e sociais de antigas atividades de mineração em Ouro Preto, Brasil. 2001.

SOUZA, I. V. Distribuição Temporal das Precipitações Intensas no Município de Ouro Preto (MG). Encontro dos Saberes - UFOP, Ouro Preto, 2023.

TATIZANA, C. et al. Análise de correlação entre chuvas e escorregamentos–Serra do Mar, município de Cubatão. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. 1987. p. 225-236.

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosangela. Desastres naturais. São Paulo: Editora Instituto Geológico, 2009.

XAVIER, Mateus Oliveira. Mapeamento da suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa utilizando a análise estatística do valor informativo aplicada ao distrito sede da cidade histórica de Ouro Preto-MG. 2018. 176 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

DESASTRES SOCIOAMBIENTAIS NO BRASIL: ANÁLISE SOBRE PEQUENOS MUNICÍPIOS.

SOCIO-ENVIRONMENTAL DISASTERS IN BRAZIL: AN ANALYSIS SMALL MUNICIPALITIES.

1ºÉrick C. Mota[1], 2º Gabriela M. Di Giulio[2], 3º Agostinho T. Ogura[3], 4º Taís Schiavon[3], 5º Tatiane B. de Freitas[5]

1 Universidade de São Paulo, erick.mota@usp.br

2 Universidade de São Paulo, ggiulio@usp.br

3 ABJICA, agostinhotadashiogura@gmail.com

4 Pesquisadora Pós Doutoranda do Centro de Síntese USP Cidade Globais do Instituto de Estudos Avançados IEA - USP, taschiavon@gmail.com

5 – Insper, brasil.tatiane@gmail.com

RESUMO

Este estudo investiga a crescente incidência de desastres socioambientais em municípios de pequeno porte no Brasil, entre os anos de 1991 e 2022, destacando a persistência da vulnerabilidade mesmo com medidas governamentais implementadas desde o Estatuto das Cidades e da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. Nos últimos 30 anos, as ocorrências de desastre notificadas resultaram em R$ 502,44 bilhões em danos totais em todo o Brasil, dos quais R$ 395,24 bilhões em municípios de pequeno porte (até 50 mil habitantes), sublinhando a necessidade de ações específicas para abordar as condições de vulnerabilidade especialmente nessas localidades. Neste momento de elaboração de Planos de Adaptação às Mudanças Climáticas em níveis municipais, destaca-se a importância estratégica de uma abordagem integrada para viabilizar de modo técnico, financeiro e governamental as ações de mitigação e adaptação às mudanças climáticas diante dos desafios complexos em evolução.

Palavras-Chave: Desastres socioambientais. Municípios de pequeno porte. Mudanças climáticas. Adaptação Climática. Redução de Riscos de Desastres.

ABSTRACT

This study investigates the increasing incidence of socio-environmental disasters in small municipalities in Brazil, between the years 1991 and 2022, highlighting the persistence of vulnerability even with governmental measures implemented since the Statute of Cities and the National Policy on Civil Protection and Defense. In the last 30 years, the reported disaster occurrences have resulted in total damages of R$ 502.44 billion across Brazil, of which R$ 395.24 billion occurred in small municipalities (up to 50,000 inhabitants), underscoring the need for specific actions to address the conditions of vulnerability particularly in these localities. At this moment of developing Climate Change Adaptation Plans at the municipal level, the strategic importance of an integrated approach is emphasized to enable mitigation and adaptation actions to climate change in a technical, financial, and governmental manner in the face of evolving complex challenges.

Keywords: Socioenvironmental disasters. Small municipalities. Climate change. Climate Adaptation. Disaster Risk Reduction.

1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

O artigo aborda a tendência de aumento da incidência e da severidade dos desastres socioambientais no Brasil, especialmente em municípios de pequeno porte, na medida em que aqueles com até 20.000 habitantes compreendem quase 70% do total de municípios no país (PERES, 2023). Apesar das tentativas governamentais e das políticas implementadas principalmente desde a década de 1990 (quando a ONU instituiu a Década Internacional de Redução de Risco de Desastres), entre 1991 e 2022, o país registrou mais de 62 mil desastres com 4.728 óbitos, resultando em mais de 9 milhões de desabrigados e danos superiores a R$ 502 bilhões (MIDR, 2023), valores que podem estar subnotificados devido a falhas nos registros e tabulação de dados.

Estudo Técnico da Confederação Nacional dos Municípios - CNM (2023) destaca que dos 5.770 municípios brasileiros, 93% registraram desastres de 2013 a 2022, com 2 milhões de moradias danificadas, prejuízos de R$ 26 bilhões, e 4,2 milhões de deslocados. Em 2023, o Brasil teve 12 eventos climáticos extremos, muitos considerados incomuns ou sem precedentes com reverberações negativas em todos os setores da economia (WMO, 2024). A preocupação da população brasileira com as mudanças climáticas cresce. Recente pesquisa de opinião pública realizada pela IPSOS aponta que 49% das pessoas entrevistadas acreditam na necessidade de deixarem seus lares devido a algum desastre (IPSOS, 2022).

Os efeitos de eventos extremos climáticos não se limitam aos impactos das chuvas em ocupações de encostas e terrenos de baixada, com desastres envolvendo deslizamentos e inundações, que são os mais noticiados pelos veículos de imprensa. As ondas de calor causaram 48 mil mortes entre 2000 e 2018, afetando principalmente grupos vulneráveis (SANTOS et al, 2024). O desastre de 2024 no Rio Grande do Sul evidenciou a vulnerabilidade das cidades e a inadequação na gestão de desastres. No mesmo ano, a região amazônica enfrentou estiagem prolongada com a redução da vazão dos rios, afetando direta e indiretamente as populações locais. A biodiversidade também é impactada nessas situações. A incidência recorrente de desastres com extrema gravidade permite fazer diversos questionamentos: as políticas voltadas para a redução dos riscos baseados no controle do grau de exposição e nas ações de preparação aos desastres são suficientes diante dos desafios das mudanças climáticas? Os municípios brasileiros têm avançado na agenda de adaptação? Em particular, os municípios de pequeno porte, estão atentos às necessidades de ajustamentos e ações que possibilitem aumentar sua capacidade adaptativa e sua resiliência?

2 MÉTODOS

A análise da distribuição geográfica dos desastres socioambientais que ocorreram no Brasil foi feita com dados do Atlas Digital de Desastres (MIDR, 2023)[1], em março de 2024, para o período disponível, de 1991 a 2022. Os dados do Atlas Digital de Desastres foram analisados considerando o porte populacional dos municípios, segundo critérios da Política Nacional de Assistência Social - PNAS (2004), para categorizar os municípios nos grupos: Pequenos I (até 20.000 hab.), Pequenos II (20.001 a 50.000 hab.), Médios (50.001 a 100.000

[1] Iniciativa nacional desenvolvida pelo Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil da Universidade Federal de Santa Catarina e pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC)

hab.), Grandes (100.001 a 900.000 hab.) e Metrópoles (mais de 900.000 hab.). Utilizou-se o software ArcGIS Pro para a produção de mapas e Excel/PowerBI para a tabulação e análise de dados. Para a análise e discussão recorreu-se à revisão de literatura sobre as temáticas abordadas.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Vulnerabilidades e Desastres Socioambientais

As previsões dos impactos das mudanças climáticas, em escala global, apontam para uma diversidade de efeitos em termos de intensidade e frequência, podendo apresentar aspectos tanto positivos quanto negativos (HUNT & WATKISS, 2011; IPCC; 2007). O Sexto Relatório de Avaliação (AR6), publicado em 2022, do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC (BIRKMANN et al, 2022) confirmou essas previsões, indicando que impactos negativos previstos em cenários pessimistas têm se tornado realidade, atingindo cerca de 42% a 46% da população mundial, com efeitos diretos para as pessoas e ecossistemas. Tais impactos agravam e são agravados pelas condições de vulnerabilidade e seus efeitos são sentidos de forma desigual pelos grupos marginalizados, comprometendo o desenvolvimento sustentável, No Brasil, o Painel Brasileiros sobre Mudanças Climáticas - PBMC (2014) e a Estratégia Internacional das Nações Unidas para a Redução de Desastres – sigla em inglês UNDRR (2019) alertam para a vulnerabilidade das populações aos impactos climáticos e a necessidade de estratégias de resiliência urbana.

O Marco de Sendai (2015)[2] para a redução de risco de desastres *(Disaster Risk Reduction* – DRR, em inglês), estabelecido para o período entre 2015 e 2030, corresponde a um instrumento sucessor do Quadro de Ação de Hyogo de 2005 a 2015. As ações do Marco de Sendai possuem importante sinergia com as estratégias apresentadas pelo Acordo de Paris (2015) no que tange às questões de adaptação às mudanças climáticas (*Climate Change Adaptation* – CCA, em inglês). Na América do Sul e no Brasil, foi apontada a necessidade de uma agenda de pesquisas estratégicas de adaptação transformativa (e não apenas para redução de riscos) às mudanças climáticas, ou seja, com redução das causas da vulnerabilidade a longo prazo, muitas delas relacionadas diretamente às dinâmicas de planejamento urbano e ordenamento territorial (FAPESP, 2022; Birkmann et al, 2022).

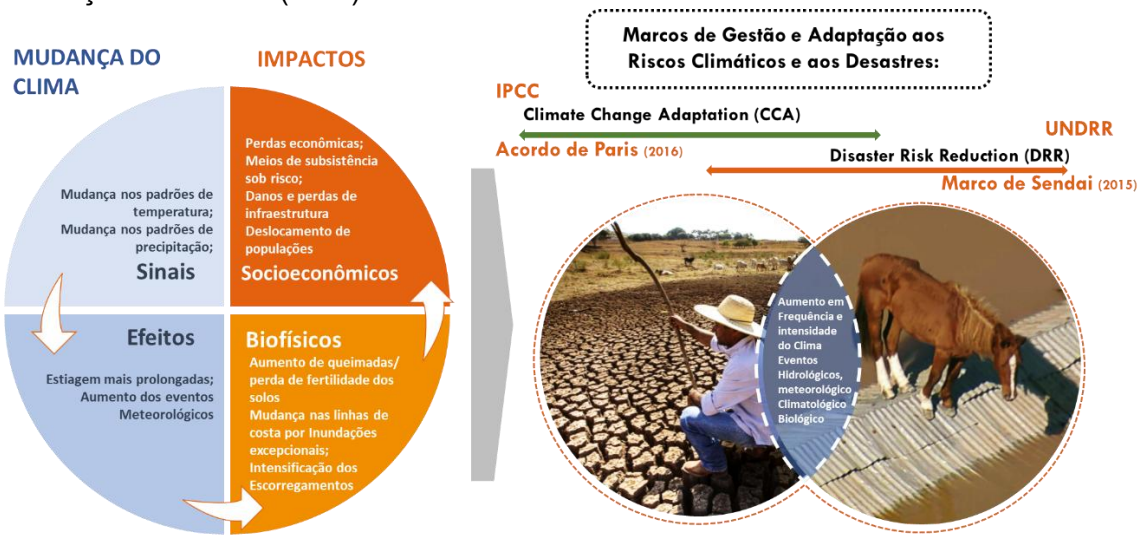
A Figura 1 busca sintetizar a complementariedade das agendas de adaptação e redução e mitigação de riscos, cujas estratégias devem ser desenvolvidas em consonância. As ações de CCA estão associadas a eventos climáticos de caráter lento enquanto a agenda de DRR foca em ações para o enfrentamento de eventos rápidos (chuvas extremas, escorregamentos, ondas de calor etc.).

Outro conceito fundamental no que tange à fase pós-desastre se refere ao termo inglês *Build Back Better* (BBB), traduzido como reconstruir de forma melhor, que tem como princípio melhorar as condições físicas, sociais e econômicas durante a recuperação pós-desastre, por

[2] O Marco de Sendai tem como objetivo “Reduzir riscos de desastres existentes e prevenir novos riscos por meio da implementação de medidas integradas e inclusivas em âmbito econômico, estrutural, legal, social, saúde, cultural, educacional, ambiental, tecnológico, político e institucional que previnam e reduzam a exposição ao risco e a vulnerabilidade a desastres, aprimorem a preparação para a resposta e para recuperação e, dessa forma, fortaleçam a resiliência.” (UNDRR, 2015).

meio do planejamento do uso do solo baseado nos perigos identificados, regulamentações baseadas em riscos, aumento da conscientização e treinamento das partes interessadas (UNISDR, 2017; MANNAKKARA & WILKINSON, 2013). O conceito ganhou notoriedade na área de Redução de Risco de Desastres e foi identificado como uma prioridade pelo Marco de Sendai das Nações Unidas (MANNAKKARA et al., 2018).

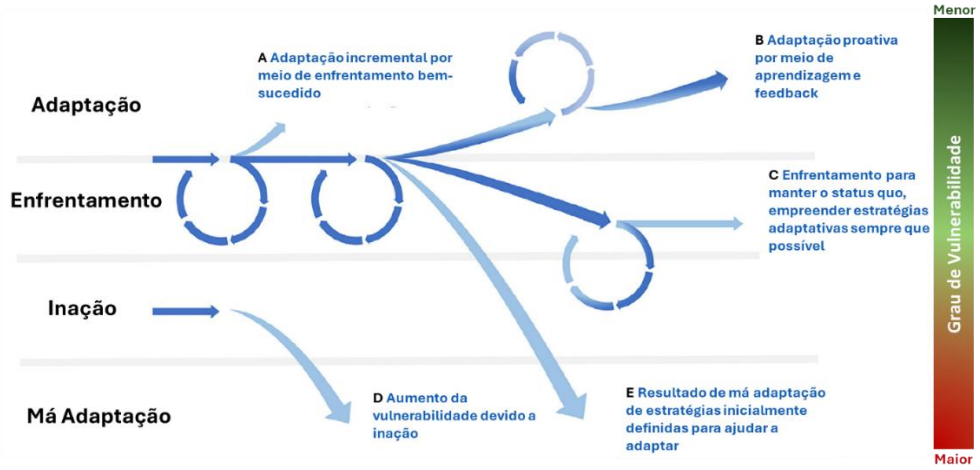
Figura 1. Relação entre ações de Redução de Riscos de Desastres (DRR) e Adaptação às Mudanças Climáticas (CCA).



Fonte: modificada pelos autores, 2025. (IPCC, 2014; SENDAI FRAMEWORK, 2015; UNDRR, 2021).

Concomitantemente, se faz necessária a adoção de estratégias que evitem a má-adaptação. Schipper (2020) destaca que estratégias como mudanças infraestruturais, institucionais e comportamentais ineficazes e mal projetadas para lidar com as mudanças climáticas podem ocasionar resultados adversos e não intencionais, podendo ocasionar a piora da situação do território, resultando no aumento da vulnerabilidade de indivíduos e comunidades aos impactos climáticos.

Figura 2. Diagrama conceitual dos resultados da adaptação ao longo do tempo, incluindo a má adaptação.



Fonte: Modificado de Schipper, 2020.

Conforme Schipper (2020), estratégias de enfrentamento são ações de curto prazo para superar períodos difíceis, com potencial de evolução para adaptações se a situação persistir. A figura 2 apresenta diversos desfechos possíveis, incluindo: (A) uma estratégia de adaptação pode evoluir a partir de um enfrentamento de curto prazo, desenvolvendo resiliência incremental, ou seja, a capacidade do sistema em desenvolver progressivamente maior resistência e capacidade de se adaptar a desafios e situações adversas ao longo do tempo; (B) passar por estágios incrementais de eficácia das ações e então obter sucesso com base em aprendizado; (C) a aplicação repetida de estratégias de enfrentamento de curto prazo sem permitir adaptação completa, mas sem tornar as pessoas mais vulneráveis; (D) a falta de resposta a mudanças climáticas resultando em maior vulnerabilidade e sendo considerada mal adaptativa; e (E) o risco de estratégias adaptativas se tornarem mal adaptativas com o tempo.

3.2

3.3 Políticas de Ordenamento Territorial e Mudanças Climáticas

As legislações de ordenamento territorial brasileiras são importantes instrumentos para apoiar a segurança e o crescimento sustentável dos territórios. O Estatuto da Cidade (Lei Federal 10.257/2001) é considerado balizador de diversas diretrizes da política urbana, incluindo a Elaboração do Plano Diretor[3] e o Zoneamento Ambiental Municipal. No momento de sua elaboração, o Estatuto da Cidade não considerou as mudanças climáticas como uma pauta prioritária, visto que não faz menção a esse tema específico (BRAGA, 2012). Contudo, após o desastre na região serrana do Rio de Janeiro, no verão de 2011, ficou evidente a necessidade de considerar as vulnerabilidades dos territórios brasileiros e os riscos de desastres potencializados pelos eventos extremos. Esse evento resultou na elaboração da

[3] Instrumento obrigatório para município com mais de 20 mil habitantes, integrantes de regiões metropolitanas ou aglomerações urbanas, aqueles que pretendem utilizar instrumentos de planejamento mais complexos, cidades turísticas, municípios em áreas de grande impacto ambiental e aqueles incluídos no cadastro nacional de municípios suscetíveis a desastres naturais são obrigados a elaborar seus planos diretores (BRASIL, 2021).

Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC (Lei nº 12.608 de 2012) e respectiva estrutura Plano Nacional de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres Naturais – GRRD, Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC, e o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – Cemaden, cujas ações de proteção e defesa civil incluem: Prevenção, Mitigação, Preparação, Resposta e Recuperação.

A PNPDEC alterou os textos referentes ao Estatuto da Cidade e da Lei nº 6.766/79 (Parcelamento do Solo Urbano), respectivamente, passando a obrigar a elaboração de Planos Diretores a todos os municípios sujeitos a desastres e exigindo estudos específicos para municípios que pretendem ampliar seu perímetro urbano (COUTINHO et al., 2013). Nessa seara, em 2012, o estatuto incluiu dentre seus objetivos prevenir a exposição da população a riscos de desastres (art. 2° e 42-A), bem como garantir a proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído, conforme constava no texto de 2001. Desde 2023, vem sendo desenvolvido o Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNDC, sendo aguardados seus produtos finais, a saber a Minuta de Decreto para a sua instituição e Propostas de Instrumentos para Difusão do Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil.

A Política Nacional sobre a Mudança do Clima - PNMC (BRASIL, 2009), com seus instrumentos - o Plano Nacional sobre Mudança do Clima e o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima - foi subestimada na gestão do ex-presidente Jair Bolsonaro. Atualmente, o governo federal busca fortalecer ações por meio do Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA), enquanto o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima passa por revisão, abordando 11 setores estratégicos[4], incluindo cidades e gestão de riscos de desastres (BRASIL, 2016).

Apesar das deficiências na resposta nacional à crise climática, a aprovação da Lei Ordinária 14.904/2024, que estabelece diretrizes para os Planos de Adaptação Climática nas cidades brasileiras, ressalta a importância estratégica das municipalidades. Os Planos Locais de Adaptação Climática estão em andamento em cidades com governança climática mais consolidada, impulsionados por entidades como Governos Locais pela Sustentabilidade - ICLEI, Frente Nacional de Prefeitas e Prefeitos - FNP e World Resource Institute - WRI, preenchendo lacunas de atuação estatal e fortalecendo a governança climática, como observado em Recife e Campinas. A coordenação de múltiplos atores e a falta de prioridade pela agenda climática local são desafios destacados pelo IPCC (2023), indicando uma transição lenta do planejamento para a ação, mesmo com o aumento global de planos adaptativos com baixa implementação de medidas. Além disso, municípios com comitês climáticos locais e filiação em redes transnacionais são fundamentais para influenciar a agenda política e fortalecer a governança climática em níveis locais (BARBI e REI, 2021).

3.4 Desafios e Perspectivas para a Adaptação nas Cidades Brasileiras

Os eventos climáticos extremos ainda tendem a ser encarados como de origens naturais e não são internalizados pelos governos em termos de respostas políticas que, em geral, tangenciam as questões climáticas e não incorporam os cenários de mudanças

[4] Agricultura, Recursos Hídricos, Segurança Alimentar e Nutricional, Biodiversidade Cidades, Gestão de Risco de Desastres, Indústria e Mineração, Infraestrutura, Povos e Populações Vulneráveis, e Zonas Costeiras.

previstos (BARBI, 2014). Cerezini e Castro (2024) avaliaram o nível de preparação às mudanças climáticas de todas as regiões metropolitanas (RMs) nacionais, regiões integradas de desenvolvimento (Rides) e aglomerações urbanas (Aglos), concluindo que os níveis de capacidade adaptativa às mudanças climáticas variam significativamente entre as regiões do Brasil. As autoras destacam que, ao aplicarem o Índice de Adaptação Urbana (UAI) proposto por Neder et al (2021) a essas regiões, os resultados reforçaram a desigualdade entre os municípios menos populosos e os mais populosos, confirmando a tendência apresentada por Borges (2020) na análise da capacidade adaptativa de cinco municípios pequenos do sul de Minas Gerais.

BIRKMANN et al. (2022) destacam que o desenvolvimento resiliente às mudanças climáticas somente pode ser alcançado por meio de mudanças sociais, contudo, em todo o globo observa-se que os esforços para a adaptação ainda são pontuais e concentrados em alguns setores da economia O desafio é complexo e abrange uma série significativa de aspectos que impactam a governança climática nos municípios brasileiros. Di Giulio et al. (2019), em estudo interdisciplinar realizado em seis capitais brasileiras, identificaram dimensões cruciais para promover a agenda adaptativa, como Fatores Cognitivos, Recursos, Fatores Organizacionais, Aspectos Políticos e Planejamento Urbano. A pesquisa destacou que obstáculos à implementação das medidas de adaptação geralmente surgem de questões políticas, como falta de vontade e comprometimento dos governantes locais, e das dinâmicas do planejamento urbano, influenciadas por interesses e pressões do setor privado.

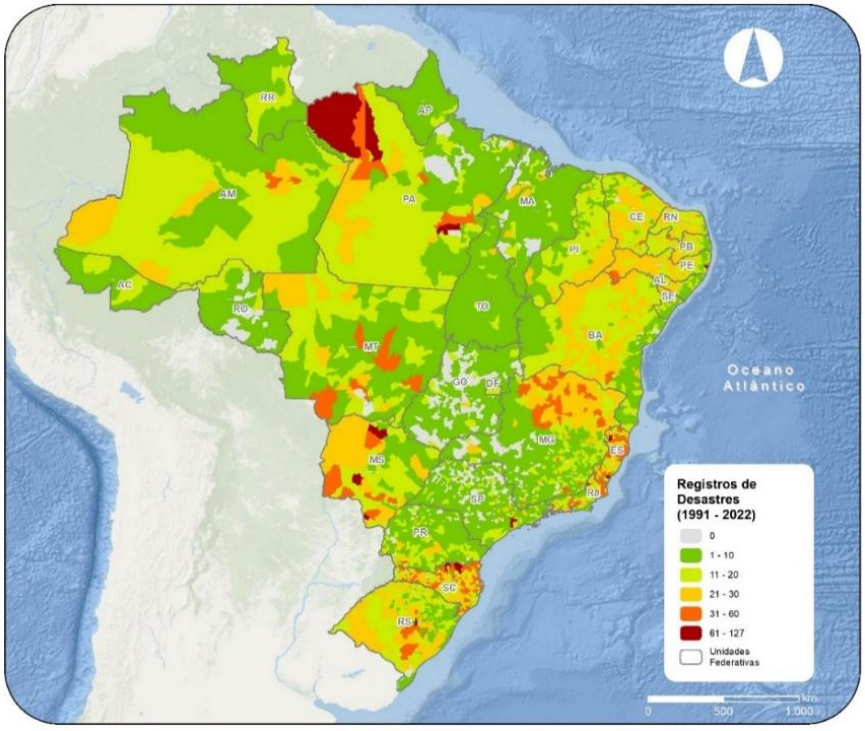
Soma-se a isso o cenário de vulnerabilidade revelado pelo Índice de Vulnerabilidade a Riscos Climáticos da Plataforma AdaptaBrasil (MCTI,2024), indicando importantes lacunas na capacidade adaptativa dos municípios brasileiros, especialmente em relação a deslizamentos e inundações. O Guia para Elaboração e Revisão de Planos Diretores (MDR, 2022) destaca a importância da implementação eficaz das diretrizes municipais diante dos desafios climáticos, promovendo o desenvolvimento sustentável e projetos adaptativos para a justiça climática. Neste sentido, a iniciativa do Programa Cidades Verdes e Resilientes (BRASIL, 2024) busca realizar a integração de diversas secretarias visando o melhor enfrentamento das mudanças climáticas. A Confederação Nacional dos Municípios (Ferreira et al., 2024) destaca os consórcios públicos como estratégia para cooperação entre os entes federativos na realização de ações de proteção e defesa civil, sugerindo a formação de consórcios intermunicipais para otimizar recursos que possibilitem uma ajuda mútua, principalmente entre os pequenos municípios. Contudo, Di Giulio (2024) destaca que enfrentar os desafios relacionados aos impactos das mudanças climáticas demanda interação dialógica e coprodução de conhecimento entre ciência, políticas públicas e sociedade, considerando a usabilidade da informação científica e a aceitabilidade das narrativas científicas pelos atores políticos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Brasil, considerando os critérios populacionais conforme classificação do IBGE adotada pela Política Nacional de Assistência Social (PNAS, 2004), os municípios de Pequeno Porte Populacional representam 4.906 do total dos municípios brasileiros, dos quais 3.828 são da classe populacional I (até 20 mil habitantes) e 1.078 da classe populacional II (até 50 mil habitantes). Juntos, essas duas classes de pequenos municípios representam cerca de 64,5 milhões de habitantes (Censo Demográfico do IBGE, 2022). Esses municípios são os mais

atingidos por desastres (MIDR, 2023), que reverberam com maior intensidade devido ao grau elevado de vulnerabilidade social, econômica e política, fatores que expõem essas localidades a sérios riscos climáticos (MARGULIS, 2017).

Figura 3. Ocorrência de Desastres por município (1991-2022).



Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

A análise dos registros compilados pelo Atlas Digital de Desastres oferece *insights* valiosos sobre o padrão de distribuição dos eventos adversos no Brasil, possibilitando uma compreensão mais aprofundada das áreas mais impactadas por esses fenômenos. A fim de ilustrar essa distribuição ao longo de três décadas, a Figura 3 condensa os dados de monitoramento do Atlas, categorizando as ocorrências por município em seis classes (zero ocorrências; de 1 a 10; 11 a 20; 21 a 30; 31 a 60; acima de 61 ocorrências). Como evidenciado, a distribuição desses eventos revela uma proporção significativa de municípios afetados, abrangendo todas as regiões geográficas do país. É notável que mesmo os municípios com mais de 31 ocorrências ao longo desse período estejam distribuídos por todo o território nacional. Essas constatações ressaltam a frequência e a abrangência dos desastres como uma realidade constante em todo o país.

Entre 1991 e 2022, foram contabilizados o total de 62.273 ocorrências de desastres em todo o território brasileiro, resultando em 4.728 óbitos e mais de 9 milhões de desabrigados (MIDR, 2023). Os danos totais ultrapassam os R$ 502,44 bilhões, valores que podem estar subnotificados devido a inúmeros fatores principalmente relacionados a ausência de registros, dificuldade de compreensão de registros manuais e erros humanos na tabulação dos dados (Figura 4).

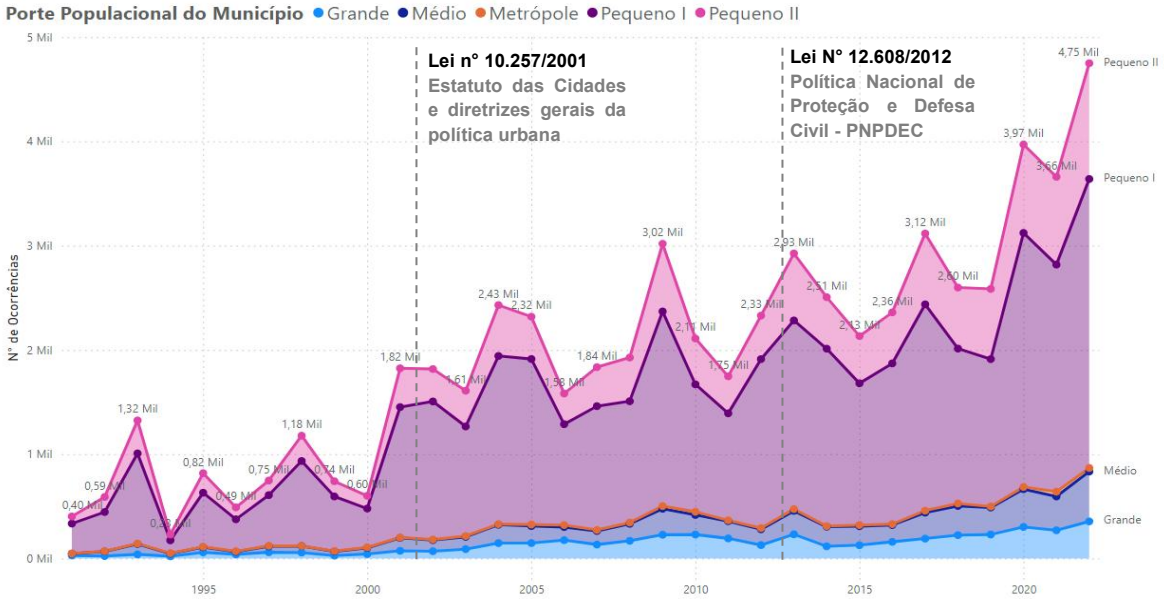
Figura 4. Impactos acumulados de desastres por porte populacional dos municípios (1991-2022).

Impactos	Porte Populacional					
	Metrópole	Grande	Médio	Pequeno II	Pequeno I	Total
Nº ocorrências de desastres	4.403	5.048	389	39.213	13.220	62.273
Óbitos	407	2.190	355	843	933	4.728
Desabrigados	176.696	444.267	267.922	569.722	550.064	2.008.671
Desalojados	235.823	1.943.478	1.196.560	1.913.397	1.788.880	7.078.138
Desaparecidos	149	1.438	1.019	600	554	3.760
Prejuízos totais (R$)	R$ 2.718.343.892,66	R$ 44.638.477.919,35	R$ 59.848.578.439,57	R$ 129.587.384.524,14	R$ 265.645.958.911,79	R$ 502.438.743.687,51

Fonte: Elaborada pelos autores, 2025. Dados: Atlas Digital de Desastres no Brasil (MIDR, 2023). Censo IBGE 2022.

Ao levar em conta a relação do porte de cada município, a Figura 5 sintetiza em um gráfico o predomínio de ocorrências de desastres nos municípios de Pequeno Porte, classes I e II que, juntos, acumulam 84,2% (52.433) do total de ocorrências para os intervalo de 31 anos analisados. Comparativamente, os municípios de Médio Porte representam 8,1% (5.048) dos desastres notificados, Grande Porte 7,1% (4.403) e as Metrópoles brasileiras 0,6% (389). Observando o gráfico, é possível verificar a tendência de crescimento de registros de desastres após o desastre de 2011 no Rio de Janeiro.

Figura 5. Ocorrência de Desastres por Porte Populacional Municipal (1991 e 2022).



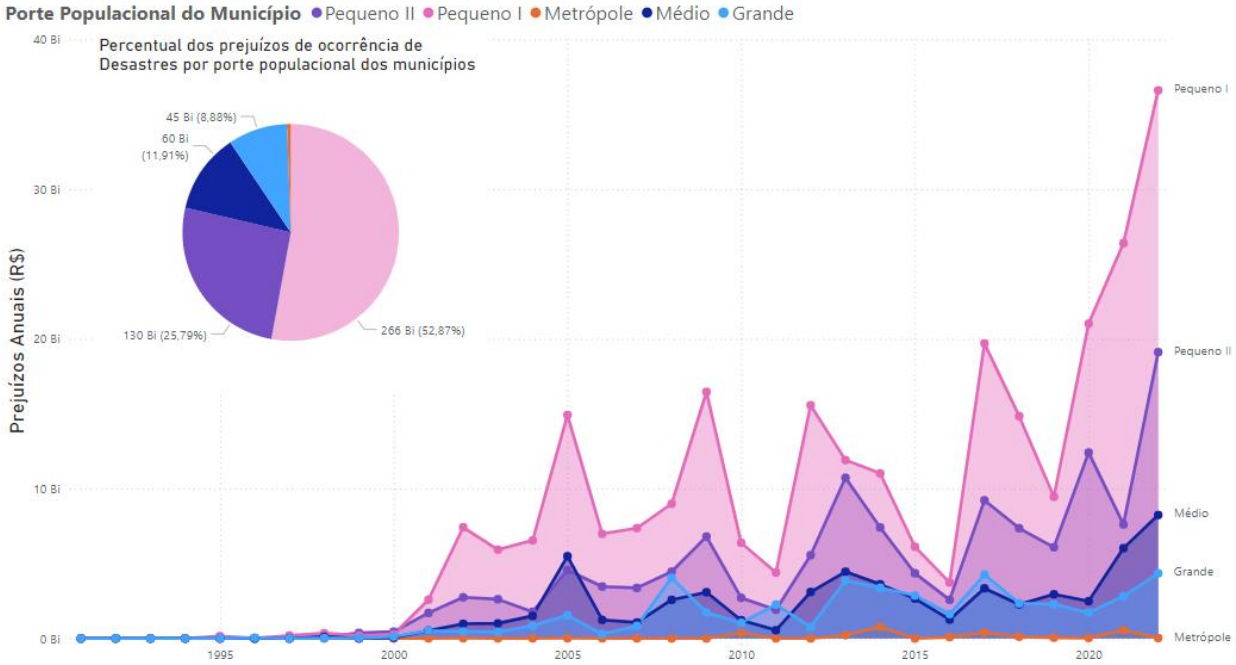
Fonte: Elaborada pelos autores, 2025. Dados: Atlas Digital de Desastres no Brasil (MIDR, 2023). Censo IBGE 2022.

Dentre o total de desastres, tem-se que 30.487 desastres ocorreram antes do estabelecimento da PNPDEC, média de 1.451 ao ano. Em contrapartida, após os 11 anos da criação da PNPDEC e do Cemaden, foram registradas 31.786 ocorrências, cerca de 3 mil desastres anuais. Ao considerar o número de vítimas com óbitos, evidencia-se que, neste período, o *modus operandi* da gestão de desastre somada à capacidade da administração pública em lidar com tais situações não conseguiu reduzir, significativamente, as perdas

humanas, uma vez que o número de vítimas anuais foram próximos, havendo cerca de 148 óbitos ao ano, antes da lei e 161 após.

Ao avaliar os danos causados por desastres em diferentes portes de municípios para o período de análise, de acordo com o indicado na Figura 6 observou-se que municípios de grande e médio porte registraram danos consideráveis de cerca de R$ 44,64 bilhões e R$ 59,85 bilhões nesses 31 anos, o que representa média de R$ 1,44 bilhões e R$ 1,93 bilhões ao ano, respectivamente. Nas metrópoles, foram observados danos de cerca de R$ 2,72 bilhões, pouco mais de 87 milhões ao ano. Por outro lado, os danos mais expressivos ocorreram em municípios de menor porte, com aproximadamente R$ 265,65 bilhões para os municípios Pequenos I e R$ 129,59 bilhões para os Pequenos II, média de R$ 8,57 bilhões e R$ 4,1 bilhões ao ano.

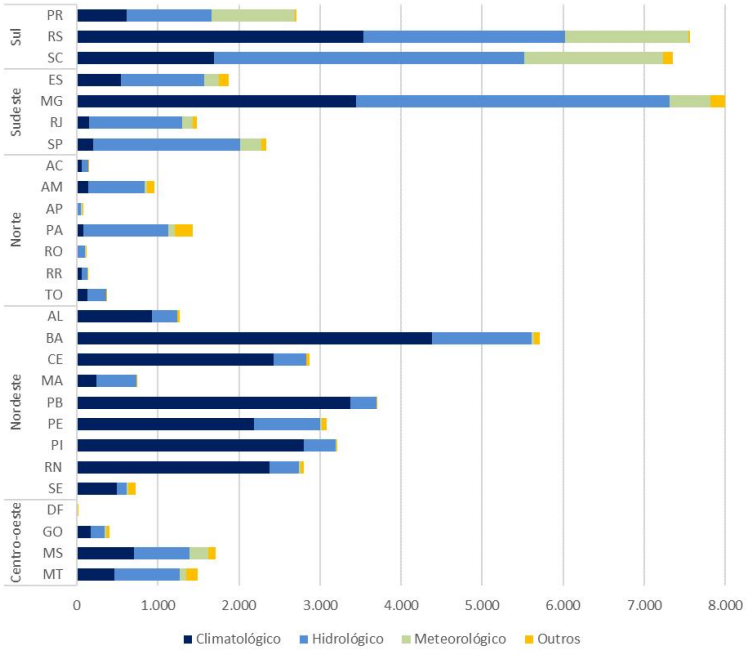
Figura 6. Acumulado de Prejuízos por Porte Populacional Municipal (1991-2022).



Fonte: Elaborada pelos autores, 2025. Dados: Atlas Digital de Desastres no Brasil (MIDR, 2023). Censo IBGE 2022.

Conforme a nomenclatura da Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade), são definidos quatro grupos de desastres, a saber: Climatológico: Estiagem e Seca, Incêndio Florestal, Onda de Calor e Baixa Umidade e Onda de Frio; Hidrológico: Alagamentos, Chuvas Intensas, Enxurradas, Inundações e Movimento de Massa; Meteorológico: Granizo, Onda de Frio, Tornado, Vendavais e Ciclones); e a classificação Outros, que abrange: Doenças infecciosas, Erosão, Onda de Calor e Baixa Umidade, Rompimento/Colapso de barragens e Outros. Na Figura 7 são apresentados o total de ocorrências registradas para o período de 1991 a 2022 por região e estado. Até o momento, as regiões mais populosas do país - Sul, Sudeste e Nordeste - lideram os registros; observa-se também significativa expressão dos eventos climatológicos e hidrológicos.

Figura 7. Ocorrências de desastres por categoria para as Unidades Federativas Brasileiras, e prejuízos totais acumulados entre 1991 e 2022.

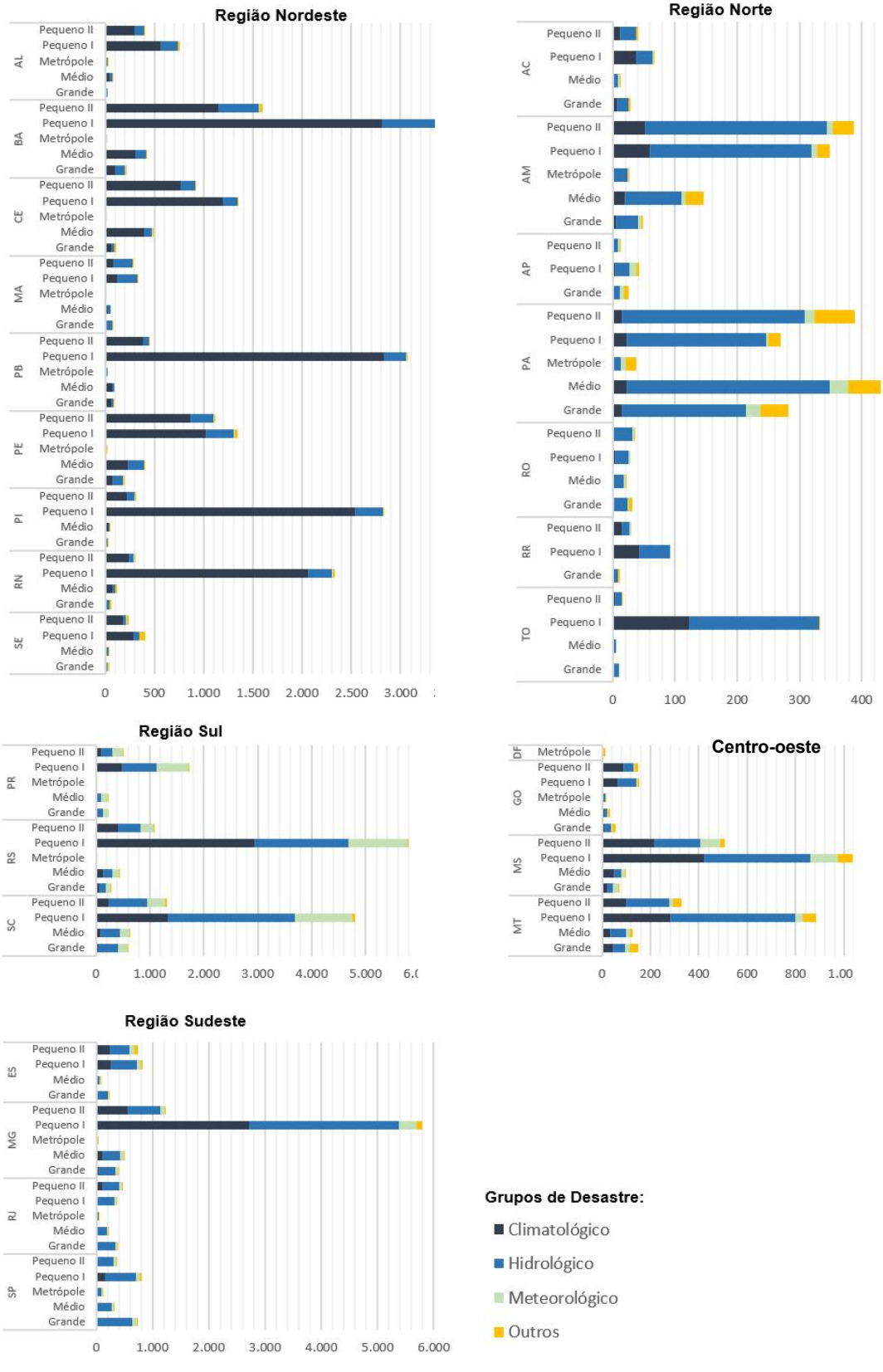


Fonte: Elaborada pelos autores, 2025. Dados: Atlas Digital de Desastres no Brasil (MIDR, 2023). Censo IBGE 2022.

A distribuição e tipos de ocorrências de desastres por porte populacional dos municípios para cada unidade da federação são sintetizados na Figura 8. Os resultados indicam como as questões climatológicas afetam diferentemente os Estados do Nordeste brasileiro, e em especial os municípios de pequeno porte, enquanto no restante do país, as questões hidrológicas foram mais proeminentes. No período de 1991 a 2022, o Atlas Digital de Desastres (MIDR, 2023) registrou e cadastrou dados referentes aos tipos de ocorrência de desastres responsáveis por situações de emergência e/ou calamidade pública. Analisando esses dados, observa-se que algumas regiões apresentam características distintas em relação aos tipos de desastres mais comuns indicadas na Figura 8. No Nordeste do país, os municípios de pequeno porte I destacam-se como os principais afetados pela seca e estiagem, enxurradas, vendavais e doenças infecciosas. Essa região enfrentam desafios relacionados à escassez de água e a problemas sanitários, que muitas vezes agravam a situação de emergência.

Já nos territórios do Sul e Sudeste do país, juntamente com alguns estados do Centro-Oeste, os desastres mais frequentes incluem eventos relacionados a vendavais, ciclones, granizo, tornados, alagamentos, movimentos de massa, chuvas intensas e ondas de frio. Essas regiões estão mais suscetíveis a eventos climáticos severos, que podem resultar em danos significativos à infraestrutura e colocar a vida da população em risco. No Centro-Oeste, é comum a ocorrência de ondas de frio e calor, além da baixa umidade do ar, o que propicia o surgimento de incêndios florestais. Esses eventos são influenciados pelas características geográficas da região e podem se tornar desastres de grandes proporções, afetando não apenas a biodiversidade, mas também a saúde e a qualidade de vida das comunidades locais.

Figura 8. Total de ocorrências de desastres por grupo e unidade da federação –1991 e 2022.



Fonte: Elaborada pelos autores, 2025. Dados: Atlas Digital de Desastres no Brasil (MIDR, 2023). Censo IBGE 2022.

Ressalta-se os efeitos decorrentes de processos erosivos acentuados que ocorre de forma semelhante em diversas regiões do país, independentemente de sua localização geográfica. De tal modo que a ocorrência desse evento pode ser potencializada com as mudanças climáticas em curso, somadas ao uso dos solos com baixa aplicação de métodos conservacionistas. A Figura 9 consolida os prejuízos resultantes dos desastres avaliados conforme a classificação Cobrade por classe de municípios segundo o porte populacional. Observa-se que os municípios de pequeno porte são os mais afetados economicamente pelas secas, seguidos por eventos hidrológicos, além de demonstrarem importantes perdas econômicas frente a processos erosivos, com destaque ao setor agropecuário e na agricultura familiar, potencialmente mais vulneráveis aos efeitos adversos do clima e com menor capacidade adaptativa.

Figura 9. Prejuízos decorrentes dos desastres por porte populacional municipal (1991-2022).

Classificação Cobrade	Porte Populacional				
	Metrópole	Grande	Médio	Pequeno II	Pequeno I	Total
Climatológico	R$ 484.084.069,30	R$ 22.721.518.318,54	R$ 42.664.911.068,40	R$ 100.547.731.478,49	R$ 212.563.757.142,96	R$ 378.982.002.077,69
Estiagem e Seca	R$ 484.084.069,30	R$ 22.691.549.616,04	R$ 41.348.762.417,53	R$ 100.012.212.801,51	R$ 211.573.368.817,26	R$ 376.109.977.721,64
Incêndio Florestal	R$ -	R$ 13.652.210,76	R$ 811.746.341,61	R$ 367.035.872,96	R$ 299.771.289,13	R$ 1.492.205.714,46
Onda de Frio		R$ 16.316.491,74	R$ 504.402.309,27	R$ 55.674.304,64	R$ 624.189.999,34	R$ 1.200.583.104,99
Onda de Calor e Baixa Umidade		R$ -	R$ -	R$ 112.808.499,38	R$ 66.427.037,23	R$ 179.235.536,61
Hidrológico	R$ 2.137.647.194,60	R$ 19.876.104.642,28	R$ 12.228.134.135,48	R$ 24.412.680.308,97	R$ 43.673.838.103,97	R$ 102.328.404.385,30
Enxurradas	R$ 128.915.301,83	R$ 8.410.813.011,79	R$ 3.956.460.771,13	R$ 8.162.335.855,96	R$ 16.735.374.144,93	R$ 37.393.899.085,64
Chuvas Intensas	R$ 123.424.473,36	R$ 5.970.812.050,96	R$ 2.208.172.398,01	R$ 7.644.614.340,96	R$ 16.176.522.517,06	R$ 32.123.545.780,34
Inundações	R$ 426.816.802,91	R$ 4.058.472.771,48	R$ 5.306.988.096,07	R$ 7.537.152.463,54	R$ 9.534.716.775,33	R$ 26.864.146.909,34
Alagamentos	R$ 652.052.975,06	R$ 719.549.377,69	R$ 552.556.601,12	R$ 849.429.255,56	R$ 823.879.992,88	R$ 3.597.468.202,30
Movimento de Massa	R$ 806.437.641,44	R$ 716.457.430,37	R$ 203.956.269,15	R$ 219.148.392,95	R$ 403.344.673,76	R$ 2.349.344.407,68
Meteorológico	R$ 96.328.070,74	R$ 1.406.332.174,32	R$ 4.366.148.342,58	R$ 3.641.840.669,58	R$ 8.829.450.151,08	R$ 18.340.099.408,30
Vendavais e Ciclones	R$ 96.328.070,74	R$ 828.007.062,02	R$ 3.060.393.335,43	R$ 1.501.332.738,09	R$ 5.059.215.055,86	R$ 10.545.276.262,14
Granizo	R$ -	R$ 538.469.225,93	R$ 1.185.062.339,82	R$ 1.992.671.801,61	R$ 3.471.277.404,78	R$ 7.187.480.772,14
Tornado		R$ 39.744.691,30	R$ 120.156.477,85	R$ 145.307.455,19	R$ 265.829.828,78	R$ 571.038.453,11
Onda de Frio	R$ -	R$ 111.195,07	R$ 536.189,49	R$ 2.528.674,69	R$ 33.127.861,67	R$ 36.303.920,92
Outros	R$ 284.558,03	R$ 634.522.784,21	R$ 589.384.893,10	R$ 985.132.067,09	R$ 578.913.513,78	R$ 2.788.237.816,21
Outros	R$ 284.558,03	R$ 137.733.001,13	R$ 478.270.494,91	R$ 375.878.885,63	R$ 288.885.550,59	R$ 1.281.052.490,28
Erosão	R$ -	R$ 328.447.144,83	R$ 87.791.062,00	R$ 586.577.218,33	R$ 232.622.460,89	R$ 1.235.437.886,05
Doenças infecciosas	R$ -	R$ 167.720.360,97	R$ 23.323.336,19	R$ 9.410.248,04	R$ 44.054.797,96	R$ 244.508.743,16
Rompimento/ Colapso de barragens		R$ -	R$ -	R$ 13.265.715,09	R$ 13.350.704,34	R$ 26.616.419,43
Onda de Calor e Baixa Umidade		R$ 622.277,28	R$ -	R$ -	R$ -	R$ 622.277,28
Total	R$ 2.718.343.892,66	R$ 44.638.477.919,35	R$ 59.848.578.439,57	R$ 129.587.384.524,14	R$ 265.645.958.911,79	R$ 502.438.743.687,51

Fonte: Elaborada pelos autores, 2025. Dados: Atlas Digital de Desastres no Brasil (MIDR, 2023).). Censo IBGE 2022.

O Brasil, com mais de 5.770 municípios necessita urgentemente de políticas públicas eficazes para reduzir riscos e se adaptar às mudanças climáticas, considerando as diversas realidades socioeconômicas e ambientais. A análise dos desastres das últimas três décadas revela a ineficácia das ações propostas na mitigação e preparação para os impactos, ressaltando a importância de estratégias abrangentes que integrem conhecimentos locais. Apesar dos municípios de pequeno porte serem mais afetados, o país como um todo é

altamente vulnerável aos efeitos das mudanças climáticas, conforme indicado pelo Adapta Clima (MCTI, 2022). Vale destacar que a redução da vulnerabilidade e exposição aos riscos nas cidades frente a eventos climáticos extremos requer a adoção de medidas tanto estruturais, como obras de urbanização e infraestrutura, quanto não estruturais, como sistemas de alerta e planos de defesa civil, priorizando a capacitação das comunidades em áreas de risco. A integração dessas práticas é essencial para mitigar os impactos negativos, especialmente para aqueles em situação de extrema vulnerabilidade socioambiental (OGURA, ALMEIDA e FRANCISCO, 2023).

Até maio de 2024, apenas 11 capitais brasileiras e o Distrito Federal possuíam Planos Municipais de Mudanças Climáticas; 4 estavam em elaboração e 11 não tinham (IJSN, 2024), destacando a urgência de fortalecer a adaptação a eventos climáticos extremos também nas grandes capitais. A obrigatoriedade dos Planos Diretores Municipais foi ampliada em 2012 para incluírem áreas de risco, independentemente do tamanho populacional dos municípios, possibilitando melhor gestão de seus territórios. Contudo, ressalta-se que o contexto urbano local, assim como o processo de crescimento das cidades brasileiras revela falhas significativas em termos de fiscalização e gerenciamento de seu território. Isso é evidente na permissão de ocupação em áreas de risco, na baixa rigidez na definição de parâmetros urbanísticos adequados (quando existentes, uma vez que municípios pequenos muitas vezes carecem desses instrumentos), na baixa resiliência de uma parcela significativa do território e na falta de efetividade na fiscalização de assentamentos precários, incluindo orientações sobre técnicas construtivas e sua supervisão adequada. A integração com o ambiente rural nas ações de aumento da resiliência territorial são pouco abordadas ou ignoradas nos processos de adaptação de territórios. Sem essa base sólida, as ações mencionadas e outras relacionadas ao *Build Back Better* são continuamente prejudicadas, o que pode levar ao agravamento da situação.

5 CONCLUSÃO

Considerando a realização da 30ª Conferência da ONU sobre Mudanças Climáticas (COP30) em novembro de 2025 em Belém (PA) e as iniciativas do governo federal em políticas de adaptação às mudanças climáticas, destaca-se a importante oportunidade de contribuição da sociedade e dos diferentes corpos técnicos e instituições de pesquisa para esse debate crucial, considerando a diversidade e particularidades dos municípios brasileiros. Frente a isso, é fundamental reestruturar os planos e ações de redução de riscos, mitigação e adaptação às mudanças climáticas, bem como as políticas de ordenamento territorial, tanto no ambiente urbano como rural, garantindo que todos os municípios, incluindo os pequenos, sejam assistidos e aumentem sua capacidade adaptativa em prol de um desenvolvimento resiliente ao clima.

Para tanto, a estruturação de modelos de governança climáticas transversais são alternativas para o aumento da eficiência das ações de adaptação em tempo hábil para a diminuição da severidade dos eventos extremos previstos. A interação e coprodução de conhecimento entre ciência, políticas públicas e sociedade, com foco na usabilidade da informação e na aceitação das narrativas científicas pelos atores políticos são fundamentais ao longo do processo. A iniciativa Cidades Verdes e Resilientes apresenta um potencial significativo para integrar as diversas ações atualmente fragmentadas em diferentes

secretarias governamentais. A elaboração dos Planos de Adaptação às Mudanças Climáticas em níveis municipais destaca a importância de uma abordagem integrada, apresentando elevada sinergia com o Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNDC, em fase de consolidação. A transversalidade dos Planos de Adaptação às Mudanças Climáticas visa viabilizar as ações de mitigação e adaptação. Isso se concentra na melhoria das infraestruturas sociais, na justiça climática, na comunicação de riscos, e seguindo os princípios de *Build Back Better*, evitando adaptações inadequadas e promovendo o uso consciente de recursos públicos, reduzindo a exposição e os riscos da população, enquanto se aumenta a capacidade adaptativa e a resiliência dos municípios brasileiros de modo transformativo.

6 AGRADECIMENTOS

A professora Gabriela Marques Di Giulio agradece ao financiamento do CNPq em Pesquisa e Desenvolvimento em Sustentabilidade Urbana e Regional. Processo: 441267/2020-3.

7 REFERÊNCIAS

AdaptaBrasil MCTI. Índices e Indicadores de risco de impactos das mudanças climáticas no Brasil. **MCTI**. Acesso em: https://adaptabrasil.mcti.gov.br/. Acesso em: 22 de ago. 2024.

AGÊNCIA FAPESP. **Webinário FAPESP Mudanças Climáticas**: Lançamento do novo relatório do IPCC Grupo de Trabalho 2. 1 vídeo (1h53min) Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=pusHlS0wSEA>. Acesso em: 10 jan. 2025.

BIRKMANN, J. et al. SPM Contribution of WG II to the 6th Assessment Report of the IPCC. Poverty, Livelihoods and Sustainable Development, p. 1171–1274, 2022.

BRAGA, R. Mudanças climáticas e planejamento urbano: uma análise do Estatuto da Cidade. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, 6., 2012, Belém, Pará. Anais 2012.

BRASIL. **Decreto Nº 12.041, de 5 de Junho de 2024.** Institui o Programa Cidades Verdes Resilientes. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/decreto/d12041.htm. Acesso em: 02 ago. 2024.

BRASIL. **Lei 12.608, de 10 de abril de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2012. Disponível em: https:// www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm. Acesso em: 10 set. 2024.

BRASIL. **Lei no 10.257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 17 jul. 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm. Acesso em: 31 jul. 2024.

BRASIL. **Lei no 12.187, de 29 de dezembro de 2009**. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 30 dez. 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/ lei/l12187.htm. Acesso em: 31 jul. 2024.

BRASIL. **Lei nº 14.904, de 27 de junho de 2024**. Estabelece diretrizes para a elaboração de planos de adaptação à mudança do clima; altera a Lei nº 12.114, de 9 de dezembro de 2009; e dá outras providências. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/Lei/L14904.htm. Acesso em: 25 ago. 2024.

BRASIL. MIDR. Sec. de Proteção e Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. **Atlas Digital de Desastres no Brasil**. Brasília: MIDR, 2023.

BRASIL. **Portaria MMA nº 150, de 10 de maio de 2016**. Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: estratégias setoriais e temáticas. Brasília. 2016. v. 2.

CNM. **Estudo Técnico**: Desastres obrigam mais de 4,2 milhões de pessoas que foram negligenciadas pelas políticas públicas a buscarem alternativas de moradia nos últimos dez anos. Disponível em: https://cnm.org.br/storage/noticias/2023/Links/27072023_Estudo_Habita%C3%A7%C3%A3o_Desastre_revisado_area_publica%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em 15 Nov. 2024.

COUTINHO, M. P. et al. **O Código Florestal Atual e suas implicações na prevenção de desastres naturais**. Sustentabilidade em Debate, 4(2), 237-256. 2013.

Di GIULIO et al. Bridging the gap between will and action on climate change adaptation in large cities in Brazil. **Regional environmental change**. Heidelberg : Springer, 2019. Vol. 19, no. 8 (Dec., 2019), p. 2491-2502. Disponível em: https://hdl.handle.net/20.500.12733/1642448. Acesso em: 25 ago. 2024.

Di GIULIO. As cidades brasileiras diante das mudanças climáticas. **GV Executivo**, | V. 23 N. 1 | 2024 | e90751 | eISSN 2965-0747. Disponível em: https://periodicos.fgv.br/gvexecutivo/article/view/90751/85377. Acesso em: 10 dez. 2024.

HUNT, A.; WATKISS, P. Climate change impacts and adaptation in cities: a review of the literature. **Climatic Change**, v. 104, p. 13-49, 2011.

IJSN. **IJSN Especial - Crise climática e desastres socioambientais**: No Brasil, 15 capitais não possuem Plano de Mudanças Climáticas. Vitória: Instituto Jones dos Santos Neves. 2024. Disponível em: https://ijsn.es.gov.br/noticias/levantamento-do-ijsn-aponta-que-15-capitais-brasileiras-nao-tem-plano-de-mudancas-climaticas. Acesso em: 15 mai. 2024.

LIMA, I. F. et al. Proteção e defesa civil municipal: alertas e orientações. Brasília: CNM, 2024. 36 p. Il. – (**Coleção Novos Gestores** – 2025-2028).

MANNAKKARA, S., & WILKINSON, S. BUILD BACK BETTER: LESSONS FROM SRI LANKA'S RECOVERY FROM THE 2004 INDIAN OCEAN TSUNAMI. **International Journal of Architectural Research**: Archnet-IJAR, 7, 108-121. 2013.

MANNAKKARA, S., WILKINSON, S., & POTANGAROA, R. 2018. Resilient Post Disaster Recovery through Building Back Better. 2018. http://dx.doi.org/10.1201/9781315099194.

MENEZES, L. S. **Governança Climática Local para o Avanço da Adaptação + Guia para o Desenho de Arranjos Institucionais Locais**. .Brasília: MMA, GIZ e Prefeitura de Santos, 2021.Disponível em: https://www.adaptacao.eco.br/_biblioteca/governanca-climatica-local-para-o-avanco-da-adaptacao-guia-para-o-desenho-de-arranjos-institucionais-locais/. Acesso em: 21 nov. 2024

NEDER, E. A. et al, G. M. (2021). Urban adaptation index: Assessing cities readiness to deal with climate change. **Climatic Change**, 166(1), 16. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10584-021-03113-0

OGURA, A. T.; ALMEIDA, R.; FRANCISCO, R. E. No verão teremos sirenes em áreas de risco de deslizamentos. Estamos realmente preparados?. **BLOG IMPACTO**, São Paulo, 06 de dez. de 2023. Disponível em < https://www.impacto.blog.br/colunas/no-verao-teremos-sirenes-em-areas-de-risco-de-deslizamentos-estamos-realmente-preparados/ > Acesso em 14 dez. 2024.

SANTOS, M. D et al. 21th century demographic and social inequalities of heat-related deaths in Brazilian urban areas (2024) Twenty-first-century demographic and social inequalities of heat-related deaths in Brazilian urban areas. **PLOS ONE** 19(1): e0295766. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295766

UNDRR. **Chart of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030**. 2015. Disponível em: https://www.undrr.org/publication/chart-sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030. Acesso em 10 abr. 2024.

UNDRR. **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. 2015**. Disponível em: https://www.preventionweb.net/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030. Acesso em 10 out. 2024.

UNISDR. **Build Back Better in recovery, rehabilitation and reconstruction**. 2017. Consultative version.. Disponível em:<https://www.scribd.com/docs/Computers/Intelligence-AI-Semantics >. Acesso em 10 dez. 2024.

ARTIGO - 02 - RISCOS E DESASTRES AMBIENTAIS

EVENTO EXTREMO DE PRECIPITAÇÃO EM NOVA IGUAÇU (RJ): UMA ANÁLISE DO DESASTRE DE ABRIL DE 2022

Mariana Oliveira Da Costa (mari.oliveira1995@hotmail.com)

Lorena Dorigo Da Silva Cidade (lorenadorigo96@gmail.com)

Camila De Assis Magalhães (camiladeassismagalhaes@gmail.com)

Heloisa Dos Santos Barbosa (heloisabarbosa@ufrrj.br)

Os eventos extremos de precipitação têm ganhado proporções e magnitudes mais intensas e se configuram em problemas socioambientais de diversas cidades brasileiras, sobretudo as localizadas em regiões metropolitanas. No estado do Rio de Janeiro os principais fenômenos que causam impactos e danos estão relacionados a movimentos de massa, enxurradas e inundações. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar o desastre ocorrido em 01/04/2022 na cidade de Nova Iguaçu, localizada na Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro (RMRJ). Para isso, buscou compreender as características do desastre através da análise sinótica de imagens do satélite GOES e do Radar do REDEMET, dos acumulados pluviométricos das estações monitoradas pelo INEA e CEMADEN, e dos impactos e repercussões que tiveram para a população de Nova Iguaçu através dos relatórios e ocorrências registradas pela Defesa Civil, e nas matérias de jornais. Observou-se que a presença de nebulosidade associada a atuação de uma frente fria de e de nuvens com grande desenvolvimento vertical sobre a Baixada Fluminense deflagrou acumulados pluviométricos elevados em um curto período de tempo. Em 24hrs o município chegou ao total acumulado de 228,6mm que representa 240,6% da média climatológica para o mês de abril, que é de 95 mm. Ao todo foram registradas 818 ocorrências pela Defesa Civil Municipal, sendo mais de 50% relacionadas aos alagamentos e inundações. Em relação aos danos humanos, 83 pessoas ficaram desabrigadas, enquanto que 5.618 ficaram desalojadas. Conclui-se que o desastre ocorrido no dia 01/04/2022 afetou de maneira intensa a

cidade e os municípios de Nova Iguaçu. Sem dúvidas, muitos foram os desafios encontrados pela gestão municipal no que se refere à assistência e resposta pós-desastre. Percebe-se que os eventos extremos têm ganhado maior frequência e magnitude, potencializando a ocorrência de inundações, alagamentos e deslizamentos, que por sua vez causam uma série de danos, impactos ambientais, o que reforça a necessidade de medidas de adaptação, prevenção e mitigação eficazes na redução dos riscos de desastres.

Palavras-chave: desastre; nova iguaçu; inundação; alagamento.

ARTIGO - 02 - RISCOS E DESASTRES AMBIENTAIS

MAPEAMENTO DE RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO X ENCHENTES NO RIO DE JANEIRO

Flavio Geraldo Nogueira (flavio.nogueira@uva.br)

Flavio O Santos (flavio.o.santos@gmail.com)

O presente estudo aborda os riscos de choque elétrico em sistemas fotovoltaicos instalados em áreas sujeitas a enchentes no estado do Rio de Janeiro. O problema de pesquisa se concentra na interseção entre a crescente adoção da energia solar e os impactos das inundações sobre a segurança elétrica, destacando os perigos associados à eletrocussão, curtos-circuitos e falhas estruturais. O objetivo geral da pesquisa é mapear as regiões de maior vulnerabilidade, identificando áreas onde há alta concentração de sistemas solares e risco significativo de alagamentos, além de propor medidas de mitigação para garantir a segurança da população e a integridade da infraestrutura elétrica. A metodologia adotada combina análise qualitativa e quantitativa, por meio do cruzamento de dados georreferenciados de instalações fotovoltaicas e mapas de inundações históricos do Corpo de Bombeiros do Estado do Rio de Janeiro. Trata-se de uma pesquisa aplicada, com abordagem exploratória e descritiva, baseada na revisão de fontes secundárias e no uso de ferramentas de mapeamento geoespacial. A análise foi realizada a partir da identificação de padrões de risco e da proposição de medidas preventivas, como aterramento adequado, uso de inversores IP68 e protocolos de desligamento seguro dos sistemas solares durante eventos climáticos extremos. Os principais resultados indicam que regiões como a Baixada Fluminense e Campos dos Goytacazes apresentam alto risco de alagamentos e possuem grande densidade de sistemas fotovoltaicos, tornando-se áreas prioritárias para a implementação de medidas de segurança. O estudo reforça a importância de regulamentações específicas para a instalação de painéis solares em locais propensos a enchentes, contribuindo para a formulação de políticas públicas e para o planejamento urbano sustentável. Conclui-se que a integração entre expansão da energia renovável e estratégias de mitigação

de riscos é fundamental para garantir a resiliência da infraestrutura elétrica e a segurança da população.

Palavras-chave: energia solar; enchentes; choque elétrico; segurança elétrica; planejamento urbano.

EMERGÊNCIA CLIMÁTICA NO BRASIL: CENÁRIO DE MULTIAMEAÇAS APLICADO AO DESASTRE NO RIO GRANDE DO SUL EM 2024

CLIMATE EMERGENCY IN BRAZIL: MULTI-HAZARD SCENERY APPLIED TO THE DISASTER IN RIO GRANDE DO SUL IN 2024

Anderson Geová Maia de Brito[1], Caroline Barros de Sales[2], Francisca Leiliane Sousa de Oliveira[3], Lutiane Queiroz de Almeida[4] , Silvia Midori Saito[5] e Samia Nascimento Sulaiman[6]

1 Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), anderson.maia.geo@gmail.com

2 Universidade Federal do ABC (UFABC), caroline.sales@ufabc.edu.br

3 Universidade Federal do ABC (UFABC), leila.geografia@gmail.com

4 Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), lutianealmeida@hotmail.com

5 Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), silvia.saito@cemaden.gov.br

6 Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), samiasulaiman@gmail.com

RESUMO

Múltiplas ameaças têm sido objeto de estudo para aplicação da abordagem multirrisco, que está em constante avanço científico, na qual iniciativas ao redor do mundo vêm se debruçando, a exemplo do Projeto Multirrisco "Aprimoramento da gestão local de riscos ambientais-urbanos para cenários multirrisco frente à emergência climática: instrumentos inovadores e participação social", uma iniciativa brasileira. O presente artigo surge das discussões e constantes exercícios teórico-metodológicos realizados pelo Projeto Multirrisco durante o processo de elaboração e aplicação da abordagem multirrisco a casos brasileiros, envolvendo inicialmente a etapa de identificação de cenários de multiameaças. O artigo tem como objetivo central a discussão da complexidade da emergência climática no Brasil a partir da caracterização do cenário de multiameaças aplicado ao caso do desastre ocorrido no Rio Grande do Sul no ano de 2024. Os resultados indicam a existência de uma crítica conjuntura ambiental e urbana no país, e a situação analisada representa um dos diversos casos de desastres marcados por multiameaças, que não interagem apenas entre si, mas também interagem com as vulnerabilidades sociais e institucionais. Este apontamento valida e justifica a necessidade de avanços tanto no âmbito científico da Abordagem Multirrisco quanto na gestão de riscos e desastres.

Palavras-Chave: Emergência climática. Multiameaça. Abordagem multirrisco. Cenário.

ABSTRACT

Multi-hazards have been the subject of study for the application of the multi-risk approach, which is constantly advancing scientifically, and which initiatives around the world have been focusing on, such as the Multi-Risk Project "Improving local management of environmental-urban risks for multi-risk scenarios in the face of the climate emergency: innovative instruments and social participation", a Brazilian initiative. This article emerges from ongoing discussions and theoretical-methodological exercises conducted by the Multi-Risk Project during the development and application of the multi-risk approach to Brazilian cases, particularly in the stage of identifying multi-hazard scenarios. The article's main objective is to discuss the complexity of the climate emergency in Brazil based on the characterization of the multi-hazards scenario applied to the case of the disaster that occurred in Rio Grande do Sul in 2024. The results point to the existence of a critical environmental and urban situation in the country, with the case addressed being one of the countless cases of disasters marked by multiple hazards, which not only interact with each other, but also interact with social and institutional vulnerabilities. This study validates and justifies the need for advancements in both the scientific framework of the Multi-Risk Approach and the field of risk and disaster management.

Keywords: Climate emergency. Multi-hazard. Multi-risk approach. Scenery.

1 INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea está marcada pela exposição e vulnerabilidade ao risco, fruto de um longo processo histórico de crescimento populacional desigual, perpetrado pela desigualdade socioeconômica e degradação ambiental, conforme já alertava Beck (1986) no fim do século XX. Desde o início do século XXI a recorrência de eventos naturais extremos, associado às mudanças climáticas, tem trazido cada vez mais ao debate científico a construção social do risco e sua relação com outros conceitos como perigo, ameaça, vulnerabilidade, suscetibilidade e fragilidade, que por definição, são próximos, mas não sinônimos.

Como bem destacam Girão, Rabelo e Zanella (2018), não há como desassociar a vertente natural da humana, e vice-versa, quando se trata de meio ambiente. Segundo os autores, “a sociedade, enquanto principal agente transformador da natureza, pode produzir condições diversas de instabilidade e fragilidade, gerando risco, caso alguém seja afetado”.

As ameaças e os desastres no Brasil e em diversos outros países do mundo estão cada vez mais recorrentes, intensos, associados em situação de múltiplos perigos e gerando impactos ambientais e socioeconômicos, diante do contexto de emergência climática. Esse quadro se agravou, sobretudo nos últimos 10 anos que figuram entre os mais quentes nos registros globais que remontam a 1850, sendo o ano de 2024 o mais quente já registrado, com níveis de aquecimento nunca vivenciados até então pelos humanos na era moderna (atingindo 1,5 °C acima da média), segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM, 2025a). O referido ano se destaca, por exemplo, pelo recorde de chuvas e enchentes em vários países, por perdas de vidas, propriedades e infraestrutura consequentes de ciclones tropicais, pelo calor intenso que atingiu dezenas de países com temperaturas batendo os 50°C, o que

também causou incêndios florestais, agravados pelos ventos fortes , como no caso da Califórnia (OMM, 2024, 2025b).

O Produto 2 do Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil 2024-2034 (PN-PDC), intitulado “Identificação de Riscos e Cenários Prováveis de Atuação” apresenta a distribuição espacial das principais ameaças no Brasil que compõem cenários de riscos, considerando os impactos humanos, as perdas e danos financeiros e a quantidade de ocorrências já causados historicamente (BRASIL, 2023). Além disso, prospecta cenários futuros a curto, médio e longo prazo, considerando as tendências de variação dos fatores deflagradores devido às mudanças do clima e às vulnerabilidades dos elementos expostos. As principais ameaças no país, segundo o PN-PDC, são: Estiagem, Seca, Incêndio Florestal, Enxurradas, Inundações, Alagamentos, Movimento de Massa, Erosão, Vendavais, Ciclones, Tornado, Granizo e Onda de Frio.

No Brasil, o ano de 2024 foi marcado por uma série de desastres emblemáticos, como o ocorrido no estado do Rio Grande do Sul, localizado na região sul do país. Em maio de 2024, o estado enfrentou, a partir de uma série de eventos climáticos extremos, o maior desastre da história do país em número de municípios em estado de calamidade pública e população afetada. As chuvas intensas, que excederam em muito as médias históricas para o mês, foram agravadas pela urbanização inadequada de planícies fluviais e degradação ambiental, resultando em deslizamentos de terra, inundações, e colapso da infraestrutura viária e energética do estado.

Casos como o do Rio Grande do Sul refletem a conjuntura de múltiplas ameaças, podendo ser objeto de estudo para aplicação da abordagem multirrisco, uma abordagem em constante avanço científico, a qual iniciativas ao redor do mundo vêm se debruçando ao buscar a construção de um novo paradigma de conhecimento em gestão de riscos e desastres que esteja pautado na análise sistêmica, no aprofundamento da relação causa-efeito, na participação e coprodução do conhecimento. A exemplo, destacam-se os projetos: MYRIAD-EU (Hochrainer-Stigler; Sakic Trogrlic; Reiter, 2022), MIT-RSCities (Ferreira, 2023), RIESGOS 2.0 (Schoepfer et al., 2024), MEDiate (Arosio et al., 2024) e Paratus (Albulescu; Armas, 2024).

Voltando-se ao Brasil, em 2023 destaca-se o Projeto Multirrisco "Aprimoramento da gestão local de riscos ambientais-urbanos para cenários multirrisco frente à emergência climática: instrumentos inovadores e participação social", pesquisa desenvolvida por meio de parceria entre a Universidade Federal do ABC (UFABC), a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), sendo financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). O projeto defende a necessidade de avanços na construção de conhecimento e na prática institucionalizada no que diz respeito à gestão de riscos e desastres, sobretudo em relação às necessárias adaptações de instrumentos de mapeamento de riscos, ressaltando a importância de se considerar as mudanças climáticas que estão intrínsecas no processo de geração de multirriscos (OLIVEIRA et al., 2023).

Nesse contexto, o presente artigo tem gênese nas inquietações e constantes exercícios teórico-metodológicos realizados pelo Projeto Multirrisco durante o processo de elaboração e aplicação da abordagem multirrisco a casos brasileiros, envolvendo inicialmente a etapa de

identificação de cenários de multiameaças. Voltando-se a essa etapa, o artigo tem como objetivo central a discussão da complexidade da emergência climática no Brasil a partir da caracterização do cenário de multiameaças aplicado ao caso do desastre ocorrido no Rio Grande do Sul no ano de 2024.

2 APORTE TEÓRICO-METODOLÓGICO

A metodologia desta pesquisa foi estruturada em cinco etapas consecutivas: I) revisão bibliográfica através da pesquisa bibliométrica em bases de periódicos (Scopus, Google Scholar, Periódicos Capes e Redalyc) sobre multiameaças e abordagem multirrisco (OLIVEIRA et al., 2023).; II) levantamento documental de relatórios oficiais, publicações científicas e dados secundários sobre emergência climática e sobre o caso do desastre do RS em 2024; III) definição dos aspectos a serem identificados: escala territorial, escala temporal, processos, tipos de interação e efeitos das multiameaças; IV) exercício de caracterização do cenário de multiameaças aplicado ao caso do desastre ocorrido no RS no ano de 2024, durante a realização de um grupo de trabalho (GT) do Projeto Multirrisco, com a participação de cinco pesquisadores da equipe; e V) avaliação da metodologia de cenário e apontamentos para os próximos passos da pesquisa na construção da abordagem multirrisco a ser proposta.

Para a formulação da concepção conceitual de multiameaças e multirriscos foram utilizadas técnicas de pesquisa bibliográfica na literatura científica, que tratassem da ciência dos riscos, gestão territorial e suas interconexões com a ciência geográfica, a partir do século XX, e especialmente a partir do século XXI, abordando perspectivas tradicionais e recentes acerca dos conceitos de risco, perigo, vulnerabilidade e especialmente das multiameaças e do multirrisco.

Para o trato dessa temática, as bibliografias encontradas, especialmente no Brasil, demonstraram ser insuficientes (OLIVEIRA et al., 2023). Diante disso, foi utilizado o instrumento da pesquisa bibliométrica em bases de periódicos (Scopus, Google Scholar, Periódicos Capes e Redalyc), que teve como finalidade realizar o levantamento do “estado da arte” na literatura científica global, buscando artigos que tratassem ou abordassem combinações da palavra “multi-risk” ou “multi-hazard” e de suas variações, nos seguintes idiomas: inglês (*multirisk, multi risk*, *multi-risk, multiple risks, multihazard, multi hazard* e *multi-hazard*), espanhol (*múltiplos riesgos, riesgos múltiplos, multiriesgo, multi riesgo* e *multi-riesgo, multipeligros, multi peligros* e *multi-peligros*) e português (multirrisco, multi risco, multi-risco e multiameaça) (OLIVEIRA et al., 2023).

Tanto o multirrisco quanto as multiameaças são termos recentes na literatura científica desde século, e embora tenham sido produzidos diversos estudos integrando variáveis e tipologias diversas, poucas pesquisas têm se atido a sua definição conceitual ou abordagem metodológica, carecendo até de uma delimitação semântica, não só no português, mas em outros idiomas, o que é um entrave.

Este contexto na literatura e a ausência de publicações com enfoque teórico-conceitual provocam uma dispersão de métodos e vários termos passam a ser tratados como sinônimos uns dos outros, a exemplo do multi-perigo, multi-risco e multi-harzard. Conforme bem

destacam Perles Roselló e Cantarero Pradros (2010, p. 249, tradução nossa) “a situação atual do multirrisco mostra que o assunto está em um estágio inicial de desenvolvimento e enfrenta uma série de lacunas e problemas a serem resolvidos”.

Em avaliação sobre isso, Kapes et al. (2012) consideram que as diferentes terminologias, definições conflitantes, abordagens diferentes e a compartimentação das ciências dificultam o estudo do multirrisco. Segundo os autores, embora existam muitos estudos de ameaças individuais (inundações, deslizamentos, avalanches etc.), a abordagem de problemas associados é rara, o que é problemático, uma vez que as análises de risco não são apenas a soma dos riscos de um único perigo, mas de múltiplos perigos, que podem se associar ou não, produzindo um contexto de multiameaças.

Com base em Rakhal et al. (2021) e Kappes et al. (2012), o pontapé inicial para identificação do multiperigo e do multirrisco deve ser a seleção do território e a escala utilizada. De acordo com estes autores, a escala de análise territorial permitiria identificar os perigos atuantes naquele recorte geográfico e suas relações, em que o multiperigo seria o conjunto de multiameaças, naturais ou não, com possibilidade de associação e ocorrência conjunta, resultando, a partir das vulnerabilidades, em uma condição multirrisco, com efeitos desastrosos sobre um sistema socioeconômico.

Para esta pesquisa, consideramos que a força motriz do desastre no RS foi de ordem meteorológica, e, portanto, nos ateremos às multiameaças de gênese natural, em conformidade com a conceituação de Rakhal et al. (2021), que define como um conjunto diverso de perigos de ordem natural, amplificados ou não pelas ações humanas, presente em um dado território, que podem ocorrer ao mesmo tempo ou não, com consequências adversas abrangentes.

As multiameaças podem levar a impactos maiores do que a soma dos impactos de ameaças individuais, devido às suas interações (Kappes et al., 2012; Hochrainer-Stigler; Sakic Trogrlic; Reiter, 2022) e, por isso, autores defendem que devem ser considerados de maneira integrada na avaliação, políticas, práticas e governança de riscos de desastres (Komendantova et al., 2014; Scolobig et al., 2017; Ming et al., 2022). Há um crescente corpo de literatura sobre interações de riscos, com termos diferentes frequentemente usados para descrever mecanismos de interação semelhantes (Hochrainer-Stigler; Sakic Trogrlic; Reiter, 2022). Na presente pesquisa, toma-se como referência as seguintes definições, com base em Hochrainer-Stigler, Sakic Trogrlic e Reiter (2022): a) Cascata, quando um perigo primário desencadeia a ocorrência de um perigo secundário; b) Amplificado, quando um perigo altera a probabilidade ou magnitude de outro perigo (a probabilidade pode ser diminuída ou aumentada) ao alterar as condições ambientais para a ocorrência de outro perigo; c) Composto ou Cumulativo, quando dois ou mais perigos podem impactar a mesma região e/ ou período de tempo, mas não estão necessariamente diretamente relacionados.

Sobre abordagem multirrisco, ressalta-se que vai além de analisar as multiameaças: trata-se de uma abordagem de análise sistêmica, que contempla todos os elementos do território, com ênfase na relação causa-efeito entre multiameaças, vulnerabilidades sociais e institucionais, envolvendo e defendendo a participação e coprodução do conhecimento, sendo um caminho potencial para a adaptação, resiliência e para o fortalecimento das capacidades institucionais no âmbito da gestão pública urbana e das políticas públicas (Hochrainer-Stigler;

Sakic Trogrlic; Reiter, 2022; Ferreira, 2023; Oliveira et al., 2023; Schoepfer et al., 2024; Arosio et al., 2024; Albulescu; Armas, 2024). Portanto, justifica-se que o exercício aplicado e apresentado no presente artigo se refere apenas à identificação do cenário de multiameaça do caso estudado, uma das etapas do processo de elaboração e aplicação da abordagem multirrisco a casos brasileiros que está sendo desenvolvido no âmbito do Projeto Multirrisco.

Para reconstruir a cronologia dos fatos, identificar as multiameaças, suas interações e avaliar os efeitos socioambientais, considerando o contexto do caso do desastre do RS em 2024, realizou-se o levantamento documental de relatórios oficiais, publicações científicas e dados secundários. Após essa etapa,partiu-se para a definição dos aspectos a serem identificados na elaboração do cenário: escala territorial, escala temporal, processos, tipos de interação e efeitos das multiameaças. Embora não possam eliminar incertezas, nem mesmo definir categoricamente a trajetória futura da realidade estudada, as metodologias de cenários contribuem para entender uma determinada problemática e delimitar os limites possíveis de evolução da realidade, além dos direcionamentos para as tomadas de decisões (BUARQUE, 2003; TAUK-TORNISIELO, 1991. p.51, apud OLIVEIRA, 2009).

Ao definir os aspectos a serem identificados na elaboração do cenário, realizou-se o exercício de caracterização do cenário de multiameaças aplicado ao caso do desastre ocorrido no RS no ano de 2024, durante as atividades do grupo de trabalho (GT) do Projeto Multirrisco, com a participação de cinco pesquisadores da equipe, chegando-se ao fluxograma do cenário multiameaças, produto resultante a ser discutido na próxima seção. Por fim, os pesquisadores avaliaram a metodologia aplicada e fizeram apontamentos para os próximos passos da pesquisa na construção de uma proposta de abordagem multirrisco.

3 CENÁRIO DE MULTIAMEAÇAS: DESASTRE NO RIO GRANDE DO SUL EM 2024

O Brasil não está suscetível à ocorrência de desastres associados a fenômenos naturais de macro escala, como terremotos, tsunamis, e vulcanismo. Entretanto, a maior parte dos riscos de desastres está relacionada a fatores meteorológicos, climáticos e hidrológicos, resultando em excesso ou déficit de precipitação, os quais podem provocar tempestades, movimento de massas, inundações e secas. Outros riscos comuns no Brasil são eminentemente tecnológicos, fruto das atividades humanas, como vazamento de óleo, incêndios e rompimento de barragens.

Com base na Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) (BRASIL, 2012a) e no Anuário de Desastres Naturais do Brasil (BRASIL, 2012b), foi elaborado o Quadro 01, no qual constam os principais processos de força motriz natural existentes no país, sua descrição e tipo tipologias dos perigos associadas.

Quadro 1. Processos naturais recorrentes no Brasil e tipologias dos perigos associados.

PROCESSO	DESCRIÇÃO	TIPOLOGIA DO PERIGO
Geológico	Propiciado através da ocorrência de fenômenos naturais cujo impacto é ampliado pelas atividades humanas e pela ocupação do território.	Movimentos de massas
		Erosão
Meteorológico	Se refere a fenômenos e eventos que ocorrem na atmosfera em um curto período, envolvendo mudanças nas variáveis meteorológicas, como temperatura, umidade, pressão, vento e precipitação.	Chuvas Intensas
		Granizo
		Ondas de Calor/Frio
Climático	Associados à ocorrência de eventos climáticos e/ou condições climáticas adversas a curto, médio e longo prazo que envolvam modificações nos padrões meteorológicos.	Seca e Estiagem
Hidrológico	De ocorrência em áreas próximas a corpos hídricos, associado a elevação do nível de rios e avanço do mar.	Alagamento
		Inundação
		Enxurrada

Fonte: elaborado pelos autores com base em BRASIL (2012a; 2012b).

O Rio Grande do Sul, assim como toda a região sul, está situado em uma área de alta instabilidade climática, marcada pela frequência e variedade de eventos adversos e até atípicos, como foi o caso do Furacão Catarina em 2004. Com base na COBRADE (2012), os processos que levaram ao desastre no RS são classificados como meteorológicos, climáticos e hidrológicos. No entanto, como essa classificação tem mais de uma década, o risco biológico não é mencionado. Esse aspecto é abordado no relatório da UNDRR (2020), que revisa a classificação das tipologias de risco e inclui, entre as bioameaças, vírus, fungos, bactérias e parasitas.

No fim de abril de 2024, as condições climáticas sobre o estado eram excepcionais. Uma frente estacionária de massa de ar quente sobre o centro-sul do Brasil e uma frente fria sobre o RS, se associou às correntes de ar úmido provenientes da Amazônia e do Oceano Pacífico, o que resultou em chuvas persistentes e intensas entre os dias 27 de abril e 10 de maio. Os acumulados de chuva ultrapassaram 500 mm em várias regiões do estado, com picos de até 700 mm em áreas como o Vale do Taquari e a Serra Gaúcha (PEGORIM, 2024).

Esses volumes excepcionais de precipitação superaram a capacidade de absorção dos solos e dos sistemas de drenagem, em que energia cinética da água em direção ao baixo curso dos rios era potencializada por consecutivos deslizamentos das vertentes nas regiões de alto e médio curso, levando a enxurradas, generalizadas e carregadas de sedimentos em todas as bacias hidrográficas do estado.

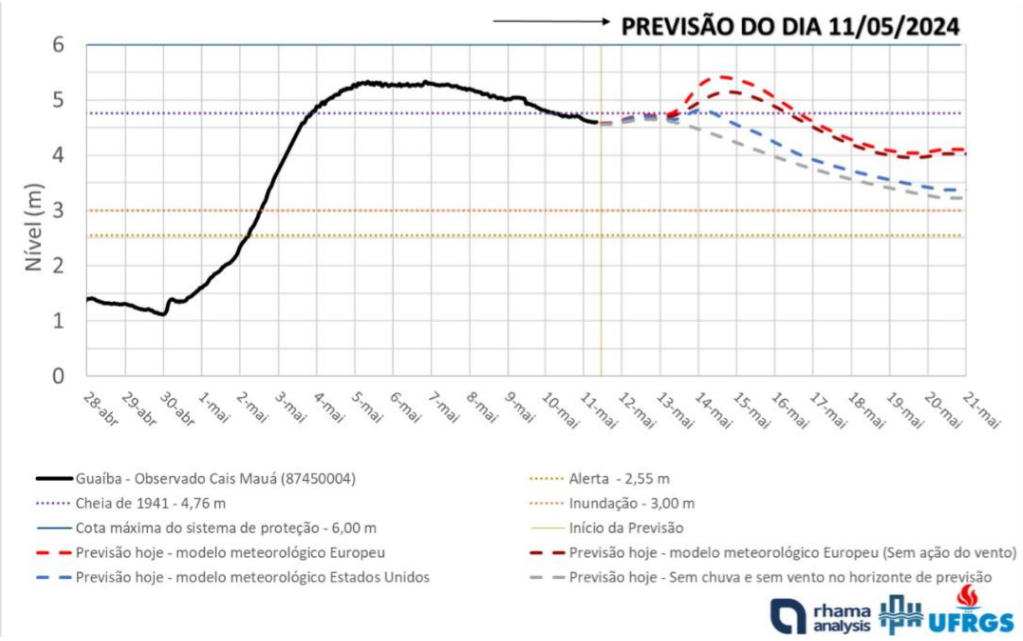
Reconstruindo a cronologia dos acontecimentos no RS, podemos utilizar um recorte de 24 dias, isto é, do dia 27 de abril ao dia 20 de maio de 2024, em que a primeira data consiste na gênese das tempestades intensas, e a segunda, no início do recuo das águas nas áreas inundadas.

Na última semana de abril, a partir do dia 27, os sistemas meteorológicos atuantes intensificaram as tempestades sobre o estado. O Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) em conjunto com o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (Cenad) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) emitiram uma nota conjunta sobre a contextualização e previsão meteorológica bem como análise de riscos geológico e hidrológico para o Rio Grande do Sul, sinalizando alta probabilidade de registros de deslizamentos e atenção para aumento no nível rio Guaiba.

Do dia 28 a 30 de abril, as chuvas persistiram e começaram a sobrecarregar toda a rede hidrográfica do estado, principalmente as sub-bacias dos rios Taquari, Caí, Pardo, Jacuí, Sinos e Gravataí, as quais compõem a região hidrográfica do Guaíba. Neste intervalo, as primeiras mortes começaram a ser registradas e a infraestrutura viária foi danificada, com o desmoronamento de rodovias e pontes.

Os altos índices pluviométricos somados ao desmatamento das vertentes em vales fluviais, resultaram em um efeito cascata associado a movimentos de massa na última semana de abril e primeira de maio, com as primeiras ocorrências de deslizamentos de terra sendo registradas em cidades da Serra Gaúcha, como Gramado e Canela, onde encostas desmoronaram e soterraram residências (MENEGAT, 2024). O alto volume de sedimentos depositados nos canais fluviais aumentou o volume dos rios em até 23 metros e tornaram a água lamacenta (Figura 1), o que diferiu de outras inundações históricas do estado, e está associado a degradação de margens fluviais, redução de vegetação nativa e desmonte da legislação ambiental a nível estadual nas últimas décadas (OLIVEIRA, 2024).

Figura 1. Cota de inundação no lago Guaíba do dia 11/05/2024 com previsão para os próximos dias.



Fonte: IPH-UFRGS, 2024.

À medida que água fluía do alto curso da rede hidrográfica em direção ao lago Guaíba, a Região Metropolitana de Porto Alegre que já estava sendo inundada pelos aumentos graduais no volume do lago, registrou no dia 5 de maio a maior cota de inundação da história, com 5,37 metros (Figura 2), 2 metros acima do nível de perigo e 55 centímetros acima da marca histórica de 1941 que foi de 4,75 metros.

Figura 2. Inundação de bairros residenciais no município de Porto Alegre (A); e Moradores do município de Canoas aguardando resgate (B).

(A)

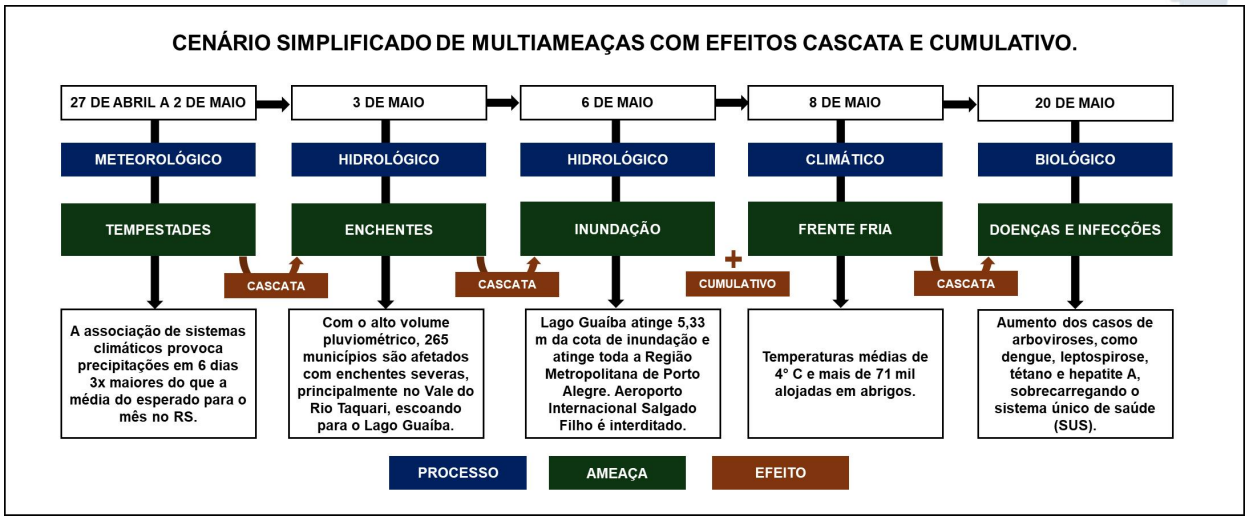
(B)

Fonte: Reuters, 2024.

Na segunda semana de maio, uma massa de ar polar avançou sobre o estado, causando uma queda brusca nas temperaturas. Na região da serra gaúcha, as temperaturas caíram para abaixo de zero, com geadas e neve em cidades como São José dos Ausentes e Cambará do Sul. O frio intenso se tornou um efeito cumulativo dentro dos eventos anteriores e agravou a situação dos desabrigados, que já conviviam com condições precárias em abrigos com falta de agasalhos e cobertores, o que levou a uma campanha nacional de doação de vestimentas para a população do estado.

Ao final da terceira semana de maio, as baixas temperaturas se somaram às consequências de dias de interrupção do fornecimento de água potável, com a população tendo contato com água contaminada, e não só resultaram, como amplificaram os surtos de doenças, com aumento de casos de leptospirose, hepatite A, hipotermia e arboviroses (G1 RS, 2024). A crise sanitária sobrecarregou os sistemas de saúde do estado, em que 110 hospitais foram afetados, e destes, 17 ficaram sem atendimento e 75 em atendimento parcial (ELY, 2024). A primeira morte por leptospirose foi registrada no dia 20 de maio.

Figura 3. Fluxograma do cenário de multiameaças aplicado ao caso do desastre no Rio Grande do Sul em 2024, com base em uma perspectiva multirrisco com efeito cascata e cumulativo.



Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

O contexto exposto a partir do caso do RS suscita que para identificação de qualquer perigo ou de um conjunto de perigos, uma escala de detalhes é necessária, e que cada perigo possui uma metodologia específica de identificação da sua tipologia, não só pelas suas características, mas como por que os meios de mitigação e prevenção devem formulados considerando o processo de gênese individual de cada um, natural ou não.

Vale destacar o tipo de interação - em cascata, definido como um processo que leva ao próximo (GLADE, 2024). Desse modo, a sequência de eventos apresentada na pesquisa ilustra claramente o efeito cascata, em que cada etapa é diretamente causada pela anterior, ampliando os impactos de forma progressiva. Os efeitos cumulativos, por sua vez, foram identificados como aqueles que se somam ao longo do tempo, como o exemplo do agravamento das condições dos desabrigados devido ao frio intenso, que não é diretamente causado pelas chuvas, mas se soma aos impactos gerais.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desastre ocorrido no Rio Grande do Sul em 2024 é um reflexo claro da emergência climática que afeta o país e o mundo. As chuvas extremas, inundações e deslizamentos que devastaram o estado não são eventos isolados, mas parte de um padrão crescente de desastres associados às mudanças climáticas. Esses fenômenos, considerando as vulnerabilidades sociais e institucionais, evidenciam a complexidade dos riscos em um cenário de multiameaças.

Vale salientar que além do caso do RS, outros desastres recentes no Brasil ilustram essa conjuntura. Em 2023, o litoral norte de São Paulo foi atingido por chuvas torrenciais que causaram deslizamentos e inundações, resultando em dezenas de mortes e milhares de desabrigados. No mesmo ano, a região amazônica enfrentou uma seca extrema, que afetou

não apenas o abastecimento de água, mas a navegação fluvial e consequentemente a dinâmica de toda a população local, além de potencializar o risco de incêndios florestais.

Esses eventos ocorridos em outras regiões do país, servem como mais um alerta para a importância de buscar políticas públicas que considerem a complexidade dos múltiplos riscos em um contexto de emergência climática.

Os resultados apontam para a existência de uma crítica conjuntura ambiental e urbana no país, sendo o caso abordado um dos inúmeros casos de desastres marcados por multiameaças, que não interagem apenas entre si, mas também interagem com as vulnerabilidades sociais e institucionais. Este apontamento valida e justifica a necessidade de avanços no âmbito científico da Abordagem Multirrisco e no âmbito da gestão de riscos e desastres.

Outro ponto frequentemente debatido é a insuficiência metodológica na identificação integrada de multiameaças naturais, que pode gerar consequências significativas para a prevenção, resposta e recuperação de desastres. Assim, formular um mesmo modelo de mapeamento ou metodologia de análise para os efeitos de tempestades, inundações e deslizamentos de terra, sem considerar suas especificidades, tende a resultar em generalizações e desconsiderar aspectos necessários a uma análise multiameaça mais robusta.

Portanto, é fundamental promover a cooperação interdisciplinar entre áreas como meteorologia, geologia, geografia, engenharia e ciências sociais. Essa integração permite uma abordagem holística, essencial para o desenvolvimento de novas perspectivas teórico-metodológicas que considerem tanto a dinâmica natural do planeta quanto os fatores socioeconômicos dos territórios analisados.

5 REFERÊNCIAS

ALBULESCU, A.C.; ARMAȘ, I.: *An impact-chain-based exploration of multi-hazard vulnerability dynamics: the multi-hazard of floods and the COVID-19 pandemic in Romania, Nat.* Hazards Earth Syst. Sci., 24, 2895–2922, https://doi.org/10.5194/nhess-24-2895-2024, 2024.

AROSIO, M., WHITE, C. J., GANI ADNAN, M. S., MARTINA, M., AND KENNEDY, C.: A framework for multi-hazard risk indicators, EGU General Assembly 2024, Vienna, Austria, 14–19 Apr 2024, EGU24-14261, https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-14261, 2024.

BBC NEWS BRASIL (ed.). *A cronologia da tragédia no Rio Grande do Sul*. BBC News Brasil. S.I, p. 1-1. 11 maio 2024. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/articles/cd1qwpg3z77o. Acesso em: 11 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. *Instrução Normativa 001, de 24 de agosto de 2012*. Estabelece Procedimentos e Critérios para a Decretação de Situação de Emergência ou Estado de Calamidade Pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal, e para Reconhecimento Federal das Situações de Anormalidades Decretadas pelos Entes Federativos e dá outras providências. Diário Oficial da União: 2012a, nº 169, seção 1, p. 30.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. *Anuário brasileiro de desastres naturais:* 2011. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. Brasília: CENAD, 2012b. 80 p.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil. Produto 2: identificação de riscos e cenários prováveis de atuação. Brasília, 2023. 162 p. Disponível em: https://pndc.com.br/?page_id=1455

BUARQUE, S. Metodologia e técnicas de construção de cenários globais e regionais. Texto para discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, Brasília, 2003. 75p. Disponível em:https://ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=4485.

ELY, L. Enchentes: hospitais do rs lutam para funcionar e tentam repor equipes. *Metrópoles.* S.I, p. 1-1. 09 maio 2024. Disponível em: https://www.metropoles.com/brasil/enchentes-hospitais-do-rs-lutam-para-funcionar-e-tentam-repor-equipes. Acesso em: 13 fev. 2025.

FERREIRA, T. M. (eds.) (2023) Multi-risk Interactions Towards Resilient and Sustainable Cities. Advances in Sustainability Science and Technology Series, Springer Singapore. Series ISSN 2662- 6829, Series E-ISSN 2662-6837 (in preparation).

G1 RS (Rio Grande do Sul). *Um mês de enchentes no RS: veja cronologia do desastre que atingiu 471 cidades, matou mais de 170 pessoas e expulsou 600 mil de casa*. *G1***.** Porto Alegre, p. 1-1. 29 fev. 2024. Disponível em: https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2024/05/29/um-mes-de-enchentes-no-rs-veja-cronologia-do-desastre.ghtml#29. Acesso em: 13 fev. 2025.

GIRÃO, Í. R. F.; RABELO, D. R.; ZANELLA, M. E. Análise teórica dos conceitos: Riscos Socioambientais, Vulnerabilidade e Suscetibilidade. *Revista de Geociências do Nordeste***,** [S. l.], v. 4, p. 71–83, 2018. DOI: 10.21680/2447-3359.2018v4n0ID13273. Disponível em: https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/13273. Acesso em: 11 jul. 2023.

GLADE, Thomas. *Methodological challenges of multi-risk and multi-hazard approaches.* Revista Ecologias Humanas, Paulo Afonso – BA, v. 10, n. 12, p. 9-25, out. 2024. Disponível em: <https://www.revistas.uneb.br/index.php/ecohum/article/view/21817/14245>. Acesso em: 10 jan. 2025.

HOCHRAINER-STIGLER, S., SAKIC TROGRLIC, R., REITER, K. 2022. MYRIAD-EU D2.1 Initial Framework and Guidance Protocol Document. H2020 MYRIAD-EU Project, grant agreement number 101003267, pp 57.

INMET, CEMADEN, CENAD, INPE. Nota Técnica: Riscos Geo-Hidrológicos para o Rio Grande do Sul, para o período entre 10 a 13/05/2024 Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/inmet-cemaden-cenad-e-inpe-emitem-nota-tecnica-sobre-os-riscos-geo-hidrologicos-para-o-rio-grande-do-sul.

IPH-UFRGS (Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. UFRGS. Previsões atualizadas de níveis d´água no Guaíba: sábado 11/05/24 12h. sábado 11/05/24 12h. 2024. Estas previsões são desenvolvidas com base na combinação de observações de chuva e vazão dos rios, modelo de previsão meteorológica, hidrológica e

hidrodinâmica. Disponível em: https://www.ufrgs.br/iph/previsoes-atualizadas-de-niveis-dagua-no-guaiba-sabado-11-05-24-12h/. Acesso em: 15 fev. 2025.

KAPPES, M. S.; KEILER, M.; VON ELVERFELDT, K.; GLADE, T.. Challenges of analyzing multi-hazard risk: a review. *Natural Hazards,* [S.L.], v. 64, n. 2, p. 1925-1958, 31 jul.

2012. Springer Science and Business Media LLC. http://dx.doi.org/10.1007/s11069-012-0294-2.

KOMENDANTOVA, N., MRZYGLOCKI, R., MIGNAN, A., KHAZAI, B., WENZEL, F., PATT, A., & FLEMING, K. (2014). Ferramentas de apoio à decisão multirrisco e multirrisco como parte da governança participativa de risco: Feedback das partes interessadas da proteção civil. Revista Internacional de Redução de Riscos de Desastres, 8, 50–67. https://doi.org/10.1016/J.IJDRR.2013.12.006

MENEGAT, Rualdo. Enchentes no RS:: a catástrofe, suas causas e os caminhos para a prevenção. *Geologia Todo Dia***,** Natal, v. 9, p. 4-10, ago. 2024. Disponível em: https://agern.org.br/revista-geologia/. Acesso em: 15 fev. 2025

MING, X., LIANG, Q., DAWSON, R., XIA, X.; HOU, J. (2022). Uma estrutura quantitativa de avaliação de risco multirrisco para inundações compostas considerando interdependências e interações de risco. Journal of Hydrology, 607, 127477–127477. https://doi.org/10.1016/ J.JHYDROL.2022.127477

OLIVEIRA, P. C. A; RODRIGUES, S. C. Utilização de cenários ambientais como alternativa para o zoneamento de bacias hidrográficas: estudo da bacia hidrográfica do Córrego Guaribas. Uberlândia, MG. *Sociedade & Natureza*, vol.21, n.3 Uberlândia, 2009.

OLIVEIRA, Elizabeth. Chuvas no Rio Grande do Sul: o que as águas barrentas que tudo arrastam sinalizam?. *O Eco***.** S.I, p. 1-1. 20 maio 2024. Disponível em: https://oeco.org.br/reportagens/chuvas-no-rio-grande-do-sul-o-que-as-aguas-barrentas-que-tudo-arrastam-sinalizam/. Acesso em: 12 fev. 2025.

OLIVEIRA, F. L. S.; SALES, C. B.; BRITO, A. G. M.; LOOSE, E. B.; SULAIMAN, S. N.; ALMEIDA, L. Q.; NOGUEIRA, F. R. (2023). *Cenários multirrisco: uma iniciativa de pesquisa participativa no contexto da emergência climática.* arq.Urb, (38), 42–55. https://doi.org/10.37916/arq.urb.vi38.681

Organização Meteorológica Mundial (OMM). *2024 foi o ano mais quente da história.* 2025a. ONU News. Disponível em: https://news.un.org/pt/story/2025/01/1843406. Acesso em: 13 fev. 2025.

Organização Meteorológica Mundial (OMM). ONU alerta que 2024 pode terminar como o ano mais quente da história. 2024. ONU News. Disponível em: https://news.un.org/pt/story/2024/12/1842841. Acesso em: 13 fev. 2025.

Organização Meteorológica Mundial (OMM). *Ventos fortes e seca agravaram incêndios na Califórnia, diz OMM.* 2025b. ONU News. Disponível em: https://news.un.org/pt/story/2025/01/1843396. Acesso em: 13 fev. 2025.

PEGORIM, J.. Chuva no Rio Grande do Sul já supera 600 mm em 10 dias. *Climatempo: StormGeo Company.* São Paulo, p. 1-1. 11 maio 2024. Disponível em: https://www.climatempo.com.br/noticia/2024/05/11/chuva-no-rio-grande-do-sul-ja-supera-600-mm-em-10-dias-

5018#:~:text=Como%20foi%20previsto%2C%20a%20chuva,10%20de%20maio%20de%202024.. Acesso em: 11 fev. 2025.

PERLES R. M. J.; CANTARERO P. F. *Problemas y retos en el análisis de los riesgos múltiples del territorio*. Propuestas metodológicas para la elaboración de cartografías multi-peligros. Boletín De La Asociación De Geógrafos Españoles, 2010. Recuperado a partir de https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/1171

RAKHAL, B.; SHARMA, S.; GHIMIRE, G.; ADHIKARI, T.; SHRESTHA, R.. *Nepal's Communities Brace for Multihazard Risks. Eos*, [S.L.], v. 102, p. 1-11, 1 jun. 2021. American Geophysical Union (AGU). http://dx.doi.org/10.1029/2021eo159039.

REUTERS. *25 imagens impactantes da tragédia das chuvas no Rio Grande do Sul*. BBC News Brasil. S.l, p. 1-1. 6 maio 2024. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/articles/cx7d1ppl0lzo. Acesso em: 11 fev. 2025.

SCHOEPFER, E.; LAUTERJUNG, J.; RIEDLINGER, T.; SPAHN, H.; ZAPATA, J. C. G.;LEÓN, C.D.; ROSERO-VELÁSQUEZ, H.; HARIG, S.; LANGBEIN, M.; BRINCKMANN, N.; STRUNZ, G.; GEISS, C.; TAUBENBÖCK, H. *Nat. Hazards Earth Syst.* Sci., 24, 4631–4660, https://doi.org/10.5194/nhess-24-4631-2024, 2024

SCOLOBIG, A.; KOMENDANTOVA, N.; MIGNAN, A. (2017). *Integração de riscos múltiplos Abordagens em Política.* Geociências 2017, Vol. 7, Página 129, 7(4), 129–129. https://doi.org/ 10.3390/GEOSCIENCES7040129

UNDRR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction). *Hazard definition and classification review: technical report.* Geneva: Undrr, 2020. 2020 p. Disponível em: https://www.undrr.org/publication/hazard-definition-and-classification-review-technical-report. Acesso em: 13 fev. 2025.

MAPA DE PERIGO DE INUNDAÇÃO POR TRANSBORDAMENTO DE UM RIO OBTIDO COM UMA ANÁLISE HIDROLÓGICA BIVARIADA

FLOOD HAZARD MAP DUE TO RIVER OVERFLOW OBTAINED THROUGH A BIVARIATE HYDROLOGICAL ANALYSIS

Eduardo Omar Copca Maya[1], Óscar Arturo Fuentes Mariles[2] e Jesús Gracia Sánchez[3]
1 Instituto de Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de México, ECopcaM@iingen.unam.mx
2 Instituto de Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de México, OFuentesM@iingen.unam.mx
3 Instituto de Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de México, JGraciaS@iingen.unam.mx

RESUMO

Apresenta-se a estimativa de mapas de inundação por transbordamento do rio Tlautla, Hidalgo, México, por meio de uma análise de frequências multivariadas. Diferentemente dos métodos tradicionais, essa abordagem prioriza o volume de escoamento sob a hipótese de que ele é a principal variável que afeta uma inundação, em vez da vazão. Para isso, são utilizadas cópulas de probabilidade, que permitem modelar eventos com características multivariadas, refletindo melhor o comportamento natural das inundações. A modelagem é baseada em hidrogramas de escoamento estimados para diferentes períodos de retorno conjuntos, considerando que a caudal, o volume e a duração mantêm essa condição. Os mapas resultantes podem servir como ferramenta para a formulação de políticas de proteção civil, bem como para o projeto de obras de proteção ou mitigação de riscos.

Palavras-Chave: Inundação, Transbordamento, Cópulas, Risco, Volume.

.

ABSTRACT

This study presents the estimation of flooding maps due to overflow of the Tlautla River in Hidalgo, Mexico, using a multivariate frequency analysis. Unlike traditional methods, this approach prioritizes runoff volume under the hypothesis that it is the main cause of flooding, rather than discharge. To achieve this, probability copulas are employed, which allow for the modeling of events with multivariate characteristics, better reflecting the natural behavior of floods. The modeling is based on runoff hydrographs estimated for different joint return periods, considering that discharge, volume, and duration maintain this condition. The resulting maps can serve as a tool for formulating civil protection policies, as well as for designing flood protection or risk mitigation works.

Keywords: Flooding, Overflow, Copulas, Multivariate Frequency Analysis, Volume .

1 INTRODUCCIÓN

En septiembre de 2021, el estado de Hidalgo, México, enfrentó eventos meteorológicos extremos que generaron precipitaciones extremas, provocando el desbordamiento de los ríos Tula, Tlautla y Rosas. Como resultado, varias localidades, incluyendo Tula, Tepeji del Río y Tlahuelilpan, sufrieron inundaciones. Las presas en estos ríos no lograron contener las crecientes y debieron liberar agua a través de sus vertedores, lo que incrementó el caudal y agravó las inundaciones. Por ello, es fundamental replantear las condiciones hidráulicas y de gestión del riesgo en la región para reducir la vulnerabilidad ante futuras crecidas.

Tradicionalmente, las estimaciones de inundación se basan en la estimación de hidrogramas de avenidas para diferentes periodos de retorno. Estos hidrogramas sirven como base para realizar una modelación matemática que permite simular cómo el agua se desplaza por el cauce del río. A partir de esta simulación, es posible determinar las áreas susceptibles de ser inundadas en función de las distintas magnitudes del flujo. Sin embargo, este enfoque tradicional puede no considerar de manera completa las interacciones entre múltiples variables, lo que limita la precisión de las predicciones. Por ello, es fundamental integrar metodologías más avanzadas que tomen en cuenta factores como la variabilidad temporal y espacial de los eventos hidrológicos.

Los hidrogramas suelen estimarse considerando únicamente el caudal máximo que atraviesa el río. Sin embargo, un hidrograma también incluye el volumen de escurrimiento, la duración del evento, el tiempo hasta el pico de caudal, entre otros factores. Por ello, un análisis univariado no representa completamente el comportamiento natural de una avenida. Es necesario, entonces, replantear los métodos de estimación para adoptar un enfoque más integral que refleje mejor los procesos hidrológicos y brinde mayor certeza en la evaluación del riesgo (Goel et al., 1998; Yue and Ramusen, 2002; Shiau, 2006).

Actualmente, los análisis de frecuencias multivariados son cada vez más utilizados en la estimación hidrológica. Gracias al desarrollo de funciones de probabilidad multivariadas, conocidas como cópulas, es posible evaluar variables de estudio mediante probabilidades conjuntas, considerando su interdependencia en la estimación de eventos (Chebana y Ouarda, 2011). Esto permite determinar eventos multivariados asociados a periodos de retorno conjunto (Salvadori & De Michelle, 2004), mejorando la precisión en el análisis del riesgo hidrológico.

Al poder estimar hidrogramas multivariados, se abre la posibilidad de realizar análisis más detallados, considerando distintas variables simultáneamente. Este enfoque permite obtener hidrogramas bajo condiciones específicas que prioricen ciertas variables sobre otras, según las características particulares de cada caso. Dado que las susceptibilidades a inundaciones pueden variar significativamente de una región a otra, este método ofrece una herramienta más flexible y precisa para reflejar las condiciones locales y sus riesgos asociados. Además, en la estimación de inundaciones, el volumen de escurrimiento resulta ser un factor más determinante que el caudal máximo. Aunque el caudal máximo representa la intensidad del flujo en un momento dado, el volumen total de agua movida tiene un impacto mayor en la extensión, duración y profundidad de las inundaciones. Esto hace que la consideración del volumen en los hidrogramas multivariados sea crucial para una evaluación más completa y precisa del riesgo de inundación Copca (2019). La estimación multivariada, generalmente permite realizar una mejor estimación probabilística que aquellas que consideran una variable aleatoria (Salvadori & De Michel, 2004).

En este trabajo se presenta entonces una metodología para estimar hidrogramas de avenidas considerando al volumen de escurrimiento como la variable principal a considerar, y con ellos se obtienen mapas de inundación tras una modelación en dos dimensiones a diferentes periodos de retorno.

2 Objetivos

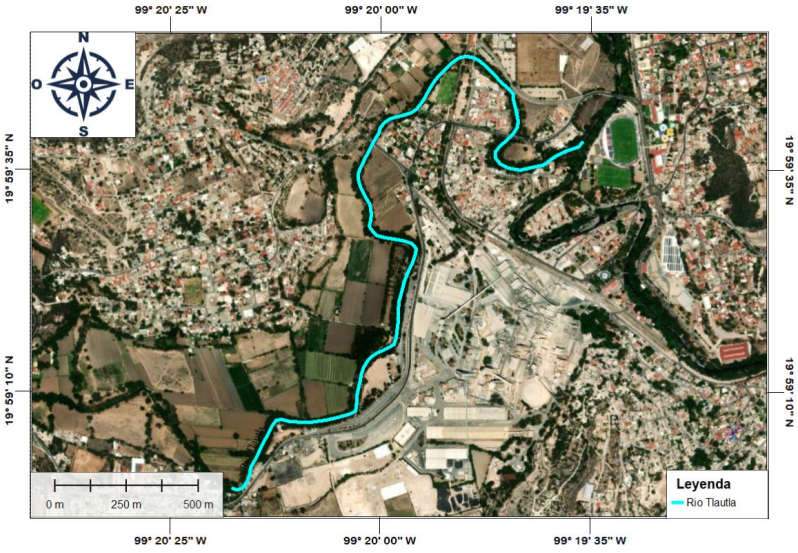
Aplicar y ejemplificar una metodología de análisis de frecuencias en hidrología que priorice a la variable de volumen de escurrimiento de un río para así estimar mapas de peligro de inundación a diferentes periodos de retorno.

3 Metodología

3.1 Caso de estudio

El tramo en estudio abarca 3.053 km del río Tlautla (también conocido como río Coscomate), ubicado en la localidad de San Miguel Vindho, municipio de Tula de Allende, Hidalgo. En esta zona se encuentran la Ciudad Cooperativa Cruz Azul, con una población de 8,808 habitantes para 2020. Para ilustrar la metodología bivariada con prioridad en volumen, se calcula una serie de hidrogramas de diseño para distintos periodos de retorno. Luego, estos hidrogramas se tránsitan a lo largo del cauce del río y se estima el área de inundación correspondiente a cada uno.

Figura 1. Tramo en estudio del río Tlautla, Hidalgo México



Para el río Tlautla se cuenta con una serie de registros hidrométricos correspondientes a 85 años, que van desde 1930 a 2014 de la estación 26034 ubicada en el mismo cauce aguas abajo del tramo mostrado en la Figura 1. Para este estudio se utilizan registros de caudal medios diarios.

3.2 Selección de datos conjunta

Los análisis de frecuencias tradicionales utilizan una sola variable de estudio para estimar hidrogramas, pero dicha representación no suele modelar eventos cuyas características sean multivariadas. Por eso se debe realizar estimaciones multivariadas, que cumplan con el objetivo de obtener la mejor representación posible de la naturaleza. Para ello se debe identificar los datos con los que se cuenta que pueden ir de precipitación a valores de escurrimiento.

La primera idea para identificar la información es elegir las variables de estudio según su magnitud, por el método conocido de los máximos anuales, es decir si se considerarán dos variables se elegirán aquellas que sean las más grandes de sus registros para cada año calendario. Para el caso de variables de escurrimiento se puede elegir el gasto más grande del año y el volumen más grande de ese mismo año para todo el registro. Pero este pensamiento no siempre resulta el más adecuado, porque es posible que el evento que genero el caudal máximo no haya generado el máximo volumen.

Por ello se ha propuesto el criterio de selección de datos conjuntos, priorizando la variable que mejor se aplique al caso de estudio. En este trabajo se propone el criterio de Volumen Prioridad (VP). Este consiste en identificar las variables de estudio para un análisis bivariado identificando primero aquella de mayor interés, el volumen, consecuentemente la variable asociada a ella, el caudal máximo.

El criterio de Volumen Prioridad se aplica con los siguientes pasos:

1. Definir la duración "D" que tendrá el hidrograma, esta duración puede ser obtenida con métodos adicionales.
2. Para la duración D establecida se identifica el volumen máximo anual para cada año de registro, este se da como el máximo de la suma de D valores de gastos medios diarios Qi para cada año.

$$V_{max} = \max\left(\sum_{i=1}^{D} Q_i\right)$$

3. Se selecciona el máximo caudal asociado a $Vmax$, el cual será el valor de Q_i más grande de los D valores utilizados para formar el volumen máximo.

$$Q_{max} = \max\left(Q_i\right),\ i = 1, 2, \ldots, D$$

   Este $Qmax$ será conocido como el caudal máximo asociado al $Vmax$ y no necesariamente tiene que ser igual al caudal máximo registrado de los Qi.
4. Se obtienen entonces parejas $Vmax$ y $Qmax$ para todos los años de registro con duración D.

Este criterio permite mantener la correlación natural entre las variables puesto que estas son correspondientes al mismo evento que las formo, a diferencia de elegir una a una por separado lo que pudiera incurrir que un volumen no corresponda al gasto identificando, reduciendo así la certeza en la estimación. Es posible que la avenida que formo el máximo caudal anual formase el máximo volumen anual.

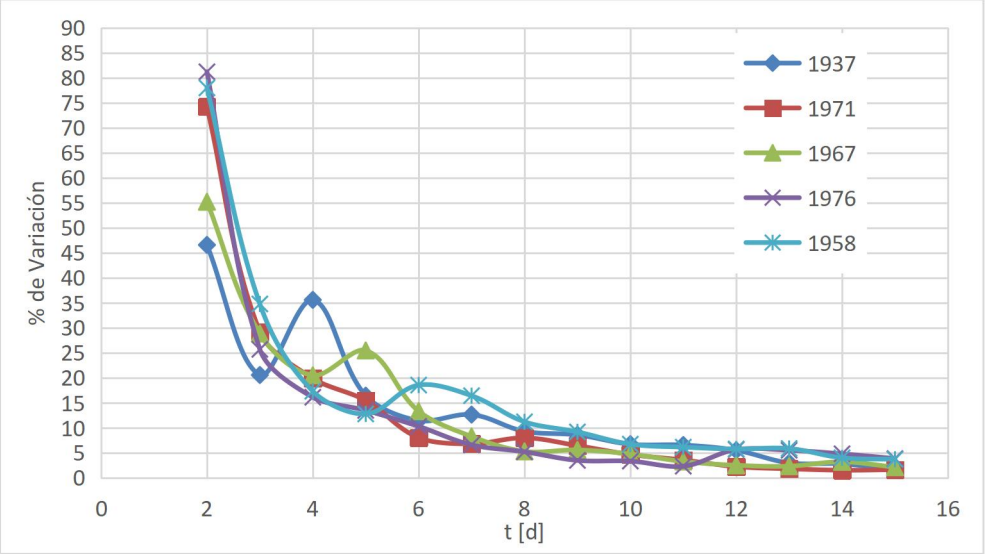
Para el río Tlautla, se analizó la variación del volumen de escurrimiento en función del aumento de la duración, considerando su relación directa con esta variable. Al proponer diferentes valores de D, iniciando desde 1 día y aumentando según el porcentaje de variación, se identificó un punto en el que el incremento en el volumen deja de ser significativo. Como

criterio para definir la duración óptima, se estableció un umbral del 5 %, es decir, cuando el aumento de volumen entre dos duraciones consecutivas es menor a este valor.

$$\frac{V(D_{i+1}) - V(D_i)}{V(D_i)} x100 \leq 20\%$$

En la Figura 2 se consigna el porcentaje de volumen de variación que hay al aumentar la duración D para los 5 años para los 5 años para los cuales el volumen se considera más grande.

Figura 2. Análisis del porcentaje de variación del volumen respecto al aumento de duración en días



La duración se ha establecido entonces en 6 días, con esto se aplica el criterio de volumen prioridad y se obtienen series de datos de caudal y volumen correspondientes a 6 días para los 85 años de registros. Los cuales se muestran en la Tabla 1.

Estos datos, seleccionados de manera conjunta, conservan la correlación natural entre las variables al pertenecer al mismo evento. Esto es fundamental al emplear cópulas de probabilidad bivariada, un aspecto que se abordará en detalle más adelante.

Tabla 1. Parejas de datos Q-V seleccionadas según el criterio de Volumen Prioridad para una duración de 6 días

VP								
21 días								
#	$Qmax$ $[m3/s]$	$Vmax$ $[m3/s\ d]$	#	$Qmax$ $[m3/s]$	$Vmax$ $[m3/s\ d]$	#	$Qmax$ $[m3/s]$	$Vmax$ $[m3/s\ d]$
1	23.089	95.509	30	27.377	104.071	59	27.747	78.998
2	80.029	332.747	31	7.832	27.813	60	21.801	63.21
3	51.307	172.558	32	10.463	41.208	61	32.342	72.741
4	51.958	147.033	33	9.861	33.657	62	62.483	317.139
5	42.147	164.603	34	45.352	132.973	63	32.311	93.545
6	66.544	192.04	35	3.906	12.192	64	14.22	63.242
7	23.005	107.344	36	69.047	163.425	65	22.935	36.206
8	118.524	368.886	37	41.524	122.603	66	2.025	11.743
9	80.905	157.011	38	91.554	314.141	67	3.333	15.286
10	17.134	49.568	39	30.474	85.944	68	0.76	2.65
11	21.62	90.116	40	37.802	196.97	69	9.068	49.444
12	54.324	193.68	41	29.323	91.78	70	5.512	21.407
13	34.769	90.608	42	96.899	326.381	71	4.295	23.82
14	31.625	124.792	43	9.815	29.715	72	5.003	15.994
15	64.238	197.079	44	52.671	157.068	73	17.546	69.428
16	28.919	52.611	45	52.865	261.867	74	55.091	203.373
17	7.888	25.984	46	23.529	103.662	75	27.213	96.839
18	26.491	52.325	47	90.709	300.584	76	22.594	60.379
19	26.865	95.816	48	20.301	34.136	77	10.368	43.691
20	7.323	12.042	49	65.255	195.407	78	22.446	73.978
21	8.79	34.659	50	47.68	135.896	79	31.306	101.098
22	9.711	39.527	51	20.816	62.167	80	23.533	66.443
23	30.11	86.601	52	15.996	59.805	81	20.232	45.09
24	12.886	43.768	53	6.978	11.363	82	19.009	67.833
25	34.363	162.098	54	45.17	204.968	83	8.026	18.158
26	43.741	171.075	55	18.282	62.328	84	51.533	104.363
27	18.822	73.98	56	13.037	46.449	85	38.658	107.869
28	3.573	9.645	57	10.702	41.976			
29	87.991	331.387	58	5.115	16.581			

3.3 Estimación de probabilidades univariadas

Una vez seleccionadas las variables de caudal y volumen máximo mediante el criterio VP, el siguiente paso en la estimación de hidrogramas es determinar la probabilidad univariada de cada variable, la cual servirá como insumo para el ajuste de cópulas. Para ello, se ajustan distintas funciones de distribución acumulada con el fin de estimar sus parámetros.

Se consideran dos enfoques para las distribuciones de probabilidad. El primero asume una única población e incluye funciones como Gumbel, Weibull y Gamma. El segundo contempla la presencia de dos poblaciones, lo que permite diferenciar eventos de origen monzónico y ciclónico, una distinción relevante en el contexto meteorológico de México.

Para seleccionar la función que mejor se ajusta a los datos, se aplicaron tres pruebas de bondad de ajuste: el test de Kolmogórov-Smirnov (Zhang, 2006), el Error Estándar de Ajuste y el Criterio de Información de Akaike (Akaike, 1974). Los resultados muestran que, en el caso del caudal, no hay una función claramente superior, ya que las diferencias entre ellas son poco significativas. Sin embargo, para el volumen, que es la variable prioritaria en este análisis, la función Weibull-Weibull presenta el mejor ajuste a los datos, por esta razón y para mantener cierta congruencia se decide que la función a utilizar para el caudal sea la función Weibull.

La función Weibull se define por:

$$F_X(x) = 1 - exp\left[-\left(\frac{x}{\beta_2}\right)^{\alpha_2}\right]$$

La función Weibull-Weibull está dada por:

$$F_X(x) = z\left\{1 - exp\left[-\left(\frac{x}{\beta_1}\right)^{\alpha_1}\right]\right\} + (1-z)\left\{1 - exp\left[-\left(\frac{x}{\beta_2}\right)^{\alpha_2}\right]\right\}$$

Los resultados de las pruebas de bondad de ajuste se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2 Resultados de pruebas de ajuste

Función de probabilidad	Gasto			Volumen		
	EEA	KS	CIA	EEA	KS	CIA
Gumbel	4.94	0.0665	651.52	45.001	0.083	1089.49
Weibull	2.087	0.0358	757.14	21.77	0.0469	1073.11
Gamma	1.86	0.0864	750.73	20.95	0.0385	1072.62
Gumbel-Gumbel	2.59	0.0412	761.24	21.096	0.0441	1081.39
Weibull-Weibull	2.131	0.0361	757.1	12.017	0.0408	959.27
Gamma-Gamma	2.39	0.032	756.76	18.24	0.042	1078.42

Con dicha función se estima la probabilidad para las series de gastos y volúmenes con las cuales se alimentan las copulas.

3.4 Copulas

Una herramienta sencilla y útil para la construcción de distribuciones multivariadas dependientes a partir de funciones de probabilidad de una variable también llamadas marginales son las denominadas cópulas (Sklar, 1959). Con las cópulas se obtienen distribuciones de probabilidad multivariadas a partir de sus funciones univariadas (Nelsen, 1999) con cierta medida de la relación entre ellas. Por ejemplo, a cada par de variables aleatorias reales se asocia a cada una ellas una función de probabilidad de una variable y a partir de estas funciones, se obtiene la función multivariada.

Una familia de cópulas que permite este modelado a través de una sola función univariada es la Arquimediana (Genest & Rivest, 1993). Las principales funciones de copulas de dicha familia se muestran a continuación.

- Cópula Gumbel-Hougaard

$$C = exp\left[-\left\{(-lnF(u))^{\theta} + (-lnF(v))^{\theta}\right\}\right]^{\frac{1}{\theta}};\ \theta \geq 1$$

- Cópula Clayton

$$C(u,v) = (u^{-\theta} + v^{-\theta} - 1)^{-\frac{1}{\theta}}; \quad \theta \geq 0$$

- Cópula Frank

$$C(u,v) = -\frac{1}{\theta} ln\left[1 + \frac{\left(e^{-\theta u} - 1\right)\left(e^{-\theta v} - 1\right)}{e^{-\theta} - 1}\right]; \ \theta \neq 0$$

El valor de θ que aparece en las ecuaciones de cópulas es conocido como el parámetro de correlación de la cópula, dicho parámetro permite controlar la dependencia entre las variables u y v y es el encargado de mantenerla en la extrapolación. Se puede decir que sirve como una medida de correlación o dependencia. Entre más grande su valor mayor dependencia entre los datos habrá. Su obtención puede ser por métodos semi paramétricos como el de Genest el cual maximiza la función de verosimilitud o métodos de momentos que ajustan el valor de θ para que coincida con una medida de dependencia más común como la tau de Kendall o la rho de Spearman (Salvadori, 2004).

En este trabajo se ha hecho uso del método de máxima verosimilitud propuesto por Genest (1999), Ghoudi y Rivest (1995) es una técnica paramétrica para estimar el parámetro θ de una cópula Archimedeana a partir de los datos. Se basa en obtener la máxima verosimilitud para la cópula con los valores de las series de datos de caudal y volumen máximo obtenidos anteriormente.

Los valores de θ encontrados para las tres cópulas de la familia arquimediana con los datos de caudal y volumen del río Tlautla se muestran en la Tabla 3, pero estos valores no son comparables entre si ya que cada uno corresponde a una cópula diferente, es por ello por lo que se debe elegir una cópula en función de estos resultados.

Tabla 3 Valores del parámetro de asociación θ obtenidos con el método de Genest y valores de K-S encontrados de cada cópula respecto a la cópula empirica.

Cópula	θ	K-S
Clayton	6.1054	0.00271
Frank	19.26	0.00203
Gumbel-Hougaard	4.7917	0.00162

La elección de que cópula usar es posible gracias a la denominada cópula empírica Deheuvels (1979) la cual es una estimación no paramétrica de la función de distribución conjunta de las variables transformadas a su escala uniforme. Se define como:

$$C_n(u_1, u_2, ..., u_d) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} 1(U_{i1} \leq u_1, ..., U_{id} \leq u_d)$$

Donde $U_{ij} = F_j(X_{ij})$ son los valores transformados por sus distribuciones marginales.

Para seleccionar una cópula Arquimediana, se utiliza la prueba de Kolmogórov-Smirnov que permite conocer la máxima distancia posible que se tendrá entre cada cópula respecto a la empírica (Yan, 2007)., los resultados que se muestran en la Tabla 3 se indican que el valor de K-S más pequeño es para la cópula Gumbel-Hougaard, por lo tanto, será la cópula para utilizar para estimar los hidrogramas de diseño con prioridad en el volumen.

Conocida las funciones marginales que alimentan a la cópula (función Weibull para caudal y Weibull-Weibull para volumen), la cópula a utilizar y su respectivo valor de θ es posible estimar valores de caudal y volumen para 6 días de duración que correspondan a periodos de retorno conjunto, para ello se hace uso de la expresión de periodo de retorno de Kendall (Serinaldi, 2014) el cual es una extensión del concepto tradicional de período de retorno, adaptado para eventos multivariados usando cópulas. En lugar de basarse en distribuciones marginales, se fundamenta en la dependencia entre variables y es útil para modelar riesgos donde la dependencia es clave, como en hidrología (caudal y volumen). Mientras que el período de retorno tradicional analiza el tiempo esperado hasta que una variable supere un umbral, el $Tken$ considera la recurrencia de eventos conjuntos. Esta dado por:

$$T_{KEN} = \frac{1}{1 - P_{KEN}} = \frac{1}{1 - t - \frac{\varphi(t)}{\varphi'(t)}}$$

Para ello, la función de distribución de Kendall de la variable real t dentro del intervalo cerrado [0,1][0,1][0,1] (Genest y Rivest, 1993). Donde $\varphi(t)$ corresponde a la función generadora de la cópula, en este trabajo Gumbel-Hougaard.

Al trabajar con valores de probabilidad y períodos de retorno conjunto asociados a las variables de caudal (Q) y volumen (V), la extrapolación a períodos de retorno de interés debe tener en cuenta que varios pares de Q-V pueden compartir la misma probabilidad de excedencia. Por lo tanto, se calculan isolíneas de período de retorno, que son curvas a lo largo de las cuales el valor de probabilidad es constante. Estas isolíneas son útiles para el diseño, ya que permiten identificar zonas de interés con la misma probabilidad de excedencia.

Para elegir el par de Q y V adecuado, se utilizan los valores univariado correspondientes al período de retorno univariado en cuestión. La intersección de estos valores univariado define una zona aceptable para su uso, ya que representa la estimación más realista de las variables en conjunto dentro de los límites del análisis.

Las isolíneas obtenidas para los periodos de retorno Kendall de 10, 50, 100 y 200 años se muestran en las Figuras 3 y 4. En ellas se muestra como líneas rectas los valores de periodo de retorno univariado (también conocido como marginal) para los mismos valores, en la zona inferior izquierda a su intersección se encuentra la zona ideal para estimar hidrogramas, ya que usar otras zonas de la isolínea lleva a usar valores de periodo de retorno univariado más grandes como se muestra en la Figura 3. Los valores seleccionados de la zona ideal para generar hidrogramas se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4 Parejas de Q-V seleccionadas de la zona ideal de las isolíneas de cada Tr para crear hidrogramas

Periodo de retorno de Kendall	Caudal [m3s-1]	Volumen [m3s-1d]
$Tr\ Ken = 10$	65	223.11
$TrKen = 50$	101	348.64
$TrKen = 100$	116	388.26
$TrKen = 200$	130	424.91

Figura 3. Isolíneas de periodo de retorno de Kendall para 10 y 50 años, así como los periodos de retorno marginales para dichos años.

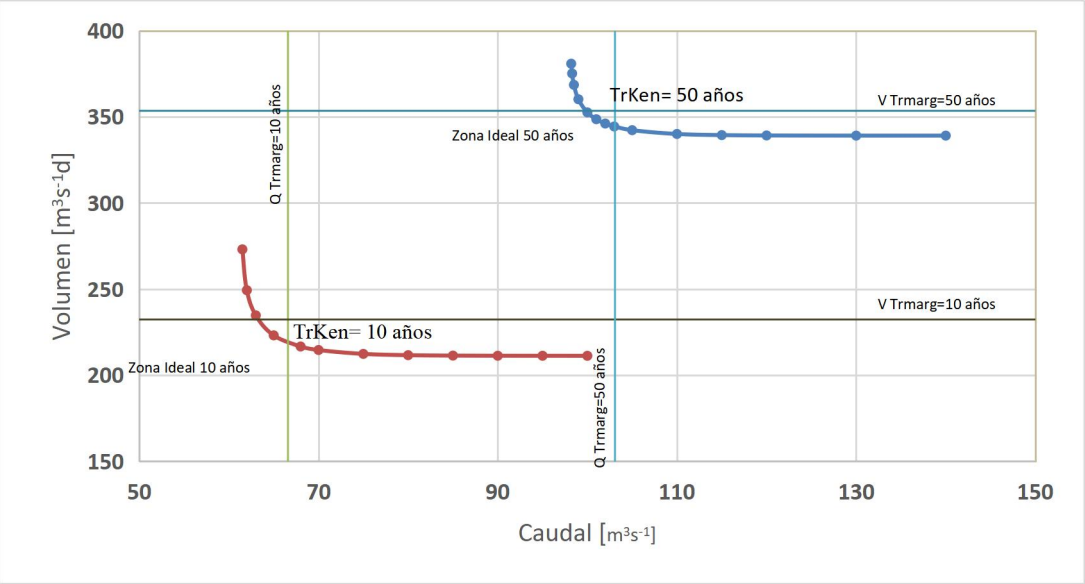
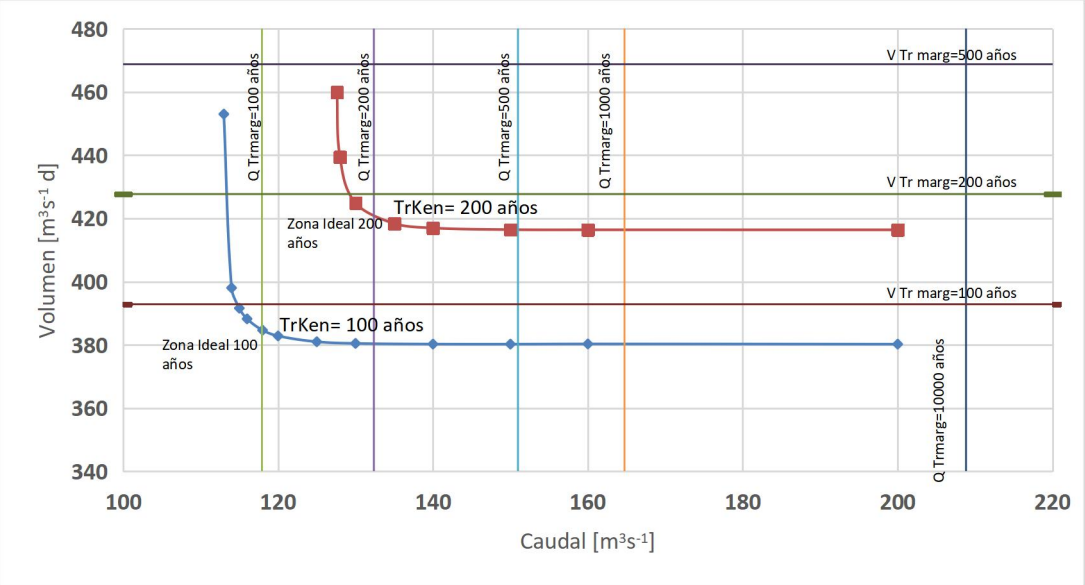


Figura 4. Isolíneas de periodo de retorno de Kendall para 100 y 200 años, así como los periodos de retorno marginales para dichos años.



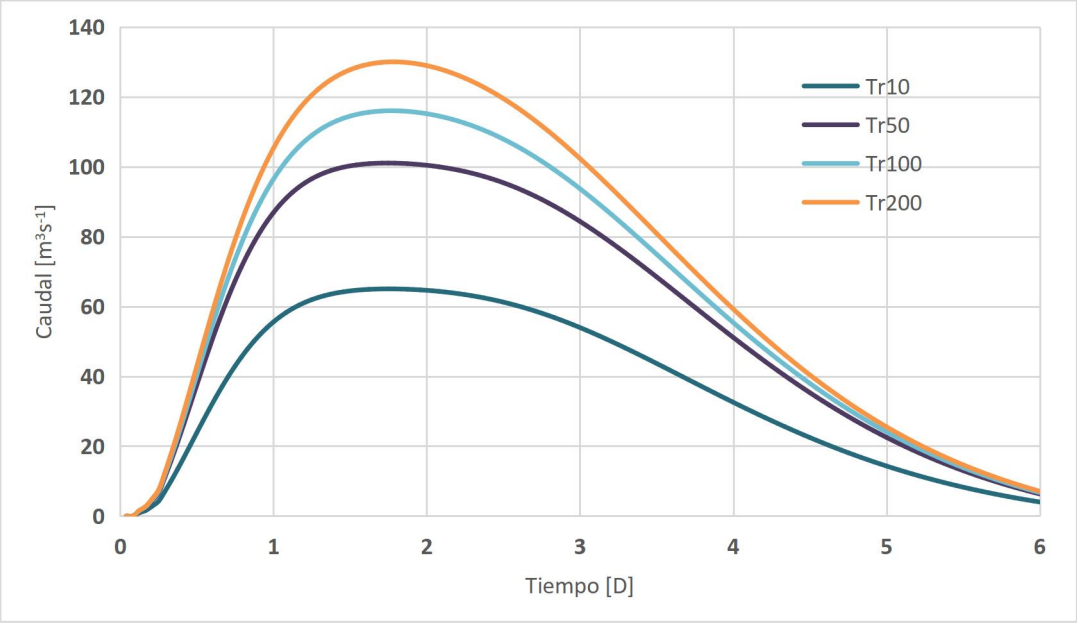
3.5 Obtención de hidrogramas de diseño

Al haber obtenido isolíneas para los periodos de retorno buscados es posible obtener los hidrogramas de diseño que se transitarán en el rio Tlautla para la modelación de riesgo de inundabilidad, para ello es necesario recalcar que estos hidrogramas serán bivariados, es decir que corresponden a la probabilidad de caudal y de volumen. Para crearlos es necesario definir una forma y después ajustarla para que cumpla cabalmente con ambas variables, cuestión que no es tan sencilla porque la mayoría de los métodos actuales solo contemplan una variable. Para ello se hace uso del método publicado por Copca (2019) que resume la aplicación de un hidrograma bivariado unitario a cualquier forma.

La forma elegida para obtener los hidrogramas es una variación del hidrograma unitario del USA Soil Conservation Service, modificada en el Instituto de Ingeniería de la UNAM para propósitos bivariados.

Los hidrogramas obtenidos para dicha forma para los respectivos periodos de retornos se ilustran en la Figura 5. Estos hidrogramas poseen el gasto de pico y el caudal máximo estimados con las isolíneas de periodo de retorno a cabalidad.

Figura 5. Hidrogramas Bivariados obtenidos con la metodología de Volumen Prioridad para 10, 50, 100 y 200 años de periodo de retorno.



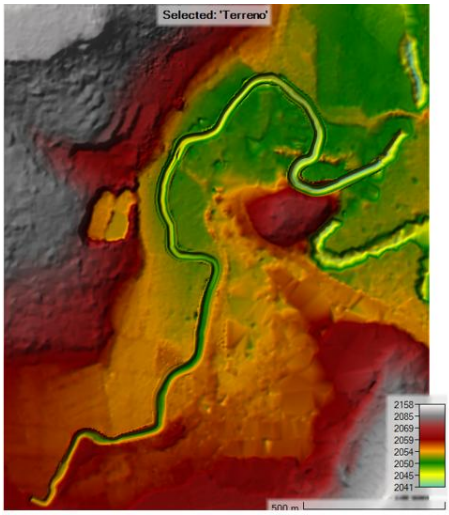
3.6 Tránsito de avenida por el río Tlautla

Este estudio presenta los resultados de la modelación de inundaciones en dos dimensiones (2D) utilizando HEC-RAS. El análisis permite evaluar la dinámica del flujo en la zona de estudio, considerando la topografía, las condiciones de contorno y los eventos hidrológicos representativos.

A partir de la simulación, se obtienen mapas de profundidad, velocidad y extensión de la inundación, proporcionando información clave para la gestión del riesgo y el diseño de medidas de mitigación. Estos resultados permiten comprender mejor el comportamiento del flujo y su impacto en la infraestructura y el entorno.

La información topográfica utilizada se resume en un modelo digital de elevaciones refinado con las secciones conocidas del tramo en estudio del río Tlautla, para garantizar así una representación precisa de la morfología del cauce y sus zonas adyacentes.

Figura 6. Topografía y morfología en la zona del caso de estudio del río Tlautla.



Una vez obtenida la información topográfica, junto con los niveles y secciones del río, se definen los valores del coeficiente de Manning y demás parámetros necesarios para la caracterización hidráulica del flujo. Estos valores se establecen considerando las condiciones del cauce, la rugosidad del lecho y la vegetación, garantizando así una representación adecuada del comportamiento del río en el análisis.

Con ello se transitan entonces los hidrogramas mostrados en la Figura 5, por el cauce del río Tlautla a flujo no permanente y tras ello se determina entonces el área que se puede inundar en la zona de estudio para cada evento a los distintos periodos de retorno. Los mapas de inundación obtenidos para cada caso se muestran en las Figuras 7 a 10.

Es evidente que el área de inundación para el periodo de retorno 200 es la más grande de los 4 casos y por ende aquella cuyo daño sería más severo, a diferencia el periodo de retorno de 10 años apenas inunda terrenos colindantes al río en zonas agrícolas, lo cual dicha probabilidad de ocurrencia no representa riesgo alguno.

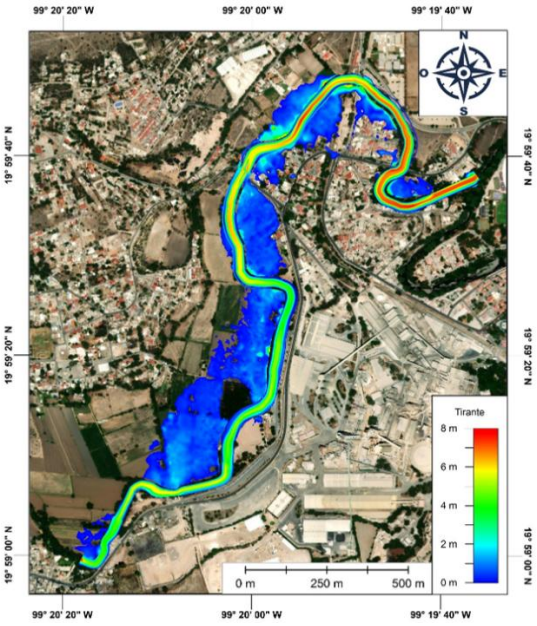


Figura 7 Mapa de inundación del caso de estudio para Tr de 200 años

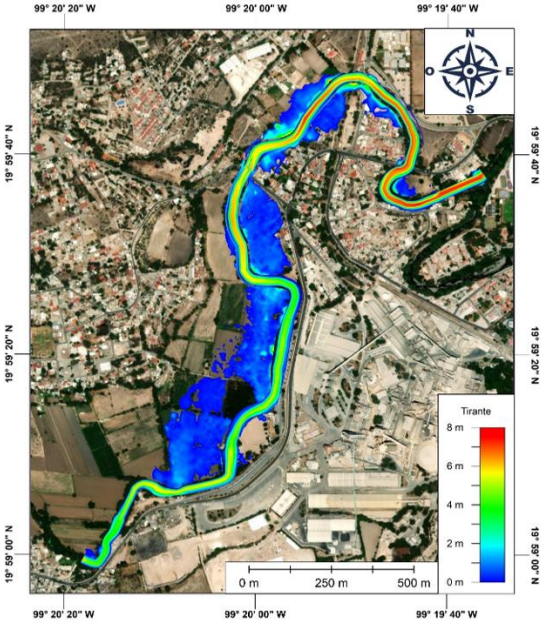


Figura 8 Mapa de inundación del caso de estudio para Tr de 100 años

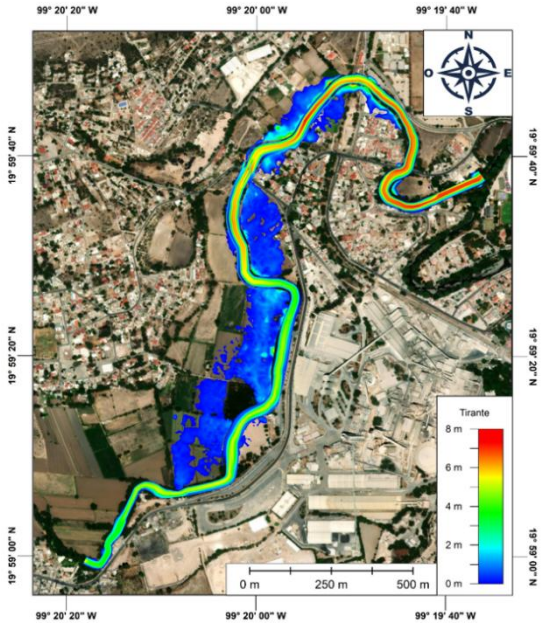


Figura 9 Mapa de inundación del caso de estudio para Tr de 50 años

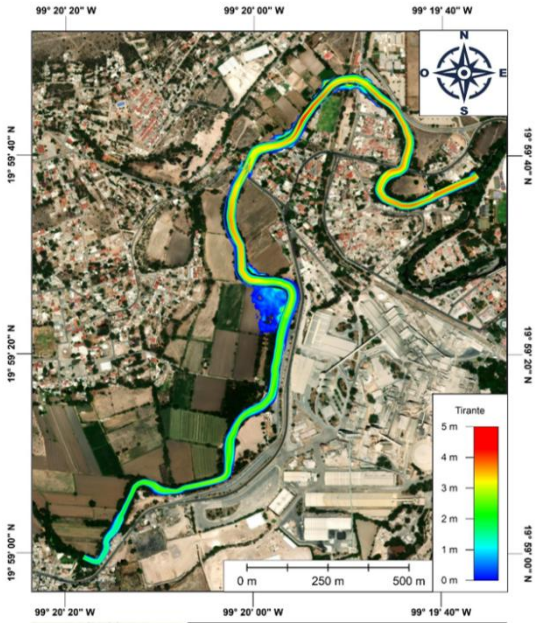


Figura 10 Mapa de inundación del caso de estudio para Tr de 10 años

4 CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

Las conclusiones de este trabajo subrayan la importancia de integrar las cópulas en el estudio del riesgo hidrológico, ya que su capacidad para modelar dependencias complejas entre variables permite obtener resultados más precisos y realistas en el análisis de eventos extremos. A través de su uso, es posible mejorar la estimación de riesgos relacionados con inundaciones y otros fenómenos hidrológicos, ofreciendo una herramienta robusta para la ingeniería hidráulica y la gestión de infraestructuras.

Además, las cópulas proporcionan una ventaja significativa al permitir la conservación de la correlación natural entre las variables involucradas, algo que no siempre es posible con métodos tradicionales. Esto facilita una mejor representación de los fenómenos hidrológicos y una mayor capacidad para predecir escenarios bajo diferentes condiciones.

Es fundamental que los profesionales en ingeniería y áreas relacionadas se familiaricen con el uso de cópulas, ya que su correcta aplicación puede mejorar la precisión de los modelos predictivos y, en última instancia, optimizar las estrategias de prevención y mitigación de riesgos. La implementación de cópulas en estudios de riesgo abre nuevas posibilidades para una gestión más efectiva y sostenible de los recursos hídricos, contribuyendo a la reducción de pérdidas humanas y materiales en eventos extremos.

Se observó que la mayor inundación ocurre en el margen izquierdo del río (desde el sentido de flujo), pero las zonas inundadas son principalmente áreas de cultivos, por lo que la población no se ve gravemente afectada. Por otro lado, el margen opuesto mostró el menor volumen de desborde, pero la mayor afectación a la población de la Ciudad Cooperativa Cruz Azul. Según datos del mapa digital del INEGI (2024), esto implicaría la afectación directa de aproximadamente 300 habitantes, para el hidrograma estimado para un periodo de retorno de 200 años. En un escenario con un periodo de retorno de 10 años, las afectaciones a la población son nulas.

En cuanto a las isolíneas de probabilidad conjunta, es importante destacar que la zona ideal de estas curvas responde al uso de valores que realmente correspondan al periodo de retorno de Kendall en cuestión. Usar valores extremos fuera de estas zonas puede llevar a obtener periodos de retorno marginales mucho más grandes, lo cual no refleja correctamente la probabilidad asociada a los eventos. Esto recalca la necesidad de aplicar criterios adecuados al seleccionar los valores de las variables en el análisis, para garantizar estimaciones coherentes y representativas.

Por lo tanto, se concluye que, aunque el uso de cópulas es aún una técnica relativamente novedosa, su incorporación en los estudios hidrológicos tiene un gran potencial para revolucionar el enfoque hacia la gestión del riesgo y la protección de infraestructuras frente a desastres naturales. Con un conocimiento adecuado y una aplicación más extendida, las cópulas podrían convertirse en una herramienta fundamental en la ingeniería hidrológica del futuro.

5 Referencias

- AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, v. 19, n. 6, 1974, p. 716-723. http://dx.doi.org/10.1109/TAC.1974.1100705.
- ANE, T.; KHAROUBI, C. Dependence structure and risk measure. *The Journal of Business*, v. 76, n. 3, 2003, p. 411-438. https://doi.org/10.1086/375253.
- CHEBANA, F.; OUARDA, T. Multivariate quantiles in hydrological frequency analysis. *Environments*, v. 22, 2011, p. 63-78. https://doi.org/10.1002/env.1027.
- COPCA, E. *Hidrograma de descarga de una presa calculado con una distribución de probabilidad conjunta de gasto máximo y volumen*. México: Facultad de Ingeniería, UNAM, 2019. https://repositorio.unam.mx/contenidos/3561661.
- DEHEUVELS, P. La función de dependencia empírica y sus propiedades. Una prueba no paramétrica de independencia. *Academia Real de Bélgica. Boletín de la Clase de Ciencias*, v. 65, n. 5, 1979, p. 274-292.
- GENEST, C.; FAVRE, A.C. Everything you always wanted to know about copula modeling but were afraid to ask. *Journal of Hydrologic Engineering*, v. 12, 2007, p. 347-368. https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(2007)12:4(347).
- GENEST, C.; RIVEST, L. Statistical inference procedures for bivariate Archimedean copulas. *Journal of the American Statistical Association*, v. 88, 1993, p. 1034-1043. https://doi.org/10.2307/2290796.
- GOEL, N.; SETH, S.; CHANDRA, S. Multivariate modeling of flood flows. *Journal of Hydrologic Engineering ASCE*, v. 124, n. 2, 1998, p. 149-155.
- NELSEN, R. B. *An introduction to copulas*. Springer, 1999.
- SALVADORI, G. Bivariate return periods via 2-copulas. *Statistical Methodology*, v. 1, 2004, p. 129-144. https://doi.org/10.1016/j.stamet.2004.07.002.
- SALVADORI, G.; MICHELE, D. Frequency analysis via copulas: theoretical aspects and applications to hydrological events. *Water Resources Research*, v. 40, 2004, W12511.
- SALVADORI, G.; DE MICHELE, C.; KOTTEGODA, N. T.; ROSSO, R. *Extreme in nature: an approach using copulas*. Springer, 2007
- SERINALDI, F. Dismissing return periods! *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 2014, p. 1179-1189. https://doi.org/10.1007/s00477-014-0916-1.
- SHIAU, J.-T.; WANG, H.-Y.; TSAI, C.-T. Bivariate frequency analysis of floods using copulas. *Journal of the American Water Resources Association*, 2006, p. 1549-1564. https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2006.tb06020.x.
- SKLAR, A. Funciones de distribución en n dimensiones y sus márgenes. *Publicaciones del Instituto de Estadística de la Universidad de París*, v. 8, 1959, p. 229-231.
- YUE, S.; RASMUSSEN, P. Bivariate frequency analysis: discussion of some useful concepts in hydrological application. *Hydrological Processes*, v. 16, 2002, p. 2881-2898. https://doi.org/10.1002/hyp.1185.
- ZHANG, L.; SINGH, V. Trivariate flood frequency analysis using the Gumbel-Hougaard copula. *Journal of Hydrologic Engineering ASCE*, v. 12, n. 4, 2007, p. 431-439. https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(2007)12:4(431).

ANÁLISE DOS DADOS DE DANOS E PREJUÍZOS POR DESASTRES HIDROLÓGICOS NOS MUNICÍPIOS QUE MARGEIAM O RIO TAQUARI/RS

DATA ANALYSIS OF HYDROLOGICAL DISASTERS DAMAGES AND LOSSES IN THE MUNICIPALITIES ON THE BANK OF TAQUARI RIVER/RS

Barbara Franz[1], Ana Maria Bencciveni Franzoni[2]

1 - Universidade Federal de Santa Catarina, bfoceano@yahoo.com.br
2 - Universidade Federal de Santa Catarina, ana.franzoni@ufsc.br

RESUMO

O subgrupo de riscos naturais que prevalece na América do Sul são os hidrológicos e estão associados ao maior número de mortes. No Brasil, o Rio Grande do Sul é um dos mais afetados quanto a danos materiais e prejuízos referentes aos desastres hidrológicos, sendo frequente no Vale do Taquari. Nesse contexto, esta pesquisa visa analisar dados de danos e prejuízos dos desastres hidrológicos dos municípios que estão na margem do Rio Taquari, obtidos através do *Atlas Digital de Desastres no Brasil,* o qual abrange os anos de 1991 a 2023. Identificou-se que as cheias de setembro de 2023 foi o pior desastre nesse período. Quanto ao registro de dados, observou-se que ainda não é possível comparar a dimensão da intensidade e da gravidade de um desastre em um município em relação ao outro, sendo mais adequado a apresentação dessas informações buscando os limites da bacia hidrográfica.
Palavras-Chave: Desastres Naturais. Vale do Taquari. Sistema Integrado de Informações sobre Desastres.

ABSTRACT

The subgroup of natural hazards that prevail in South America are hydrological, which are associated with highest number of deaths. In Brazil, Rio Grande do Sul State is one of the most affected related to material damage and losses hydrological disasters, which are frequent in Taquari Valley. In this context, this research aims to analyze hydrological disasters data on damages and losses in municipalities that are on the Taquari River banks, obtained through the *Digital Atlas of Disasters in Brazil,* which covers the years 1991 to 2023. It was identified that the floods of September 2023 were the worst disaster in that period. Regarding to data recording, it was observed that it is not yet possible to compare the intensity and the severity extent of a disaster in one municipality in relation to another, and it is more appropriate to present this information seeking the limits of the river basin.
Keywords: Natural Disasters. Taquari Valley. Integrated Disaster Information System

1 INTRODUÇÃO

Os riscos hidrológicos são o subgrupo de riscos naturais prevalecente na América do Sul e estão associados ao maior número de mortes na região (CASTIN et al., 2024). As inundações ocorrem principalmente no inverno no Sul, enquanto no verão e no final da primavera no Sudeste, Centro-Oeste e partes das regiões Nordeste e Norte do Brasil (BARTIKO et al., 2019).

Entre os anos 2005 e 2015 no Brasil, o RS (Rio Grande do Sul) apresentou o maior número de registros de desastres (2.631 reconhecimentos) bem como o maior número de municípios com esse registro (BRASIL, 2017), indicando sua alta vulnerabilidade a desastres naturais. Um estudo sobre danos materiais e prejuízos referentes aos desastres naturais no Brasil entre 1995 e 2019 mostra que o estado do RS apresenta como o mais impactado entre todas as unidades federativas, registrando R$ 41,25 bilhões, o que representa 12,38% do valor total referente a 3.512 registros nesse período (BANCO MUNDIAL, 2020).

Um estudo sobre inundações no período de 2017 a 2021 no RS revela que um total de 35.294 pessoas foram afetadas, sendo que desse total cerca de 38% eram residentes dos municípios localizados no Vale do Taquari (SPGG, 2022). O Vale do Taquari (VT) compreende 36 municípios e refere-se à denominação de uma das regiões que fazem parte dos Conselhos Regionais de Desenvolvimento (COREDEs), criados oficialmente pela lei estadual 10.283 de 17 de outubro de 1994, com fim de promover políticas e ações que visam o desenvolvimento regional no estado (SPGG, 2024).

O Rio Taquari está inserido na Bacia Hidrográfica Taquari-Antas (BHTA), onde todos municípios do VT estão inseridos, seja fazendo parte do baixo curso ou de uma bacia contribuinte. BHTA situa-se na região central RS, abrangendo uma região de serra em elevadas altitudes com grandes vales e compreende uma área de cerca de 26,5 mil km^2 (BUFFON et al., 2021).

No estudo produzido pela SPGG (2002) para o período de 2017 a 2021 no RS toi identificado também que o VT foi a região com maior número de danos materiais, afetando obras de infraestrutura pública e 4.055 unidades habitacionais (SPGG, 2022).

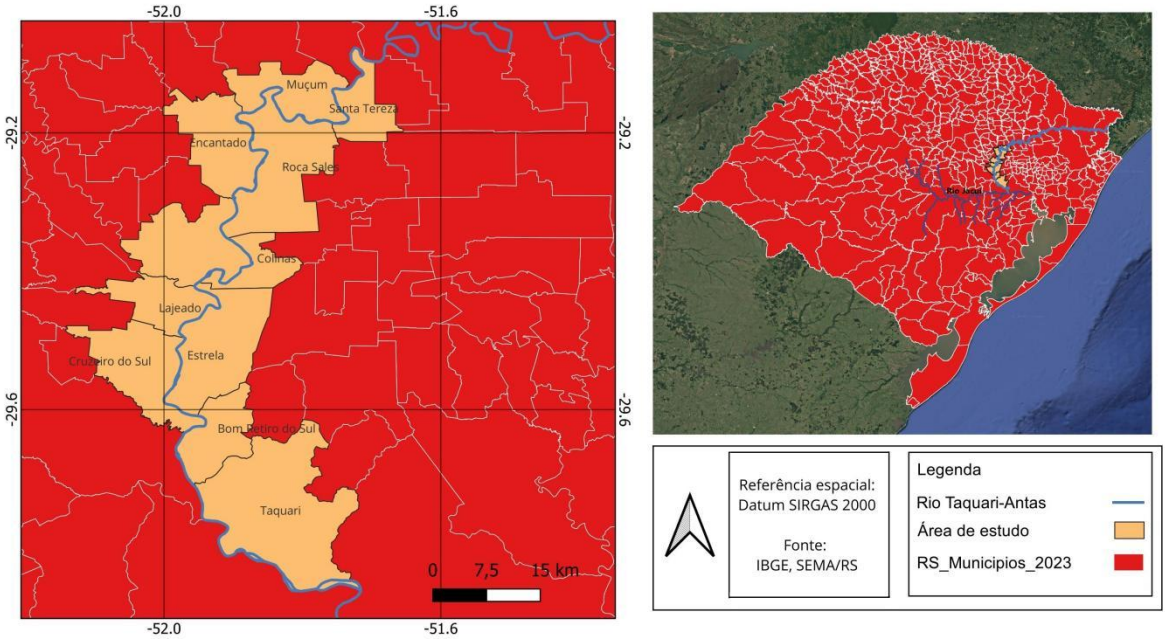
No geral, as inundações estão se tornando mais frequentes e intensas em regiões brasileiras caracterizadas por suas condições úmidas e menos frequentes e intensas em regiões mais secas (Bartiko et al., 2019). Eventos naturais extremos impactam negativamente a agenda de desenvolvimento de um país como um todo, o que pode ser confirmado pelos dados de perdas humanas e econômicas devido à ocorrência de desastres (BANCO MUNDIAL, 2020).

Diante do contexto apresentado, o objetivo desta pesquisa é analisar dados de danos e prejuízos dos desastres hidrológicos dos municípios que estão na margem do Rio Taquari, obtidos através do *Atlas Digital de Desastres no Brasil* (BRASIL, 2023), o qual abrange os anos de 1991 a 2023.

2 METODOLOGIA

Primeira etapa consistiu em buscar as principais caraterísticas da área de estudo,a partir de dados do IBGE cidades e “sinopse do censo demográfico de 2010” (IBGE, 2025). Os municípios que abrangem à area investigada correspondem a (figura 1): Santa Tereza Muçum, Encantado, Roca Sales, Arroio do Meio, Lajeado, Estrela, Cruzeiro do Sul, Bom Retiro do Sul e Taquari. Essa ordem corresponde à sequencia que estão localizadas as sedes dos municípios, de montante a jusante ao longo do Rio Taquari.

Figura 1 - Localização da área de estudo - municípios que margeiam o Rio Taquari



Fonte: elaborada pelos autores

Os dados de danos e prejuízos foram obtidos pela base do *Atlas Digital de Desastres no Brasil,*(https://atlasdigital.mdr.gov.br/), ocorridos entre 1991 e 2012 em território nacional. Estes dados foram disponibilizados nesse *Atlas* a partir da digitalização dos protocolos registrados no período. A partir de 2013 os dados foram obtidos por meio do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID), criado a partir da Portaria do Ministério da Integração nº 526, de 06 de setembro de 2012, que estabelece os procedimentos para a solicitação de reconhecimento de Situação de Emergência (SE) e de Estado de Calamidade Pública (ECP). Todos os dados do período abrangido pelo *Atlas* foram tratados antes de serem inseridos, conforme CEPED/UFSC (2022), a partir de três etapas: obtenção dos dados, tratamento da base de dados (análise de erros de preenchimento e conferência de dados duplicados) e a atualização dos valores monetários.

Ressalta-se que, antes dos dados serem inseridos no S2ID, é necessários que agente de defesa civil preencha o Formulário de Informações do Desastre (FIDE), o qual representa o documento em que a partir de 2012 registraram-se todas as informações

relevantes para caracterizar os desastres, incluindo a estimativa de afetados, danos materiais e ambientais, bem como prejuízos públicos e privados (CEPED/UFSC, 2022).

A atualização e padronização dos dados monetários dos dados no *Atlas* foi realizada com base no *Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI),* permitindo comparar diretamente os valores monetários de danos e prejuízos entre diversos anos existentes nessa base (CEPED/UFSC, 2022). Para a presente pesquisa foram utilizados os dados do *Atlas* com os valores corrigidos para dezembro de 2022. Com o fim de identificar como isso afeta em relação à economia do município, calculou-se a porcentagem de valores monetários disponibilizados no Atlas (danos materiais totais, prejuízos públicos totais e prejuízos privados totais de cada desastre) em relação ao PIB municipal de 2021, que corresponde ao último valor divulgado pelo *IBGE Cidades.*

Selecionando a aba “download” da página do *Atlas* (BRASIL, 2023) os dados são baixados na forma de planilha. Para obtenção apenas dos dados da área de estudo, primeiramente selecionou-se os dados correspondentes aos municípios do RS (coluna C), depois foram selecionados os municípios que margeiam o Rio Taquari (coluna B) e em seguida o grupo de desastres “hidrológico” (coluna J), que corresponderam a enxurradas, inundações e chuvas intensas. Os dados selecionados para análise corresponderam à totalidade de danos humanos e materiais, bem como prejuízos totais públicos e privados.

No *Atlas* os danos humanos são apresentados em número dos totais afetados e neste estudo calculou-se a porcentagem afetada em relação à sua população, baseando-se nos dados do censo do IBGE de 2000, 2010 e 2022 e estimativas da Fundação de Economia e Estatística do Estado do Rio Grande do Sul (FEE, 2025).

Os dados de danos materiais totais incluem ao valor somado de danos de habitações, instituições de saúde, de ensino, de serviço, instituições de uso comunitário e obras tanto as que foram danificadas quanto as destruídas. Quanto aos prejuízos públicos totais incluem os de assistência médica, abastecimento de água, sistema de esgoto, sistema de limpeza e recolhimento de lixo, sistema de controle de pragas e vetores, sistema de geração e distribuição de energia elétrica, de telecomunicações, transportes (locais, regionais e de longo curso), distribuição de combustíveis, segurança pública e de ensino. Os prejuízos privados totais, por sua vez, abrangem os que afetaram a agricultura, pecuária, a indústria, comércio e serviços.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os principais fluxos migratórios na região correspondente à BHTA foram através de processos de colonização, a partir da imigração açoriana, alemã, italiana e polonesa (STE, 2012). Posteriormente, o desmembramento territorial ocorreu através de processos emancipacionistas, criando novos municípios independentes administrativa e politicamente, tal como ocorreu historicamente em todo território do RS (STE, 2012). Os municípios da área de estudo mais recentemente emancipados foram Santa Tereza e Colinas, ambos em 1992, os quais possuem as menores áreas, densidades demográficas e populações (inclusive as que vivem em área urbana) como é apresentado no quadro 1.

O município que possui a maior área corresponde a Taquari (quadro 1), que é o mais antigo (emancipado em 1849) e em seguida é Roca Sales. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) dos municípios da área de estudo (quadro 1) está entre 0,72 (Cruzeiro do Sul) e 0,78 (Lajeado), sendo considerado todos altos. Lajeado se destaca também pelo maior PIB per capita pela maior população, densidade demográfica e maior crescimento demográfico em relação aos dados do Censo entre 2010, sendo distante numericamente dos demais municípios, cuja população vive 99% em área urbana.

Quadro 1 -Caracterização dos municípios que correspondem à área de estudo

Município	Área (km^2)	Pop. Censo 2010	Pop. Censo 2022	Dens. Demog 2022 (hab/km^2)	IDHM 2010	% pop. urbana total	PIB 2021 R$	PIB per capita (R$) 2021
Santa Tereza	73,669	1720	1505	20,43	0,75	36	49.850.41	28.949,13
Muçum	111,25	4791	4601	41,36	0,75	84	301.850.720	60.771,23
Encantado	140,01	20510	22962	164,01	0,77	87	1.168.354.663	50.694,44
Roca Sales	208,11	10284	10418	50,06	0,73	64	576.081.085	49.851,25
Colinas	60,732	2420	2423	39,90	0,76	45	87.208.648	35.364,42
Arroio do Meio	157,09	18783	21958	139,78	0,77	78	1.536.556.285	72.750,17
Lajeado	90,801	71445	93646	1026,47	0,78	99	5.596.168.707	65.067,95
Estrela	185,03	30619	32183	173,94	0,77	84	2.171.440.713	62.633,50
Cruzeiro do Sul	155,48	12320	11600	74,81	0,72	60	533.002.439	42.787,38
Bom Retiro do Sul	102,54	11472	12294	119,89	0,74	79	403.053.654	32.378,99
Taquari	349,97	26092	25198	72,00	0,73	83	1.094.079.527	40.661,52

Fonte: elaborada pelos autores baseado em dados do IBGE

Em 2015 começou a operar e ser mantido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) o Sistema de Alerta Hidrológico (SAH) Taquari a fim de monitorar as diferentes condições hidrológicas ao longo da BHTA. O SAH-Taquari conta com 12 estações de monitoramento hidrometeorológico e realiza previsões para 4 municípios, que são Muçum, Encantado, Lajeado e Estrela (Buffon et al., 2021). Nas regiões de maior declividade, segundo Buffon et al. (2021), a bacia se caracteriza por escoamentos superficiais rápidos e variações de descargas bruscas, rede de drenagem densa com tendência radial, pouca profundidade,

pouca cobertura vegetal e baixa permeabilidade dos solos. Essas condições podem favorecer que os trechos entre os rios Guaporé e Tainhas, ocorrem tanto enxurradas quanto inundações, segundo identificado por Oliveira et al. (2018), mas a jusante de Encantado o fenômeno predominante são as inundações.

A análise dos desastres reconhecidos até 2020 mostram que os principais desastres hidrológicos foram as enxurradas e as inundações, como mostra a tabela 1. O reconhecimento do desastre pelo Poder Executivo Federal, município ou Estado de SE ou ECP possui a finalidade de solicitar auxílio federal nas ações de resposta e reconstrução. As enxurradas, segundo Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) correspondem a um escoamento superficial de alta energia e velocidade e energia a partir de chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado, caracterizando-se pela elevação súbita das vazões e de grande poder destrutivo (CEMADEN, 2017).

Tabela 1 - Desastres hidrológicos reconhecidos de 1991 a 2020, porcentagem da população afetada, prejuízos públicos e privados relativos ao PIB municipal de 2021

Município	Data do registro e do evento	Tipologia	DH - Pop. Afetada (%)	DM TT/ PIB M (%)	P_Pub TT/ PIB M (%)	P_Priv TT/ PIB M (%)
Santa Tereza	4/1/2010 21/7/2011 16/10/2015 12/6/2017 9/7/2020	Enxurradas Inundações Inundações CI Inundações	0,00 50,7 0,18 86,5 30,7	2,27 0,00 0,22 0,28 3,45	0,28 0,06 0,00 0,00 1,25	7,99 0,25 0,11 2,94 2,17
Muçum	21/7/2011 21/11/2013 11/7/2020	Inundações Enxurradas Inundações	41,4 21,8 36,9	0,66 0,18 0,71	0,00 0,18 0,22	0,00 0,80 1,15
Encantado	4/1/2010 20/7/2011 14/7/2020	Enxurradas Inundações Inundações	51,9 76,1 12,2	0,00 0,00 1,12	0,00 0,01 0,06	0,43 0,36 5,12
Roca Sales	11/7/2020	Inundações	19,5	2,49	0,01	1,75
Colinas	23/11/2009 4/1/2010 10/7/2020	Enxurradas Enxurradas Inundações	73,8 79,4 13,8	2,07 1,17 0,07	0,00 0,00 0,00	1,29 1,09 1,81
Arroio do Meio	4/1/2010 14/10/2015 13/6/2017 8/7/2020	Enxurradas CI Enxurradas Inundações	21,9 0,22 39,6 22,8	0,28 0,17 0,15 0,07	0,00 0,00 0,25 0,00	0,41 0,00 0,07 0,89
Lajeado	13/4/2011 21/7/2011 16/7/2020	Enxurradas Inundações Inundações	0,00 1,52 49,1	0,03 0,00 4,01	0,00 0,00 0,25	0,00 0,00 0,25
Estrela	20/2/2003 21/7/2011	Inundações Inundações	0,58 52,0	0,14 0,43	0,00 0,01	0,00 0,05

	14/7/2020	Inundações	12,0	2,44	0,04	0,03
	16/9/2021	Inundações	5,20	0,37	0,37	0,88
Cruzeiro do Sul	14/9/2009	Inundações	10,5	0,00	0,00	0,00
	4/1/2010	Enxurradas	35,8	0,00	0,00	0,45
	14/4/2011	Enxurradas	0,00	0,00	0,00	0,00
	14/7/2020	Inundações	46,1	3,25	0,17	0,07
Bom Retiro do Sul	5/1/2010	Enxurradas	42,9	0,29	0,04	0,09
	23/4/2011	Enxurradas	29,0	0,53	0,02	0,03
	20/7/2011	Inundações	28,2	0,15	0,00	0,38
	10/7/2020	Inundações	4,71	0,35	0,16	0,85
Taquari	23/4/2011	Enxurradas	3,2	0,00	0,00	1,05
	22/7/2011	Inundações	10,2	0,00	0,00	0,01
	14/7/2020	Inundações	1,7	0,07	0,00	0,22

Fonte: elaborada pelos autores baseado em BRASIL (2023)

Notas: 1) CI – Chuvas intensas; DH – danos humanos, DM TT - danos materiais totais, P_Pub TT – prejuízo público total; P_Priv TT – prejuízo privado total 2) Os valores totais de danos materiais e prejuízos foram atualizados pelo *Atlas* (BRASIL, 2023) referente ao ano de 2022 e calculou-se a porcentagem em relação ao PIB municipal de 2021

Entre as enxurradas como desastre hidrológico reconhecido entre 1991 e 2023 destaca-se a de 04/01/2010 (tabela 1) que atingiu 6 dos 11 municípios analisados, principalmente Colinas e Encantado, onde foram afetadas 79,4% e 51,9% da população, respectivamente. Ressalta-se que Bom Retiro do Sul registrou e definiu que a enxurrada ocorreu em 05/01/2010 (tabela 1).

Até 2020 (tabela 1) as principais inundações como desastres reconhecidos foram de julho de 2011 (8 dos 11 municípios foram atingidos) e julho de 2020 (todos atingidos), sendo que neste último o Rio Taquari alcançou a cota de 26,84 m, estando entre as cinco maiores registradas. As inundações, conforme a COBRADE são definidas como submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água que ocorre de modo gradual, em geral ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície (CEMADEN, 2017). A de julho 2011 afetou principalmente a população de Estrela (52%) e Encantado (51,9%), e a de julho de 2020, Lajeado (49,1%) e Cruzeiro do Sul (46,1%).

Quanto aos danos materiais e prejuízos destaca-se o município de Santa Tereza (tabela 1), pois nas enxurradas de 04/01/2010 e nas inundações de 9/7/2020 afetou em quase 8% e 3,45% respectivamente em relação ao PIB municipal.

De 2021 a 2023 os únicos desastres reconhecidos foram de setembro e novembro de 2023 (tabela 2), atingindo respectivamente 28,98m e 28,39m, estando também entre as cinco maiores cotas, segundo medidas no Porto Fluvial em Estrela (MORAES, et al, 2024). Estes desastres são apresentados principalmente como “chuva intensas”, que estão classificadas no COBRADE como um subtipo inserido no grupo “Meteorológicos”, sendo definido como aquelas que ocorrem com acumulados significativos, causando múltiplos desastres, como as inundações e as enxurradas (CEMADEN, 2017). Reitera-se que no *Atlas* essas chuvas intensas estão apresentado como desastre hidrológico.

Ressalta-se que nos eventos de 2023 a data do registro foi diferente da data do desastre, cuja hipótese é que, dado às emergências nos primeiros dias dos eventos, o preenchimento do FIDE não foi prioritário naquele momento, como explicado na coluna da descrição dos danos humanos no *Atlas* em relação a Taquari, apontando que "pela gravidade do evento a prioridade das equipes em sua totalidade foi o resgate das vidas, o abrigo em local seguro e o auxílio humanitário", informando ainda que os dados "começaram a serem levantados somente depois do ápice do evento." Ressalta-se que nesse município o evento foi registrado dia 06/09/2023 como "inundações" e no dia 08/09/2023 como "chuvas intensas" (tabela 2), indicando que há uma incerteza sobre a classificação dos desastres.

Uma nota técnica do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS (IPH, 2023) explica que algumas mortes ocorridas em Lajeado no final da tarde de 05/09/2023 poderiam ter sido evitadas se a população fosse alertada e evacuada a partir do momento que se tomou ciência da intensidade pluviométrica registrada na estação meteorológica gerenciada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em Serafina Correa na tarde de 04/09/2023, localizada a montante na BHTA em relação a Lajeado, que indicou 280 mm de precipitação acumulada desde o início da noite do dia 01/09/2023.

Tabela 2 - Dados dos desastres hidrológicos reconhecidos, porcentagem da população afetada, prejuízos públicos e privados relativos ao PIB de 2021 de 2021 a 2023

Município	Data do registro	Data do evento	Tipologia	DH - Pop. Afetada (%)	DM TT/ PIB M (%)	P_Pub TT/ PIB M (%)	P_PrivT/ PIB M (%)
Santa Tereza	7/9/2023 21/11/2023	4/9/2023 18/11/2023	CI CI	46,1 103	58,1 28,5	0,00 0,00	1745,2 2,42
Muçum	6/9/2023	6/9/2023	CI	74,2	0,76	0,00	248,5
Encantado	7/9/2023 21/11/2023	4/9/2023 18/11/2023	CI CI	100 23	3,95 1,13	0,00 0,00	37,2 6,36
Roca Sales	7/9/2023 23/11/2023	4/9/2023 20/11/2023	CI CI	0,0 5,4	0,00 10,46	0,00 0,09	0,00 8,26
Colinas	7/9/2023 20/11/2023	4/9/2023 18/11/2023	CI CI	88,6 89,8	3,80 2,36	0,00 0,00	2,18 1,29
Arroio do Meio	7/9/2023 21/11/2023	5/9/2023 19/11/2023	CI CI	80,3 68,6	2,19 0,11	0,00 0,00	13,3 3,54
Lajeado	6/9/2023	4/9/2023	CI	4,5	41,25	0,00	0,00
Estrela	27/9/2023 20/11/2023	6/9/2023 16/11/2023	CI CI	104,4 4,08	1,38 0,03	0,03 0,00	2,12 3,02
Cruzeiro do Sul	6/9/2023 21/11/2023	4/9/2023 20/11/2023	CI Inundações	56,8 55,1	22,5 10,6	0,01 0,41	6,44 5,48
Bom	9/9/2023	4/9/2023	CI	12,9	4,08	0,00	2,35

Retiro do Sul	20/11/2023	18/11/2023	Enxurradas	9,62	0,39	0,32	0,93
Taquari	6/9/2023 8/9/2023 20/11/2023	6/9/2023 6/9/2023 20/11/2023	Inundações CI CI	0,0 2,2 2,4	0,00 0,00 0,07	0,00 0,00 0,00	1,05 0,01 0,22

Fonte: elaborada pelos autores baseado ano Atlas (BRASIL, 2023)

Notas: 1) CI – Chuvas intensas; DH – danos humanos, DM TT - danos materiais totais, P_Pub TT – prejuízo público total; P_Priv TT – prejuízo privado total 2) Os valores totais de danos materiais e prejuízos foram atualizados pelo *Atlas* (BRASIL, 2023) referente ao ano de 2022 e calculou-se a porcentagem em relação ao PIB municipal de 2021

Quanto aos danos humanos, pelo cálculo da população afetada referente ao Censo do IBGE de 2022, refletiu que alcançou-se mais de 100% para Santa Tereza e Estrela quanto ao desastre de novembro de 2023 e setembro de 2023, respectivamente (tabela 2). O total de danos humanos no *Atlas* (BRASIL, 2023) representa a soma a de mortos, feridos, enfermos, desabrigados, desalojados, desaparecidos e outros humanos afetados diretamente. As informações contidas no FIDE representam, em sua maioria, a realidade até o momento de registro, de modo que não há atualização da condição dos afetados (um desaparecido que possa ter vindo a óbito) e dos danos materiais e prejuízos resultantes no decorrer do desastre (CEPED/UFSC, 2022). Logo, os dados do total de danos humanos não se trata de uma imprecisão do agente, mas a parcela da população que está desabrigada e desaloja, também pode estar ferida e enferma, de modo que essa soma pode gerar uma duplicidade de dados. A descrição apresentada no *Atlas* (BRASIL, 2023) dos danos humanos em Lajeado indica a dificuldade de contabilizar em relação à sua população para o desastre de setembro de 2023: “Informações de feridos e enfermos não é possível quantificar visto que foram encaminhados de outros municípios da região, também não é possível confirmar o número preciso de óbitos visto que as equipes da Marinha, Exercito, bombeiros, polícia civil, brigada militar, defesa civil e voluntários nas buscas e resgates”.

O desastre de setembro de 2023, em relação aos desastres hidrológicos reconhecidos analisados (tabelas 1 e 2), foi o pior quanto à porcentagem da população afetada, principalmente para os municípios de Estrela (cujo cálculo resultou em mais de 100%), Encantado (100%) e Colinas (88,6%). O de novembro 2023 também pode ser considerado severo nesse sentido, que afetou principalmente Santa Tereza (cálculo resultou em mais de 100%), Colinas (89,8%) e Muçum (74,2%) como mostra a tabela 2.

Destaca-se que dados do *Atlas* (BRASIL 2023) apontam que não houve danos materiais e prejuízos em Roca Sales em função do desastre de setembro de 2023, o que pode ser considerado um equívoco, já que houve muitos estragos nesse município como provado pela figura 2, onde observa-se um centro comercial destruído pela força das águas na cheia em questão.

Figura 2 - Comércio destruído em Roca Sales no desastre hidrológico de setembro de 2023

Fonte: arquivo pessoal de Barbara Franz. Imagem obtida em 14/10/2023.

A descrição do desastre de setembro de 2023 para Estrela no *Atlas* aponta para uma "elevação repentina e imprevista do nível das águas do Rio Taquari" e também "destruição de casas, rodovias, empresas e outras ocupações humanas urbanas e rurais", fatores compatíveis com enxurradas. Normalmente a enxurrada está associada a uma bacia pequena e de relevo acidentado (CEMADEN, 2017), que é o caso para algumas bacias contribuintes ao Rio Taquari, mas não para o trecho deste rio que banha município de Estrela, em que normalmente o desastre hidrológico se manifesta como um transbordamento de maneira gradual, que seria compatível com "inundação", indicando que que pode haver uma mudança de como os desastres naturais estão se manifestando diante dos extremos climáticos, aumentando o grau de incerteza sobre sua classificação.

Em relação às projeções quanto à frequência e intensidade dos eventos extremos que envolvem precipitações pluviométricas, Kundzewicz e Pi´Nskwar (2022) apontam que são esperados aumentos na maioria das áreas em latitude média, assim como nas partes úmidas dos trópicos. Estes autores destacam que no futuro, é esperado que as inundações fluviais aumentem em frequência e magnitude em muitas regiões, mas não em todas, sendo que a fração de áreas terrestres para as quais elas aumentem é maior do que a fração de áreas em que as projeções indicam sua diminuição.

Os resultados quanto aos danos materiais e prejuízos nos setores públicos e privados quanto aos desastres hidrológicos reconhecidos entre os anos de 1991 e 2023 (tabelas 1 e 2) indicam que os desastres de 2023 foram os mais graves, sendo os municípios de Santa Tereza e Muçum os que mais sofreram (principalmente de setembro de 2023) segundo resultados obtidos. Contudo, ressalta-se, que pode haver erros no preenchimento do FIDE: O PIB municipal de Santa Tereza em 2021 foi de R$ 49.850.410,00 reais (quadro 1) e o total de prejuízo no setor privado apresentado no *Atlas* (BRASIL, 2023) foi de R$ 870.000.000,00 no desastre de setembro 2023, refletindo que prejuízo é 17,45 maior que o PIB. Este município teve prejuízos no comércio e serviços, indústrias, grandes prejuízos na agricultura e pecuária segundo descrição no *Atlas*. Já o PIB

de Muçum em 2021 foi de 301.850.720, 00 (quadro 1) e o prejuízo no setor privado foi de 750.000.000, 00 segundo *Atlas*, resultando em 2,48 vezes maior.

Para os demais municípios, o pior desastre também foi de setembro de 2023, sendo o maior dano material também foi em Santa Tereza, cerca de 58,1% seguido por Lajeado em 41,2% referente ao PIB municipal de 2021.

Em relação aos desastres registrados (mas não reconhecidos) entre 1991 a 2023, os que ocorreram entre 1991 e 2001 não foram descritos os danos e prejuízos, por isso as informações relevantes foram sintetizadas no quadro 2, onde observa-se a ocorrência de enxurradas e inundações. Em 1991 não houve registro de desastre, por isso não aparece informações no quadro 2.

Quadro 2 - Dados dos desastres hidrológicos registrados de 1991 a 2001

Data de registro e do evento	Municípios	Grupo de desastre
2/6/1992	Muçum, Arroio do Meio e Estrela	Inundações
16/11/1992	Roca Sales	Enxurradas
9/11/1993	Cruzeiro do Sul	Enxurradas
10/1/1994	Cruzeiro do Sul	Enxurradas
3/5/1994	Roca Sales	Enxurradas
4/8/1997	Arroio do Meio	Enxurradas
23/2/2000	Arroio do Meio	Inundações
20/07/2001	Santa Tereza, Muçum, Estrela	Enxurradas
21/07/2001	Encantado, Colinas, Cruzeiro do Sul, Bom Retiro do Sul	Enxurradas
2307/2001	Taquari	Enxurradas
09/08/2001	Colinas	Enxurradas

Fonte: elaborada pelos autores baseado em BRASIL (2023)

O desastre não reconhecido, mas registrado entre os anos de 2002 e 2023 que apresenta mais danos foi a inundação de outubro de 2008 (tabela 3), que só não afetou Lajeado. Nesse desastre, Encantado registrou como sendo dia 26/10/2008 e afetou 38,9% da sua população. Estrela registrou como ocorrendo dia 27/10/2008 e afetou 46,2 % da sua população. Cruzeiro do Sul, do outro lado da margem de Estrela, registrou como sendo dia 28/10/2008 e afetou 55,6% da sua população.

Tabela 3 - Desastres hidrológicos registrados, porcentagem da população afetada, prejuízos públicos e privados relativos ao PIB de 2002 até 2023

Município	Eventos	Tipologia	DH - Pop. Afetada (%)	DM TT /PIB 2021 (%)	P_Priv TT/PIB (%)	P_Pub TT/PIB (%)
Santa Tereza	10/7/2007 26/10/2008	Enxurradas Inundações	15,7 8,07	10,2 0,2	0,0 3,1	0,5 0,2

	12/9/2009 9/7/2010 13/11/2013 27/10/2016	Inundações Enxurradas Inundações Inundações	7,33 0,00 12,2 1,08	2,7 0,0 0,0 0,0	0,4 0,0 0,0 14,4	0,0 0,0 0,0 0,1
Muçum	26/10/2008	Inundações	12,3	2,4	0,6	0,0
Encantado	26/10/2008	Inundações	39,8	0,0	0,3	0,0
Roca Sales	27/10/2008 26/8/2013	Inundações Alagamentos	6,96 0,11	0,7 0,0	1,2 0,0	0,0 0,0
Colinas	24/9/2007 26/10/2008 27/11/2010	Inundações Inundações Enxurradas	0,57 0,55 0,00	0,5 1,9 0,0	3,3 4,8 0,0	0,0 0,1 0,0
Arroio do Meio	26/10/2008 4/9/2013 24/7/2015 19/10/2016 27/5/2017	Inundações Inundações CI Inundações Inundações	4,24 0,75 0,00 0,42 38,9	0,0 0,3 0,0 0,0 0,1	0,0 0,1 0,0 0,0 0,0	0,0 0,0 0,0 0,0 0,1
Lajeado	-		-	-	-	
Estrela	12/6/2002 27/10/2008 13/9/2009 4/1/2010 12/3/2010 11/9/2013 5/12/2013 6/3/2014 14/9/2015 26/7/2016 21/6/2017	Inundações Inundações Inundações Inundações Inundações Inundações Enxurradas Enxurradas Enxurradas Alagamentos Inundações	1,70 46,2 4,78 0,49 0,00 1,28 0,00 0,00 0,00 0,00 0,66	0,0 0,3 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0	0,0 0,1 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0	0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0
Cruzeiro do Sul	24/9/2007 28/10/2008	Inundações Inundações	18,5 55,6	0,0 0,4	0,0 3,0	0,0 0,0
Bom Retiro do Sul	24/9/2007 27/10/2008 9/9/2013	Inundações Inundações Inundações	0,56 0,00 0,26	1,2 0,0 0,1	0,4 0,0 0,0	0,0 0,0 0,0
Taquari	23/9/2007 27/10/2008 13/9/2009	Inundações Inundações Enxurradas	0,00 8,06 19,1	0,6 0,9 0,0	0,5 0,7 0,0	0,0 0,1 0,0

Fonte: elaborada pelos autores baseado ano Atlas (BRASIL, 2023)

Notas: 1) CI – Chuvas intensas; DH – danos humanos, DM TT - danos materiais totais, P_Pub TT – prejuízo público total; P_Priv TT – prejuízo privado total 2) Os valores totais de danos materiais e prejuízos foram atualizados pelo *Atlas* (BRASIL, 2023) referente ao ano de 2022 e calculou-se a porcentagem em relação ao PIB municipal de 2021.

O desastre não reconhecido que mais afetou em termos de danos e prejuízos entre os anos de 2002 e 2023 foi a enxurrada de 10/07/2007 e as inundações de 13/11/2012 que representaram, respectivamente, 15,7 e 12,18% do PIB de Santa Tereza (tabela 3).

Borges, Robaina e Sccoti (2024) pesquisaram eventos hidrológicos em Estrela e Lajeado e identificaram que só não há registros em março, sendo os meses mais significativos são julho, setembro e outubro. Considerando a estação do ano esses autores observaram que o inverno e a passagem do inverno para primavera (agosto, setembro e outubro) representam as épocas mais suscetíveis.

As cheias na Região do Sul que resultam em maiores danos tendem a ocorrem em anos do El Niño durante o outono e início de inverno, quando sistemas frontais são provenientes de latitudes mais altas e ficam bloqueados pelo centro persistente de alta pressão sobre parte central do Brasil, desencadeando fortes precipitações, como foi o caso em julho de 1993 no Vale do Rio Itajaí-Açu e maio 2024 no RS (BARNES et al.,2024). Na realidade o desastre de setembro e novembro de 2023, bem como de maio de 2024, são resultados de complexidade de fatores em que fatores meteorológicos (pois estão associados a ciclones extratropicais) estão interligados com hidrológicos, o que leva a uma reflexão se as classes de desastres atuais não deveriam ser revistas, levando também em conta os extremos de precipitação atuais que são influenciados pelas mudanças climáticas.

O primeiro desastre que aparece como “reconhecido” entre 1991 e 2023 foram as inundações em 14/9/2009 no município de Cruzeiro do Sul (tabela 1). Embora esse evento tenha sido anterior à Portaria do Ministério da Integração nº 526/2012 (a qual estabelece os procedimentos de reconhecimento de SE e ECP), a maioria dos eventos reconhecidos são após a mesma, o que permite inferir que houve mudanças quanto às informações disponíveis para caracterizar os desastres.

Entre todos desastres hidrológicos que são apresentados no *Atlas* (BRASIL, 2023), o de setembro de 2023 representa o que afetou maior número de pessoas e acarretou maiores danos e prejuízos, sendo considerado, quanto ao ranking de cota de subida do nível do rio, mais alto entre 1991 e 2023. A catastrófica inundação de setembro de 2023, que resultou na morte de 52 pessoas ao longo do rio Taquari, atingiu a cota de 29,53 m, o que representaria 39 cm mais baixa do que a cheia de 1941 (MORAES et al, 2024). Contudo, estes autores apontam que segundo os dados não sistemáticos, que envolvem marcas físicas em prédios, a cota máxima em 2023 foi cerca de 50 cm mais alta do que a da cheia de 1941 na área central de Lajeado. Os dados de e monitoramento sistemático de Lajeado e Estrela, por exemplo, incluem informações de postos fluviométricos que já deixaram de operar, que estiveram sob a responsabilidade de diferentes instituições e que nem sempre foram arquivados com o zelo ou cuidado que deveriam (MORAES, et al, 2024).

É provável que possamos testemunhar uma melhor detecção da intensificação de extremos da precipitação e da vazão dos rios no futuro, quando os registos de observação se tornarem de longo período (KUNDZEWICZ; PI´NSKWAR, 2022). É necessário repetir a atividades de identificação de tendências nas bases estabelecidas, mas infelizmente a disponibilidade de dados reais tem piorado em muitos países de muito que muitas observações em estações com registros longos são interrompidos, para economias.

4 CONCLUSÃO

Em relação aos dados de desastres hidrológicos entre 1991 e 2023 analisados para área de estudo, as cheias de setembro de 2023 desencadearam, de forma geral, nos maiores danos humanos e materiais, bem como em prejuízos, tanto no setor público quanto privado e que o município de Santa Tereza tem sido o mais afetado.

As cheias de setembro de 2023 e de novembro de 2023 apresentam a tipologia de “chuvas intensas”, mas antes os desastres hidrológicos predominantes eram “inundações” e “enxurradas”, de modo que indica a complexidade do fenômeno, sugerindo a necessidade de rever as classes dos desastres e suas definições.

A análise dos dados relativizando os dados do total de danos humanos com a população total e total de danos materiais e de prejuízos pelo PIB municipal, aponta para a necessidade de rever a caracterização desses desastres.

Em relação à data registrada quanto ao acontecimento dos eventos, foi identificado que, embora eventos representavam ser um só, ou seja, desencadeados a partir de uma mesma intensa precipitação pluviométrica sobre a bacia hidrográfica, as datas às vezes não coincidem para municípios vizinhos. Também se observa distorções nos valores dos materiais e prejuízos mostrados quanto aos desastres, tanto em serem dez vezes maior que o PIB municipal quanto a ser igual a zero para o mesmo desastre. Nesse contexto, é necessário estabelecer padrões no preenchimento, pois pelos resultados apresentados, observa-se que ainda não é possível comparar a dimensão da intensidade e gravidade de um desastre em um município em relação ao outro.

Ressalta-se que o desastre natural não está limitado ao território municipal, tanto na sua manifestação quanto no momento de de salvar pessoas e nos seus prejuízos. A destruição de uma ponte sobre um rio que representa o limite entre dois municípios, por exemplo, representa um prejuízo comum que é de complexa contabilização quando os dados são registrados quanto a prejuízos municipais. Logo, é necessário que se planeje uma política pública de Defesa Civil em âmbito regional e danos e prejuízos sejam contabilizados buscando os limites de bacia hidrográfica.

5 REFERÊNCIAS

BANCO MUNDIAL. Global Facility for Disaster Reduction and Recovery. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres. naturais no Brasil 1995 – 2019. Florianópolis/SC: FAPEU, 2020.

BARNES. Climate change, *El Niño and infrastructure failures behind massive floods in southern Brazil*. Relatório, World Weather Attribuition, 2024. Disponível em: https://noticias.paginas.ufsc.br/files/2024/06/Scientific-report-Brazil-RS-floods.pdf Acesso em 24 jun 2024.

BARTIKO, D. ; OLIVEIRA, D. Y.; BONUMÁ, N. B.; CHAFFE, P. L. B. Spatial and seasonal patterns of flood change across Brazil. *Hydrological sciences. Journal.* 2019, VOL. 64, NO. 9, 1071–1079 https://doi.org/10.1080/02626667.2019.1619081

BORGES, C.M. C.; ROBAINA, L.E.S.; SCCOTI, . A. V. Estudo dos processos hidrológicos causadores de desastres que ocorrem nos municípios de Estrela e Lajeado, Vale do Taquari/RS *Geog Ens Pesq*, Santa Maria, v. 28, e83744, 2024, p. 1-19.

BRASIL. *Entendendo os riscos de desastres no Brasil.* Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, Departamento de Prevenção e Preparação. Brasília : Ministério da Integração Nacional, 2017.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Secretaria de Proteção e Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. *Atlas Digital de Desastres no Brasil.* Brasília: MIDR, 2023

BUFFON, F.T.;.; CHAGAS, A.; MATTIUZI, C. D. P.; SILVA, E.D.; MATOS, A. J.S. R*elatório de Atividades.* Departamento de Hidrologia: Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do rio Taquari: relatório técnico de operação no período de novembro de 2020 a novembro 2021. – Porto Alegre: CPRM, 2021. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/22570/1/relatorio_SAH_bacia_riotaquari_2021.pdf Acesso em 10 jun. 2024.

CASTIN, E. et al Emilie Castin, Omri Shoshani, Damien Delforge, Regina Below, Niko Speybroeck, Victor Marchezini, and Joris A.F. van Loenhout. Hydrological Disasters in South America EM-DAT: *The BHA/CRED International Disaster Database.* Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), Institute of Health and Society (IRSS), UCLouvain, n. 75, July 2024.

CEMADEN. *Classificação e Codificação Brasileira de Desastres* (Cobrade). Midiateca. Publicado em 07/12/2017. Disponível em: https://educacao.cemaden.gov.br/midiateca/classificacao-e-codificacao-brasileira-de-desastres-cobrade/ Acesso em 10 jun. 2024.

CEPED/UFSC - Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. *Base de dados do atlas digital de desastres no Brasil*: manual de aplicação. Florianópolis/SC: Ministério do desenvolvimento Regional (MDR)/ Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC)/ Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária (FAPEU), CEPED/UFSC, 2022.

FEE - Fundação de Economia e Estatística. *Estimativas Populacionais (Revisão 2015)* Disponível em: https://arquivofee.rs.gov.br/indicadores/populacao/estimativas-populacionais/ Acesso em: 13 fev 2025.

IBGE. *Sinopse do censo demográfico de 2010.* Rio Grande do Sul. Disponível em: https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=1&uf=43 Acesso em: 13 fev 2025.

IPH - INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS. Data da Nota: 11 de setembro de 2023. Nota sobre a cheia ocorrida nos dias 4 e 5 de setembro na Bacia do rio Taquari-Antas Disponível em: https://www.ufrgs.br/iph/wp-content/uploads/2023/09/Nota-sobre-a-cheia-ocorrida-nos-dias-4-e-5-de-setembro-na-Bacia-do-rio-Taquari-v2.pdf Acesso em 24 fev 2015.

KUNDZEWICZ; Z. W.; PI´NSKWAR, I.Are Pluvial and Fluvial Floods on the Rise? *Water* 14(17): 2612, 2022.

MORAES, S.R; COLLISCHONN, W.; BUFFON, F. T.; ECKHARDT, R. R.. Revisão e consolidação da série histórica dos níveis das cheias do rio Taquari em Lajeado de 1939 a 2023. Porto Alegre, 2024. *Nota técnica.* Disponível em: www.bibliotecadigital.ufrgs.br/da.php?nrb=001199403&loc=2024&l=7818d897802ef3c6.

OLIVEIRA, Guilherme Garcia; ECKHARDT, Rafael Rodrigo; HAETINGER, Claus; ALVES, Augusto. Caracterização espacial das áreas suscetíveis a inundações e enxurradas na bacia hidrográfica do Rio Taquari-Antas São Paulo UNESP, *Geociências,* v. 37, n. 4, 2018, p. 849 – 863.

SPGG/RS - SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, GOVERNANÇA E GESTÃO. *Desastres naturais no Rio Grande do Sul:* estudo sobre as ocorrências no período 2003-2021. Rio Grande do Sul: Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão, Departamento de Planejamento Governamental. Porto Alegre: Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão, 2022. Disponível em: https://planejamento.rs.gov.br/upload/arquivos/202211/22111507-desastres-naturais-2003-2021.pdf Acesso em 08 jun 2024.

SPGG/RS – SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, GOVERNANÇA E GESTÃO. A*tlas Socio Econômico - Rio Grande do Sul.* Edição: 8ª ed. Data de atualização: novembro de 2024. ISBN: 978-65-01-24580-5 Disponível em: https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/inicial Acesso em: 21 jan 2025

STE – Serviços Técnicos de Engenharia. *Elaboração dos serviços de consultoria referente a fase a e b do plano de bacia do Rio Taquari-Antas. Fase B* – cenários futuros para a gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica Taquari-Antas e enquadramento das águas superficiais. Relatório Técnico Síntese. Porto Alegre: Departamento de Recursos Hídricos da Secretaria de Estado do Meio Ambiente (DRH)/Secretaria do Estado do Meio Ambiente (SEMA), 2012.

TSUNAMI NO JAPÃO E ENCHENTES NO RIO GRANDE DO SUL SOB A PERSPECTIVA DOS 3C´S

TSUNAMI IN JAPAN AND FLOODS IN RIO GRANDE DO SUL UNDER PERSPECTIVE OF THE 3C'S

Beatryz de Almeida Alcantara[1], Isabela Antunes de Souza Lima[2], Eduardo Nascimento Larocca[3], Amanda Cossich Teixeira[4] e Márcia Marcondes Altimari Samed[5]

1 Universidade Estadual de Maringá, dealmeidaalcantarabeatryz@gmail.com

2 Universidade Estadual Paulista, antunesisa11@gmail.com

3 Universidade Estadual de Maringá, eduardolarocca67@gmail.com

4 Universidade Federal de Santa Catarina, cossich.at@gmail.com

5 Universidade Estadual de Maringá, mmasamed@uem.br

RESUMO

Este artigo realizou uma análise qualitativa comparativa entre o tsunami ocorrido no Japão em 2011 e a enchente no Rio Grande do Sul, Brasil, em 2024. A metodologia incluiu a análise dos métodos de prevenção e resposta, com foco na logística humanitária e nos 3C (coordenação, colaboração e cooperação). A análise evidenciou que, embora ambos os contextos tenham apresentado ações articuladas, o Japão demonstrou maior efetividade na aplicação dos 3C's, resultado de sua experiência prévia, cultura de preparação e estrutura institucional robusta. Já no Brasil, apesar da ampla mobilização interinstitucional, identificaram-se fragilidades estruturais e falhas preventivas que comprometeram sua resiliência. Como descobertas, destacou-se a efetividade da logística humanitária, diretamente relacionada à capacidade de preparação, à solidez das instituições e ao grau de integração entre os atores envolvidos. Recomenda-se, como perspectiva futura, o fortalecimento de políticas públicas, criação de planos de contingência integrados para melhorar a resposta a eventos extremos.

Palavras-Chave: Cooperação. Coordenação. Colaboração. Logística Humanitária. Desastres.

ABSTRACT

This article carried out a qualitative comparative analysis of the tsunami in Japan in 2011 and the flood in Rio Grande do Sul, Brazil, in 2024. The methodology included analysing prevention and response methods, focusing on humanitarian logistics and the 3Cs (coordination, collaboration and cooperation). The analysis showed that, although both contexts presented articulated actions, Japan demonstrated greater effectiveness in applying the 3C's, as a result of its previous experience, culture of preparedness and robust institutional structure. In Brazil, on the other hand, despite extensive inter-institutional mobilisation, structural weaknesses and preventive failures were identified which compromised its resilience. As a result, the effectiveness of humanitarian logistics stood out, which is directly related to preparedness capacity, the solidity of institutions and the degree of integration between the actors involved. As a future perspective, we recommend strengthening public policies and creating integrated contingency plans to improve the response to extreme events.

Keywords: Cooperation. Coordination. Collaboration. Humanitarian Logistics. Disasters

1 INTRODUÇÃO

A preocupação da sociedade em relação aos desastres, sejam eles naturais ou provocados pelo homem, tem aumentado consideravelmente, e esta inquietação pode ser atribuída ao elevado número de desastres ocorridos nos últimos anos, resultados das mudanças climáticas, produção e consumos desenfreados (OLIVEIRA; SOARES, 2019).

Uma das maiores crises já registradas no mundo até hoje, foi o Tsunami ocorrido no Japão em 2011. Ainda que o país fosse um dos mais preparados para o enfrentamento de crises, esse evento em especial, deixou mais de 15 mil mortos, 5 mil feridos e outras 5 mil pessoas desaparecidas (DE ANDRADE, 2011).

De acordo com Andrade (2011), o tsunami foi ocasionado por um terremoto perto da baía de Sendai, considerado um dos tremores mais intensos da história, alcançando cerca de 9 graus de magnitude, causando ondas de aproximadamente 9,3 metros de altura em Fukushima, 8,5 metros em Miyako e 6 metros em Miyagi, sendo das 47 províncias, as 3 mais afetadas pelo desastre.

Um estudo sobre desastres no Brasil analisou o período de 1900 a 2018 e demonstrou que os principais desastres humanitários advêm de inundações, deslizamentos, secas e epidemias, sendo esses, os eventos que mais impactaram o país (BERTAZZO, 2021). Na região sul do Brasil, as mudanças climáticas têm provocado alterações no padrão das chuvas e na frequência de eventos climáticos extremos, o que afetam diretamente a agricultura, um dos principais pilares econômicos da região (SANCHES *et al*., 2019).

Ainda em relação à região sul do Brasil, em 2024 foi registrado um desastre de alta complexidade na região do Rio Grande do Sul. A tragédia ocorreu em resposta às mudanças climáticas, agravadas pela exploração acelerada dos recursos naturais e destruição do meio ambiente (OLIVEIRA *et al*., 2024).

Na Logística Humanitária os conceitos de colaboração, cooperação e coordenação (3C´s) são definidos para facilitar as operações de resposta que facilitam as atividades em caso de desastre (DE OLIVEIRA SILVA; DE MELLO BANDEIRA; LEIRAS, 2019).

Por definição a cooperação é interação onde as organizações compartilham informações e recursos de maneira informal, a coordenação é o processo formal de alinhamento de atividades e recursos entre organizações diferentes e a colaboração se caracteriza pelo trabalho conjunto onde as organizações compartilham metas e responsabilidades de forma ativa (BALCIK, 2010).

A falta de colaboração e cooperação, é identificada como um fator que dificulta a coordenação humanitária. Afinal, cada organização adota seus próprios métodos de planejamento e controle, sem contribuir para a criação de uma abordagem unificada (SILVA, 2016).

Diante do exposto, o presente artigo tem como questão de pesquisa: Como ocorreu o emprego dos 3C´s nos eventos ocorridos no Japão (2011) e Rio Grande do Sul – Brasil (2024)? Dessa forma, o objetivo deste artigo é realizar uma análise qualitativa, para poder estabelecer um paralelo entre os dois eventos. Para tanto, a análise foi realizada por meio de artigos científicos já produzidos e literatura cinza. Como justificativa, este artigo visa trazer contribuições para próximos estudos sobre desastres humanitários e meios de mitigação para possíveis ações futuras.

O presente artigo está estruturado da seguinte forma: a seção 2 apresenta a Metodologia utilizada, a seção 3 realiza a análise qualitativa entre os desastres,

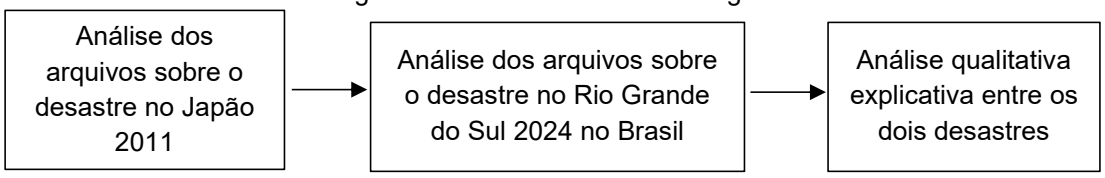
apresentando ainda seus resultados e comparativos, por fim, a sessão 4 apresenta as conclusões e discussões finais.

2 METODOLOGIA

Este artigo consistiu em uma análise qualitativa explicativa com objetivo de promover uma comparação entre os dados do desastre ocorrido no Japão (2011) e no Rio Grande do Sul (2024). Para o desenvolvimento do estudo foi utilizado o conceito dos 3C's, definidos na Logística Humanitária. Esse tipo de pesquisa tem como objetivo identificar os fatores que determinam ou influenciam a ocorrência dos fenômenos, buscando, portanto, explicar as causas subjacentes aos acontecimentos com base nos resultados obtidos (SILVEIRA; CÓRDOVA, 2009).

Kovács e Spens (2007) explicam que, no contexto humanitário, os desafios são ainda maiores em relação ao estudo da logística, isto porque o objetivo principal da logística humanitária, não é a obtenção de lucro, pelo contrário, nesse caso o foco é feito diretamente nas pessoas e nos suprimentos, visando minimizar perdas e sofrimentos.

Figura 1. Procedimento Metodológico



Fonte: Elaborada pelos autores, 2024.

Na primeira etapa foi realizada uma pesquisa sobre o desastre no Japão (2011), analisando-os à luz dos 3C´s. Na segunda etapa, esse procedimento foi reproduzido para o desastre ocorrido no Rio Grande do Sul (2024). Por fim, realizou-se uma análise qualitativa explicativa entre os dois desastres.

3 ANÁLISES QUALITATIVA

Nas próximas sessões serão explicadas de maneira mais abrangente os resultados da catástrofe vivenciada pelo Tsunami no Japão em 2011, dados sobre a enchente no Rio Grande do Sul no Brasil em 2024 e em seguida a comparação entre os eventos.

3.1 Tsunami no Japão

Com uma diferença de aproximadamente 13 anos, dois desastres aconteceram em diferentes lugares no mundo. O primeiro, ocorreu em 2011 no Japão, com um terremoto seguido de um tsunami, levando inúmeras pessoas a óbito.

O tsunami do Japão, ocorreu em 11 de março de 2011, foi ocasionado após um terremoto de magnitude 9,0. Este desastre resultou em aproximadamente 15.000 mortos, 5 mil feridos e outras 5 mil pessoas desaparecidas, além disso, destruiu a infraestrutura de subsistência local das populações atingidas (DE ANDRADE, 2011).

As áreas costeiras foram severamente danificadas, deixando diversas pessoas desabrigadas e sem acesso a necessidades básicas como água potável, alimentos e atendimento médico, o desastre ainda provocou um acidente nuclear na usina de Fukushima,

exacerbando os problemas e introduzindo uma crise de saúde pública (ANAZAWA; DO CARMO, 2015).

Quanto à resposta, principalmente sob a visão da logística humanitária, no Japão (2011), obteve-se respostas à catástrofe de forma rápida e coordenada (FRAGA, 2011). O governo japonês, em parceria com organizações internacionais, mobilizou recursos de forma eficiente, além disso, equipes de resgate foram enviadas para as áreas afetadas quase imediatamente, e esforços de socorro incluíram a distribuição de alimentos, água e suprimentos médicos (ANAZAWA; DO CARMO, 2015).

A reconstrução das infraestruturas danificadas começou rapidamente, e abrigos temporários foram estabelecidos, a experiência e a preparação do Japão para desastres naturais foram fundamentais para mitigar os danos a longo prazo.

3.2 Enchente no Rio Grande do Sul

No Brasil, em maio de 2024, um desastre natural submergiu uma cidade inteira ceifando centenas de vidas, as chuvas causaram a maior tragédia da história do estado do Rio Grande do Sul e uma das maiores do País (RIZZOTTO; COSTA; LOBATO, 2024). O RS possui uma população de 10.880 milhões de habitantes que residem em 497 municípios, dos quais 90,9% (452) foram atingidos pelas enchentes, além disso, 169 pessoas foram mortas, 61 não foram encontradas e aproximadamente 2,1 milhões de pessoas foram afetadas, 650 mil foram desalojadas e 71.500 acolhidas em abrigos públicos (ATLAS DIGITAL DE DESASTRES NO BRASIL, s.d.).

Em relação à resposta emergencial no Rio Grande do Sul à enchente, foi caracterizada por uma mobilização rápida de recursos, o governo brasileiro, juntamente com organizações não-governamentais e internacionais, implementou operações de resgate e socorro prontamente. A distribuição de alimentos, água, roupas e medicamentos foi crucial para as comunidades isoladas, e a logística humanitária enfrentou desafios significativos devido à extensão das inundações e à destruição de infraestrutura, mas esforços conjuntos garantiram a entrega de ajuda às áreas mais necessitadas, além disso, a reconstrução das áreas afetadas e a restauração da infraestrutura vital foram priorizadas (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2024).

Além disso, as ações empreendidas pelos governos estadual e municipais contaram com o respaldo imediato, tanto em recursos humanos quanto financeiros, do governo federal, este mobilizou mais de 20 mil profissionais vinculados a distintos ministérios para colaborar nos esforços de reconstrução do estado e destinou mais de R$ 51bilhões por meio de diversos programas, voltados ao apoio dos setores produtivos e das famílias afetadas, com o propósito de atenuar os impactos e o sofrimento daqueles que perderam todos os seus bens (SECRETARIA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL, 2024).

Entretanto, a tragédia revelou a fragilidade estrutural e a desorganização do poder público no Rio Grande do Sul, especialmente na capital Porto Alegre, evidenciando as consequências de políticas de desmonte do Estado e de privatização de áreas estratégicas. (RIZZOTTO; COSTA; LOBATO, 2024).

Apesar das reiteradas recomendações técnicas para a adoção de medidas preventivas, como a manutenção urgente do sistema de bombeamento, alertada desde 2018, e das comportas da cidade, nenhuma ação efetiva foi implementada (DEMORI, 2024). O descaso por parte da administração municipal, que ignorou os avisos dos servidores

públicos, resultou na falência dos sistemas de contenção durante a enchente, cenário de negligência levou o jornalista Leandro Demori a caracterizar Porto Alegre como "a cidade case do estado mínimo", expressão que sintetiza o impacto das escolhas políticas na gestão do risco e na proteção da população (DEMORI, 2024).

Diante do exposto, embora os desastres tenham ocorrido em contextos geográficos e culturais diferentes, ambas catástrofes revelam como desastres naturais podem impactar negativamente a vida das pessoas. Desse modo, a efetividade da logística humanitária em ambas as situações evidencia a relevância de uma resposta articulada e adequadamente planejada para a redução dos impactos adversos causados por tais eventos. Ademais, as lições aprendidas a partir de cada desastre desempenham um papel fundamental no aprimoramento contínuo das estratégias de resposta a futuras crises humanitárias.

3.3 RESULTADOS DA ANÁLISE

Para demonstração dos resultados entre as análises de ambas as catástrofes, foi elaborado um quadro, pela perspectiva dos 3C's, apresentado por meio do Quadro 1. Levou-se em consideração os conceitos de cooperação, consistindo em interação onde as organizações compartilham informações e recursos de maneira informal; coordenação, que é o processo formal de alinhamento de atividades e recursos entre organizações diferentes e a colaboração, que se caracteriza pelo trabalho conjunto onde as organizações compartilham metas e responsabilidades de forma ativa (BALCIK, 2010).

Quadro 1 - Resultado das análises pela perspectiva dos 3C's.

3C's	Japão (2011)	Rio Grande do Sul (2024)
Cooperação	Houve uma grande troca de informações entre as organizações, principalmente sobre necessidades imediatas como água, comida e abrigo.	Informações sobre as áreas afetadas e necessidades específicas foram compartilhadas entre diferentes organizações para maximizar a eficiência da resposta.
Coordenação	O governo japonês, com o apoio de organizações internacionais como a ONU, coordenou os esforços de socorro, garantindo que os recursos fossem distribuídos de maneira eficaz.	A Defesa Civil do Brasil atuou junto com ONGs e agências internacionais para organizar a logística de distribuição de ajuda. Governo do estado do RS.
Colaboração	Parcerias entre organizações internacionais e locais foram cruciais para a reconstrução de infraestruturas e prestação de serviços de saúde.	O trabalho conjunto entre voluntários e organizações permitiu uma resposta mais rápida e eficaz às necessidades dos desabrigados, incluindo abrigos, alimentação e cuidados médicos.

Fonte: Autores (2024)

O Quadro 1 demonstra que houve cooperação, coordenação e colaboração em ambos os desastres. Porém, há que se ressaltar que os 3C´s ajudam a promover a resiliência, retorno às condições antes do desastre ocorrer.

Neste aspecto o Japão conseguiu aplicar os 3C´s com maior eficiência, o que pode ser evidenciado na rapidez da retomada das condições iniciais. Já, no Rio Grande do Sul, apesar de haver evidências da aplicação dos 3C´s, esta aplicação não foi tão efetiva quanto no Japão, pois houve um tempo maior para o restabelecimento das condições que vigoravam antes do desastre.

4 CONCLUSÃO

A análise qualitativa explicativa promoveu uma comparação entre o tsunami de 2011 no Japão e a enchente de 2024 no Rio Grande do Sul, proporcionou *insights* sobre a resposta a desastres naturais e a importância da logística humanitária.

A questão de pesquisa que norteou este estudo foi explicar as consequências humanitárias causadas pelo desastre do Rio Grande do Sul em 2024 e suas relações com o desastre ocorrido no Japão em 2011. Assim, ao longo da análise, evidenciou-se que a resposta rápida e coordenada foi fundamental para mitigar os impactos devastadores. Tanto no Japão em 2011 quanto no Brasil em 2024, a mobilização eficiente de recursos e as distribuições de ajuda humanitária foram importantes na resposta emergencial.

Uma das principais descobertas foi a importância da preparação prévia e da experiência anterior na gestão de crises. Nesse caso, o Japão, com sua cultura de preparação para desastres, demonstrou uma resposta mais eficaz devido à sua experiência anterior com terremotos e tsunamis, enquanto o Rio Grande do Sul enfrentou desafios adicionais devido à menor familiaridade com enchentes de grande escala.

Além disso, a análise revelou a importância da infraestrutura na resposta a desastres. Tanto o tsunami no Japão quanto a enchente no Rio Grande do Sul causaram danos à infraestrutura das comunidades afetadas, destacando a gravidade de priorizar a reconstrução e restauração dessas estruturas para assim facilitar a recuperação das áreas afetadas.

Dessa maneira, a logística humanitária desempenhou um papel crucial na resposta a esses desastres, evidenciando a importância de uma abordagem centrada nas pessoas e na minimização de perdas e sofrimentos.

A comparação entre os eventos no Japão e no Brasil ressaltou a necessidade contínua de aprendizado e aprimoramento das estratégias de resposta a desastres naturais, bem como a importância da cooperação entre diferentes entidades governamentais, não governamentais e internacionais. Ficou evidente que a resiliência do Japão, demonstrada por sua resposta rápida e coordenada, foi maior do que a do Rio Grande do Sul, devido à preparação prévia e experiência acumulada em enfrentar desastres naturais de grande magnitude.

Por fim, este estudo contribuiu para o entendimento dos desafios enfrentados em situações de crise humanitária e destacou a importância da preparação, coordenação e colaboração para garantir uma resposta eficaz e mitigar os impactos adversos de eventos catastróficos.

REFERÊNCIAS

ANAZAWA, T. M.; DO CARMO, R. L. Diálogos da demografia espacial: o caso do terremoto e tsunami, ocorridos no Japão. In: *Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015.

ATLAS DIGITAL DE DESASTRES NO BRASIL, Registro do Rio Grande do Sul em 2011. s.d. Disponível em <https://atlasdigital.mdr.gov.br/paginas/graficos.xhtml> Acesso em 04 de abril de 2025.

BALCIK, B., BEAMON, B. M., KREJCI, C. C., MURAMATSU, K. M., & RAMIREZ, M. *Coordination in humanitarian relief chains: Practices, challenges and opportunities*. International Journal of production economics, v. 126, n. 1, p. 22-34, 2010.

BERTAZZO, T. R. *Tipologia para Centrais de Operações e Emergências em gerenciamento de desastres no Brasil*. São Paulo, 2021.

DE ANDRADE, F. R. D. *Terremotos e tsunamis no Japão*. Revista USP, n. 91, p. 16-29, 2011.

DEMORI, L. Resumão do Demori: *POA é "case" global. A Grande Guerra. 2024*. Disponível em <https://www.agrandeguerra.com.br/p/resumao-demori-22-porto-alegre-case-global> Acesso em 01 de abril de 2025.

DE OLIVEIRA SILVA, L.; DE MELLO BANDEIRA, R. A.; LEIRAS, A. Identificação De Padrões E Relacionamentos De Colaboração, Cooperação E Coordenação Em Operações Humanitárias. In *33º Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes (ANPET 2019)* Balneário Camboriú, 2019.

FRAGA, J. S. *A Crise Econômica no Japão após os anos 90*. 2011.

KOVÁCS, G.; SPENS, K. *Humanitarian Logistics in Disaster Relief Operations*. Internacional Jornal of Physical Distribution & Logistics Management, v. 37, n. 2, p. 99-114, 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Resposta federal à catástrofe no Rio Grande do Sul mobiliza 15 mil servidores* Disponível em <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/noticias/governo-reforca-resposta-a-catastrofe-no-rio-grande-do-sul#:~:text=A%C3%A7%C3%B5es%20federais%20em%20resposta%20%C3%A0,domingo%20(5%2F). > Acesso em 18 de junho de 2024.

OLIVEIRA, E; SOARES, B. *Logística humanitária: o desafio da gestão diante de desastres.* Brazilian Journal of Business, v.1, n. 3, p. 870-880, 2019.

OLIVEIRA, F. M., HOLANDA, T. C., DE OLIVEIRA SILVA RAMALHO, A. L., DA ROCHA KLOECKNER, N. V., DE MOURA, I. E. M. O., RICARTE, T. L., & RIBEIRO, K. V. Rains, *Tragedies and Media Coverage: Analysis of Floods In Rio Grande do Sul.* Revista de Gestão Social e Ambiental, v. 18, n. 4, p. e 06861-e 06861, 2024.

RIZZOTTO, M. L. F.; COSTA, A. M.; LOBATO, L. de V. da C. *Crise climática e os novos desafios para os sistemas de saúde: o caso das enchentes no Rio Grande do Sul/Brasil*. Saúde em Debate, v. 48, p. e141ED, 2024.

SANCHES, F. O., VERDUM, R., FISCH, G., GASS, S. L. B., & ROCHA, V. M. *Extreme Rainfall Events in the South West o Rio Grande do Sul (Brazil) and Its Association with Ihe Sandization Process.* American Journal of Climate Change, 2019.

SECRETARIA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL, *Mais de 20 mil profissionais ligados ao Governo Federal atuam diretamente no auxílio ao Rio Grande do Sul. 2024*, Disponível em < https://www.gov.br/secom/pt-br/assuntos/noticias/2024/05/mais-de-20-mil-profissionais-ligados-ao-governo-federal-atuam-diretamente-no-auxilio-ao-rio-grande-do-sul> Acesso em 01 de abril de 2025.

SILVA, R. O. *Building collaboration in humanitarian operations: the role of institutional work.* Fundação Getúlio Vargas. Escola De Administração de Empresas de São Paulo. 2016 Disponível em <https://gvpesquisa.fgv.br/tesesdissertacoes/building-collaboration-humanitarian-operations-role-institutional-work> Acesso em 18 de junho de 2024.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P. *A pesquisa científica. Métodos de pesquisa*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, p. 33-44, 2009.

CARACTERIZAÇÃO DE DESASTRES OCORRIDOS EM JANEIRO DE 2025 NA GRANDE FLORIANÓPOLIS

CHARACTERIZATION OF DISASTERS OCCURRED IN JANUARY 2025 IN THE GRANDE FLORIANÓPOLIS REGION

Gustavo Bourdot Back[1], Rafael Augusto dos Reis Higashi[2]

1 Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil, gustavo.back@ceped.ufsc.br

2 Universidade Federal de Santa Catarina, rafael.higashi@ufsc.br

RESUMO

O artigo analisa os eventos hidrológicos extremos ocorridos na Grande Florianópolis em janeiro de 2025, destacando seus impactos e desafios para a gestão de desastres. A partir dos registros de ocorrências, o estudo caracteriza os desastres e seus efeitos sobre a população e infraestruturas nos municípios da região. A pesquisa destaca, entre as fragilidades observadas na resposta aos desastres, a importância de se ter um órgão municipal de proteção e defesa civil bem estruturado e isento de interferências políticas para continuidade e efetividade das ações. As discussões evidenciam a necessidade de aprimorar estratégias de prevenção, preparação e resposta, bem como a demanda pela incorporação de conhecimentos técnico-científicos à gestão de riscos de desastres. A caracterização dos desastres, por fim, sugere a importância da articulação entre poder público, instituições de pesquisa e a sociedade civil, de modo a formar uma rede de colaboração nos municípios e na região.

Palavras-Chave: Desastres Hidrológicos; Gestão de Riscos de Desastres; Proteção e Defesa Civil.

ABSTRACT

The article analyzes the extreme hydrological events that occurred in the Grande Florianópolis region in January 2025, highlighting their impacts and challenges for disaster management. Based on occurrence records, the study characterizes the disasters and their effects on the population and infrastructure in the region's municipalities. Among the weaknesses observed in disaster response, the research emphasizes the importance of having a well-structured municipal civil protection and defense agency, free from political interference, to ensure continuity and effectiveness of actions. The discussions highlight the need to improve prevention, preparedness, and response strategies, as well as the demand for incorporating technical and scientific knowledge into disaster risk management. Finally, the characterization of disasters suggests the importance of coordination between public authorities, research institutions, and civil society to establish a collaborative network within municipalities and across the region.

Keywords: Hydrological Disasters; Disasterk Risk Management; Civil Protection and Defense.

1 INTRODUÇÃO

Os desastres naturais representam um desafio constante às comunidades brasileiras, exigindo cada vez mais capacidade de enfrentamento e resiliência. Para reduzir os riscos e minimizar os impactos de ocorrências, a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) propõe a abordagem sistêmica das ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação; e a gestão territorial baseada em pesquisas e estudos sobre áreas de riscos e incidência de desastres (BRASIL, 2012).

Apesar da proposta de abordagem sistêmica, autores como Goulart, Cunha e Gimenes (2020), Mora (2009) e Sulaiman *et al.* (2021) destacam a fragilidade da cultura de gestão de riscos no país, uma vez que as medidas e os planos são reativos às ocorrências de desastre, direcionados predominantemente às fases de resposta e recuperação. Para contornar este cenário, autores como Aitsi-Selmi *et al.* (2016); Duarte, Wanderley e Moreira (2023); Narváez, Lavell e Ortega (2009); Silva e Moura (2023); e Zamparoni (2012) sugerem a ampliação do conhecimento acerca dos riscos, de modo a compreender as dinâmicas e causalidades dos desastres.

A mesma ideia sobre o conhecimento dos riscos é abordada como uma das prioridades do Marco de Sendai, acordo internacional que traçou ações e metas para a redução de riscos de desastres entre os anos de 2015 e 2030. Em seu texto, o Marco indica que as políticas e práticas relacionadas à gestão de riscos devem ser orientadas de acordo com a compreensão do risco e das dimensões de vulnerabilidade, capacidade, exposição de pessoas e bens, características dos perigos e meio ambiente (UNDRR, 2015).

Como meio de compreensão, Marcelino, Nunes e Kobiyama (2006); UNDRR (2019); e Xavier *et al.* (2014) sugerem como possibilidade a coleta, análise, gerenciamento e uso de dados que caracterizem os desastres e seus impactos no território. O histórico de danos e perdas gerados às pessoas, às infraestruturas e aos setores econômicos permite identificar fatores de perigo, exposição e vulnerabilidade existentes no território (BRASIL, 2022; FERNANDES; PEIXOTO; KAISER, 2018), assim como estabelecer padrões de ocorrência e consequências dos desastres (BANCO MUNDIAL, 2020; BRASIL, 2022).

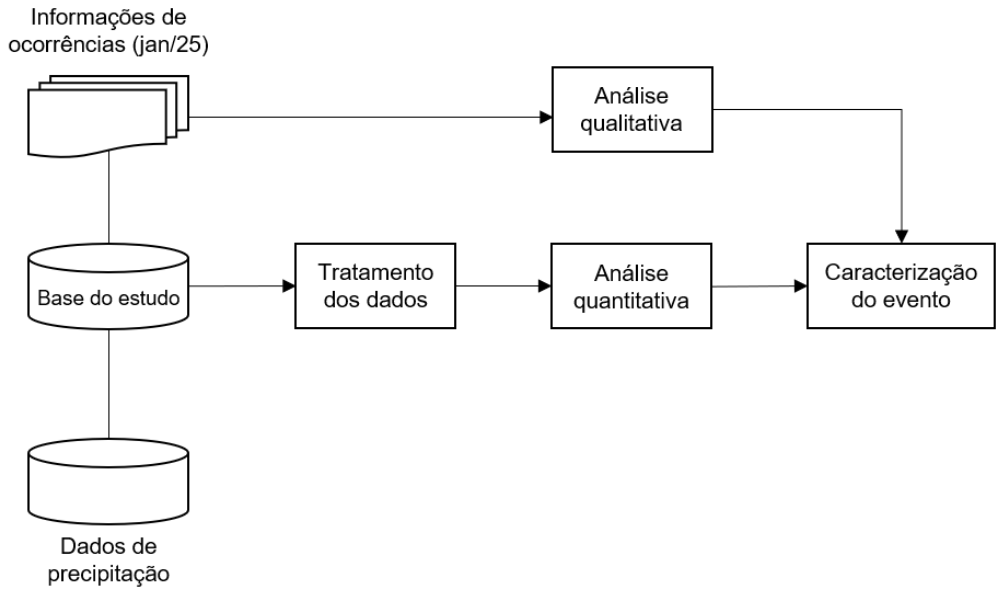
A identificação de fatores que compõem o risco e a compreensão de tendências quanto às ocorrências e consequências dos desastres são aspectos fundamentais a serem considerados na gestão de riscos e desastres, uma vez que ampliam a percepção de riscos por parte dos agentes de proteção e defesa civil e da sociedade civil, auxiliando no planejamento de medidas e políticas de prevenção, mitigação e preparação para ocorrências cíclicas ou com maior dano potencial.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo analisar e caracterizar a ocorrência de desastre registrada em janeiro de 2025 na região da Grande Florianópolis, em Santa Catarina, de modo a discutir os principais desafios enfrentados na gestão do risco e da resposta emergencial, e assim contribuir para o aprimoramento de instrumentos, estratégias e políticas adequadas à gestão de riscos de desastres.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo aplicado, exploratório e de natureza quantitativa e qualitativa, realizado em forma de estudo de caso considerando a região da Grande Florianópolis, conforme o fluxograma da Figura 1.

Figura 1. Fluxograma do método do estudo



Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

Os dados de precipitação foram obtidos a partir de boletins de monitoramento da Secretaria de Estado da Proteção e Defesa Civil de Santa Catarina (SDC/SC), e das medições de pluviômetros operados pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) e pela Empresa de Pesquisa Agrícola de Santa Catarina (Epagri). Os dados das ocorrências de desastres no período de janeiro de 2025 foram extraídos a partir de Formulários de Informações de Desastre (FIDE) protocolados no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD).

A partir da base do estudo, os dados foram tratados conforme o seu propósito dentro da análise quantitativa. Os dados de precipitação de janeiro de 2025 foram organizados de forma a realizar a interpolação ponderada de distância inversa (IDW) em ambiente GIS, permitindo assim compreender a distribuição e intensidade de precipitação no território. Os dados das ocorrências registradas em janeiro de 2025 foram organizados de modo a classificar e tipificar os impactos em dimensões social, econômica e de infraestrutura.

Por meio da análise quantitativa buscou-se identificar pontos críticos em termos de precipitação acumulada no território, e de danos e prejuízos registrados pelos municípios. Para a análise qualitativa das ocorrências, foram consultados documentos disponibilizados pelos órgãos de proteção e defesa civil municipais junto aos registros no S2iD; e notícias,

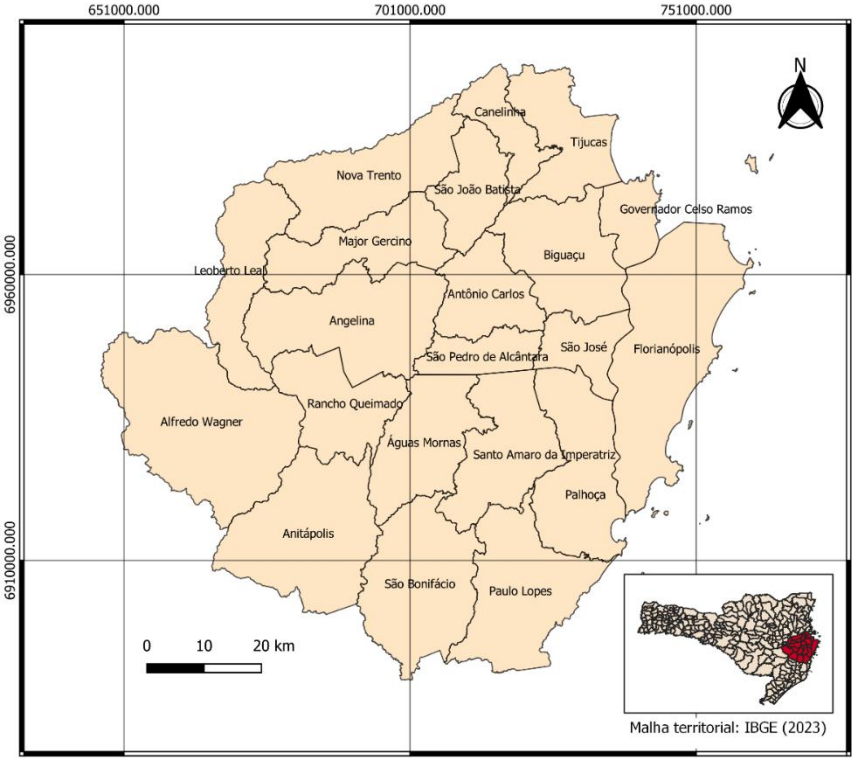
alertas e boletins informativos publicados pela SDC/SC. Esta análise buscou reconstituir a cronologia dos eventos e identificar ações preventivas e de respostas adotadas.

Por fim, a combinação das análises quantitativa e qualitativa permitiram caracterizar o evento segundo sua magnitude, abrangência territorial e impactos. Esta caracterização, por sua vez, permitiu uma reflexão crítica sobre os principais desafios da gestão de riscos e desastres regional, considerando a efetividade das ações preventivas e de respostas, as fragilidades estruturais institucionais evidenciadas, e as possibilidades de aprimoramento das estratégias de prevenção, mitigação, preparação e resposta aos desastres.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Grande Florianópolis, para os fins deste estudo, corresponde ao conjunto de 21 municípios (Figura 2) que integravam a extinta mesorregião de semelhante nomeação pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), e que atualmente compõem, junto ao município de Garopaba, a Coordenadoria Regional de Defesa Civil de Florianópolis.

Figura 2. Mapa de localização da Grande Florianópolis



Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

A região está sob influência de seis bacias hidrográficas (Biguaçu, Cubatão Sul, Itajaí-Açu, Madre, Tijucas, Tubarão) e possui área de aproximadamente 7,3 mil quilômetros quadrados (IBGE, 2023a), o que representa apenas 8% do território de Santa Catarina. Apesar desta extensão territorial, a região é amplamente urbanizada e habitada por mais de

1,3 milhão de pessoas (IBGE, 2023b), o que corresponde a 18% da população estadual. Em termos de economia, a região concentra cerca de 13% do Produto Interno Bruto (PIB) do estado (IBGE, 2021), com destaque para as cidades de Florianópolis (capital), Palhoça e São José.

3.1 Os desastres de janeiro de 2025

Entre os dias 16 e 17 de janeiro de 2025, registraram-se na região litorânea de Santa Catarina, em especial na Grande Florianópolis, condições extremas de precipitação que provocaram desastres como alagamentos, inundações, enxurradas e deslizamentos.

Conforme o Aviso Meteorológico em nível de observação emitido na noite anterior, 15 de janeiro, a intensificação de circulação marítima estava favorecendo a condição de chuvas sobretudo entre o Litoral Norte do estado e a Grande Florianópolis, podendo esta iniciar durante a madrugada e se agravar no período da tarde do dia 16 de janeiro (SDC/SC, 2025a). Entretanto, expressivos volumes de precipitação foram registrados por toda o litoral desde as primeiras horas do dia. De acordo com o boletim de monitoramento divulgado pela SDC/SC às 11:12 horas, os municípios de Camboriú, Itajaí e Balneário Camboriú registraram acumulados de precipitação acima de 120 milímetros nas últimas seis horas.

O primeiro aviso de monitoramento emitido pelo órgão de proteção e defesa civil estadual foi em nível de observação para chuva persistente moderada às 06:34 horas do dia 16 de janeiro, e contemplou municípios entre o Norte do estado e o Norte da Grande Florianópolis, incluindo os municípios de Tijucas, São João Batista, Canelinha e Governador Celso Ramos. Às 08:12 horas este aviso foi atualizado para nível de atenção para chuva persistente forte isolada entre o município de Bombinhas e o Norte da Ilha do município de Florianópolis; e teve a abrangência territorial do nível de observação alterada, passando a considerar a condição de chuva persistente em toda Grande Florianópolis.

Entre as 10:00 horas e o meio-dia as precipitações se intensificaram ao Norte da região, havendo o registro das primeiras ocorrências, e o alerta para chuva persistente forte em risco muito alto para os municípios de Tijucas, São João Batista, Canelinha e Governador Celso Ramos. Neste período também foram registrados os primeiros alertas para risco de deslizamentos, que avançaram de risco moderado para risco máximo no município de Tijucas. O boletim de monitoramento divulgado pela SDC/SC às 12:28 horas indicou um acumulado de precipitação de 144 milímetros nas últimas três horas e 48 milímetros na última hora para o município de Tijucas. Considerando os demais municípios da região, apenas São João Batista registrou chuva forte, com volume acima de 10 milímetros na última hora.

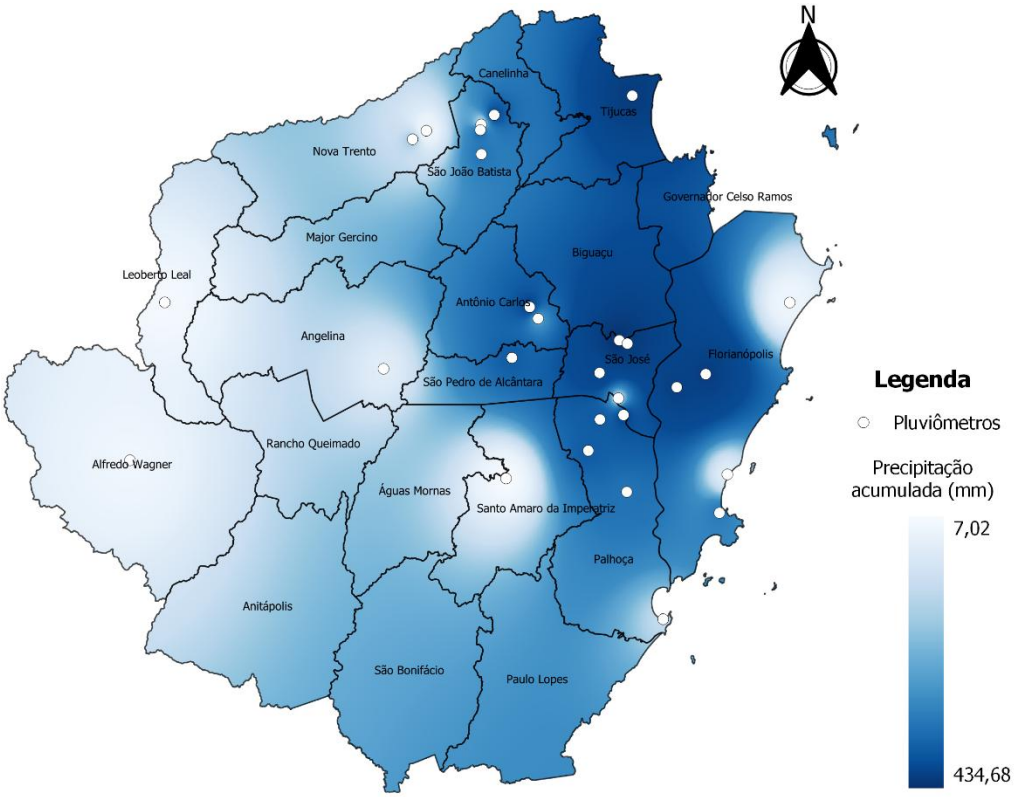
A partir do meio-dia o órgão estadual de proteção e defesa civil passou a alertar que a condição de chuvas persistente forte isolada estaria se espalhando para o restante da região, principalmente para os municípios de Biguaçu, São José e Florianópolis. A condição se consolidou de fato nestes municípios a partir das 14:00 horas, quando se registraram alertas e ocorrências de alagamento, enxurradas, deslizamentos, incluindo o primeiro alerta severo para a região emitido a partir da ferramenta Defesa Civil Alerta. De acordo com o boletim de monitoramento divulgado pela SDC/SC às 17:22 horas, nas últimas três horas haviam sido registrados 169 milímetros de precipitação em Florianópolis, 109 milímetros em

Tijucas, mais de 60 milímetros em Biguaçu e São José, e cerca de 35 milímetros em Palhoça.

Ainda sob influência da circulação marítima, as condições de precipitação se mantiveram presentes na região entre o fim da tarde de 16 de janeiro e a manhã do dia 17. Neste período foram emitidos 13 alertas entre risco moderado e alto para chuva persistente, e seis alertas entre risco moderado e máximo para deslizamentos. Além disso, registraram-se danos associados às ocorrências de alagamentos, enxurradas e deslizamentos em diversos municípios, além dos já destacados anteriormente. De acordo com o boletim de monitoramento da SDC/SC divulgado às 06:07 horas de 17 de janeiro, volumes significativos de precipitação foram registrados, especialmente durante a madrugada, em municípios afastados da faixa litorânea, como São Pedro de Alcântara, Antônio Carlos, São João Batista, Nova Trento e Santo Amaro da Imperatriz.

Considerando dados de 28 pluviômetros gerenciados pelo Cemaden (2025) em 13 municípios da região, a distribuição da precipitação entre os dias 16 e 17 de janeiro é a ilustrada na Figura 3. No período foram registradas máximas acumuladas acima de 300 milímetros em quatro municípios; acima de 200 milímetros em oito municípios; e acima de 100 milímetros em dez municípios. Destaca-se ainda que estes valores representam em dois dias, a depender do município, volumes acima da média prevista para todo o mês de janeiro.

Figura 3. Distribuição da precipitação na região entre 16 e 17 de Janeiro de 2025



Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

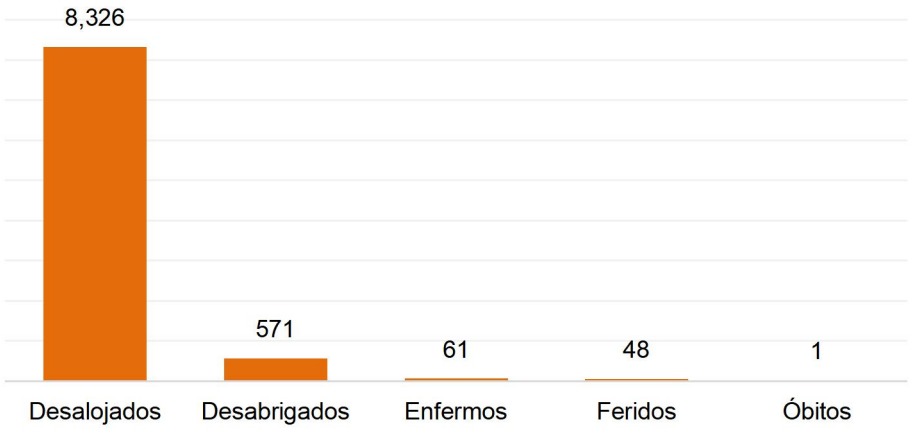
Dos 20 pluviômetros gerenciados pela Epagri (2025) em 11 municípios da região, destacam-se máximos de precipitação registrados próximos ou acima de 50 milímetros no período de uma hora nos municípios de Antônio Carlos, Florianópolis e Tijucas. Dos cinco pluviômetros distribuídos por Florianópolis, por exemplo, três registraram esta superioridade, em especial o de Santo Antônio de Lisboa, que registrou 84 milímetros durante o principal evento de precipitação registrado em 16 de janeiro.

Entre os dias 16 e 17 de janeiro, órgãos municipais de proteção e defesa civil de 11 municípios da região registraram 14 ocorrências no S2iD, as quais afetaram cerca de 452 mil pessoas, e geraram danos materiais e prejuízos de aproximadamente R$ 147 milhões. Diante dos impactos das ocorrências, os municípios de Biguaçu, Florianópolis, Governador Celso Ramos, Palhoça, São José, São Pedro de Alcântara e Tijucas decretaram Situação de Emergência (SE). Desses, exceto Palhoça, todos tiveram o reconhecimento federal realizado pelo Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR), o que indica que estariam aptos a solicitar auxílio federal para ações de resposta e reconstrução.

Dos 11 municípios, dez registraram uma ocorrência única, atribuindo a tipologia de chuvas intensas, que conforme a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade), trata-se de chuvas com acumulados significativos que causam múltiplos desastres (inundações, movimentos de massa, enxurradas, etc.). Nova Trento, por sua vez, registrou quatro ocorrências e atribuiu tipologias distintas que referenciaram movimentos de massa (deslizamentos e corridas de rocha/detrito) e colapsos de edificações.

Os registros indicam que das 452 mil pessoas afetadas, cerca de 9 mil foram afetadas diretamente sob a condição de óbito, ferimentos, enfermidades, desabrigo e desalojamento, conforme distribuição apresentada pela Figura 4. O restante representa pessoas, que por decorrência dos efeitos do desastre, foram afetadas por condições não especificadas, como comprometimento do abastecimento de água ou interrupções de tráfego. Desta última condição destaca-se o bloqueio superior a 15 horas da SC-401, em Florianópolis, que causou congestionamentos de até 16 quilômetros e impactou o acesso a todo Norte da Ilha; e a interdição em ambos os sentidos do km 181 da BR-101, em Biguaçu, que demandou pelo menos 80 horas de trabalho para reparos e liberação total do tráfego.

Figura 4. Distribuição de afetados diretos pelo desastre

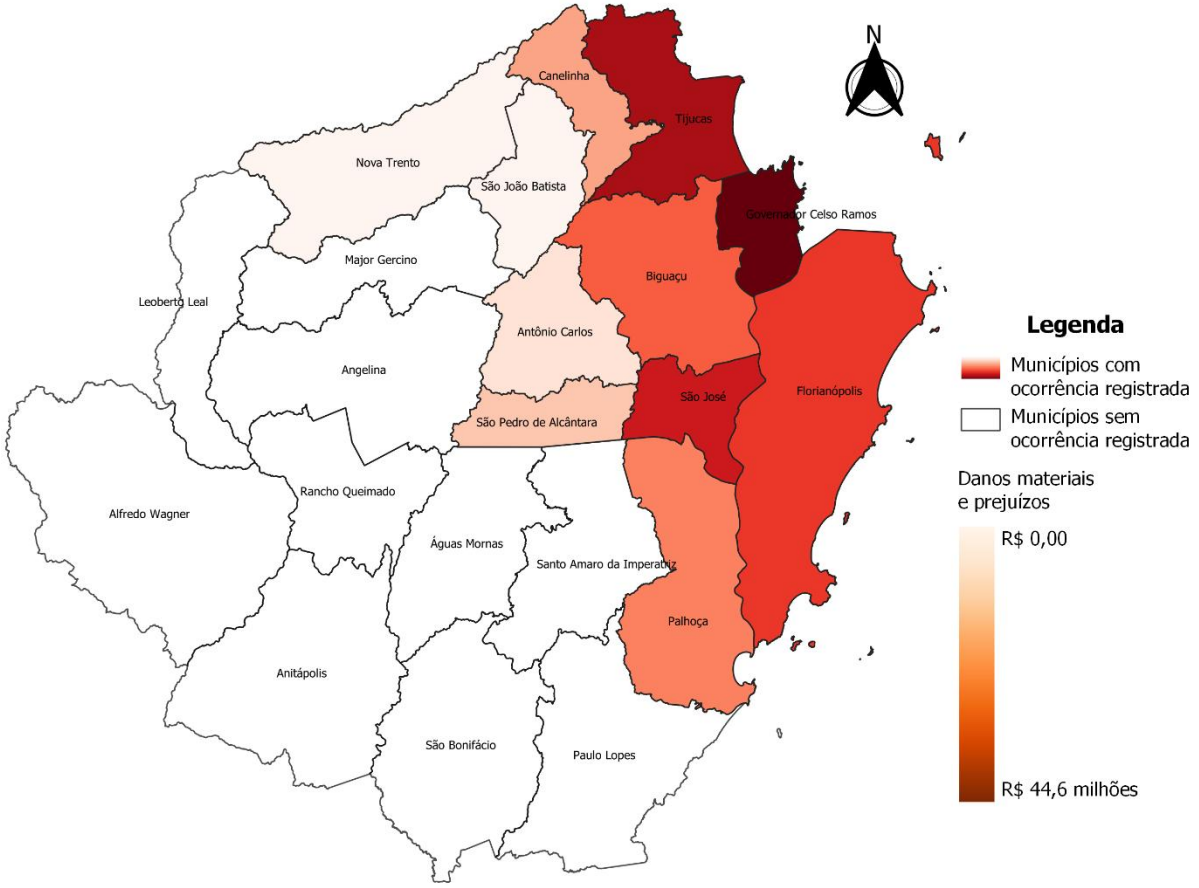


Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

Entre os municípios destaca-se Governador Celso Ramos, com um óbito e cerca de 100 pessoas feridas. Outros municípios se destacam pela quantidade de pessoas em condição de desabrigo ou desalojamento, como Palhoça (270), Florianópolis (1.646), São José (3.032) e Tijucas (3.811). Considerando as condições não especificadas, destaca-se o número de afetados em Florianópolis (350.000), São José (40.000) e Tijucas (39.500).

No território da região, os danos materiais e prejuízos se distribuíram conforme apresenta a Figura 5. A partir desta, observa-se que os valores mais significativos de perdas foram respectivamente dos municípios de Governador Celso Ramos, Tijucas, São José e Florianópolis. Apesar de indicarem infraestruturas danificadas ou destruídas, Nova Trento e São João Batista não registraram nenhum valor monetário de perdas.

Figura 5. Distribuição de danos materiais e prejuízos pela região

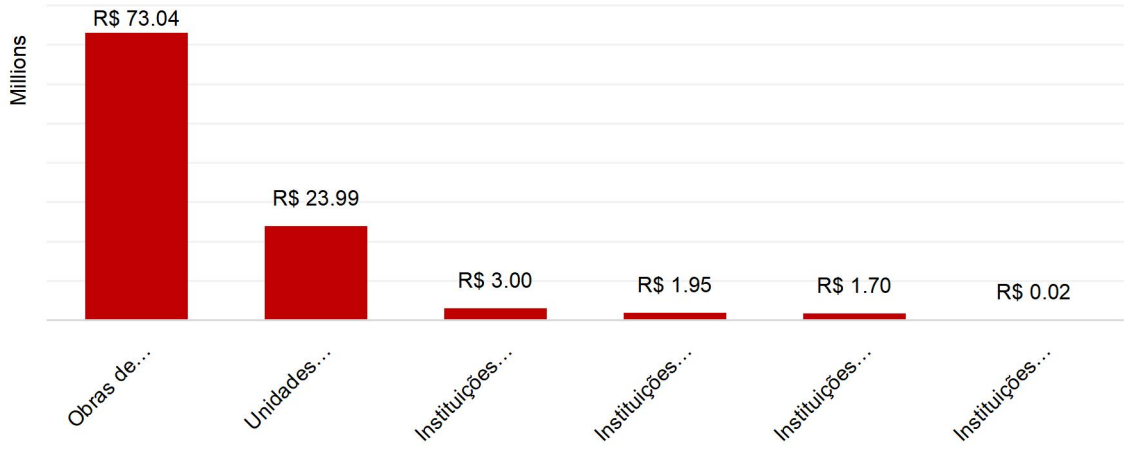


Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

A distribuição dos danos materiais, isto é, das perdas monetárias referentes às instalações públicas de ensino, saúde, uso comercial ou comunitário, unidades habitacionais ou obras de infraestruturas danificadas ou destruídas pelo desastre, é apresentada Figura 6. Destacam-se os valores de obras de infraestrutura, que consideram principalmente os danos às estruturas de contenção, estradas, pontes, e redes de drenagem; e as perdas

relacionadas às unidades habitacionais, que se referem aos danos que comprometem as condições de habitabilidade de lotes e edificações. Entre os municípios que mais registraram danos materiais estão Governador Celso Ramos (R$ 25,8 milhões), São José (R$ 25,3 milhões), Tijucas (R$ 22,4 milhões) e Florianópolis (R$ 20,8 milhões).

Figura 6. Distribuição de danos materiais registrados no desastre



Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

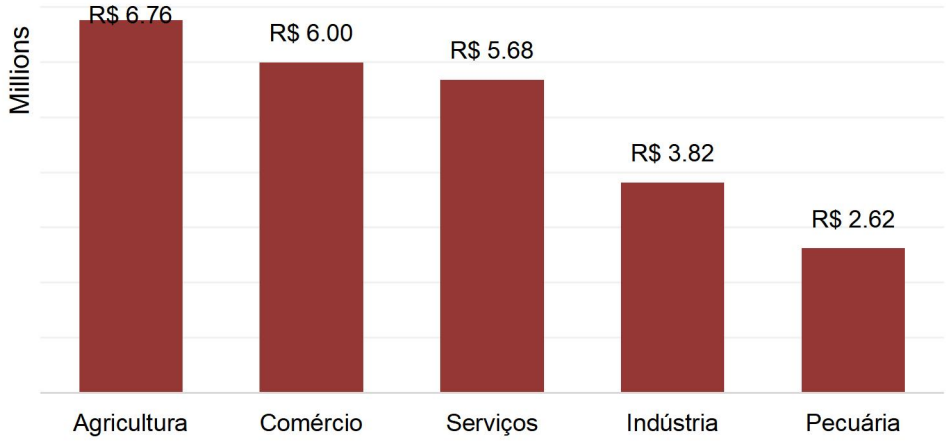
A distribuição dos prejuízos públicos, isto é, perdas financeiras relacionadas a serviços essenciais afetados em decorrência do desastre, é apresentada na Figura 7. Destacam-se principalmente os custos referentes a recuperação de sistemas de esgoto, manutenção de limpeza urbana, e as perdas relacionadas a segurança pública e transportes. Entre os municípios com maiores prejuízos estão Governador Celso Ramos, que registrou uma perda de R$ 9,3 milhões, sendo R$ 3 milhões em segurança pública devido a destruição parcial da estrutura do quartel do Corpo de Bombeiros Militar; Florianópolis, com prejuízo de R$ 3 milhões somente em sistemas de esgoto e drenagem; Tijucas, com perdas de R$ 2,8 milhões distribuídas principalmente entre limpeza urbana, sistemas de esgoto e drenagem e abastecimento de água potável; e Biguaçu, com prejuízos de R$ 1,5 milhões em transportes. Junto a Nova Trento e São João Batista, os municípios de Antônio Carlos e Palhoça também não registraram valores de prejuízos aos serviços públicos essenciais.

Figura 7. Distribuição de prejuízos públicos registrados no desastre

Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

A distribuição dos prejuízos privados, isto é, perdas registradas pelos setores produtivos em decorrência do desastre, é apresentada na Figura 8. Evidenciam-se os prejuízos no setor de agricultura, especialmente em Biguaçu, que tem este como um dos pilares econômicos do município. Registraram-se prejuízos significativos nos municípios de Tijucas e Governador Celso Ramos, principalmente nos setores de comércio e prestação de serviços, uma vez que os alagamentos de estabelecimentos e a ausência prolongada de abastecimento de energia elétrica comprometeram operações e causaram perdas de produtos e equipamentos. Por fim, além dos municípios mencionados anteriormente, apenas Canelinha apresentou valores de prejuízos nos setores produtivos.

Figura 8. Distribuição de prejuízos privados registrados no desastre



Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

3.2 Reflexões quanto a caracterização do desastre

A primeira reflexão quanto a caracterização do desastre está relacionada às ações de monitoramento e alerta. Logo na manhã do dia 16 de janeiro se observou uma condição de precipitação acima da média, com riscos acima do grau moderado informado na noite anterior pela SDC/SC (2025a). Em nota conjunta a Epagri, o órgão estadual de proteção e defesa civil relatou dificuldades na estimativa dos volumes de chuva, visto que nenhum modelo de previsão disponível permitiu identificar a magnitude registrada (SDC/SC, 2025b). Neste sentido, destaca-se que apesar do monitoramento em tempo real que permitiu a emissão de cerca de 60 alertas meteorológicos e geológicos, são necessárias adequações dos modelos de previsão a fim de garantir maior eficiência na antecedência e precisão na estimativa da magnitude dos eventos.

Quanto aos alertas, pontua-se uma fragilidade correlacionada ao período de ocorrência do desastre e uma das principais atividades econômicas da região: o turismo. O período de veraneio da Grande Florianópolis é marcado pelo aumento expressivo da população, especialmente de estrangeiros, o que demanda atenção quanto ao alcance e acessibilidade dos alertas.

Além dos significativos impactos causados às pessoas e infraestruturas, os eventos hidrológicos extremos registrados exigiram ampla mobilização de setores envolvidos no gerenciamento de desastres, especialmente de agentes de defesa civil e de secretarias municipais de saúde, assistência social e obras e infraestrutura. Neste sentido, observou-se que no período em que se consolidou o desastre, municípios como Antônio Carlos, Biguaçu, São José e Tijucas enfrentaram dificuldades quanto a coordenação e execução de ações em razão de mudanças na administração municipal, estas majoritariamente motivadas pela posse dos agentes políticos eleitos no pleito do ano anterior. Além disso, houve compromisso quanto a articulação junto ao órgão estadual de proteção e defesa civil, visto que este inclusive pontuou a dificuldade de coleta de informações devido à ausência de nomeação de coordenadores municipais de defesa civil.

Considerando especificamente o órgão de proteção e defesa civil, cabe destacar que apesar de evidenciada pelo desastre, esta dificuldade de coordenação e execução de ações se trata de uma fragilidade institucional que não se reserva ao período de ocorrência, tampouco aos limites da região. Desta forma, é fundamental que os municípios priorizem uma estrutura organizacional bem definida e isenta de interferências políticas, de modo a garantir a continuidade e a efetividade de ações de prevenção, preparação e resposta.

Outro aspecto a ser observado desta fragilidade institucional é a descaracterização do desastre em termos de danos registrados. No município de São José, por exemplo, registraram-se 32 desabrigados, isto é, pessoas que necessitaram de abrigo público em decorrência dos impactos do desastre. Entretanto, noticiou-se amplamente a morosidade na abertura destes abrigos por parte da administração municipal, justamente pela ausência de pessoal atribuído às devidas funções administrativas. Isto induziu afetados a buscarem alternativas como o abrigo em igrejas, o que sugere que muitos casos de desabrigo se tornaram omissos aos danos registrados no desastre. Na prática, esta omissão compromete a efetividade de ações de resposta como assistência humanitária, uma vez que não se tem conhecimento da população efetivamente desabrigada; e ações de prevenção e preparação

como implementação e gestão de abrigos para eventos futuros, visto que não foi possível mapear adequadamente as demandas de cada localidade no momento crítico do desastre.

A subnotificação de danos não é uma condição que se reserva somente ao supracitado. Nova Trento e São João Batista, por exemplo, indicaram danos a infraestruturas e não apresentaram valores monetários de perdas, sugerindo assim a ausência de um método adequado para avaliação destas. Ao analisar os prejuízos públicos e privados também foi possível observar que alguns municípios não apresentaram valores, tampouco relatórios informativos, o que indica a ausência de articulação entre setores e de procedimentos para o levantamento dos danos. Em contrapartida, municípios como Biguaçu, Florianópolis e Tijucas apresentaram avaliações fundamentadas, as quais podem ser adaptadas para os demais municípios da região dadas as especificidades administrativas e territoriais de cada um.

Ainda quanto a subnotificação de danos, destacam-se dois aspectos observados nos registros. O primeiro refere-se ao fato de que muitos retratam o desastre apenas no momento em que se deflagram os extremos de precipitação, sem considerar a dinâmica dos impactos que sucedem este momento. O segundo, por sua vez, refere-se à finalidade do levantamento de informações acerca do desastre. Em municípios onde a capacidade de resposta foi suficiente aos efeitos do desastre e não houve necessidade do reconhecimento federal da SE, percebe-se a carência de informações quanto aos danos e prejuízos. Por outro lado, em municípios em que se buscou o reconhecimento federal, o registro se apresentou de forma mais consistente e informativa.

Por fim, a análise das ocorrências indicou que dez municípios atribuíram a tipologia de chuvas intensas à ocorrência registrada. Apesar da coerência na relação entre os eventos registrados e a descrição desta tipologia, alerta-se para o risco de descaracterização dos desastres, uma vez que ocorrências de origem hidrológica são resumidas a um fenômeno meteorológico. A compreensão da extensão de desastres hidrológicos, especialmente de inundações e movimentos de massa, é fundamental para o planejamento de ações e políticas eficazes de redução de risco no âmbito municipal.

4 CONCLUSÃO

O artigo apresentou a análise e caracterização dos desastres registrado entre os dias 16 e 17 de janeiro de 2025 na região da Grande Florianópolis, em Santa Catarina. No período, 11 municípios da região registraram 14 ocorrências que afetaram cerca de 452 mil pessoas e causaram perdas monetárias de aproximadamente R$ 147 milhões. Em razão dos impactos das ocorrências, os municípios de Biguaçu, Florianópolis, Governador Celso Ramos, Palhoça, São José, São Pedro de Alcântara e Tijucas decretaram Situação de Emergência. Excetuando o de Palhoça, todos estes decretos passaram pelo processo de reconhecimento federal, o que permitiu aos municípios a solicitação de auxílio federal para ações de resposta e reconstrução.

Apesar do monitoramento em tempo real e alertas antecipados por parte do órgão estadual de proteção e defesa civil, os desastres se consolidaram devido a um volume expressivo de precipitação, muito acima da média para o período e não estimado pelos modelos de previsão. Neste sentido, uma das alternativas é a adaptação dos modelos as

observações resultantes de estudos e pesquisas relacionadas a mudanças climáticas, de modo a garantir maior eficiência e precisão no monitoramento e alerta.

Considerando a resposta aos desastres por parte dos municípios, constataram-se fragilidades como o comprometimento da coordenação e execução de ações e articulação junto ao órgão estadual de proteção e defesa civil, estas motivadas por mudanças na administração pública municipal. Diante da necessidade de se garantir a continuidade e a efetividade de ações de gestão e redução de riscos de desastres, evidencia-se a importância de adequar o órgão de proteção e defesa civil a uma estrutura organizacional bem definida e isenta de interferências políticas.

As dificuldades de coordenar e executar ações também são percebidas no que tange o quantitativo de danos e prejuízos registrados. Constatou-se, por exemplo, a subnotificação de impactos e perdas em razão da morosidade na gestão de abrigos públicos e ajuda humanitária; da ausência de procedimentos e articulação necessários para levantamento e avaliação de danos; do período em que se consideraram os impactos do desastre; e da finalidade para qual foram levantadas as informações.

Observou-se que a caracterização do desastre requer não apenas a avaliação dos impactos, mas também uma abordagem integrada que leve em consideração fatores como o agente deflagrador e as tipologias de desastre associadas. Neste contexto, alerta-se para o risco de descaracterização de ocorrências hidrológicas a partir da atribuição do fenômeno meteorológico de chuvas intensas no registro dos desastres.

Cabe destacar que outro aspecto a ser observado além dos impactos é o período de ocorrência, que no caso dos eventos analisados, remetem ao período de veraneio. Para a área de estudo este é um período marcado pelo aumento expressivo da população, especialmente de estrangeiros. Dessa forma, esta condição se apresenta como um fator crítico a ser considerado nas ações de prevenção e resposta aos desastres, principalmente no que diz respeito ao alcance e acessibilidade dos alertas.

As discussões levantadas reforçam a importância do vínculo entre os diferentes atores envolvidos na gestão de riscos e desastres, incluindo o poder público, instituições de pesquisa e a sociedade civil, de modo que se articule uma rede integrada de colaboração para ações de proteção e defesa civil tanto em âmbito municipal quanto regional. Por fim, a caracterização dos desastres reforçou a necessidade de incorporar conhecimentos técnico-científicos à gestão de riscos na região, incluindo os obtidos neste estudo e os já consolidados por municípios mais estruturados, de forma aprimorar a tomada de decisão, os sistemas de informação e a atuação interinstitucional.

REFERÊNCIAS

AITSI-SELMI, A.; MURRAY, V.; WANNOUS, C.; DICKINSON, C.; JOHNSTON, D.; KAWASAKI, A.; STEVANCE, A.; YEUNG, T. Reflections on a Science and Technology Agenda for 21st Century Disaster Risk Reduction. *International Journal Of Disaster Risk Science*, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 1-29, mar. 2016.

BANCO MUNDIAL. Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. Global Facility for Disaster Reduction and Recovery. *Resiliência e risco de desastres*: um guia para atuação municipal. Florianópolis: FAPEU, 2020.

BRASIL. *Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012*. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2012.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. *A P&DC e os 30 anos de desastres no Brasil*: 1991-2020. Florianópolis: Fepese, 2022.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS (CEMADEN). *Dados pluviométricos da Rede Observacional para Monitoramento de Risco de Desastres Naturais*. 2025. Disponível em: https://mapainterativo.cemaden.gov.br. Acesso em: 01 fev. 2025.

DUARTE, C. C.; WANDERLEY, L. S. de A.; MOREIRA, A. B. Mapeamento quali-quantitativo do risco de movimentos de massa no município de Garanhuns, Pernambuco. In: MOURA, M. de O.; CUNICO, C.; LUCENA, D. B. (org.). *Riscos, vulnerabilidades e desastres socioambientais:* concepções e estudos de caso. João Pessoa: Editora UFPB, 2023. p. 69-87.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA (EPAGRI). *Dados de estações do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia.* 2025. Disponível em: https://ciram.epagri.sc.gov.br/agroconnect/. Acesso em: 01 fev. 2025.

FERNANDES, C. V.; PEIXOTO, A. S. P.; KAISER, I. M. Análise de agentes desencadeadores de desastres naturais utilizando simulação de Monte Carlo. In: XIX *Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica*, 19., 2018, Salvador. *Anais do XIX COBRAMSEG*. Salvador: ABMS, 2018, p. 1-10.

GOULART, A. C. de O.; CUNHA, L. J. S. da; GIMENES, A. C. W. Desafios e possibilidades estratégicas para uma política de redução de risco de desastres. *Revista Geosul*, Florianópolis, v. 35, n. 76, p. 326-351, dez. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Produto Interno Bruto dos Municípios 2002-2021*. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Área territorial brasileira 2022*. Rio de Janeiro: IBGE, 2023a.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo Demográfico 2022:* População e Domicílios – Primeiros Resultados. Rio de Janeiro: IBGE, 2023b.

MARCELINO, E. V.; NUNES, L. H.; KOBIYAMA, M. Banco de dados de desastres naturais: análise de dados globais e regionais. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 7, n. 19, p. 130-149, out. 2006.

MORA, S. Disasters are not natural: risk management, a tool for development. *Geological Society, London, Engineering Geology Special Publications*, Londres, v. 22, n. 1, p. 101-112, jan. 2009.

NARVÁEZ, L.; LAVELL, A.; ORTEGA, G. P. *La Gestión del Riesgo de Desastres*: un enfoque basado en procesos. Lima: Predecan, 2009.

SECRETARIA DE ESTADO DA PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL DE SANTA CATARINA (SDC/SC). *Observação Meteorológica SDC/SC 15/01 20:00 – Temporais isolados e chuva pontualmente intensa entre quinta (16) e sexta-feira (17)*. 2025a. Disponível em: https://www.defesacivil.sc.gov.br/2025/01/15/observacao-meteorologica-sdc-sc-15-01-2000-temporais-isolados-e-chuva-pontualmente-intensa-entre-quinta-16-e-sexta-feira-17/. Acesso em: 01 mar. 2025.

SECRETARIA DE ESTADO DA PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL DE SANTA CATARINA (SDC/SC). Nota oficial: Secretaria da Proteção e Defesa Civil e EPAGRI explicam volume de chuva acima da média no Litoral Catarinense. 2025b. Disponível em: https://www.defesacivil.sc.gov.br/2025/01/17/nota-oficial-secretaria-da-protecao-e-defesa-civil-e-epagri-explicam-volume-de-chuva-acima-da-media-no-litoral-catarinense/. Acesso em: 01 mar. 2025.

SILVA, W. J. E. da; MOURA, M. de O. Análise da distribuição espaço-temporal dos desastres hidroclimáticos no estado da Paraíba. In: MOURA, M. de O.; CUNICO, C.; LUCENA, D. B. (org.). *Riscos, vulnerabilidades e desastres socioambientais:* concepções e estudos de caso. João Pessoa: Editora UFPB, 2023. p. 105-120.

SULAIMAN, S. N.; NOGUEIRA, F. R.; CARVALHO, C. S.; COUTINHO, S. M. V.; LEITE, M. de A. B.; MOURA, R. B. Da teoria à prática: como evoluíram as visões e as aplicações sobre a Gestão de Riscos e Desastres. In: BRASIL (org.). *GIRD +10:* Caderno técnico de gestão integrada de riscos e desastres. Brasília: MIDR, 2021. p. 10-27.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNDRR). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. Genebra: UNDRR, 2015.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNDRR). *Words Into Action:* Developing National Disaster Risk Reduction Strategies. Genebra: UNDRR, 2019

XAVIER, D. R. et al. Organização, disponibilização e possibilidades de análise de dados sobre desastres de origem climática e seus impactos sobre a saúde no Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, [S.L.], v. 19, n. 9, p. 3657-3668, set. 2014.

ZAMPARONI, C. G. Riscos e desastres naturais em ambiente urbano: o exemplo de Cuiabá/MT. *Revista Brasileira de Climatologia*, Dourados, v. 10, p. 7-20, jun. 2012.

PREVISÃO DE DESLIZAMENTOS POR MEIO DE TÉCNICAS DE APRENDIZADO DE MÁQUINA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

PREDICTING LANDSLIDES THROUGH MACHINE LEARNING TECHNIQUES: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW[1]

1º Zuleide Ferreira[1, 2] e 2º Pedro Cabral[2,3]

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Palmas, Department of Geomatics, Palmas – Tocantins – Brazil, zuleide@ifto.edu.br

2 NOVA Information Management School (NOVA IMS), Universidade Nova de Lisboa, Campus de Campolide, Lisbon, Portugal.

3 School of Remote Sensing and Geomatics Engineering, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing, China, pcabral@novaims.unl.pt

RESUMO

Revisões sistemáticas são fundamentais para sintetizar evidências e identificar lacunas científicas. Este estudo analisa 87 artigos de periódicos de alto impacto da base Scopus que abordaram o mapeamento de suscetibilidade a deslizamentos (*landslide susceptibility mapping* - LSM) através de aprendizado de máquina (*machine learning* - ML). A revisão sintetiza os modelos utilizados, fatores de influência e abordagens metodológicas. Os algoritmos mais frequentes são Support *Vector Machines (SVM), Random Forest (RF), and Logistic Regression (LR)*, empregados em 40%, 31% e 23% dos estudos analisados, respectivamente. Entre os principais fatores associados aos deslizamentos estão declive (94%), aspecto (92%), elevação (87%), distância aos cursos d'água (79%) e uso e cobertura da terra (74%). Os resultados evidenciam a crescente aplicação do ML no LSM, contribuindo para maior precisão preditiva e tomada de decisão informada na gestão de risco de deslizamentos. Deste modo, este estudo fornece insights valiosos sobre tendências atuais, avanços metodológicos e futuras direções de pesquisa em previsão de deslizamentos.

Palavras-Chave: Avaliação de risco de deslizamentos. Análise baseada em dados. Modelagem geoespacial. Métodos de mapeamento de risco. Avaliação de fatores ambientais.

ABSTRACT

Systematic literature reviews are essential for synthesizing scientific evidence and identifying research gaps. This study analyzes 87 articles from high-impact journals in the Scopus database that addressed landslide susceptibility mapping (LSM) through machine learning (ML). The review summarizes the most used models, influencing factors, and methodological approaches. The most frequently applied algorithms are Support Vector Machines (SVM), Random Forest (RF), and Logistic Regression (LR), employed in 40%, 31% and 23% of the analyzed studies, respectively. The most significant landslide factors include slope (94%), aspect (92%), elevation (87%), distance to rivers (79%), and land use/land cover (LULC) (74%). The results highlight the increasing integration of ML in LSM, contributing to enhanced predictive accuracy and informed decision-making in landslide risk management. In this way, this study provides valuable insights into current trends, methodological advancements, and future research directions in landslide prediction.

Keywords: Landslide hazard assessment. Data-driven analysis. Geospatial modeling. Risk mapping methods. Environmental factor evaluation.

[1] This review served as the foundational basis for the study "Insights into Landslide Susceptibility: A Comparative Evaluation of Multi-Criteria Analysis and Machine Learning Techniques."

1 INTRODUCTION

Literature reviews play an essential role in academic research, allowing scholars to evaluate existing knowledge, identify research gaps, and synthesize findings to test hypotheses or develop new theories (Xiao and Watson, 2019). A systematic literature review is an organized method for searching, collecting, and evaluating scientific evidence related to a hypothesis, serving as a fundamental tool across various fields of knowledge (Letouze *et al.*, 2016). As the primary method for generating scientific evidence, systematic literature reviews compile the highest-quality studies on a given research topic (Kitchenham *et al.*, 2009). Hence, systematic reviews serve as a methodological approach to consolidating evidence on a particular research question, providing valuable insights for policymakers, practitioners, researchers, and the general public (Shrikant, 2024). Thus, a comprehensive literature review on landslide susceptibility mapping (LSM) provides valuable insights into methodologies for developing and applying susceptibility models, guiding the selection of an appropriate statistical model, performance evaluation, and uncertainty estimation (Reichenbach *et al.*, 2018).

Recent advancements in technologies such as remote sensing (RS), geographic information systems (GIS), and machine learning (ML) have been increasingly applied in LSM, where RS is primarily used for data extraction in target regions and GIS for collecting, storing, managing, processing, analyzing, and visualizing georeferenced data (Erener and DüZgüN, 2012; Merghadi *et al.*, 2020; Nhu *et al.*, 2020). Additionally, GIS provides essential tools for generating maps and inventories, predicting scenarios, and assessing hazards, vulnerabilities, and risks related to both natural and anthropogenic disasters (Indirli, 2009). In parallel, ML techniques have gained increasing prominence in LSM, as numerous models based on various statistical approaches have demonstrated strong predictive capabilities across diverse regions (Merghadi *et al.*, 2020; Ullah *et al.*, 2025). Thus, the widespread adoption of these techniques has contributed to enhancing the accuracy of LSM by enabling the efficient generation of reliable maps when provided with sufficient high-quality data, ultimately supporting better predictions and improved decision-making in landslide risk management (Liu *et al.*, 2023). In this sense, this study aims to conduct a systematic literature review on LSM through ML techniques, providing a comprehensive understanding of how these innovative technologies are being used in landslide prediction. It is expected that our results will contribute to a deeper insight into the potential of ML in LSM, offering valuable guidance for future research and practical applications in the field of geohazard management.

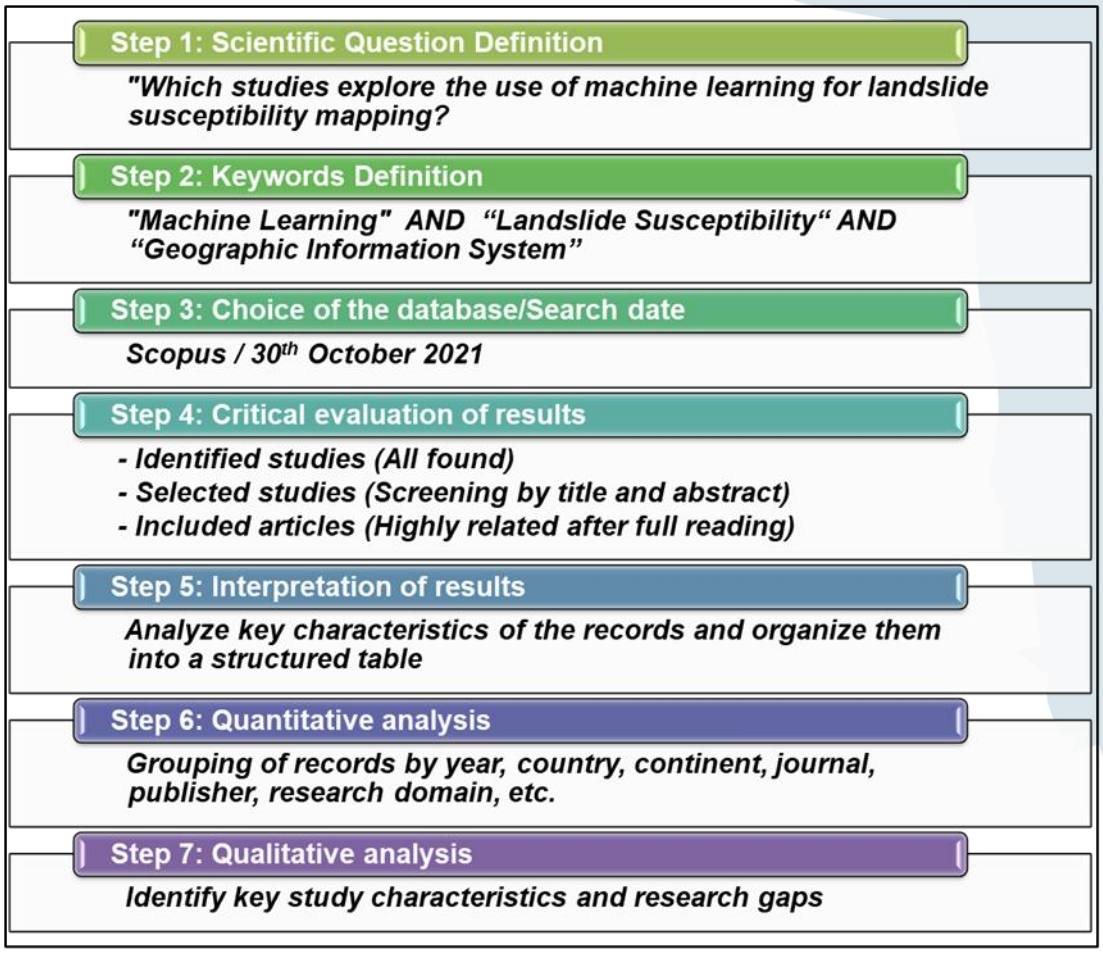
2 METHODS

Conducting a systematic literature review requires establishing a study protocol that defines a detailed review plan, outlines the process to be followed, and minimizes potential biases in research (Brereton *et al.*, 2007). This protocol should encompass key elements such as the search methodology, criteria for article inclusion and exclusion, study quality assessment, result accuracy evaluation, and the selection of appropriate statistical analysis methods (Sampaio and Mancini, 2007). Building upon this framework, our study adopts a methodology adapted from Atallah & Castro (1998), Letouze et al. (2016) and Sampaio & Mancini (2007). This approach followed a structured, seven-step methodology. The first step involved formulating a clear scientific question: “Which studies have applied machine learning techniques to landslide susceptibility mapping?” In the second step, relevant keywords were

defined, with “Machine Learning,” “Landslide Susceptibility,” and “Geographic Information System” selected to guide the search. The third step consisted of selecting the database, with Scopus chosen due to its comprehensive coverage of high-quality scientific literature.

In the fourth step, a rigorous screening process was applied to the search results. This included an initial filtering based on titles and abstracts, followed by a full-text review to ensure the inclusion of only highly relevant studies. The fifth step involved systematically organizing key characteristics of the selected studies into a structured table. The sixth step entailed a quantitative analysis of the dataset, categorizing the studies by publication year, country, continent, journal, publisher, and research domain. Finally, a qualitative synthesis (step seven) was conducted to identify prevailing research trends, methodological patterns, and critical knowledge gaps. This systematic and reproducible methodology ensured a comprehensive and insightful synthesis of the current literature (Figure 1).

Figure 1. Flowchart of the systematic literature review process.

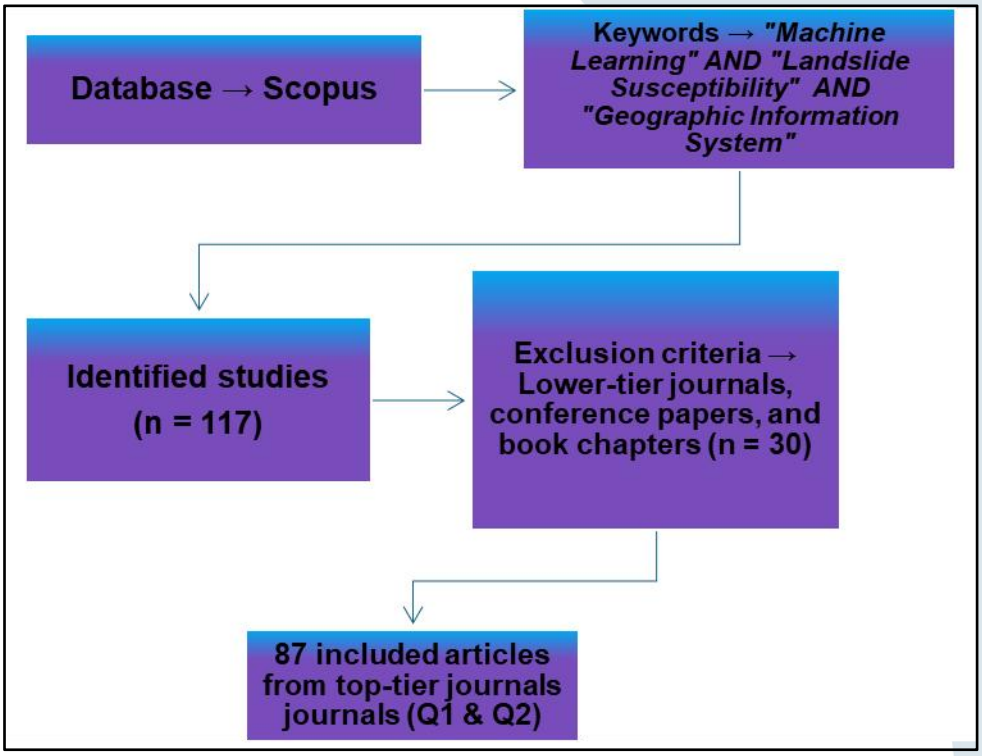


Source: Adapted from Atallah & Castro (1998), Letouze et al. (2016) and Sampaio & Mancini (2007).

3 RESULTS AND DISCUSSION

Following the methodology outlined in the previous section, a total of 117 documents were initially retrieved from the Scopus database. Applying the defined inclusion criteria, the selection process prioritized studies published in high-impact, peer-reviewed journals. After a rigorous screening and eligibility assessment, 87 articles were retained for the final systematic review (Figure 2). Notably, most of these studies (68%) were published in Q1-ranked journals according to Scopus, underscoring the scientific rigor and relevance of the selected literature.

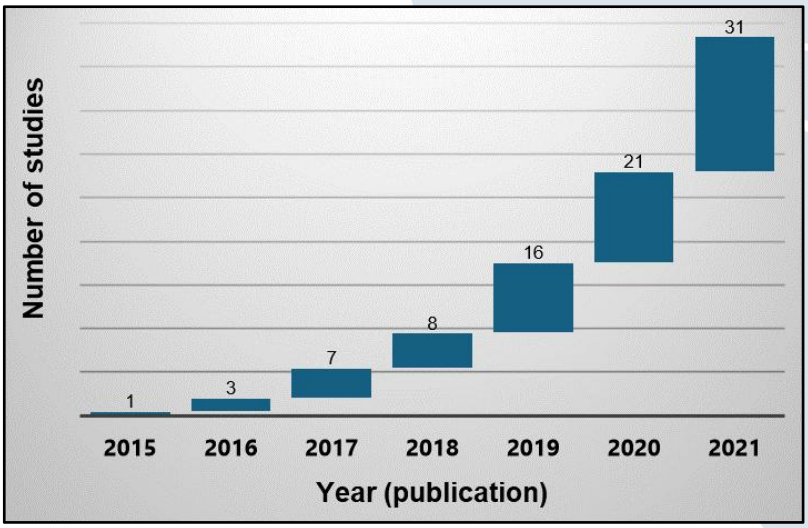
Figure 2. Studies included in the systematic literature review.



n = number of studies included in each step.
Source: Elaborated by the authors.

Although no publication date restrictions were imposed, all identified articles were published from 2015 onward. A clear upward trend in research activity was observed over time, with a marked increase in the number of publications. Notably, 2021 recorded the highest number of articles published within the analyzed period, reflecting growing scholarly interest in the application of ML to LSM (Figure 3).

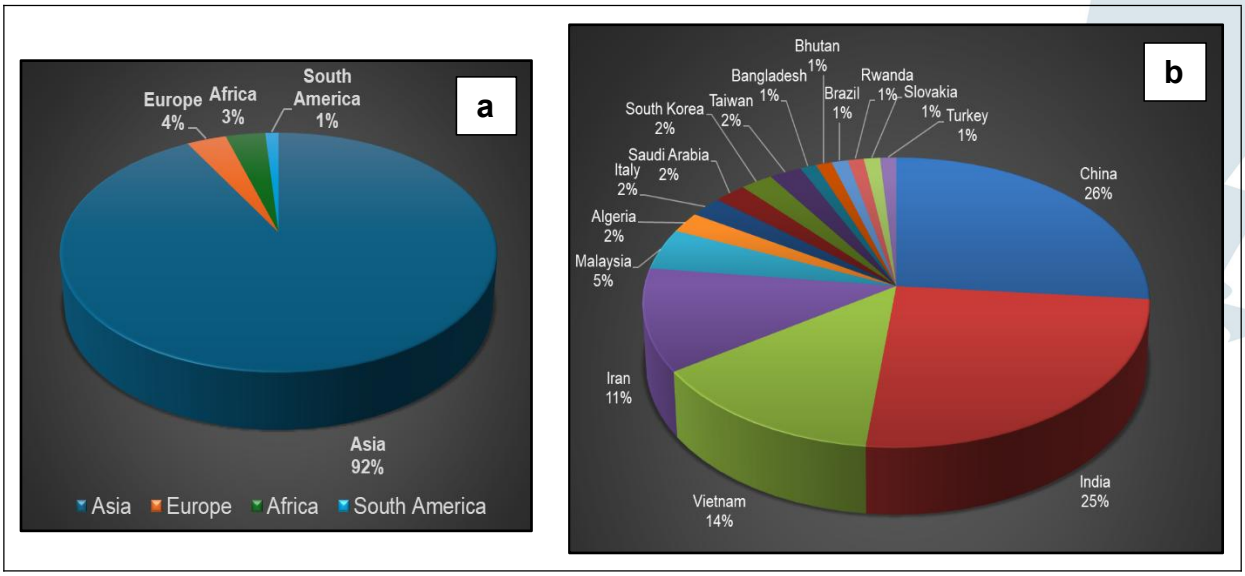
Figure 3. Number of publications by year.



Source: Elaborated by the authors.

Figure 4a presents the geographical distribution of the studies included in this analysis, highlighting a strong concentration of research efforts in Asia. Notably, 92% of the articles originated from this continent, with China (26%), India (25%), and Vietnam (14%) emerging as the most frequently represented countries (Figure 4b).

Figure 4. Percentage of included articles by continent **(a)**.
Percentage of included articles by country **(b)**.

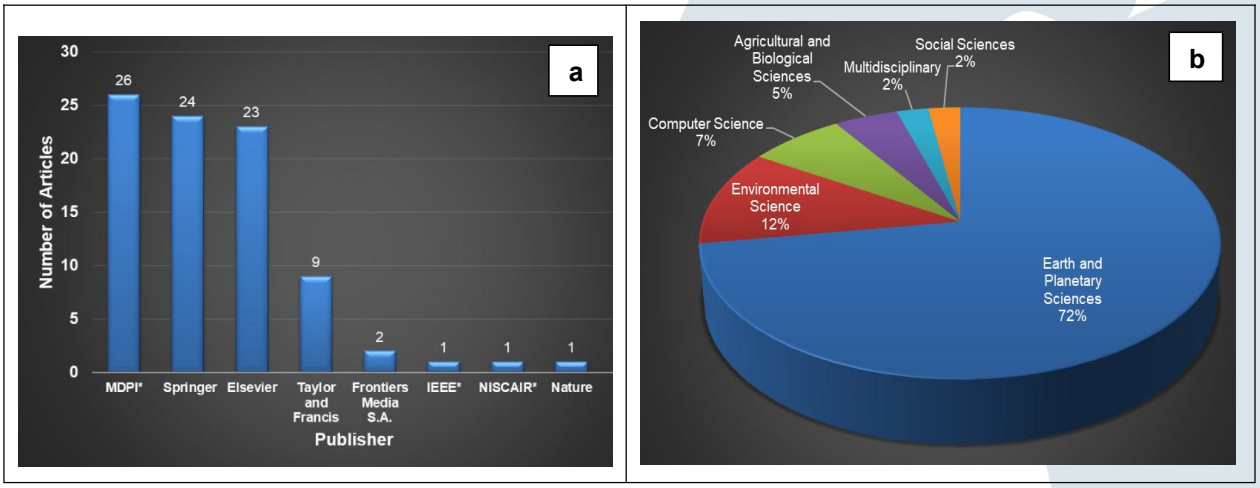


Source: Elaborated by the authors.

The selected articles were categorized according to their primary publishers and associated research domains, as illustrated in Figures 5a and 5b. Most publications (84%) were issued by three major publishers: Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), Elsevier, and Springer. Similarly, a substantial proportion (91%) of the studies were linked to

the fields of Earth and Planetary Sciences, Environmental Science, and Computer Science (Figure 5b).

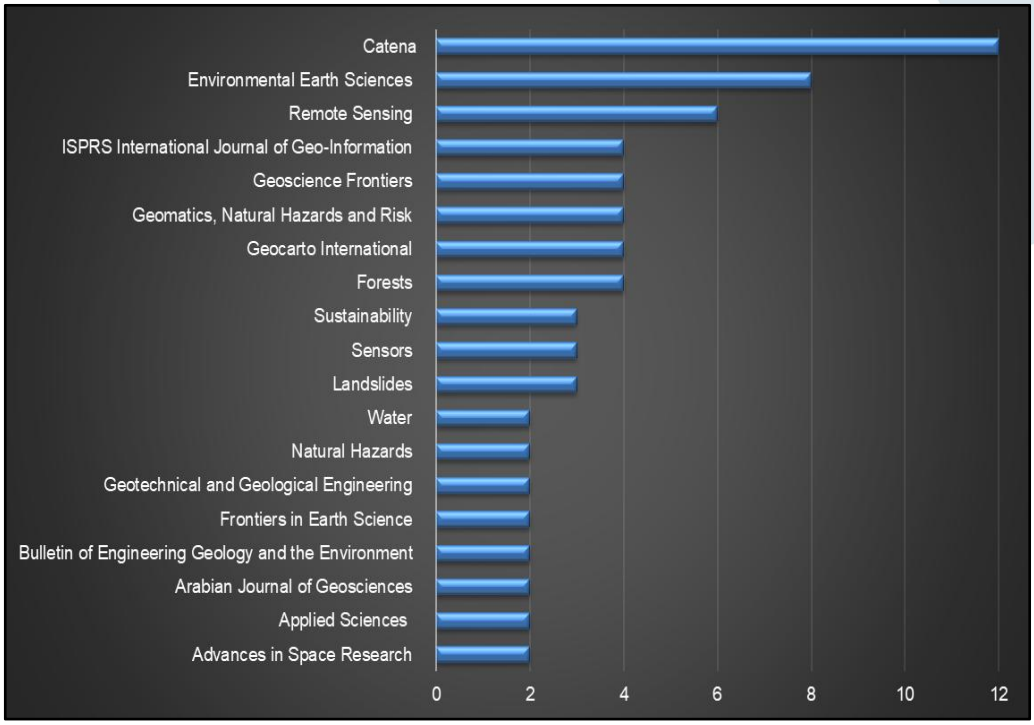
Figure 5. Number of included articles by publisher **(a)** and research domain **(b).**



*Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters (IEEE); National Institute of Science Communication and Information Resources (NISCAIR).
Source: Elaborated by the authors.

The 87 articles included in the review were published across 34 different journals. However, Catena (Elsevier), Environmental Earth Sciences (Springer), and Remote Sensing (MDPI) accounted for 30% of the publications. Figure 6 highlights all journals that were represented by more than one publication.

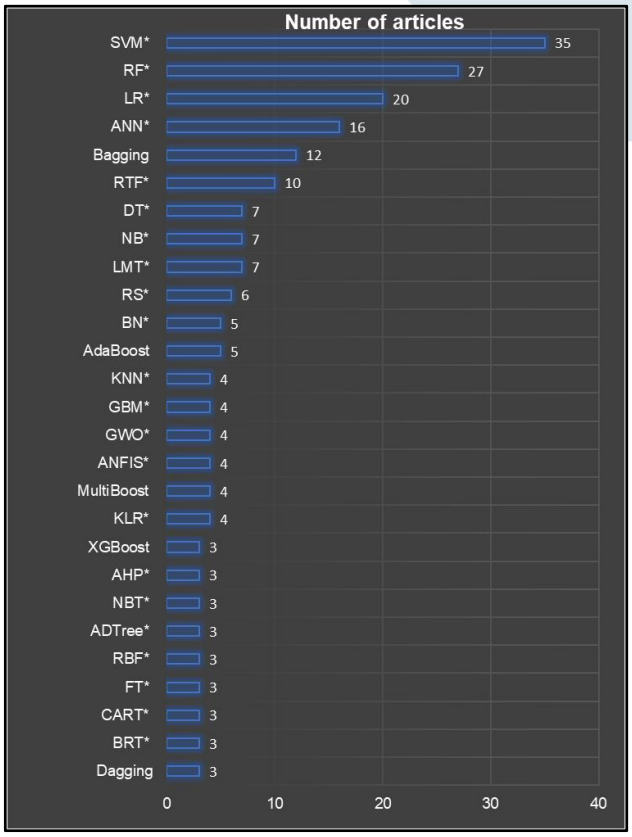
Figure 6. Number of included articles by journals.



Source: Elaborated by the authors.

Figure 7 presents the main algorithms and techniques employed in landslide susceptibility prediction based on the reviewed studies. The three most frequently applied methods were Support Vector Machines (SVM), Random Forest (RF), and Logistic Regression (LR), reported in 35 (40%), 27 (31%), and 20 (23%) articles, respectively. Among these, SVM emerged as the most widely employed ML model, a finding consistent with observations from previous studies (Merghadi *et al.*, 2020; Ado *et al.*, 2022; Tehrani *et al.*, 2022).

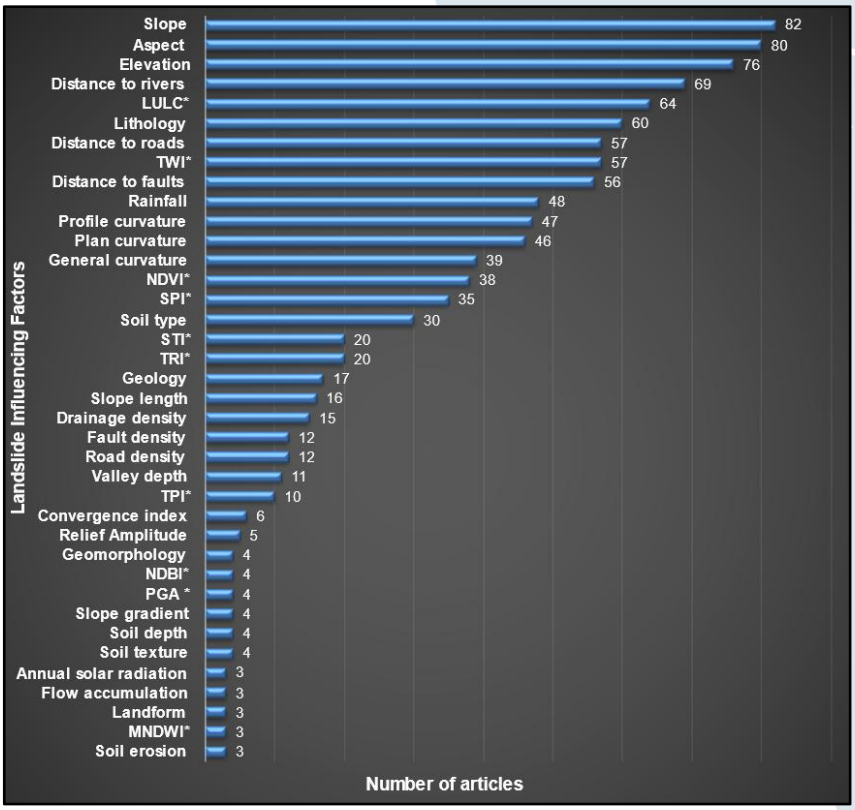
Figure 7. Most employed algorithms and techniques in LSM.



* Support Vector Machines (SVM); Random Forest (RF), Logistic regression (LR), Artificial Neural Network (ANN); Rotation Forest (RTF), Decision Tree (DT); Naïve Bayes (NB); Logistic Model Trees (LMT); Random Subspace (RS); Bayesian Network (BN); K-Nearest Neighbor (KNN); Gradient Boosting Machine (GBM); Grey Wolf Optimizer (GWO); Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS); Kernel Logistic Regression (KLR); Analytical Hierarchy Process (AHP); Naïve-Bayes Tree (NBT); Alternative Decision Tree (ADTree); Radial Basis Function (RBF); Functional trees (FT); Classification and Regression Tree (CART); Boosted Regression Tree (BRT).
Source: Elaborated by the authors.

Figure 8 depicts the key landslide conditioning factors identified across the reviewed studies, focusing on those cited more than twice. The five most frequently reported factors were slope, aspect, elevation, distance to rivers, and land use/land cover (LULC), mentioned in 82 (94%), 80 (92%), 76 (87%), 69 (79%), and 64 (74%) studies, respectively. These findings are consistent with those of Dias et al. (2021), who also highlighted slope, aspect, and elevation as the most commonly utilized factors in LSM.

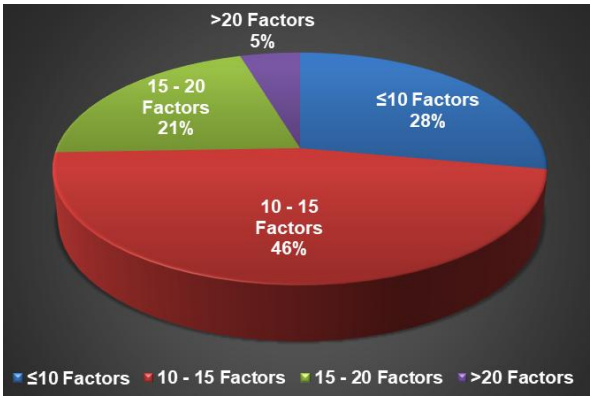
Figure 8. Main landslides causative factors.



*Land use / land cover (LULC); Topographic Wetness Index (TWI); Normalized Difference Vegetation Index (NDVI); Stream Power Index (SPI); Topographic Ruggedness Index (TRI); Sediment Transport Index (STI); Terrain Position Index (TPI); Peak Ground Acceleration (PGA); Normalized Difference Building Index (NDBI); Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI).
Source: Elaborated by the authors.

Figure 9 shows the distribution of studies based on the number of landslide conditioning factors considered. Among the included articles, 28% incorporated fewer than 10 factors, 46% included between 10 and 15 factors, 21% considered 15 to 20 factors, and only 5% utilized more than 20 factors in their analyses.

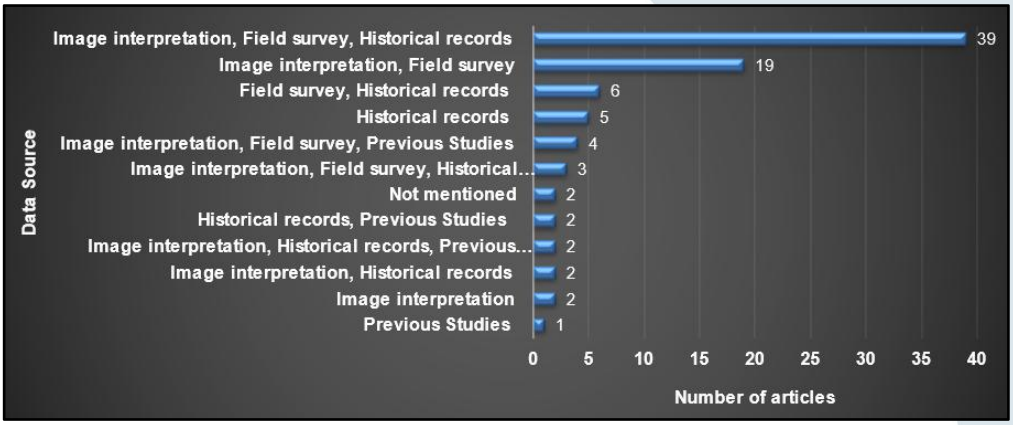
Figure 9. Distribution of landslide influencing factors considered in the included articles.



Source: Elaborated by the authors.

Except for two studies, all included articles reported the use of a landslide inventory to support model assessment. These inventories were generally classified into four categories: image interpretation, field surveys, historical records, and previous studies. Image interpretation typically involves the analysis of aerial photographs and satellite imagery, while historical records are usually obtained from governmental agencies. The category of previous studies encompasses data derived from academic or independent research not necessarily affiliated with official institutions. As illustrated in Figure 10, 39 studies (45%) employed a combination of image interpretation, field surveys, and historical records in their analyses.

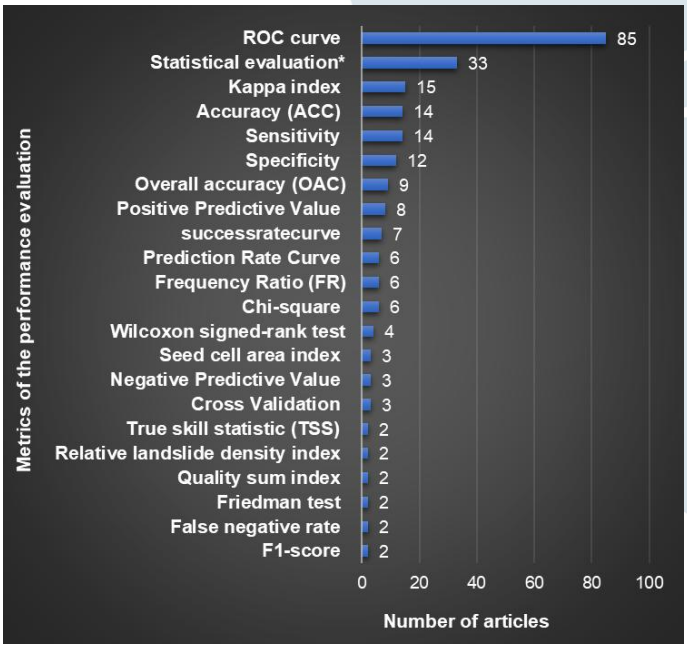
Figure 10. Categorization of landslide inventory sources applied in the included article.



Source: Elaborated by the authors.

To assess the performance of landslide prediction models, 85 of the included articles (98%) employed the Receiver Operating Characteristic (ROC) curve, as shown in Figure 11. Additional statistical evaluation metrics—such as mean error, mean absolute error, and root mean square error—were used in 33 studies (38%). The Kappa index was applied in 15 studies (17%), while accuracy (ACC) and sensitivity were reported in 14 studies (16%). These findings align with previous research indicating that the ROC Area Under the Curve (AUC) is the most widely adopted metric for evaluating the performance of ML algorithms in LSM (Dias *et al.*, 2021; Ado *et al.*, 2022).

Figure 11. Metrics of the performance evaluation used to assess landslide prediction models.



* Mean error, mean absolute error and root mean square error.
Source: Elaborated by the authors.

4 CONCLUSIONS AND LIMITATIONS

This systematic review provides a comprehensive synthesis of recent research on the application of ML techniques for LSM. A total of 87 peer-reviewed articles published between 2015 and 2021 were analyzed to identify prevailing methodological trends, key influencing factors, and evaluation practices within the field. The results highlight a growing interest in ML-based approaches to LSM, with a sharp increase in publications over the last decade, particularly in 2021.

SVM, RF and LR emerged as the most frequently used algorithms, with SVM identified as the dominant technique across the reviewed literature. Similarly, slope, aspect, elevation, distance to rivers, and LULC were the most employed conditioning factors. Notably, most studies utilized between 10 and 15 influencing factors, demonstrating a preference for moderate model complexity.

Asia, particularly China, India, and Vietnam, accounted for most of the research output, indicating a regional concentration of scientific efforts likely driven by the high incidence of landslide events and data availability in these areas. Moreover, most studies relied on landslide inventories generated through a combination of image interpretation, field surveys, and historical records, which underscores the importance of multi-source data integration in improving model reliability. For model evaluation, the ROC AUC metric was employed by the vast majority of studies, reaffirming its widespread acceptance as a robust and reliable tool for measuring the predictive performance of algorithms applied to LSM.

Despite offering valuable insights into current trends and methodologies in LSM, this review is not without limitations. Firstly, the analysis was limited to articles indexed in the Scopus database, which, although comprehensive, may have excluded relevant studies from other databases or sources. Secondly, the identification of relevant literature is generally

influenced by the selection of keywords, which may have inadvertently constrained the scope and comprehensiveness of the review. Furthermore, the manual screening and categorization of articles proved to be both time-consuming and complex, particularly given the methodological diversity across studies.

Another important limitation relates to the variability in the datasets, spatial resolutions, and validation techniques employed, which hindered a consistent comparison of the predictive accuracy of different ML models across similar study areas. Additionally, the predominance of studies originating from a limited number of countries, especially from Asia, may affect the generalizability of findings to regions with different geomorphological or socio-environmental contexts.

The standardization of landslide causative factors also posed a methodological challenge, as terminological inconsistencies across studies complicated comparative analysis. To overcome these constraints, future reviews could benefit from the integration of text mining tools and automated data extraction techniques to enhance efficiency, consistency, and reproducibility in the review process. Overall, despite these limitations, this study highlights the growing significance of ML techniques in improving the accuracy of landslide prediction and reinforces their potential for supporting more effective risk management and mitigation strategies.

5 REFERÊNCIAS

ADO, M. et al. Landslide Susceptibility Mapping Using Machine Learning: A Literature Survey. **Remote Sensing,** v. 14, n. 13, p. 3029, 2022. ISSN 2072-4292. Available at: < https://www.mdpi.com/2072-4292/14/13/3029 >.

ATALLAH, A. N.; CASTRO, A. A. Revisão sistemática da literatura e metanálise. **Medicina baseada em evidências: fundamentos da pesquisa clínica. São Paulo: Lemos-Editorial**, p. 42-48, 1998.

BRERETON, P. et al. Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain. **Journal of systems and software,** v. 80, n. 4, p. 571-583, 2007. ISSN 0164-1212.

DIAS, H. C.; HÖLBLING, D.; GROHMANN, C. H. **Landslide Susceptibility Mapping in Brazil: A Review**. Geosciences. 11 2021.

ERENER, A.; DÜZGÜN, H. Landslide susceptibility assessment: what are the effects of mapping unit and mapping method? **Environmental Earth Sciences,** v. 66, n. 3, p. 859-877, 2012. ISSN 1866-6299.

INDIRLI, M. Organization of a Geographic Information System (GIS) Database on Natural Hazards and Structural Vulnerability for the Historic Center of San Giuliano Di Puglia (Italy) and the City of Valparaiso (Chile). **International Journal of Architectural Heritage,** v. 3, n. 4, p. 276-315, 2009/05/22 2009. ISSN 1558-3058. Available at: < https://doi.org/10.1080/15583050902803780 >.

KITCHENHAM, B. et al. Systematic literature reviews in software engineering–a systematic literature review. **Information and software technology,** v. 51, n. 1, p. 7-15, 2009. ISSN 0950-5849.

LETOUZE, P.; SOUZA JUNIOR, J.; SILVA, V. Um breve guia para revisões sistemáticas aplicado a Ciência da Computação. **Palmas-TO. EDUFT**, 2016.

LIU, S. et al. A comprehensive review of machine learning-based methods in landslide susceptibility mapping. **Geological Journal,** v. 58, n. 6, p. 2283-2301, 2023. ISSN 0072-1050. Available at: < https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/gj.4666 >.

MERGHADI, A. et al. Machine learning methods for landslide susceptibility studies: A comparative overview of algorithm performance. **Earth-Science Reviews,** v. 207, 2020. ISSN 00128252.

NHU, V.-H. et al. Effectiveness assessment of Keras based deep learning with different robust optimization algorithms for shallow landslide susceptibility mapping at tropical area. **Catena,** v. 188, p. 104458, 2020. ISSN 0341-8162.

REICHENBACH, P. et al. A review of statistically-based landslide susceptibility models. **Earth-Science Reviews,** v. 180, p. 60-91, 2018. ISSN 0012-8252. Available at: < https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012825217305652 >.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Brazilian Journal of Physical Therapy,** v. 11, p. 83-89, 2007. ISSN 1413-3555.

SHRIKANT, I. B. The importance of systematic reviews. **International Journal of Injury Control and Safety Promotion,** v. 31, n. 3, p. 347--349, 2024. Available at: < https://doi.org/10.1080/17457300.2024.2388484 ,eprint = https://doi.org/10.1080/17457300.2024.2388484 >.

TEHRANI, F. S. et al. Machine learning and landslide studies: recent advances and applications. **Natural Hazards,** v. 114, n. 2, p. 1197-1245, 2022/11/01 2022. ISSN 1573-0840. Available at: < https://doi.org/10.1007/s11069-022-05423-7 >.

ULLAH, M. et al. Integrated Machine Learning Approaches for Landslide Susceptibility Mapping Along the Pakistan–China Karakoram Highway. **Land,** v. 14, n. 1, p. 172, 2025. ISSN 2073-445X. Available at: < https://www.mdpi.com/2073-445X/14/1/172 >.

XIAO, Y.; WATSON, M. Guidance on Conducting a Systematic Literature Review. **Journal of Planning Education and Research,** v. 39, n. 1, p. 93-112, 2019. Available at: < https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0739456X17723971 >.

PERCEPÇÃO DE RISCO EM CONTEXTOS DE VULNERABILIDADE: UM ESTUDO NA COMUNIDADE PINHEIROS, RIO BRANCO DO SUL – PR

RISK PERCEPTION IN CONTEXTS OF VULNERABILITY: A STUDY IN THE PINHEIROS COMMUNITY, RIO BRANCO DO SUL – PR

Fiama Leticia Reis Lima, Liliani Marilia Tiepolo, Silvana Marta Tumeleiro
1 UFPR, fiamaleticia@ufpr.br
2 UFPR Setor Litoral liliani@ufpr.br
3 UFPR Setor Litoral siltumelero@ufpr.br

RESUMO

Os riscos socioambientais urbanos se intensificam com a expansão desordenada das cidades, a desigualdade social e os efeitos das mudanças climáticas. Este estudo investiga a percepção de risco na comunidade Pinheiros, em Rio Branco do Sul (PR), marcada por precariedade habitacional e ausência de políticas públicas preventivas. Parte-se da hipótese de que as percepções de risco são moldadas por experiências cotidianas e vínculos afetivos com o território. As entrevistas revelaram preocupações com deslizamentos e quedas de árvores, além de destacar o protagonismo comunitário diante da omissão estatal. A metodologia adotou pesquisa bibliográfica, documental e trabalho de campo com observação participante, história de vida e entrevistas semiestruturadas.

Palavras-Chave: Vulnerabilidade Socioambiental. Assentamentos Precários. Justiça Socioambiental. Participação Comunitária.

ABSTRACT

Urban socio-environmental risks are intensified by the disorderly expansion of cities, social inequality, and the effects of climate change. This study investigates risk perception in the Pinheiros community, located in Rio Branco do Sul (PR), which is marked by housing precariousness and the absence of preventive public policies. The hypothesis is that risk perceptions are shaped by everyday experiences and emotional bonds with the territory. Interviews revealed concerns about landslides and falling trees, as well as highlighting community protagonism in the face of state omission. The methodology combined bibliographic and documentary research with fieldwork, including participant observation, life histories, and semi-structured interviews.

Keywords: Socio-environmental Vulnerability. Informal Settlements. Socio-environmental justice. Community Participation.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento urbano, o crescimento populacional e a desigualdade de renda no Brasil geram desafios ambientais e de gestão pública. A demanda por habitação, infraestrutura, saneamento, saúde, educação e outros serviços cresce continuamente. Com a expansão das cidades, observa-se a supressão de córregos e lagoas, o corte de encostas e a ocupação de margens de rios e áreas naturais (Silva, 2023).

A ocupação dessas áreas, muitas vezes desprovidas de infraestrutura urbana, acentua os processos de exclusão social e a desigualdade na distribuição de renda, resultando na concentração da população de baixa renda em assentamentos precários com condições habitacionais inadequadas (Maricato, 2000). Essas áreas, por serem pouco atrativas ao mercado imobiliário devido às restrições ambientais ou às dificuldades estruturais para construção, permanecem desocupadas e acabam se tornando a única opção para famílias cuja renda não permite o acesso a áreas urbanizadas e dotadas de infraestrutura.

Os riscos socioambientais são agravados pela forma como as terras urbanas são ocupadas, seja pela remoção da vegetação original ou pela construção precária e em larga escala de moradias. A ocupação de áreas ambientalmente frágeis decorre da dificuldade de aquisição de imóveis no mercado formal, uma vez que a exigência de renda mínima é um dos principais entraves, incompatível com os rendimentos da população de baixa renda. Os altos preços do mercado imobiliário, aliados à precarização salarial, inviabilizam a compra de imóveis por essa população, refletindo um modelo urbano pautado na lógica capitalista que direciona milhões de famílias para áreas inadequadas e distantes dos centros urbanos. Esse cenário reforça a problemática da urbanização acelerada no Brasil, que ocorreu sem um planejamento adequado (Spink, 2019).

A precarização das condições sociais torna pessoas em situação de pobreza ainda mais vulneráveis a eventos ambientais rotineiros, como chuvas intensas, resultando em exposição a doenças decorrentes do contato com água contaminada e da ausência de saneamento básico. Nessas circunstâncias, a perda de bens materiais é comum, afetando principalmente mulheres e pessoas negras (Herculano, 2006).

No atual contexto de emergência climática, é essencial considerar que os eventos extremos estão se tornando mais frequentes, intensos e difíceis de prever, impactando de maneira desproporcional os segmentos mais vulneráveis da sociedade. A incapacidade das instituições em atuar de forma coordenada e integrada diante da complexidade dessas situações agrava ainda mais o problema (Sezerino & Tiepolo, 2024). Diante desse cenário, torna-se urgente buscar alternativas eficazes para a implementação das prerrogativas constitucionais que garantem o direito à moradia adequada e a um meio ambiente equilibrado.

Paralelamente, é essencial promover a adaptação das populações humanas a eventos climáticos extremos, que afetam a sociedade de forma desigual.

A pesquisa justifica-se pela relevância do tema frente ao agravamento das desigualdades habitacionais em cenários de mudanças climáticas. Segundo a Fundação João Pinheiro, entre 2016 e 2019, o Brasil apresentava um déficit de 5,8 milhões de moradias (BRASIL, 2022), número que tende a crescer. Esse quadro se intensificou com a pandemia de COVID-19, que elevou o número de ocupações informais devido ao aumento da inflação e do desemprego (IPEA, 2022). No Paraná, há mais de 100 mil ocupações irregulares (COHAPAR, 2020), sendo que em Rio Branco do Sul, local do estudo, existem cerca de 13 assentamentos precários que abrigam aproximadamente 10 mil pessoas (RBS-SMASH, 2022).

A pesquisa terá como foco a comunidade Pinheiros[1], no município de Rio Branco do Sul, na Região Metropolitana de Curitiba, cuja economia está intrinsecamente ligada à exploração mineral, especialmente do calcário. O problema central desta investigação consiste em compreender quais são as percepções sociais, ambientais e ecológicas que a comunidade possui em relação ao seu território de moradia, parte-se da hipótese de que essas percepções são moldadas tanto por experiências cotidianas quanto por vínculos afetivos com o lugar. Diante disso, este artigo tem como analisar as percepções de risco ambiental manifestadas pelos moradores.

2 OBJETIVO

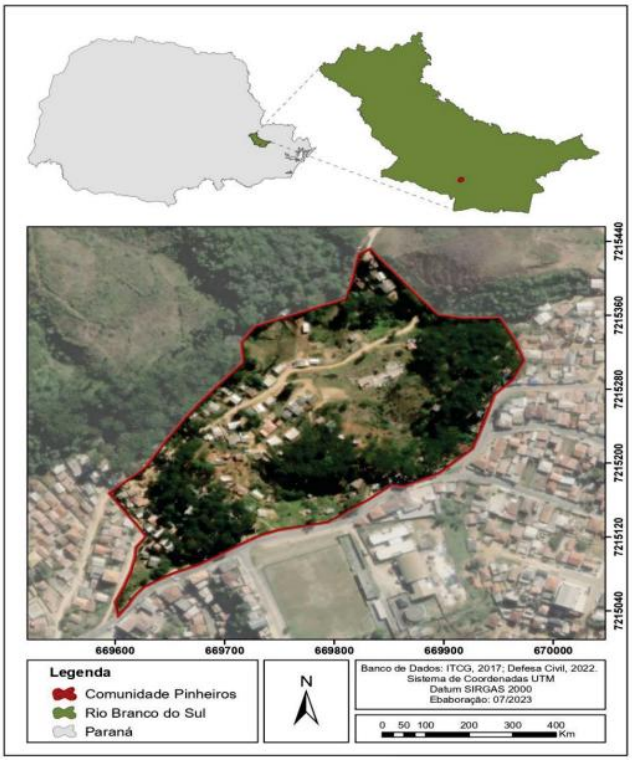
Este artigo tem como objetivo principal analisar as percepções de risco ambiental manifestadas pelos moradores da comunidade Pinheiros.

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no Bairro Madre, em uma ocupação informal autodenominada Pinheiros, no município de Rio Branco do Sul, Região Metropolitana de Curitiba (RMC) e Vale do Ribeira, nordeste do Paraná. Segundo o Plano Municipal de Assistência Social (2022), a comunidade Madre-Pinheiros abrange 7,13 hectares, com aproximadamente 256 moradores distribuídos em 56 domicílios, sendo apenas quatro formalizados. Abaixo na figura 1, encontra-se o mapa de localização da comunidade.

[1] Este artigo é derivado da dissertação de mestrado da autora, intitulada “Análise das dinâmicas históricas e socioambientais da comunidade Pinheiros a partir da percepção dos seus moradores”, defendida no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial Sustentável, da Universidade Federal do Paraná Setor Litoral, em 2024.

Figura 1. Mapa de localização da comunidade Pinheiros



Fonte: Autora (2023)

A metodologia adotada incluiu pesquisa bibliográfica e análise documental. A pesquisa bibliográfica foi realizada nas bases Scielo, Google Scholar, Portal de Periódicos da Capes e BDTD, utilizando palavras-chave como "riscos socioambientais", "áreas de risco" e "injustiça ambiental". A análise documental envolveu fontes como a Setorização de Áreas de Risco Geológico (CPRM), relatórios da Defesa Civil municipal, documentos da Secretaria de Meio Ambiente e Assistência Social, Plano Diretor e Plano Local de Habitação de Interesse Social, além de estatísticas do IBGE e IPARDES.

A pesquisa de campo incluiu observação participante, história de vida e entrevistas semiestruturadas para captar as percepções dos moradores sobre riscos ambientais. Conforme Whyte (1977), utilizou-se a abordagem de observação, escuta e questionamento. As entrevistas ocorreram em 24 de fevereiro de 2024, após aprovação do Comitê de Ética da UFPR. A pesquisadora já possuía contato prévio com uma das líderes comunitárias por meio do Projeto Formas de Habitar, facilitando a identificação de participantes. Foram realizadas sete entrevistas entre 10h e 18h, que, embora abaixo da meta inicial de 10, geraram um volume significativo de informações, totalizando quase 100 páginas transcritas.

Os participantes receberam explicações sobre a pesquisa e assinaram o Termo de Livre Consentimento. O critério de inclusão exigia residência mínima de cinco anos na

comunidade. As entrevistas iniciaram com perguntas abertas sobre tempo de moradia, evoluindo para percepções ambientais, com foco em riscos como quedas de árvores, enchentes, inundações e deslizamentos. Além das entrevistas formais, conversas informais trouxeram contribuições valiosas, incorporadas à análise dos resultados.

Quadro 1. Perguntas norteadoras

II - Percepção do Convívio com Riscos	
	Existe alguma chance da sua moradia ser atingida por algum tipo de incidente ou evento?
	Quais as vantagens de se viver na Comunidade Pinheiros?
	Quais as desvantagens de se viver na Comunidade Pinheiros?
	Você já presenciou algum fenômeno de risco aqui? (queda de árvores, enchentes, deslizamento de terras, incêndio, vendaval)
	Você tem medo de que algum evento ocorra na comunidade?
	Você se sente vulnerável morando na comunidade?
	Você já teve perda financeira por ter sua moradia atingida por algum evento ou acidente?
III - Percepção dos Fenômenos de Risco	
	O que ocasiona as inundações na comunidade?
	Em que época do ano é mais arriscado ter inundações?
	Que locais da comunidade são mais sujeitos a inundações?
	Que locais da comunidade são mais favoráveis ao deslizamento de terras?
	Você considera que a chuva acentua o risco de viver aqui?
	Você considera que a chuva está mais forte agora do que antes?
	Você consegue prever quando vai acontecer uma inundação na comunidade Pinheiros, em caso afirmativo, de que maneira você consegue fazer a previsão?
	Você leva em conta a previsão do tempo para avaliar se há possibilidade de acontecer um incidente ou evento climático?
	O que você faz para evitar ser atingido por um evento natural extremo que possa colocar sua vida em risco?
IV - Ação e Responsabilidade sobre os riscos	
	Quem são os responsáveis pela situação de risco aqui na comunidade Pinheiros?
	A prefeitura já efetuou alguma intervenção na comunidade Pinheiros para reduzir os riscos ambientais?
	A defesa civil ou o corpo de bombeiros já esteve na comunidade para alertar sobre riscos ou ministrar algum treinamento de como agir em situações de risco ambiental?
	A assistência social já esteve na comunidade para ajudar depois de um evento?
	Hoje em dia, as condições de vida na Comunidade Pinheiros: melhoraram, pioraram ou se mantêm as mesmas? Por quê?
	Você se mudaria da Comunidade Pinheiros?
	A comunidade saber agir coletivamente frente a algum evento de risco que

	possa colocar em risco a vida de vocês? Vocês têm algum mecanismo coletivo para se preparar e conseguir escapar?
	Caso ocorra algum evento ambiental, você conhece os procedimentos e ações corretas a serem adotados para evitar danos materiais e a sua vida?

FONTE: Adaptado Souza e Zanella (2009)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas entrevistas, especificamente no bloco de perguntas que abordava fenômenos de risco e a percepção do convívio com esses riscos, os moradores evidenciaram um temor não apenas pela própria segurança, mas também pela segurança de pessoas próximas, como vizinhos, demonstrando o forte senso de comunidade. Essa percepção compartilhada do risco se alinha ao conceito de vulnerabilidade ambiental proposto por Acselrad (2004), que destaca como populações marginalizadas vivenciam uma exposição desproporcional a riscos socioambientais devido à localização em áreas periféricas e carentes de infraestrutura adequada.

O sentimento de solidariedade coletiva é amplamente influenciado pela vivência de situações de risco variadas na comunidade, como o relato de um incidente ocorrido dias antes da visita da pesquisadora, no qual um pinheiro caiu sobre a casa de uma moradora (figura 2). Segundo Mello e Bezerra (2015), eventos como esse exemplificam a interação entre desastres naturais e desigualdade social, onde a precariedade habitacional aumenta a suscetibilidade a eventos adversos, intensificando a percepção de risco.

Leff (2001) argumenta que a vulnerabilidade ambiental não é apenas uma questão técnica, mas está profundamente enraizada nas relações de poder e nas desigualdades sociais. Essa perspectiva é corroborada por Harvey (1996), ao discutir que o risco ambiental em espaços urbanos periféricos é frequentemente resultado de processos históricos de exclusão e segregação socioespacial.

Em situações de risco, como a queda da árvore, os moradores também demonstraram uma postura coletiva de resposta e apoio mútuo, o que, segundo Rattner (2009), reflete a importância das redes de solidariedade comunitária na construção de resiliência frente aos desafios ambientais e sociais. Essa dinâmica coletiva pode ser relacionada ao conceito de capital social, conforme discutido por Veiga (2005), no qual a coesão e a colaboração entre os membros da comunidade são essenciais para enfrentar adversidades.

Por outro lado, a precariedade da infraestrutura urbana e a ausência de políticas públicas efetivas de mitigação de riscos remetem ao que Hardin (1968) denominou a "tragédia dos comuns", onde a falta de gestão coletiva dos recursos naturais e dos espaços comuns resulta em uma degradação contínua das condições de vida. No contexto da comunidade

Pinheiros, isso se manifesta na insuficiência de ações preventivas por parte do poder público para evitar situações de risco iminente.

Newell e Martínez Alier (2016) destacam que essas comunidades periféricas frequentemente se encontram na linha de frente dos conflitos socioambientais, onde a luta por justiça ambiental torna-se uma questão central. A queda do pinheiro, embora possa parecer um evento isolado, evidencia a ausência de políticas de manejo e conservação urbana adequadas, reforçando a necessidade de uma abordagem integrada que considere as dimensões sociais, ambientais e políticas do território.

Valencio (2009) observa que a percepção de risco em comunidades vulneráveis é frequentemente mediada pela experiência direta com desastres ambientais, o que contribui para a construção de uma memória coletiva do risco. Essa memória influencia tanto as estratégias de sobrevivência quanto as demandas por políticas públicas que garantam maior segurança e qualidade de vida.

Por fim, a interação constante dos moradores com os riscos e a busca por soluções coletivas para minimizar seus impactos refletem a resistência e a luta dessas comunidades periféricas por melhores condições de vida. Como aponta Rammê (2010), a construção de uma sociedade mais justa e sustentável depende da capacidade dessas comunidades de se organizar e reivindicar seus direitos, transformando os espaços urbanos em territórios de resistência e transformação social.

Um dos moradores destacou como a maior desvantagem de viver na comunidade Pinheiros o constante medo de enfrentar situações de risco ambiental, como quedas de pinheiros, deslizamentos de terra e ventanias que frequentemente provocam a queda de galhos dos pinheiros sobre os telhados das residências. A Figura 2 apresenta a queda de um pinheiro registrada poucos dias antes da realização das entrevistas com os moradores pela pesquisadora.

Figura 2. Queda do Pinheiro

Fonte: Comunidade Pinheiros (2024)

Em relação às situações de risco presenciadas pelos moradores, todos relataram ter testemunhado incidentes, os mais antigos mencionaram que pelo menos quatro residências foram incendiadas devido a problemas na rede elétrica, além dos deslizamentos de terra, citaram tanto eventos antigos quanto aqueles ocorridos no final de 2023 devido a intensas chuvas na região. Durante a entrevista, foram identificados alguns outros pequenos pontos de deslizamento, como próximo ao parquinho, conforme a figura 3.

Figura 3. Foco de deslizamento próximo ao parquinho

Fonte: Autora (2024)

Durante a visita, conforme mencionado anteriormente, um pinheiro caiu dias antes, e todos os moradores entrevistados testemunharam esse evento. Quedas como essa podem ocorrer a qualquer momento devido à grande quantidade de pinheiros na comunidade, muitos dos quais estão deteriorados ou inclinados, apresentando sinais de movimentação. Segundo Acselrad (2004), a exposição contínua a riscos ambientais em comunidades vulneráveis resulta de processos históricos de exclusão e marginalização, onde as populações mais pobres são relegadas a espaços inseguros e ecologicamente frágeis.

As quedas de galhos representam não apenas uma ameaça à segurança física dos moradores, mas também perdas financeiras, pois frequentemente danificam os telhados das residências. Nesse momento da entrevista, a palavra "medo" foi a mais mencionada pelos entrevistados, refletindo o impacto psicológico causado por essas situações recorrentes de risco. Como apontam Mello e Bezerra (2015), a precariedade das habitações em áreas

periféricas contribui para aumentar a vulnerabilidade das populações, que vivem em constante estado de insegurança.

Outro incidente relatado foi uma tempestade de granizo que causou significativos prejuízos financeiros à comunidade, especialmente devido aos danos nos telhados das residências. Os moradores também mencionaram uma enxurrada relacionada a essa chuva, que afetou a comunidade e resultou na perda de móveis e eletrodomésticos. De acordo com Rammê (2010), essas situações destacam a fragilidade estrutural e econômica dessas comunidades, onde a ocorrência de desastres naturais agrava ainda mais as desigualdades existentes.

Em relação às responsabilidades, alguns entrevistados enfatizaram que eles mesmos são responsáveis, tanto pela má administração do meio ambiente quanto pelo impacto de suas atividades habitacionais. Um morador afirmou: “O meio ambiente fica com raiva e dá voz”. Essa percepção de responsabilidade compartilhada entre os moradores reflete o que Veiga (2005) define como capital social, uma dimensão essencial para a mobilização coletiva e a mitigação dos riscos ambientais.

Outra moradora atribuiu a responsabilidade tanto às pessoas quanto à poluição proveniente das fábricas próximas, destacando a diferença na qualidade do ar entre o campo e a comunidade. “Acho que são as pessoas, né? É a poluição, né? Porque tem as fábricas que soltam e poluem o ar, daí deixa tudo virado”. Esse relato remete ao conceito de injustiça ambiental discutido por Martínez Alier e Newell (2016), que enfatizam como os custos ambientais do desenvolvimento são desproporcionalmente suportados pelas populações empobrecidas.

Ao ouvir o relato, a pesquisadora adicionou uma pergunta complementar sobre os efeitos das fábricas na localidade. "A senhora sente aqui o efeito dessas fábricas que tem aqui perto? A resposta foi: “O ar daqui é diferente. Tem gente que vai morar nos matos para pegar mais saúde. Porque lá o ar é mais fresquinho, mais fluido. O ar é diferente”. Essa diferença na qualidade do ar reforça a percepção de que o ambiente urbano industrializado compromete a saúde e o bem-estar dos moradores, conforme argumentado por Leff (2001), ao discutir a relação entre degradação ambiental e saúde pública.

Outro entrevistado destacou: “Mas acho que a gente mesmo põe a vida da gente em risco, mas por não ter condição, né? Porque é bem complicado. Todo mundo que mora aqui é pessoas que não têm condição de ter um lugar melhor. Pode até conseguir, mas é com muito esforço”. Esse relato ecoa a “tragédia dos comuns” descrita por Hardin (1968), onde a falta de recursos individuais e coletivos impede a adoção de soluções mais seguras e sustentáveis.

Ainda assim, outro entrevistado defendeu que a responsabilidade é compartilhada: “Eu acho que um pouco de cada, né? É uma responsabilidade compartilhada”. Esse

reconhecimento das múltiplas variáveis envolvidas no processo de exposição ao risco se alinha com a perspectiva de Viola (2009), que destaca a importância de políticas públicas integradas para mitigar riscos ambientais em comunidades vulneráveis.

Por fim, os moradores afirmam que, se tivessem a opção de residir em um local que oferecesse condições seguras, nunca submeteriam a si mesmos nem às suas famílias ao risco. Essa afirmação reflete o conceito de direito à cidade de Harvey (1996), segundo o qual todos os indivíduos devem ter acesso a condições de vida dignas, segurança e infraestrutura adequada, independentemente de sua posição socioeconômica.

4.1 A Contradição Dos Pinheiros

O propósito deste tópico é analisar a relação do nome da comunidade ao principal risco percebido. A comunidade "Pinheiros" ou "Madre Pinheiros", é identificada pelos residentes sempre como "Pinheiros". Essa autoidentificação está diretamente relacionada ao risco ambiental mais evidente para eles: a queda de pinheiros, que traz consigo uma série de preocupações. De acordo com Little (2006), a identidade territorial em áreas vulneráveis é moldada não apenas por laços culturais, mas também pela convivência com os riscos presentes no cotidiano.

A queda de árvores pode ser atribuída a uma variedade de fatores, incluindo a idade do indivíduo arbóreo, a presença de insetos que causam danos à estrutura da árvore, eventos climáticos como ventos e inundações, além do impacto humano decorrente de atividades antrópicas. Como aponta Acselrad (2002), a interação entre os fatores ambientais e sociais amplifica a percepção de risco, principalmente em comunidades que habitam áreas de alta vulnerabilidade. Outros fatores relevantes incluem a perda de solo, que afeta diretamente a capacidade de sustentação das árvores (Santana Apud Horák, 2015).

Os habitantes da comunidade têm uma atenção constante aos pinheiros, considerando-os um indicador importante. Durante pelo menos quatro entrevistas, foi frequente o questionamento ou a indicação direta sobre a condição das árvores. Segundo Rattner (2009), a vigilância constante da população sobre os elementos que representam risco demonstra uma tentativa de construir estratégias de sobrevivência no contexto de precariedade ambiental.

Em um caso específico, uma residente relatou que, durante chuvas intensas ou ventos fortes, se desloca para a frente de sua casa para observar o movimento dos pinheiros, avaliando a possibilidade de inclinação e a direção potencial da queda. Esse comportamento reflete o que Leff (2001) define como racionalidade ambiental, onde o conhecimento empírico local é utilizado como ferramenta de prevenção em situações de risco.

No episódio de queda do pinheiro vivenciado pela comunidade, as autoridades haviam sido alertadas previamente sobre o iminente risco. Segundo os relatos, o procedimento seguido pelos moradores envolveu informar a Secretaria de Meio Ambiente Municipal, que confirmou o risco e solicitou autorização ao Instituto Água e Terra (IAT) para a remoção da árvore. Contudo, a burocracia impediu que o problema fosse resolvido a tempo. Conforme Martínez Alier e Newell (2016), a demora nas respostas institucionais em comunidades periféricas é uma manifestação clara da injustiça ambiental, onde os direitos à segurança e à vida são relegados a um segundo plano.

Apesar da assistência prestada pela prefeitura após o incidente, cobrindo os danos à residência afetada, tal situação poderia ter sido evitada se as solicitações dos moradores fossem atendidas com a urgência necessária. Segundo Mello e Bezerra (2015), a vulnerabilidade das comunidades periféricas está diretamente ligada à ineficiência do poder público em prevenir desastres, reforçando a percepção de abandono.

Durante as entrevistas, a palavra "medo" foi repetidamente mencionada pelos moradores. Isso pode ser atribuído à topografia íngreme da região e às condições climáticas extremas, que aumentam o risco de quedas de árvores. Viola (2009) observa que, em cenários de mudanças climáticas, os eventos extremos se tornam mais frequentes, intensificando a insegurança nas comunidades vulneráveis.

Em momentos de necessidade urgente de assistência, os moradores relataram não terem sido atendidos de forma preventiva, sendo obrigados a agir por conta própria. Esse cenário reflete o que Harvey (1996) descreve como privatização do risco, onde a responsabilidade pela segurança é transferida para os próprios indivíduos, que não possuem recursos suficientes para lidar com emergências.

A ausência de avaliações preventivas dos Pinheiros pela Defesa Civil ou outras autoridades foi unânime nas respostas dos entrevistados. Essa lacuna evidencia a necessidade urgente de um mapeamento de riscos na comunidade Pinheiros, bem como a criação de protocolos que priorizem a segurança dos moradores, sem que a burocracia comprometa a eficiência das ações. Além da avaliação técnica, é fundamental capacitar os moradores para lidar com eventos de risco. A falta de treinamentos da Defesa Civil foi mencionada como uma das principais deficiências. Segundo Rammê (2010), a capacitação comunitária é uma estratégia eficaz para fortalecer a resiliência local e reduzir a vulnerabilidade diante de desastres.

As mudanças climáticas intensificam eventos de risco, colocando as comunidades em posição ainda mais vulnerável. Como aponta Veiga (2005), é necessário implementar políticas públicas que integrem aspectos ambientais e sociais, garantindo que a população tenha acesso a moradias seguras e dignas. Para além da questão habitacional, o direito à cidade,

conforme defendido por Harvey (1996), implica acesso à infraestrutura urbana básica, como transporte, saneamento, saúde e educação. A ausência dessas condições em áreas periféricas agrava a situação de vulnerabilidade e evidencia o descaso histórico do poder público com essas populações.

Como resultado, a ocupação dessas áreas representa um desafio tanto do ponto de vista ambiental quanto social. A degradação de corpos hídricos e a perda de biodiversidade, aliadas à exposição constante a desastres naturais, reforçam a necessidade de uma abordagem integrada que considere tanto a proteção ambiental quanto a justiça social (Acselrad, 2002).

5 CONCLUSÃO

Com base na problematização inicial em compreender as percepções sociais, ambientais e ecológicas da comunidade Pinheiros sobre seu território de moradia esta pesquisa evidenciou a relevância da escuta ativa das populações vulneráveis no enfrentamento dos riscos socioambientais. As entrevistas demonstraram que, apesar da precariedade estrutural e da ausência de políticas públicas preventivas, os moradores desenvolvem percepções sensíveis aos riscos, como a queda de pinheiros e os deslizamentos de terra, revelando um saber cotidiano que deve ser incorporado às estratégias institucionais de gestão do risco. A comparação com outros estudos sobre percepção de risco em contextos de vulnerabilidade urbana, como os realizados em comunidades periféricas no Rio de Janeiro ou em áreas de risco em Belo Horizonte, reforça a constatação de que a ausência do poder público na prevenção e a atuação reativa diante de desastres é uma constante histórica que agrava os efeitos dos eventos adversos sobre as populações mais pobres.

Essa análise extrapola a ideia de risco como uma categoria técnica e o compreende como um fenômeno socialmente construído, atravessado por dimensões afetivas, históricas e territoriais. O vínculo dos moradores com o território, mesmo em condições adversas, amplia o entendimento sobre o papel ativo das comunidades na gestão de seus espaços. Essa abordagem avança na área do conhecimento ao articular a percepção de risco com o direito à cidade, à moradia e à participação popular, contribuindo para os debates sobre justiça ambiental e planejamento urbano inclusivo.

As implicações práticas do estudo são diversas. Primeiramente, reforça-se a importância de políticas públicas integradas entre habitação, meio ambiente, defesa civil e educação ambiental. Também se destaca a urgência de protocolos mais céleres para a remoção de árvores em risco iminente, com base em critérios técnicos e participação comunitária, bem como o uso de estratégias de compensação ambiental. A capacitação dos

moradores em gestão de riscos e comunicação de emergências deve ser incorporada às ações de defesa civil municipal, fortalecendo a resiliência comunitária.

Como limitação, este estudo concentrou-se em uma única comunidade, com recorte temporal específico e número restrito de entrevistas, o que restringe a generalização dos achados. No entanto, sua abordagem qualitativa permitiu aprofundar aspectos subjetivos e simbólicos relevantes, muitas vezes negligenciados em levantamentos quantitativos.

Para pesquisas futuras, recomenda-se o aprofundamento das análises sobre o papel das mulheres nas ações territoriais de resistência e cuidado ambiental, a percepção infantil dos riscos, a situação das famílias migrantes em assentamentos precários e o mapeamento ambiental participativo em outros bairros do município. Assim, o presente trabalho contribui para ampliar o debate sobre os riscos socioambientais em contextos urbanos vulneráveis, ressaltando a centralidade da percepção de risco como ferramenta para o planejamento urbano mais justo e eficaz.

6 REFERÊNCIAS

ACSELRAD, Henri. Justiça ambiental e cidadania. Rio de Janeiro: *Relume-Dumará*, 2004.

ACSELRAD, Henri. Vulnerabilidades ambientais. Rio de Janeiro: *Editora FGV*, 2002.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. *Dados revisados do déficit habitacional e inadequação de moradias nortearão políticas públicas*. Brasília. 2022.

COHAPAR-COMPANHIA DE HABITAÇÃO DO PARANÁ. *Plano Estadual de Habitação de interesse Social*. Revisão 2020.

HARDIN, Garrett. The tragedy of the commons. *Science*, v. 162, p. 1243-1248, 1968.

HARVEY, David. *A justiça social e a cidade. São Paulo: Hucitec*, 1996.

HERCULANO, Selene; PACHECO, Tânia. Racismo ambiental, o que é isso. Rio de Janeiro: Projeto Brasil Sustentável e Democrático: *FASE*, 2006.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Cooperação internacional em tempos de pandemia: Relatório COBRADI 2019-2020*. Brasília: Ipea, 2022.

LEFF, Enrique. Ecologia, capital e cultura: racionalidade ambiental, democracia participativa e desenvolvimento sustentável. Petrópolis: *Vozes*, 2001.

LITTLE, Paul E. Territorialidades e Desenvolvimento Sustentável: Políticas Públicas e Dinâmicas Locais na Amazônia. Brasília: *UNB*, 2006.

MARICATO, Ermínia. Urbanismo na periferia do mundo globalizado: metrópoles brasileiras. *São Paulo em perspectiva*, v. 14, p. 21-33, 2000.

MARTINEZ-ALIER, Joan et al. Is there a global environmental justice movement? *The Journal of Peasant Studies*, v. 43, n. 3, p. 731-755, 2016.

MELLO, Nádia; BEZERRA, Tânia. Riscos ambientais e desigualdade social: um olhar sobre as periferias urbanas. *Recife: Editora UFPE*, 2015.

RAMMÊ, André. Comunidades e resistência: a luta por justiça ambiental nas periferias. Florianópolis: *Editora UFSC*, 2010.

RATTNER, Henrique. Desigualdades sociais e riscos ambientais. *São Paulo: Perspectiva*, 2009.

RIO BRANCO DO SUL. *Plano Municipal de Assistência Social 2022*. Disponível em <https://riobrancodosul.atende.net/cidadao/pagina/plano-municipal-deassistencia-social>. Acesso 20 dez 2022.

SANTANA, Otacilio Antunes et al. Árvores potenciais a danos urbanos: manejo através da tecnologia, educação e mobilização social. *Revista Tecnologia e Sociedade*, v. 11, n. 23, 2015.

SEZERINO, Fernanda de Souza; TIEPOLO, Liliani Marília. Indicadores integrados para análise de vulnerabilidade em um sistema socioecológico da Mata Atlântica no sul do Brasil. *Desenvolvimento Ambiental*, v. 49, p. 100962, 2024.

SILVA, Emmanoel Marques da et al. *A cidade e os rios urbanos: um estudo de caso do rio Espinharas na cidade de Patos/PB*. 2023.

SOUZA, Lucas Barbosa; ZANELLA, Maria Elisa. Percepção de riscos ambientais: teoria e aplicações. Fortaleza: *Edições UFC*, 2009.

SPINK, Mary Jane Paris. Viver em áreas de risco: reflexões sobre vulnerabilidades socioambientais*. Editora Terceiro Nome*, 2019.

VALENCIO, NORMA. Da 'área de risco' ao abrigo temporário: uma análise dos conflitos subjacentes a uma territorialidade precária. *Sociologia dos desastres*, 2009.

VEIGA, José Eli da. Capital social e desenvolvimento sustentável. Campinas*: Editora Unicamp*, 2005.

VIOLA, Eduardo. Governança ambiental e políticas públicas em contextos de vulnerabilidade. Brasília*: Editora UnB*, 2009.

WHYTE, Anne. *Guildelines for Fields Studies in Environmental Perception*. Pairs: UNESCO, 1977.

EIXO TEMÁTICO 3

RISCOS E DESASTRES TECNOLÓGICOS

RESUMOS

RESUMO - 03 - RISCOS E DESASTRES TECNOLÓGICOS

BARRAGEM MIRINGUAVA: RISCOS E IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS

Cristiane Meri Pereira Bueno (crismeri207@gmail.com)

Yanina Micaela Sammarco (yanina@ufpr.br)

Maria Carolina Maziviero (maziviero@ufpr.com)

As grandes obras de infraestruturas, como as barragens, modificam o curso dos rios e impactam a natureza. Os riscos e os impactos socioambientais dessas construções, são eminentes e trazem preocupações. O presente trabalho aborda estudos pertinentes sobre a Barragem Miringuava, localizada em São José dos Pinhais, na região metropolitana de Curitiba, no estado do Paraná. A etapa inicial desta pesquisa busca uma aproximação com documentos históricos, gerando dados iniciais sobre os conflitos socioambientais existentes na paisagem do Rio Miringuava. A importância deste estudo contempla as discussões em compreender como os riscos e impactos socioambientais causam rupturas sociais e culturais, impulsionando políticas públicas voltadas para a prevenção de desastres causados por grandes obras de infraestruturas. Nessa perspectiva, objetiva-se apresentar um estudo inicial sobre as contradições do desenvolvimento econômico e o contexto de comunidades centenárias na região da Barragem Miringuava. A metodologia aborda uma análise documental, pesquisando documentos históricos referentes ao assentamento de imigrantes poloneses no século IX, na região do Miringuava, e uma pesquisa contextual sobre as primeiras desapropriações para a construção da Barragem Miringuava, na Colônia Muricy em 2002. A coleta inicial dos dados

apresenta um levantamento histórico de reportagens da época e artigos contemporâneos, da movimentação popular dos colonos, no enfrentamento de impedir as obras de construção da barragem, conservando o rio e o território. Os resultados preliminares apontam, o êxito do movimento dos colonos, no enfrentamento para a conservação do rio Miringuava e a identidade territorial da comunidade. Diante do exposto, considera-se de que vivemos uma crise socioambiental de difícil solução, a voz popular exerce a importância de colocar em prática, as políticas públicas de conservação à riscos e desastres socioambientais.

Palavras-chave: barragem miringuava; riscos; impactos socioambientais.

RESUMO - 03 - RISCOS E DESASTRES TECNOLÓGICOS

PARÂMETROS PARA A DELIMITAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO TECNOLÓGICO: CONTEXTO BIBLIOGRÁFICO PARA A ELABORAÇÃO DO PLANO MUNICIPAL DE REDUÇÃO DE RISCO DO MUNICÍPIO DE PARANAGUÁ, PARANÁ, BRASIL

Emerson Luis Tonetti (emerson.tonetti@ifpr.edu.br)

Leandro Angelo Pereira (leandro.pereira@ifpr.edu.br)

Fernanda De Souza Sezerino (fernanda.sezerino@ufpr.br)

Lais Almeida Nadolny Da Silva (lais.nadolny@ufpr.br)

Eduardo Vedor De Paula (edugeo@ufpr.br)

Desastres de natureza tecnológica envolvendo atividades industriais e portuárias são eventos agravados quando ultrapassam os limites da empresa e geram vítimas humanas e perdas materiais em comunidades próximas. No município de Paranaguá, cidade portuária do litoral do Estado do Paraná, no sul do Brasil, as mídias locais e a literatura acadêmica relatam a ocorrência de acidentes dessa tipologia, relacionados principalmente à explosões, incêndios e vazamentos de substâncias perigosas. Como exemplos, tem-se: explosão em navio carregado com metanol em 2004 em pier privado do porto, durante as festividades religiosas do bairro Rocio; incêndio em armazém com fardos de algodão em 2015 no bairro Colônia Santa Rita, cuja densa fumaça foi percebida em bairros vizinhos; vazamento de etanol em 2022 em terminal privado no bairro Vila Alboit com indicação da presença do produto nos dutos de drenagem pluvial nas proximidades. Análises do

histórico do crescimento urbano demonstram que mudanças estruturais ou técnicas no porto em Paranaguá geraram núcleos habitacionais imbricados às grandes indústrias e armazéns, desencadeando uma série de conflitos socioespaciais. Em alguns locais há alta densidade de habitações oriundas do crescimento não planejado na margem de rios e em manguezais, que potencializam essa situação de risco. Diante desta contiguidade, incompatibilidades e inconveniências, entre os usos industrial-portuário e o residencial, em 2024 o município foi contemplado em um programa do governo federal, por meio da Secretaria Nacional das Periferias, para a elaboração do Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR), que visa propor e implementar ações relacionadas à prevenção e mitigação de desastres nas periferias urbanas. No contexto deste programa, surge a necessidade de pensar a abrangência das áreas de risco que envolvem comunidades ante as ameaças tecnológicas percebidas por elas. Perante o exposto, a partir da revisão bibliográfica, o presente trabalho visa destacar parâmetros que auxiliem a delimitação das áreas de risco tecnológico na zona urbana do município de Paranaguá. Tais resultados podem auxiliar no planejamento urbano evitando a incompatibilidade de usos na implementação de novos empreendimentos e onde isso já ocorre, possam ser implementadas medidas que reduzam o risco e aumentem a capacidade de resposta da população em caso de ocorrência de um desastre de natureza tecnológica. Os resultados preliminares indicam que os critérios para identificar áreas de risco tecnológico e, consequentemente, as suas normativas, possuem distintas abordagens e definições, sendo menor a distância a partir da fonte do perigo em normativas e especificações técnicas e maior na literatura acadêmica, de algumas dezenas de metros a quilômetros, respectivamente. Em parte, essa discrepância resulta da inclusão de elementos do campo social, ou seja, externos aos limites da empresa, na seleção dos parâmetros para a delimitação da área. Acredita-se que a presente proposta de pesquisa promoverá o debate entre os envolvidos e a resultante poderá auxiliar no processo de elaboração do PMRR.

Palavras-chave: risco tecnológico; redução de risco; explosão; incompatibilidade de usos.

RESUMO - 03 - RISCOS E DESASTRES TECNOLÓGICOS

MAPEAMENTO DE RISCOS TECNOLÓGICOS EM PARANAGUÁ-PR: UMA PROPOSTA DE ADAPTAÇÃO METODOLÓGICA PARA O PLANO MUNICIPAL DE REDUÇÃO DE RISCOS (PMRR)

Fernanda De Souza Sezerino (fernanda.sezerino@ufpr.br)

Lais Almeida Nadolny Da Silva (lais.nadolny@ufpr.br)

Emerson Luis Tonetti (emerson.tonetti@ifpr.edu.br)

Eduardo Vedor De Paula (edugeo@ufpr.br)

Os Planos Municipais de Redução de Riscos (PMRR), respaldados na Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei Federal nº 12.608/2012), historicamente, tinham o enfoque em riscos geológicos e, mais recentemente, em riscos hidrológicos. No entanto, em alguns municípios brasileiros são as ameaças tecnológicas que expõem a maior parte da população ao risco, ou ainda se somam às outras tipologias de risco, como é o caso do município portuário de Paranaguá, no Estado do Paraná, sul do Brasil. O Porto de Paranaguá destaca-se como um dos principais centros de comércio marítimo do Brasil, exercendo um papel estratégico nas exportações e importações, com um crescimento exponencial ao longo dos anos. Entretanto, a expansão portuária e retroportuária se dá sobre zonas residenciais, o que resulta em núcleos habitacionais imbricados às grandes indústrias e armazéns, desencadeando uma série de conflitos socioespaciais. Em alguns locais há alta densidade de habitações oriundas do crescimento não planejado nas margens de rios e em manguezais, que agravam essa situação de

risco. A Defesa Civil, bem como a literatura, registra a ocorrência de acidentes tecnológicos no município, assim como evidenciam a fragilidade do arcabouço normativo, do sistema de registros das ocorrências e das metodologias de mapeamento destas áreas de risco. O mapeamento de riscos tecnológicos enfrenta diversas limitações, uma vez que o licenciamento de empreendimentos exige a realização de simulações complexas envolvendo múltiplos cenários e variáveis. Contudo, observa-se a existência de lacunas significativas no que diz respeito à participação da comunidade, especialmente no que se refere à sua inclusão nos processos de comunicação e preparação e enfrentamento desses riscos. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo propor uma adaptação metodológica do mapeamento de riscos geológicos e hidrológicos, descrita no Guia para Planos Municipais de Redução de Riscos, elaborado pela Secretaria Nacional de Periferias do Ministério das Cidades, para contemplar os riscos tecnológicos. A proposta considera normativas nacionais e internacionais para os riscos tecnológicos, assim como a percepção da comunidade e as evidências empíricas. Da mesma forma, considera sobreposição de múltiplas vulnerabilidades da população exposta, a acumulação e sinergia dos impactos das atividades industriais e portuárias, e ainda, no caso de Paranaguá, a sobreposição aos riscos hidrológicos (alagamentos, inundações e influência da maré). Espera-se que essa proposta preliminar possa ser debatida entre os pares e aprimorada, considerando outros contextos, podendo ser incluída no guia como referência às atualizações dos PMRRs em municípios com a identificação desta ameaça ou na elaboração de novos planos. Além disso, pretende-se fortalecer o debate sobre os riscos tecnológicos e seu impacto no planejamento urbano, promovendo o diálogo entre gestores públicos, sociedade civil e demais atores envolvidos.

Palavras-chave: explosão; incêndio; gestão de riscos; impacto cumulativo; zona portuária.

RESUMO - 03 - RISCOS E DESASTRES TECNOLÓGICOS

METODOLOGIAS DE GESTÃO TERRITORIAL APLICADAS AO PLANEJAMENTO URBANO NA MITIGAÇÃO DO RISCO TECNOLÓGICO DE ORIGEM QUÍMICA.

Tatiane B De Freitas (brasil.tatiane@gmail.com)

Ana Lepori (ana.lepori@arcadis.com)

Juciara Ferreira Da Silva (juciara.silva@arcadis.com)

Erick C. Mota (erick.mota@arcadis.com)

Taís Schiavon (tais.schiavon@arcadis.com)

Michele Almeida (michele.almeida@arcadis.com)

Ao contrário do que se observa em países da União Europeia e América do Norte, o arcabouço legislativo vigente no Brasil não obriga a sobreposição e compartilhamento de informações sigilosas inerentes ao Licenciamento Ambiental de empreendimentos caracterizados pelo risco tecnológico de origem química às principais diretrizes e normativas atreladas ao Planejamento Territorial Urbano. Observa-se de um modo em geral, que a gestão foca apenas aos limites das plantas industriais, mas não no território de abrangência de ocorrência em reflexo de acidentes, que em geral se caracterizam por significativo número de danos materiais e humanos.

Entre as normativas vigentes no Brasil, o presente alinhamento se apoia em diversas especificações, como o Decreto Federal nº 5.098 de 2004; Decreto

Estadual nº 64.592 de 2019; e Normas Técnicas emitidas pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, entre elas, a P4.261 de 2011 e P4.003 de 2021; que preveem ações e responsabilidades quanto a gestão de desastres naturais e tecnológicos, mas não definem o papel do Planejamento Territorial Urbano frente ao processo de prevenção de acidentes.

Torna-se evidente, a necessidade de adoção de medidas complementares no que tange aos regramentos de uso e ocupação do solo no entorno imediato às instalações industriais, incluindo seus respectivos usos e zonas conflitantes, articulando de forma participativa e integrada, instâncias do governo federal, estadual, municipal, entidades licenciadoras e sociedade civil.

A esse respeito, a Arcadis Brasil desenvolve desde 2016, a partir de metodologia própria, um amplo processo de acompanhamento e análise institucional e territorial, oferecendo recomendações para empreendedores atuarem em advocacy junto a gestão pública na elaboração e revisão de planos diretores municipais, incluindo diretrizes ao zoneamento, uso e ocupação do solo urbano com foco na mitigação do risco. A partir de mapeamentos diversos, foi possível a identificação de setores de maior criticidade e necessidade de menor adensamento, bem como de ambientes passíveis de requalificação urbanística de fundamental importância para a articulação de pontos de encontro, sendo as orientações aplicadas de forma gradativa pelo empreendedor.

Como resultados, observa-se que o adensamento populacional de zonas limítrofes à atividade industrial de origem química coloca em risco ambos os personagens envolvidos, onde a falta de ciência e rigidez fiscalizatória, revelam um cenário de crescimento populacional e verticalização da região, evidenciando mais do que nunca, ser necessário o compartilhamento de informações, gestão integrada e fiscalização frente ao planejamento territorial de tais áreas.

Palavras-chave: risco tecnológico; prevenção e mitigação de risco; gestão de riscos; legislação urbana; planejamento territorial urbano.

EIXO TEMÁTICO 3

RISCOS E DESASTRES TECNOLÓGICOS

ARTIGOS COMPLETOS

ARTIGO - 03 - RISCOS E DESASTRES TECNOLÓGICOS

ATENDIMENTO À DESASTRES TECNOLÓGICOS VINCULADOS À INCÊNDIOS URBANOS: O CASO DA DEFESA CIVIL DE JUIZ DE FORA/MG

Wilson Rodrigues Lourinho Netto (wilsonrlnetto@gmail.com)

Luís Fernando Martins (fernandodefesacivilpjf@gmail.com)

Joviano Elias De Souza Assis (jovianoassis6@gmail.com)

Amanda Rodrigues Da Silva Oliveira (amandadefesaciviljf@gmail.com)

Diego De Souza Costa (costa.diego@engenharia.ufjf.br)

Francisco De Assis Gomes Bergo (francisco.a.bergo@gmail.com)

A presença do fogo tem sido uma constante ao longo da história da humanidade, sendo responsável por diversos avanços nos mais variados campos de desenvolvimento e evolução da espécie humana. Nos dias de hoje, o fogo se encontra entranhado em todos os aspectos do dia a dia, tornando-o indispensável para todas as atividades quando controlado. No entanto, assim como ele tem seus benefícios, o mau uso ou quando se encontra fora de controle, esse mesmo elemento tem sido responsável por grandes tragédias, vitimando diversas pessoas, como os ocorridos em Roma (64 d.C.), Tóquio (1923), Londres (1666) e Bruxelas (1977). Já no contexto brasileiro, há os incêndios ocorridos em São Paulo e no Rio de Janeiro nas décadas de 70 e 80, assim como o ocorrido em Juiz de Fora (1991). A partir desses e de outros casos, foram fundadas diversas organizações, entidades, normas e procedimentos com vista à prevenção e ao combate desse desastre.

Considerando o exposto acima, o presente estudo tem o objetivo de analisar, sob a ótica da Defesa Civil de Juiz de Fora, as ocorrências de incêndio ocorridas no município, e atendidas pelo órgão, entre os anos de 2018 a 2023, de maneira a identificar possíveis padrões vinculados aos principais parâmetros utilizados pela

Defesa Civil de Juiz de Fora durante as vistorias técnicas em imóveis afetados pela ação do fogo como, por exemplo, a tipologia construtiva, interdições decorrentes do evento, presença de área de risco mapeada, regiões mais afetadas, etc. Mediante o levantamento e tratamento desses dados, espera-se planejar estratégias voltadas para as ações constantes no ciclo de Defesa Civil (prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação), em especial a capacitação das equipes e promoção de políticas públicas direcionadas à população diretamente afetada pelo sinistro, para que haja o atendimento cada vez mais célere do problema, quando deflagrado, e minimizar a incidência dos mesmos no município.

Foram analisados 196 registros de incêndio ao longo do período de estudo (2018-2023), desse quantitativo, 79 imóveis sofreram danos severos ao ponto de serem interditados. De maneira setorizada, a região Leste do município foi a que mais apresentou casos de incêndio (com 52 registros), seguida pela região Sudeste (com 30 registros), representando 41% do total registrado. Em termos temporais, foi identificado que 55% dos casos foram ocorridos durante o período de estiagem do município (Abril à Setembro). Apesar das ocorrências de incêndio estarem presentes em todos os anos, verificou-se que representam, em média, menos de 3% dos atendimentos anuais da Defesa Civil de Juiz de Fora, tendo grande parte deles ocorrido em áreas a serem mapeadas.

A partir dos resultados, foi possível identificar tendências a serem planejadas pela Defesa Civil de Juiz de Fora, tanto voltadas para a capacitação das equipes de campo, como também para ações de prevenção junto à população, por intermédio dos voluntários e demais atores públicos para viabilizar as políticas a serem adotadas de maneira a minimizar, para os próximos anos, a incidência desse tipo de desastre tecnológico no município.

Palavras-chave: defesa civil; incêndio; políticas públicas; capacitação.

GERENCIAMENTO DE RISCO TECNOLÓGICO DE ORIGEM QUÍMICA NA ÓTICA DO PLANEJAMENTO TERRITORIAL URBANO.

MANAGEMENT OF CHEMICAL TECHNOLOGICAL RISKS FROM THE PERSPECTIVE OF URBAN PLANNING.

1º Taís Schiavon[1], 2º Adelaide Cassia Nardocci[2]
1 Pesquisadora Pós Doutoranda do Centro de Síntese USP Cidade Globais do Instituto de Estudos Avançados IEA - USP, taschiavon@gmail.com
2 Professora do Departamento de Saúde Ambiental, Faculdade de Saúde Pública (FSP), Universidade de São Paulo (USP). Email: nardocci@usp.br

RESUMO

O crescente uso de produtos químicos têm resultado em aumento dos riscos de acidentes com consequências adversas diretamente às populações residentes e o ambiente no entorno de instalações industriais, em decorrência dos efeitos de eventos envolvendo produtos químicos perigosos, podem envolver explosões, incêndios, vazamentos e emissões de gases tóxicos. Esse artigo busca aprofundar a discussão sobre o papel do planejamento territorial urbano na gestão dos riscos de acidentes tecnológicos de origem química, sobretudo no que se refere à proteção das populações expostas. No Brasil, esse tema não tem sido considerado nas principais diretrizes existentes, as quais dão ênfase mais às ações de resposta ao acidentes. Um exemplo é plano nacional P2R2, que trata da gestão de acidentes e desastres de origem química, mas deixa para estados e municípios a tarefa de articulação entre as instituições envolvidas na gestão dos riscos, que inclui o planejamento territorial urbano. Da mesma forma, a Norma Técnica da CETESB P4.003, que trata da elaboração do Plano de Resposta aos acidentes com envolvimento da comunidade. Portanto, é fundamental o desenvolvimento de políticas públicas de planejamento territorial voltadas ao gerenciamento dos riscos tecnológicos de origem química e que propiciem a minimização de conflitos de uso, evitando o adensamento populacional no entorno destes empreendimentos.

Palavras-Chave: Risco tecnológico; Acidentes com produtos químicos perigosos; Planejamento Territorial e Urbano; Gestão de riscos.

ABSTRACT

The increasing use of chemical products has resulted in an increased risk of accidents with adverse consequences directly to resident populations and the environment surrounding industrial facilities, because of the effects of events involving hazardous chemical products, which may involve explosions, fires, leaks and emissions of toxic gases. This article seeks to deepen the discussion on the role of urban territorial planning in managing the risks of technological accidents of chemical origin, especially regarding the protection of exposed populations. In Brazil, this issue has not been considered in the main existing guidelines, which place greater emphasis on accident response actions. One example is the national P2R2 plan, which deals with the management of accidents and disasters of chemical origin but leaves to states and municipalities the task of coordinating the institutions involved in risk management, which includes urban territorial planning. Likewise, CETESB Technical Standard P4.003, which deals with the preparation of the Accident Response Plan with community involvement. Therefore, it is essential to develop public territorial planning policies aimed at managing technological risks of chemical origin and which minimize conflicts of use, avoiding population density around these projects.

Keywords: Technological Risk of Chemical Origin. Accidents with hazardous chemical products. Territorial and Urban Planning. Risk management.

1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

Choay (2011) afirma ser a sociedade industrial um ambiente urbano, capaz de produzir metrópoles, conurbações urbanas, grandes conjuntos habitacionais, áreas industriais, ou seja, ambientes de usos distintos e de grande concentração populacional e que apresentam por muitas vezes, aspectos conflitantes relacionados ao uso do solo e desempenho de atividades econômicas.

Ao considerarmos que o objetivo primordial do planejamento territorial urbano consiste na garantia das melhores formas de utilização do território ou do uso do solo urbano, aplicados de modo a diminuir os problemas decorrentes do processo de urbanização, entre os quais o conflito entre suas diferentes formas de utilização, o presente artigo visa discutir o papel do planejamento territorial no gerenciamento de riscos tecnológicos de origem química no Brasil.

Para além de suas atividades, as atividades industriais podem representar riscos à população do entorno, situações agravadas quando associadas ao risco tecnológico de origem química. Ao contextualizarmos o risco tecnológico de origem química, compreende-se que suas intercorrências se referem aos eventos acidentais que envolvem substâncias químicas perigosas, como substâncias tóxicas, inflamáveis e ou explosivas.

A instalação e funcionamento de atividades industriais que apresentam risco tecnológico de origem química são avaliadas e monitoradas no âmbito dos processos de licenciamento ambiental por meio dos estudos de análise de riscos. No entanto, as diretrizes urbanísticas de controle do uso do solo têm dado pouca ou nenhuma atenção a este tema, sendo os objetivos do planejamento territorial urbano restritos, quando muito, às diretrizes de prevenção e mitigação de impactos ambientais, mascarando conflitos significativos, a partir de medidas de atenuação de incomodidades urbanas como ruídos, emissões atmosféricas, gerações de resíduos e substâncias contaminantes, evitando a abordagem dos riscos de grandes acidentes que podem resultar em mortes e danos graves à vida de pessoas residentes no entorno.

Segundo a UNECE (2023), não existe uma prática melhor ou pior que a outra, mas sim a necessidade de ampliação e de aprimoramento da garantia da segurança à saúde humana, ao meio ambiente e à propriedade. Um processo que deve ser articulado entre as instituições responsáveis pelo licenciamento e os que respondem pelo planejamento territorial urbano de modo a fornecer subsídios à articulação e atuação conjunta de modo a se construir uma prática de planejamento territorial que seja efetiva na redução das consequências de grandes acidentes com produtos químicos perigosos.

Mesmo com o emprego das melhores práticas operacionais, grandes acidentes envolvendo produtos perigosos têm ocorrido com frequência ao logo do último século, em especial a partir de 1950, quando se observa um aumento significativo no volume de produtos químicos comercializados, produzidos e transportados. A Figura 1 mostra alguns dos eventos emblemáticos de modo a ilustrar a complexidade e relevância de tais desastres ocorridos em diferentes regiões do mundo, seja em relação à magnitude de seus efeitos, seja quanto aos aspectos de impactos sociais, econômicos e territoriais.

Figura 1. Acidentes industriais com produtos químicos marcantes e um resumo de suas consequências

1976 Seveso, província de Milão (Cesano Maderno, Desio e Meda) - Itália ICMESA	1984 Vila Socó – Cubatão, São Paulo – Brasil Petrobrás	1984 San Juanico, Cidade do México PEMEX	1984 Bhopal, capital de Madya-Pradesh – Índia Union Carbide	2001 Toulouse - França Azote Fertilisant
12h30 do dia 10 de julho, ruptura do disco de segurança de um reator na planta industrial. Emissão de gases para a atmosfera, causando a contaminação com dioxina de grande parte do território dos municípios limítrofes de Cesano Maderno, Desio e Meda. **736 pessoas foram evacuadas da região**, das quais 511 retornaram para as suas casas apenas no final de 1977.	22h30 do dia 24 de fevereiro moradores da Vila Socó, notam o vazamento de gasolina proveniente de um dos oleodutos da Petrobrás. Espalhamento de combustível em uma região alagadiça, responsável pelo incêndio sob uma região de palafitas densamente povoada. **93 mortos oficiais**, sendo citado por algumas fontes número superior à 500 vítimas fatais, com base nas ausências de alunos que deixaram de comparecer às escolas.	5h35 do dia 19 de novembro, vazamento de gás decorrente da ruptura de uma tubulação de uma das esferas que seguia para os reservatórios cilíndricos. O GLP é levado pelo vento até causar uma série de explosões após encontrar a fonte de ignição do tipo "flare", instalada inadequadamente a nível do solo. **650 mortos**, somados ao incontável número de animais mortos e número de feridos superior a 6.000 pessoas.	Madrugada de 03 de dezembro. Reação em um dos tanques onde era reservado o gás metil-isocianato (MIC) provocou a libertação de uma nuvem de gases tóxicos que, levada pelo vento, atingiu rapidamente as áreas circundantes da fábrica. **3.800 mortes** e aproximadamente 200.000 pessoas intoxicadas.	Manhã do dia 21 de setembro. No centro da explosão, uma cratera de aproximadamente 40 metros de diâmetro e 7 metros de profundidade. A explosão causou um sismo de 3.4 na escala de Richter, sentida a 74 km de distância, cuja os danos foram observados em mais de 35 mil edifícios. **31 mortos** e mais de 2.500 feridos. Os 6 primeiros dias para estabilização mobilizaram 1.430 pessoas.

Fonte: Elaborada pelos autores, 2024, com base em CETESB (2024)[1].

Esses e muitos outros casos se caracterizam pelo envolvimento de falhas operacionais ou humanas, em empreendimentos de grande porte, com grande capacidade de armazenamento e manipulação de produtos químicos. Em todos eles, as consequências atingiram o entorno das instalações, ambientes caracterizados por áreas densamente povoadas resultando em elevado número de mortos e feridos, bem como de pessoas afetadas, que por algum motivo tiveram que deixar suas casas e que em alguns casos enfrentam consequências à saúde até os dias atuais.

2 MÉTODOS

O presente artigo se caracteriza por uma reflexão baseada na literatura científica, e legislações mais destacadas de instituições nacionais e internacionais das últimas décadas sobre o gerenciamento do risco tecnológico de origem química no contexto global e sua relação com o planejamento territorial urbano. Nesse processo, foram avaliados as normas e diretrizes que sucederam alguns grandes eventos como é o caso do Acidente de Seveso, Itália, em 1976, que motivou a criação das diretrizes da Comunidade Europeia. Outros países, como Canadá, Reino Unido e Holanda também se destacam neste tema. O objetivo é compreender a experiência internacional neste tema de modo a oferecer subsídios iniciais para a ampliação de diálogos e discussões entre diferentes instituições no Brasil.

O presente artigo busca ainda trazer um panorama inicial sobre as diretrizes ambientais e urbanísticas associado ao tema, tendo em vista que os cenários urbanos são caracterizados pelos múltiplos conflitos existentes no território das cidades, cabendo ao planejamento territorial urbano sua harmonização em trechos de maior criticidade, uma vez

[1] Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/analise-risco-tecnologico/grandes-acidentes/bhopal/> acesso em novembro de 2024.

que ameaças tecnológicas originadas por acidentes tecnológicos e falhas de infraestrutura ou de certas atividades humanas, podem causar mortes ou lesões em pessoas, danos materiais e nas atividades sociais e econômicas, assim como a degradação ambiental (EIRD, 2004), devendo ser dessa maneira, seus riscos considerados nas políticas de planejamento territorial.

3 PLANEJAMENTO TERRITORIAL URBANO E A GESTÃO DE RISCOS NO BRASIL.

Villaça (1999) destaca que as intervenções dedicadas ao planejamento territorial urbano no Brasil podem ser atribuídas a 3 períodos distintos: o primeiro caracterizado por intervenções datadas até o ano de 1930 (abrangendo planos de melhoramento e embelezamento dos ambientes); seguido pelo recorte entre o ano de 1930 e o ano de 1990 (pautado pela ideologia do planejamento "moderno" como base cientificista indispensável para a resolução dos "problemas urbanos"); e o terceiro, consolidado até os nossos dias atuais, entendido como uma reação ao segundo período, ou seja, onde passam a ser questionadas as estratégias e soluções adotadas em meio a nossa prática "recente" de planejamento, sendo destacadas as inúmeras falhas decorrentes da gestão e fiscalização de ambientes urbanos, o que inclui aspectos territoriais, econômicos e sociais.

Tal informação é colocada no intuito de se compreender o momento em que o Brasil intensifica seu processo de industrialização (entre as décadas de 1930 e 1980), coincidente com períodos de significativo crescimento populacional e espraiamento urbano.

Do ponto de vista do desenvolvimento da indústria química, observa-se que as inovações tecnológicas impulsionariam seu crescimento no século XX, marcado pela disseminação de plantas industriais em diferentes países. No Brasil, isso não seria diferente, uma vez que esforços governamentais se alinhariam à atração de plantas multinacionais, instaladas em ambientes estratégicos à indústria nacional e seus respectivos centros de consumo, ou seja, os mesmos centros urbanos, potencializando a sobreposição de usos com o adensamento populacional.

Segundo Villaça (1999), o planejamento urbano *stricto sensu* no Brasil se desenvolve a partir da década de 1950, sendo seu discurso pautado na necessidade de integração entre os vários objetivos e suas respectivas ações frente aos diferentes planos urbanos, a partir da realização de Planos Diretores. Entretanto, observa-se que tal legislação também falha nessa articulação por diferentes motivos, cabendo aqui o destaque aos usos conflitantes, sobretudo quando relacionados ao uso industrial e residencial, somados ao uso de equipamentos públicos e privados.

Em âmbito federal, a Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979 trata do parcelamento do uso do solo, sendo considerada um marco ao exigir como requisito fundamental que a parcela de solo a ser loteada ou desmembrada, não poderia se situar em áreas de preservação ecológica, ou áreas que pudessem conter índices de poluição que impedissem condições sanitárias suportáveis até sua correção. Também eram apresentadas restrições frente ao parcelamento do solo em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações; terrenos que tivessem sido aterrados com material nocivo à saúde pública; em terrenos de declividade igual ou superior a 30%; e em terrenos onde as condições geológicas não aconselhem a edificação. Conforme suas atribuições, a responsabilidade pelo planejamento territorial e uso do solo passa a ser dos municípios, e caberia aos Planos Diretores, a promessa de consolidação de tais critérios, via sobreposição das disciplinas do uso do solo como o zoneamento, além da

identificação de territórios quanto às diferentes tipologias de risco (caracterizados sobretudo por desastres naturais, geológicos e hidrológicos), sendo atribuído o desenvolvimento de planos setoriais, entre outras temáticas.

Poucos anos depois, a Lei nº 9.785 de 1999, complementaria a legislação citada anteriormente, afirmando ser de responsabilidade de legislação municipal específica a definição de usos para cada zona em que se divida o território municipal, devendo ser incluído, os aspectos de usos permitidos e os respectivos índices de parcelamento e ocupação. Outro acréscimo ocorreria com a Lei nº 13.465, de 2017, relacionado à restrição de usos conflitantes decorrentes de riscos tecnológicos, ao avaliar a necessidade de estabelecimento de reserva de faixa não-edificável vinculada a dutovias, quando exigida no âmbito do licenciamento ambiental, com destaque para a observância de critérios e parâmetros que garantam a segurança da população e a proteção do meio ambiente.

Outro marco importante é a lei 6.803 de 2 de julho de 1980 que trata do zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, sendo responsável pela classificação das zonas em três categorias: zonas de uso estritamente industrial, caracterizadas pela permissão de atividades em que localização de estabelecimentos industriais cujos resíduos sólidos, líquidos e gasosos, ruídos, vibrações, emanações e radiações possam causar perigo à saúde, ao bem-estar e à segurança das populações, mesmo depois da aplicação de métodos adequados de controle e tratamento de efluentes, nos termos da legislação vigente; na sequência, a classificação de zonas de uso predominantemente industrial se dedicaria à instalação de indústrias cujos processos, submetidos a métodos adequados de controle e tratamento de efluentes, não causassem incômodos sensíveis às demais atividades urbanas, não sendo passíveis de perturbação do repouso noturno das populações; por fim, as zonas de uso diversificado dedicadas à localização de estabelecimentos industriais, cujo processo produtivo seja complementar das atividades do meio urbano ou rural que se situem, e que com elas se compatibilizem, independentemente do uso de métodos especiais de controle da poluição, não ocasionando, em qualquer caso, inconvenientes à saúde, ao bem-estar e à segurança das populações vizinhas. A mesma lei determinava ainda que a decisão pela delimitação, localização e implantação de pólos petroquímicos, cloroquímicos, carboquímicos, bem como instalações nucleares era exclusiva da União e que para as demais áreas, além dos estudos exigíveis pelo planejamento urbano, a aprovação das zonas deveria ser precedida de estudos de alternativas e avaliação de impacto.

No Brasil, o planejamento territorial urbano se materializa na figura do Plano Diretor. Em 2001, foi instituído o Estatuto das Cidades (Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001) dedicado ao estabelecimento de diretrizes gerais para a política urbana, buscando ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, e o de evitar a proximidade de usos incompatíveis ou inconvenientes. Entre os aspectos de maior relevância destaca-se a obrigatoriedade de que municípios inseridos na área de influência de empreendimentos ou atividades de significativo impacto ambiental de âmbito regional ou nacional, realizem Planos Diretores Municipais. Em de 2012, a Lei nº 12.608 institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC que atribui aos municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos, e de inundações bruscas a obrigatoriedade de realização dos Planos Diretores.

Com isto, o Estatuto das Cidades incluiu a necessidade de discussões de diretrizes de uso do solo, como contrapartida à instalação de empreendimentos de impacto ambiental, ou quando se identifiquem situações que exponham populações aos riscos de desastres naturais, podendo dessa maneira, serem articuladas restrições quanto à ocupação humana, pautada nas análises decorrentes ao processo de desenvolvimento de Planos Diretores, sobretudo quando avaliados os aspectos de uso e ocupação do solo. Entretanto, não enfatiza a necessidade de realização de Planos Diretores, quando envolve riscos tecnológicos de origem química, cujos acidentes, apesar do alto potencial de impacto negativo que estes eventos podem representar.

Dessa forma, identificam-se lacunas na legislação no que diz respeito a atribuição das obrigações institucionais frente a prevenção do risco/desastre e o papel fundamental do planejamento territorial urbano na redução de conflitos do uso de solo, o que permite a afirmação de que no contexto brasileiro não existem diretrizes de planejamento territorial urbano com foco no gerenciamento de risco tecnológico envolvendo produtos químicos perigosos.

Deve ser acrescida a essa compreensão, que a instalação de parcela significativa dos empreendimentos industriais perigosos no Brasil é anterior ao desenvolvimento do Estatuto das Cidades, sendo esse aspecto somado ao fato de que o licenciamento ambiental não avalia aspectos urbanos. Dessa forma, caberia aos municípios a prevenção, articulando a definição das áreas apropriadas e as suas devidas restrições urbanas. Por outro lado, os municípios, que apresentam atribuições específicas pelo planejamento territorial urbano, por muitas vezes desconhecem, ou não apresentam equipe técnica ciente e capacitada para a definição de regras específicas voltadas aos acidentes com produtos químicos perigosos, ficando a cargo apenas do licenciamento ambiental o seu gerenciamento, a partir de seus programas ambientais correlatos, que por muitas vezes não indicam restrições quanto aos parâmetros urbanísticos.

É digna de menção o exposto pela lei nº 14.750, de 12 de dezembro de 2023, que trata dos instrumentos de prevenção de acidentes ou desastres, e de recuperação de áreas por eles atingidas, incluindo as ações de monitoramento de riscos de acidentes ou desastres e a produção de alertas antecipados, destaca em seu Art. 1º, inciso VIII, a importância do planejamento e ordenamento territorial para a redução da vulnerabilidade dos ecossistemas e das populações de modo a minimizar a ocorrência de acidentes e de desastres, bem como sua intensidade.

3.1 A gestão dos riscos tecnológicos de origem química no Brasil do ponto de vista ambiental.

O licenciamento ambiental se caracteriza como o único momento em que os riscos de grandes acidentes industriais com produtos perigosos em empreendimentos classificados pela resolução CONAMA 273/00, são considerados e avaliados. Embora essa resolução enfatize a necessidade de articulação entre instâncias federais, estaduais e municipais durante o processo, a avaliação dos riscos de acidentes fica restrita aos órgãos federais e estaduais,

condição fragilizada ao ser considerado o fato de que são poucos estados que possuem equipes técnicas qualificadas para a abordagem deste tema.

Em 2004, o Ministério do Meio Ambiente, estabeleceu o Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Acidentes Ambientais com Produtos Perigosos (P2R2), uma resposta após o grave vazamento de óleo na Baia de Guanabara ocorrido nos anos 2000, quando 1,3 milhão de litros de óleo combustível vazaram para as águas da baia e a mancha se espalhou por cerca de 40 km^2, sendo um dos maiores acidentes ambientais ocorridos no Brasil.

A efetivação da P2R2 ocorre via publicação do Decreto n° 5.098, de 3 de junho de 2004, sendo seu objetivo a prevenção, redução de riscos e a mitigação de impactos decorrentes de acidentes e emergências ambientais envolvendo produtos químicos perigosos. O P2R2 foi ao encontro da crescente preocupação da população e instituições quanto aos riscos para a saúde humana e ao meio ambiente, e à necessidade de um esforço integrado entre os vários níveis de governo, o setor privado, sociedade civil e demais partes interessadas para fazer frente a estes eventos[2].

A P2R2 estabelece que os gestores nas três esferas de Governo, atuem em estreita parceria, concentrando esforços no sentido de viabilizar o fortalecimento da capacidade de gestão ambiental integrada dos órgãos e instituições públicas no âmbito federal, distrital, estadual e municipal, para o desenvolvimento de planos de ações conjuntas, no atendimento a situações emergenciais envolvendo produtos químicos perigosos, estabelecendo seus níveis de competência e otimizando a suficiência de recursos financeiros, humanos ou materiais, no sentido de ampliar a capacidade de resposta. Em seu Art. 4º, é descrita a estrutura organizacional incumbida de formular e supervisionar a execução do P2R2, compreendendo iniciativas de prevenção, preparação e resposta rápida a acidentes ambientais com produtos químicos perigosos, devendo além da articulação institucional intersetorial, serem desenvolvidas as estruturas da Comissão Nacional do P2R2 (CN - P2R2) e de Comissões Estaduais e Distrital do P2R2 (CE - P2R2 e CD - P2R2).

Ambas as comissões buscam a realização de ações direcionadas para elaboração e fixação de políticas públicas, dotadas de objetivos e metas com ênfase nas ações preventivas e corretivas. Quanto as estruturas das Comissões Estaduais e Distrital, apenas 11 estados brasileiros Acre, Alagoas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, São Paulo[3] e Tocantins.

Apesar de mencionar a prevenção como um dos seus objetivos, a ênfase tem sido muito mais na resposta aos desastres. Além disso, as abordagens têm variado muito entre os

[2] Sua estruturação também se alinha aos compromissos internacionais decorrentes de assinaturas ou retificações de decretos legislativos alinhados ao controle de produtos e resíduos, como a Convenção de Roterdã (Procedimento de Consentimento Prévio Informado para o Comércio Internacional de Certas Substâncias Químicas e Agrotóxicos Perigosos), a Convenção de Estocolmo (sobre os Poluentes Orgânicos Persistentes e a Convenção de Basiléia sobre os Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos). Acrescidos das declarações e textos como a Agenda 21 da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento - Rio-1992 (trata da gestão ambientalmente segura e prevenção do tráfico ilícito de produtos químicos tóxicos e dos resíduos tóxicos); Plano de Implementação da Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável - Joanesburgo-2002 (elaboração da Abordagem Estratégica para a Gestão Internacional de Substâncias Químicas). Somadas as diretrizes do Plano Plurianual 2004/2007, que inclui a promoção da prevenção e redução de riscos e a mitigação de impactos decorrentes de acidentes e emergências ambientais relacionadas às atividades químicas que podem ocasionar contaminação ao homem e ao meio ambiente.

[3] Em São Paulo, a formação ocorre via Resolução Cemil nº38-610-Cedec, de 30 de novembro de 2009. Instituindo assim a Comissão Estadual de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Químicos Perigosos do Estado de São Paulo (CEP2R2). Merecendo também o destaque para a articulação da Subcomissão da P2R2 no Litoral Norte do Estado de São Paulo.

estados. No estado de São Paulo, A CETESB é a única agência ambiental a ter uma norma técnica específica (Norma P4.261 de dezembro de 2011) para orientar a avaliação de riscos com produtos químicos em empreendimentos, durante o processo de licenciamento ambiental e em agosto de 2021, publicou a Norma técnica P4.003 que estabelece as diretrizes mínimas para elaboração e implantação de um Plano de Preparação das Comunidades Expostas a Riscos Tecnológico de Origem Química (PPC) (CETESB, 2021).

O PPC é voltado aos empreendimentos que manipulam ou armazenam produtos químicos, que devem contar com o apoio das instituições públicas, para a conscientização e articulação de ações junto às populações expostas aos riscos tecnológicos, sendo as discussões estendidas às secretarias municipais responsáveis pelas pastas de planejamento territorial, consórcios intermunicipais e estaduais, garantindo a ampla sobreposição das ações cabíveis à cada instituição.

4 PLANEJAMENTO TERRITORIAL URBANO E A GESTÃO DE RISCOS.

Do ponto de vista da análise de risco, a política da Comunidade Europeia - CE reconhece que grandes acidentes industriais envolvendo produtos químicos perigosos representam uma ameaça significativa as pessoas e ao meio ambiente, tendendo a representar elevadas perdas econômicas e se constituem em ameaça ao desenvolvimento sustentável.

Os acidentes ocorridos em Seveso (Itália, 1976) e Toulouse (França, 2001) resultaram no aprimoramento de legislações da Comunidade Europeia (CE), entre as quais a Diretiva de Seveso, a qual define várias camadas, incluindo o planejamento territorial, como mostra a Figura 2. Com base na Diretiva de Seveso, cada Estado-Membro atribui critérios específicos aos empreendimentos e atividades classificadas conforme padrões internacionais.

Figura 2. Importância do planejamento territorial urbano na Diretiva de Seveso.

Fonte: Elaboração da autora com base na Diretiva de Seveso I - 82/501/EEC.

Desde 1982, a Diretiva de Seveso têm passado por atualizações. Em 1996, uma revisão (Diretiva Seveso II - 96/82/EC) introduziu novos requisitos relacionados aos sistemas de gerenciamento de segurança, planejamento de emergência e planejamento do uso do solo, além do reforço das disposições sobre inspeções realizadas pelos Estados-Membros. Mais recentemente, em 2012 (Diretiva Seveso III - 2012/18/UE3), levaria em conta as novas classificações internacionais de substâncias acordadas pela ONU, permitindo a melhor avaliação de risco e manuseio de substâncias[4].

No contexto da CE também se destacam as ações desenvolvidas pela *United Nations Economic Commission for Europe* (UNECE), com sua forte atuação no delineamento de diretrizes territoriais, entre os quais o *Guidance on Land-Use Planning* (LUPAN), um guia responsável pela indicação das principais diretrizes a serem desenvolvidas em relação à sobreposição dos aspectos de garantia da segurança operacional de empreendimentos classificados pelo risco tecnológico de origem química ao planejamento territorial. Somam-se a essas iniciativas as ações desempenhadas pelo Escritório de Riscos de Acidentes Graves (*Major Accident Hazards Bureau* - MAHB)[5], cuja função, reside majoritariamente na identificação dos fatores responsáveis pela continuidade da ocorrência de graves acidentes industriais de origem química, frente aos avanços de produção, e quais as melhores práticas para o gerenciamento de riscos industriais.

Do ponto de vista ambiental, merecem destaque na CE as análises decorrentes da Avaliação de Impacto Ambiental (*Environmental Impact Assessment* - EIA)[6], usada para avaliar os potenciais efeitos ambientais e sociais de um projeto ou proposta de um empreendimento, de modo a garantir que os tomadores de decisões considerem o impacto ambiental de um projeto tomando as medidas necessárias para evitar, reduzir ou compensar esses efeitos; e também a Avaliação Ambiental Estratégica – AAE (*Protocol on Strategic Environmental Assessment* - SEA)[7], que amplia a Convenção de ESPOO relativa à avaliação dos impactos ambientais num contexto transfronteiriço, garantindo que as partes individuais integrem a avaliação ambiental nos seus planos e programas nas fases iniciais de forma a lançar as bases para o desenvolvimento sustentável, prevendo a ampla participação pública no processo de tomada de decisão governamental.

Outro ponto a ser destacado se relaciona à avaliação dos acidentes tecnológicos desencadeados por desastres naturais (*Natural hazard triggered technological accident* - Natech) que envolve os riscos de grandes acidentes com produtos químicos desencadeados por desastres naturais. Os desastres naturais podem desencadear incêndios, explosões e liberações tóxicas ou radioativas em instalações perigosas e outras infraestruturas que processam, armazenam ou transportam substâncias perigosas (KRAUSMANN, et.al, 2017).

[4] Em setembro de 2021, a Comissão Europeia publicou um relatório sobre a implementação e o funcionamento da Diretiva Seveso III. O relatório mostrou que, entre 2015 e 2018, o número de acidentes industriais graves na UE se estabilizou em um nível baixo: 25 por ano para 12.000 estabelecimentos.

[5] Disponível em: https://actionguide.info/m/orgs/385/ , acesso em outubro de 2024.

[6] Equivalente as Análises de Impactos Ambientais (AIA) no Brasil, que podem envolver Estudos de Impacto Ambientais, Relatórios Ambientais Simplificados e seus respectivos programas de controle e mitigação de impactos.

[7] Equivalente à Avaliação Ambiental Estratégica (AAE) no Brasil, importante destacar que ao contrário do contexto da CE, no Brasil, a realização de estudos AAEs não são obrigatórias.

5 ANÁLISE DE RISCO E O PLANEJAMENTO TERRITORIAL URBANO

Nunes Alves (2020) destaca a possibilidade de utilização de informações presentes em Estudos de Análise de Risco (EARs), nos processos de licenciamento ambiental para definição de zonas de risco, podendo desta maneira, serem também utilizadas para o gerenciamento do risco tecnológico de origem química no entorno de instalações industriais. Mas o que isso representa na prática?

As diversas metodologias aplicadas aos EARs poderiam fornecer informações valiosas ao planejamento. Conforme descrito pela UNECE (2023), a Análise Quantitativa de Risco (AQR) envolve a aplicação de modelos termodinâmicos, probabilísticos e matemáticos para quantificar a frequência de ocorrências de acidentes e a magnitude de danos, caso o acidente ocorra. Os riscos são estimados em termos de indicadores de Risco Individual[8] e Risco Social, sendo o Risco individual representa a probabilidade de morte ou lesões graves para uma pessoa localizada perto de um perigo em um determinado período, e é dado por curvas de iso-risco no entorno do empreendimento (podendo dessa maneira ser territorializado), enquanto o Risco Social representa a medida de probabilidade de fatalidades para um grupo de pessoas, sendo frequentemente expressada em curvas de frequência acumulada de acidentes em função do número de mortes.

A Figura 3 mostra um exemplo da aplicação dos valores do risco individual (em mortes por ano) nas diretrizes de planejamento territorial do Canadá. Em destaque, observa-se que em áreas com maior adensamento de população ou com a presença de populações particularmente sensíveis os níveis de riscos tolerados são até 100 vezes menores que nas proximidades do empreendimento.

Figura 3. Risco Individual aplicado ao planejamento territorial no Canadá.

Fonte: MIACC, 1995. Tradução pelas autoras.

[8] Os contornos aplicados pelo Risco Individual geralmente representam potências de 10, ou seja, 1 chance em 1.000 por ano ou 10^{-3} de que um indivíduo pode morrer, 1 chance em 10.000 por ano ou 10^{-4}, 1 chance em 100.000 por ano ou 10^{-5}.

De acordo com CCPS (apud UNECE, 2023), a análise de riscos pode também envolver, além de métodos quantitativos, os métodos qualitativas e semiquantitativas. Análise de risco qualitativa é baseada principalmente na descrição e comparação dos eventos acidentais, usando experiências históricas e julgamentos de engenharia, com pouca quantificação dos perigos, das consequências e da probabilidade ou nível de risco associado. Quanto a análise de risco semiquantitativa as abordagens incluem algum grau de quantificação das consequências e da probabilidade e/ou nível de risco associado.

Estas abordagens das análises determinísticas são construídas sobre um cenário postulado, em geral o pior cenário, para determinar as consequências para as pessoas e o meio ambiente, dado um conjunto de circunstâncias definidas.

Critérios de zoneamento baseados no uso dos métodos determinísticos envolvem definição de distâncias genéricas definidas entre áreas ocupadas por atividades perigosas e outros usos comunitários. Em relação aos métodos de avaliação das consequências, os critérios de zoneamento são baseados em valores de limiares de danos (tipicamente limiares de efeitos “letais” e “irreversíveis”). Já os métodos semiquantitativos apresentam critérios de zoneamento baseados em valores de limiares de vulnerabilidade que identificam efeitos letais e irreversíveis.

Em países como Alemanha e Áustria, as abordagens de planejamento territorial envolvem critérios determinísticos e baseados em consequências, ou seja, são utilizados o pior cenário para a delimitação de áreas com probabilidade de serem atingidas e com isto, fornecendo os subsídios para o estabelecimento de critérios restritivos à ocupação nestes locais. Itália e França adotam abordagens semiquantitativas, avaliando aspectos tanto sobre a frequência de ocorrência estimadas, quanto em relação às possíveis consequências dos eventos. Já a Bélgica e Inglaterra, adotam critérios baseados no risco, avaliando aspectos do risco individual e social.

Qualquer um dos métodos, pode fornecer subsídios de grande importância para o planejamento territorial, podendo subsidiar a definição de critérios específicos para a ocupação destas áreas, como usos permitidos ou não permitidos. Para além do contexto brasileiro, avanços vêm sendo alcançados do ponto de vista da prevenção de acidentes tecnológicos de origem química, assegurando maior conhecimento, preparo e segurança à população exposta.

6 CONCLUSÕES

Para Lolive e Okamura (2018) o risco culmina por moldar o ambiente da vida cotidiana. Partindo da noção de “sociedade de risco” proposta por Beck (2001), os autores destacam a necessidade e importância de compreensão das diferentes relações entre riscos e sociedade, onde a incessante busca por conforto e desenvolvimento, práticas inerentes à sociedade capitalista e ambiente global, nos expõem a riscos de difícil identificação. Para Gilbert (2003), a *“fábrica de riscos”* destaca a importância da designação do risco como um problema público, tendo sua seleção e priorização definidas a partir de análises arbitrárias confrontadas entre sociedade civil e autoridades públicas, de modo a observar como os múltiplos atores definem e constroem o ambiente de análise do risco, revelando a importância do desenvolvimento de Políticas Públicas correlacionadas.

De acordo com Ferreira Luiz e Nardocci (2014), estes acidentes podem envolver grandes liberações repentinas de substâncias químicas perigosas (vazamentos, emissões) ou

energia (explosões, incêndios), de forma isolada ou combinada podendo ocasionar danos severos à saúde das pessoas, meio ambiente e propriedade. Os mesmos autores destacam que esses eventos oferecem riscos à infraestrutura do entorno, incluindo estradas, redes de abastecimento de água e energia, e instalações fundamentais, como hospitais, escolas, aeroportos, entre outros ambientes estruturais e de alto potencial de concentração de pessoas, podendo ainda resultar em perdas de vidas humanas e de danos severos ao patrimônio público.

É importante destacar ainda que a população tem o direito de conhecer e participar dos processos de decisão sobre os riscos que afetam sua vida e saúde. Portanto, é fundamental que possamos avançar no desenvolvimento de políticas públicas de planejamento territorial voltadas ao gerenciamento dos riscos tecnológicos de origem química e que propiciem a minimização de conflitos de uso, evitando o adensamento populacional no entorno destes empreendimentos.

7 REFERÊNCIAS

BECK, U. *La société du risque. Sur la voie d'une autre modernité*. Paris, Aubier. 2001.

BRASIL. *Lei 6.766 de 19 de dezembro de 1979.* Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências.

BRASIL. *Lei 6.803 de 2 de julho de 1980.* Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, e dá outras providências.

BRASIL. Lei 9.785 de 29 de janeiro de 1999. *Altera o Decreto-Lei no 3.365, de 21 de junho de 1941 (desapropriação por utilidade pública) e as Leis nos 6.015, de 31 de dezembro de 1973 (registros públicos) e 6.766, de 19 de dezembro de 1979 (parcelamento do solo urbano).*

BRASIL. *Resolução CONAMA nº 273, de 29 de novembro de 2000.* Dispõe sobre a instalação de sistemas de armazenamento de derivados de petróleo e outros combustíveis.

BRASIL. *Lei 10.257, de 10 de julho de 2001.* Estatuto das Cidades.

BRASIL. *Decreto 5.098 de 3 de junho de 2004*. Institui o Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Acidentes Ambientais com Produtos Perigosos (P2R2).

BRASIL. *Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012.* Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC.

BRASIL. *Lei 13.465 de 11 de julho de 2017*. Dispõe sobre a regularização fundiária rural e urbana, sobre a liquidação de créditos concedidos aos assentados da reforma agrária e sobre a regularização fundiária no âmbito da Amazônia Legal; institui mecanismos para aprimorar a eficiência dos procedimentos de alienação de imóveis da União; e dá outras providências.

BRASIL. *Lei 14.750, de 12 de dezembro de 2023*. Altera as Leis nºs 12.608, de 10 de abril de 2012, e 12.340, de 1º de dezembro de 2010.

CCPS - Centre for Chemical Process Safety. *Guidelines for Developing Quantitative Safety Risk Criteria*. New York, American Institute of Chemical Engineers (AIChE), 2009.

CETESB. *Norma Técnica P4.261.* Risco de Acidente de Origem Tecnológica - Método para decisão e termos de referência. 2ª ed., 2011.

CETESB. *Norma Técnica P4.003. Plano de Preparação das Comunidades Expostas a Risco Tecnológico de Origem Química*. 1ª ed., 2021.

CHOAY, F. *O Urbanismo: utopias e realidades, uma antologia*. 6ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2011.

UE - União Europeia. *Diretiva Seveso (82/501/EEC).*

UE - União Europeia. *Diretiva Seveso II (96/82/EC).* Alterações: 87/216/CEE, de 19 de março; 88/610/CEE, de 24 de Novembro; 91/692/CEE.

UE - União Europeia. *Diretiva Seveso III* (2012/18/UE3). 2003/105/CE, de 16 de dezembro.

EIRD. Estratégia Internacional para Redução de Desastres. *Vivir con el Riesgo. Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres.* v I. Nova York y Ginebra: Publicación Naciones Unidas, 2004.

FERREIRA LUIZ, R. A.; NARDOCCI, A. C. Planejamento Territorial como instrumento do gerenciamento de Riscos de Acidentes Industriais Maiores. In. Philip Jr, Arlindo; Romério, Marcelo de Andrade; Bruna, Gilda Collet (ed.) *Curso de Gestão Ambiental.* 2ª ed. Barueri, São Paulo, 2014.

GILBERT C. *La fabrique des risques*. Cahiers internationaux de sociologie, 2003/1 (n° 114), p. 55-72. DOI: 10.3917/cis.114.0055. Disponível: https://www.cairn.info/revue-cahiers-internationaux-de-sociologie-2003-1-page-55.htm, acesso em outubro de 2024.

KRAUSMANN, E., CRUZ A.M.; SALZANO E., *Natech risk assessment and management.* Elsevier. 2017.

LOLIVE, J.; OKAMURA, C. *Explorer les mondes du risque dans la métropole São Paulo.* Cahiers de géographie du Québec, 2018, 62 (177), p.423-443. 10.7202/1068741ar. halshs-02826015.

MIACC - Major Industrial Accidents Council of Canada. Risk-based. *Land Use Planning Guidelines.* Primeira Edição, Canadá, 1995. ISBN 1-895858-10-0.

NUNES ALVES, E. *Gestão de risco de acidentes industriais com produtos químicos perigosos: um olhar para o Polo Petroquímico do ABC Paulista.* Tese de Doutorado – Universidade Federal do ABC, Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Gestão do Território, São Bernardo do Campo, 2020.

UNECE. *Guidance on Land-Use Planning, the Siting of Hazardous Activities and related Safety Aspects*. United Nations Publication. ISBN: 978-92-1-117151-8 e-ISBN: 978-92-1-363050-1.

UNECE - *United Nations Economic Commission for Europe. Risk Assessment for Industrial Accident Prevention an Overview of Risk Assessment Methods, Selected Case Studies and Available Software*. United Nations, Geneva, 2023. ISBN: 978-92-1-117333-8 e-ISBN: 978-92-1-002513-3.

VILLAÇA, Flávio. Uma contribuição para a história do planejamento urbano no Brasil. In: DCÜK, Csaba; SCHIFFCR, Sueli Ramos (organizadores). *O Processo de Urbanização no Brasil. São Paulo*. Editora da Universidade de São Paulo, 1999.

GESTÃO DE RISCO EM DESASTRES TECNOLÓGICOS: MITIGAÇÃO E PRESERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO CULTURAL

RISK MANAGEMENT IN TECHNOLOGICAL DISASTERS: MITIGATION ANS PRESERVATION OF CULTURAL HERITAGE

1º Henrique Piló[1], 2º Tamires Miranda[2] e 3º Lucas Alves da Silva[3]

1 henriquepilo@gmail.com

2 tamiresmiranda.geo@gmail.com

3 alves0805@gmail.com

RESUMO

Após a ruptura das barragens de rejeitos de mineração, Fundão, em Mariana, no dia 5 de novembro de 2015, e a Córrego do Feijão, em Brumadinho, no 25 de janeiro de 2019, ambas em Minas Gerais, o estado instituiu, por meio da Lei nº 23.291/2019, procedimentos específicos sobre a Política Estadual de Segurança de Barragens. Esta lei foi implantada de forma articulada com a legislação federal e regulamentada pelo Decreto MG nº 48.078/2020. As diretrizes de preservação do patrimônio cultural têm por base a Portaria IEPHA/MG nº 07/2021, que estabelece as normas e os procedimentos de competência do Instituto Estadual de Patrimônio Histórico e Artístico – IEPHA-MG. Sobre as limitações e proposições de avanços para a salvaguarda do Patrimônio Cultural é que versa este artigo.

Palavras-Chave: Gestão de risco. Desastre tecnológico. PAEBM/PAE. Patrimônio Cultural.

ABSTRACT

Following the collapse of the mining tailings dams, Fundão, in Mariana, on November 5th, 2015, and Córrego do Feijão, in Brumadinho, on January 25th, 2019, both in Minas Gerais, the state established specific procedures for Dam Safety through Law nº 23.291/2019. This law was implemented in conjunction with federal legislation and regulated by State Decree nº 48.078/2020.

The guideline for preserving cultural heritage is based on Ordinance IEPHA/MG N° 07/2021, which establishes the standards and procedures under the jurisdiction of the State Institute of Historical and Artistic Heritage – IEPHA-MG. This article is about the limitations and proposals for advances in safeguarding Cultural Heritage.

Keywords: Risk Management. Technological disasters. PAEBM/PAE. Cultural Heritage.

1 INTRODUÇÃO

Aparentemente, a implantação de uma legislação regulatória que verse sobre a segurança das barragens de mineração apresenta caráter remediativo e não preventivo como é necessário em um tema tão sensível. Na esfera federal, o rompimento da barragem de São Francisco na cidade mineira de Miraí no ano de 2007, derramou cerca de 2 milhões de metros cúbicos de rejeito de lavra de bauxita em rios da região[1], atingindo os municípios de Miraí, Muriaé e Patrocínio de Muriaé, em Minas Gerais, além de Laje do Muriaé e Itaperuna, no estado do Rio de Janeiro. A partir de desastres como este, a criação de diretrizes e conceitos específicos para segurança de barragens foi incentivada com a publicação da Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais.

Em novembro de 2015, o rompimento da barragem do Fundão, na cidade de Mariana, em Minas Gerais, despejou por volta de 60 milhões de metros cúbicos de rejeitos de minério de ferro na bacia do rio Doce[2], resultando na morte de 19 pessoas além da destruição da biota terrestre e aquática, da subsistência de pequenos agricultores locais e do patrimônio histórico e cultural da região. É considerada a maior tragédia ambiental já registrada na história brasileira.

> *No dia 5 de novembro de 2015, a barragem do Fundão, que segurava os rejeitos da mineração de ferro da empresa Samarco, rompia. Na catástrofe, 19 pessoas morreram e cerca de 1600 há, nas margens do Rio Doce e dos seus afluentes, foram recobertos por uma lama carregada em resíduos do tratamento dos minerais de ferro. Em poucos dias, a onda de lama chegou até o oceano Atlântico e mais de 300.000 pessoas foram afetadas de alguma forma, pela destruição da sua vila e do seu território, pela perda dos seus meios de subsistência, do seu quadro de vida e das suas raízes territoriais ou, pelo menos, pela falta de água adequada ao consumo. Verificou-se logo tratar-se da maior catástrofe ambiental já registrada no Brasil, que foi amplamente comentada na imprensa internacional. (PROUS, A. 2015)*

Esse desastre influenciou a regulamentação da Portaria DNPM[3] (atual ANM[4]) nº 70.389, de 17 de maio de 2017, que criou o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração (SIGBM) e estabeleceu a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem (PSB), das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de

[1] FIOCRUZ, 2009.
[2] MPMG, 2020.
[3] Departamento Nacional de Produção Mineral.
[4] Agência Nacional de Mineração.

Segurança de Barragem (RPSB) e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM). Esta portaria foi deliberada visando a regulamentação das diretrizes indicadas da PNSB[5] (Lei n° 12.334/ 2010) cinco anos após sua publicação e após um novo desastre.

Em 2019, o colapso da barragem do Córrego do Feijão, no município mineiro de Brumadinho, despejou mais de 12 milhões de metros cúbicos de rejeito de mineração de ferro na bacia do rio Paraopeba. Como consequência, o rejeito devastou mais de 300 km de área e tirou a vida de 272 pessoas[6]. Essa tragédia provocou a necessidade de revisão do PAEBM, o que resultou na alteração da PNSB, com a Lei n° 14.066, de 30 de novembro de 2020, e na Resolução ANM n° 95, de 07 de fevereiro de 2022, que apresentou a consolidação dos atos normativos que dispuseram sobre segurança de barragens de mineração.

Na esfera estadual, essa tendência da remediação é ainda mais clara, visto que, desde 2015, logo após o rompimento da barragem do Fundão, a discussão sobre regulamentação específica para o estado de Minas Gerais (devido à quantidade de estruturas no território), estava em debate e, em 2016, foi apresentada à Assembleia Legislativa de Minas Gerais (ALMG) um Projeto de Lei, com mais de 60 mil assinaturas, por meio de iniciativa popular e capitaneado pelo Ministério Público de Minas Gerais[7]. Entretanto, apesar do histórico, apenas em 25 de fevereiro de 2019, foi publicada a Lei nº 23.291, conhecida como Lei Mar de Lama Nunca Mais, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens (PESB). Exatamente um mês após o rompimento da barragem do Córrego do Feijão.

A Lei MG nº 23.291/2019 instituiu a PESB de forma articulada com a PNSB[8], regida pela legislação federal. A partir das definições apresentadas na lei supracitada, o Decreto MG n° 48.078, de 05 de novembro de 2020, estabelece a regulamentação dos procedimentos para elaboração, análise e aprovação do Plano de Ação de Emergência (PAE), organizando o estudo em cinco seções temáticas, sendo a Seção IV, específica para o Patrimônio Cultural, interesse maior do artigo em tela.

Os estudos desenvolvidos para esta seção, devem ser realizados tendo, por base legal, o art. 12, inciso VI da Lei Federal n° 14.066/2020, que obriga o empreendedor a estabelecer medidas específicas, em articulação com o poder público, para resgatar e salvaguardar o patrimônio cultural, juntamente com a portaria IEPHA-MG[9] nº 07, de 09 de abril de 2021, que estabelece as normas e os procedimentos de competência do órgão, levando em consideração tanto o diagnóstico do patrimônio material, quanto imaterial, que já estejam protegidos na esfera estadual.

[5] Política Nacional de Segurança de Barragens.
[6] MPMG, 2021.
[7] MPMG, 2024.
[8] Política Nacional de Segurança de Barragens.
[9] Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais.

2 O PATRIMÔNIO CULTURAL NA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA, UMA BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO

No intuito de contextualizar o acautelamento do patrimônio cultural no Brasil, faz-se necessário retornar à década de 1930, a partir da publicação da primeira legislação que versa sobre a proteção ao patrimônio histórico e artístico nacional, o Decreto-Lei nº 25, de 1937. Apesar de grandes limitações, este foi o primeiro instrumento legal de proteção efetiva do patrimônio histórico e cultural, apesar de privilegiar, como esperado pela mentalidade da época, "o conjunto dos bens móveis e imóveis existentes no país e cuja conservação seja de interesse público, quer por sua vinculação a fatos memoráveis da história do Brasil, quer por seu excepcional valor arqueológico ou etnográfico, bibliográfico ou artístico" (BRASIL, 1937). Após sua promulgação foi visível o alargamento do conceito de historicidade, como também, o deslocamento do lócus histórico para um ambiente multidisciplinar de cultura, incluindo a imaterialidade e as edificações não monumentais, por exemplo (Cf. RÊGO, 2010, p. 13).

A Constituição Federal de 1988, em seu Capítulo II: Da União, define por meio do artigo nº 23, inciso III, a competência compartilhada entre União, Estados e Municípios na proteção dos documentos, "as obras e outros bens de valor histórico, artístico e cultural, os monumentos, as paisagens naturais notáveis e os sítios arqueológicos" (BRASIL, 1988). Já no artigo nº 24, indica que "compete à União, aos estados e ao Distrito Federal legislar concorrentemente sobre a proteção ao patrimônio histórico, cultural, artístico, turístico e paisagístico e a responsabilidade pelos danos ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico" (BRASIL, 1988).

Ainda a Constituição Federal, em seu artigo nº 216, indica que o patrimônio cultural brasileiro, é constituído pelos "bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira" (BRASIL, 1988), incluindo aí, as "formas de expressão, modos de criar, fazer e viver, criações artísticas, científicas e tecnológicas, as obras, objetos, documentos, edificações e demais espaços destinados às manifestações artístico-culturais; os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico" (BRASIL, 1988).

A Constituição Federal de 1988 não trouxe, necessariamente, uma inovação ao tratar sobre o Patrimônio Cultural, tema comum nas constituições republicanas. A inovação se deu ao conceituar o Patrimônio Cultural Brasileiro, aglutinando valores históricos, artísticos, antropológicos, arqueológicos, materiais e imateriais.

> *Circunscreve-se este detalhamento ao caput, em que é estabelecido o conceito de patrimônio cultural brasileiro. Em primeiro lugar, verifica-se que o termo esclarece que o patrimônio é brasileiro, ou seja, abrange os patrimônios culturais formados pela União, Estados, Distrito Federal e Municípios, "não havendo que se falar em 'patrimônio de interesse estadual ou regional' ou 'de interesse municipal ou local'" (GUIMARÃES, 2008: 9-10).*

3 A SALVAGUARDA DO PATRIMÔNIO CULTURAL

Ao reafirmar a competência compartilhada, a fim de garantir a proteção dos bens de valor histórico, artístico e cultural, a legislação brasileira deixa clara a necessidade de os bens de interesse cultural, independentemente de sua esfera de acautelamento, estarem indicados nos estudos de PAEBM. Apenas assim será possível assegurar a proposição de medidas de registro-salvamento, em caso de elevação de nível de emergência de barragens, salvaguardando o patrimônio cultural brasileiro, desta forma, cumprindo o preceito constitucional.

Visando a implementação da já citada Lei n° 14.066/2020, se faz necessária a inclusão de bens de interesse cultural, mesmo não sendo registrados ou tombados pelo Estado, nos estudos apresentados no PAEBM, assegurando sua proteção. O objetivo final do documento deve ser o de garantir a proteção e o registro dos bens de interesse cultural, independentemente da existência formal de acautelamento, buscando-se, portanto, minimizar eventuais impactos em caso de rompimento de barragens.

Como já citado, Minas Gerais possui regulamentação dos procedimentos para elaboração, análise e aprovação do Plano de Ação de Emergência (PAE). Importante salientar que é o único estado da federação a regulamentar as diretrizes para preservação do patrimônio cultural em cenários de desastre tecnológico, mesmo não aplicando os preceitos constitucionais do compartilhamento da responsabilidade pela preservação entre as esferas federais, estaduais e municipais. O PAE/PAEBM deve ter, por finalidade única, salvaguardar o patrimônio cultural, independente da sua esfera de acautelamento. Isso justifica a inserção de bens acautelados em outras esferas ou não acautelados formalmente, mas dotados de interesse cultural, visando cumprir os básicos auspícios de preservação do patrimônio, em caráter corresponsável entre empreendedor, Municípios, Estados e União, como assegura a legislação. Não existe qualquer normativa federal que garanta a salvaguarda do patrimônio cultural protegido, conforme o artigo n° 216 da Constituição Federal, em caso de desastre tecnológico.

Partindo sempre do princípio da precaução, no que concerne à conservação e preservação do patrimônio, é fundamental conhecer os bens culturais existentes nas áreas que podem ser afetadas em caso de rompimento de uma barragem. A opção de reconstrução do patrimônio edificado, por exemplo, deve ser facultada à população diretamente afetada, mas, para que seja executável, é necessário que haja levantamento cadastral detalhado e documentação fotográfica realizado previamente ao desastre.

A importância do conhecimento prévio sobre o patrimônio cultural de uma região que possui risco de impacto direto em razão de desastres tecnológicos é indiscutível, uma vez que, sem este, ações ligadas ao processo de reparação e compensação de danos são prejudicadas, já que não é possível valorar o patrimônio subtraído por eventos dessa natureza. Diversos bens que foram perdidos nos desastres tecnológicos recentes não estavam registrados, o que dificulta qualquer ação reparatória ou indenizatória por parte das empresas responsáveis pelos desastres. No caso específico de Mariana, parte considerável do patrimônio perdido não poderá ser resgatado, reparado, indenizado, reconstruído e/ou rememorado, exclusivamente por falta de registro prévio.

4 PARA ALÉM DA PROTEÇÃO DOS BENS JÁ REGISTRADOS

Diante do exposto, fica evidente a necessidade de realizar um estudo completo em áreas que podem ser impactadas negativamente em razão de desastres tecnológicos. Esse estudo deve ter por objetivo principal, conhecer e registrar o patrimônio cultural existente nessas áreas, observar a relação da população com o bem e, para o patrimônio edificado com interesse histórico, arquitetônico ou arqueológico, produzir os documentos visuais e textuais necessários para serem utilizados, caso seja necessária a reconstrução do bem, em razão de algum desastre. Assim, apesar de ter sido a primeira iniciativa estadual de estabelecer parâmetros para o registro de patrimônio cultural em área de mancha de inundação, a abrangência que o IEPHA-MG impõe ao estudo sobre o patrimônio cultural vai, como já visto anteriormente, em direção contrária à legislação de referência, que indica a responsabilidade compartilhada entre Estado, União e Municípios na salvaguarda do patrimônio cultural brasileiro.

Dessa maneira, entendemos que a construção do documento não deve se pautar, exclusivamente, em atender às disposições legais do Estado de Minas Gerais, levando em consideração apenas os instrumentos cautelares já aplicados. É fundamental que o estudo seja amplo e abrangente, como indicado na Lei Federal nº 14.066/2020, considerando também os bens não acautelados, mas que tenham adquirido uma significância cultural. É necessário que haja uma normatização em esfera federal que garanta, seguindo os preceitos constitucionais, a preservação do patrimônio cultural em risco de impacto gerado por desastre tecnológico.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar das barragens fazerem parte dos projetos e plantas de mineração desde os primeiros projetos, as diretrizes e regulamentações brasileiras de segurança são recentes. É fato passivo que existem discussões relacionadas à estas estruturas, que precisam ser feitas e aprofundadas, principalmente, relacionadas a casos de rompimento e deslocamento de material.

Considerando as estratégias de mitigação e compensação dos impactos culturais à população residente nas manchas de inundação, que se compreendeu a necessidade de trazer às vistas as especificidades relacionadas ao tema aqui discutido.

Em relação à segurança de barragens, conforme determinação legal, é obrigatória a descaracterização das barragens construídas a montante – método construtivo das barragens de Fundão e Córrego de Feijão, citadas anteriormente. Este processo de descaracterização resulta, como descrito no artigo 2° da Resolução ANM n° 95/2022, em uma barragem que não recebe, permanentemente, aporte de rejeitos e a qual deixa de possuir características ou exercer função de barragem, conforme projeto técnico que compreende, entre outras ações ao descomissionamento, controle hidrológico e hidrogeológico, estabilização e monitoramento. A disposição do rejeito e/ou do material estéril em pilha a seco é considerado, atualmente, o método com menor potencial de impacto e tem sido utilizado por alguns empreendedores do setor da mineração.

Contudo, cabe frisar que, essa modalidade de disposição de rejeitos/estéril, até o momento da publicação deste artigo, não possui regulamentação legal, federal ou estadual, para os estudos de impacto ambiental e cultural. Apesar de ter menor extensão de danos que uma barragem de rejeito, o potencial de impacto sobre patrimônio cultural existe. Em 2023, o escorregamento de uma pilha de estéril obstruiu uma estrada em um município maranhense, prejudicando a realização do último dia do festejo da Marujada, patrimônio cultural regional. Recentemente, o deslizamento de uma pilha no município mineiro de Conceição do Pará desalojou mais de duzentas e cinquenta pessoas.

Independente de qual seja a estrutura escolhida para contenção do rejeito/estéril, é imprescindível que o patrimônio cultural seja contemplado de forma ampla e detalhada, respeitando os preceitos constitucionais brasileiros, assim como, as singularidades culturais da comunidade potencialmente atingida, possibilitando que as perdas culturais sejam evitadas e, em casos extremos, devidamente compensadas.

Considerando a rapidez com que o método de empilhamento vem ganhando popularidade no país, é necessário que os órgãos fiscalizadores ganhem celeridade na instituição de diretrizes que regulamentem os procedimentos de planejamento, projeto e construção, assim como, a identificação e gerenciamento dos riscos.

Como apresentado no artigo, quando discutimos sobre rompimento de barragem, as perdas de vida, de biota terrestre e aquática e, especificamente de patrimônio cultural, são sempre incomensuráveis. Mesmo assim, as medidas de segurança foram implementadas apenas após tragédias. Para que tenhamos novos resultados, é fundamental que a legislação regulatória que versa sobre segurança de estruturas de contenção de materiais (barragem e/ou pilhas) apresente caráter preventivo e não remediativo como tem sido praticada, levando em consideração a sensibilidade e relevância que o tema exige.

É necessário e urgente que se amplie o debate acerca da preservação do patrimônio cultural nas áreas que podem correr risco de um desastre tecnológico, tanto por barragens quanto por empilhamento de rejeitos/estéril. É fundamental que a abrangência da legislação assegure a preservação a todo monumento histórico, no sentido amplo, assegurando proteção às manifestações culturais, às imponentes construções e à arquitetura vernacular que possui relevância cultural.

6 REFERÊNCIAS

BRASIL. *Decreto-Lei n° 25 de 30 de novembro de 1937*. Organiza a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional.

BRASIL. *Lei n° 3.924, de 26 de julho de 1961*. Dispões sobre os Monumentos Arqueológicos e Pré-Históricos.

BRASIL. *Lei n° 12.334, de 20 de setembro de 2010*. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais.

BRASIL. *Lei n° 14.066, de 30 de setembro de 2020.* Altera a Lei nº 12.334, de 20 de

setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração).

FIOCRUZ – Fundação Oswaldo Cruz – *Mapa de Conflitos*. Rompimentos de barragens de rejeitos da Rio Pomba Mineração comprovam os riscos da atividade minerária para a sustentabilidade hídrica de Minas Gerais e estados à jusante das suas bacias hidrográficas. In: https://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/conflito/mg-rompimentos-de-barragens-de-rejeitos-da-rio-pomba-mineracao-comprovam-os-riscos-da-atividade-mineraria-para-a-sustentabilidade-hidrica-de-minas-gerais-e-estados-a-jusante-das-suas-bacias-hidrogra/#:~:text=Cerca%20de%2060%20pessoas%20ficaram,235%20moradias%20precisaram%20ser%20reformadas.

GUIMARÃES, A. S. O Avanço na Definição do Patrimônio Cultural Brasileiro na Constituição Federal de 1988. In: *Constituição de 1988: O Brasil 20 Anos Depois - Os Cidadãos na Carta Cidadã (VOL. V)* Publicação do Senado Federal, Brasília: 2008.

MINAS GERAIS. *Lei nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019*. Institui a política estadual de segurança de barragens.

MINAS GERAIS. *Portaria IEPHA/MG nº 07, de 09 de abril de 2021.*

MPMG - *Rompimento da barragem de Fundão, em Mariana: resultados e desafios cinco anos após o desastre em 29/10/2020.* In: https://www.mpmg.mp.br/portal/menu/comunicacao/noticias/rompimento-da-barragem-de-fundao-em-mariana-resultados-e-desafios-cinco-anos-apos-o-desastre.shtml

MPMG *Brumadinho 2 anos*. Publicado em 25/01/21. Disponível em: https://www.mpmg.mp.br/portal/menu/comunicacao/campanhas/brumadinho-2-anos.shtml

MPMG. *Autoridades discutem os cinco anos da Lei Mar de Lama Nunca Mais*. Publicado em 27/02/2024. https://www.mpmg.mp.br/portal/menu/comunicacao/noticias.

MPMG. *Justiça acata solicitações do MPMG e obriga Jaguar Mining a cumprir medidas emergenciais por deslizamento de pilha de rejeito.* Publicado em 10/12/2024. https://www.mpmg.mp.br/portal/menu/comunicacao/noticias.

RÊGO, Ana Regina. História, cultura e identidade. In: RÊGO, Ana Regina; MENDES, Cecília e QUEIROZ, Teresinha (Orgs.). *Piauí. História, cultura e patrimônio*. Teresina: Ed.ICF, 2010.

AVALIAÇÃO DO RISCO AMBIENTAL APÓS REMEDIAÇÃO POR ESCAVAÇÃO NO LIXÃO DE ANTA (SAPUCAIA, RJ): EFICÁCIA DA INTERVENÇÃO E IMPLICAÇÕES PARA A GESTÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS

ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT FOLLOWING REMEDIATION BY EXCAVATION AT LIXÃO DE ANTA (SAPUCAIA, BRAZIL): EFFECTIVENESS OF THE INTERVENTION AND IMPLICATIONS FOR CONTAMINATED LAND MANAGEMENT

Ricardo Soares,[1,2] Raissa André de Araujo [2], Rafaela Naegele Alvernaz[1], Pablo Vimercati Simas[1], Augusto Ahn Ka[1], Kamille Monteiro[1], Marcia Santiago[1] e Carlos Eduardo Soares Canejo Pinheiro da Cunha[1]

[1]Universidade Veiga de Almeida (UVA), e-mail: Ricardo.soares@uva.br, rafaela.naegele@outlook.com, pablovimercati@gmail.com, augustoka@live.com, kamilleramos9@outlook.com, marciasantiagoseeduc@gmail.com, carlos.pinheiro@uva.br. [2] Instituto Estadual do Ambiente (INEA), e-mail: ricardos@inea.rj.gov.br, raissaa.araujo@gmail.com

RESUMO

Este trabalho avaliou o risco ambiental após remediação baseada por escavação no Lixão de Anta, em Sapucaia (RJ), que operou irregularmente entre 1985 e 2011 para disposição de resíduos sólidos urbanos. A remediação envolveu a escavação e remoção de resíduos e solo potencialmente contaminado, com destinação adequada em aterro licenciado. A análise de risco baseou-se em dados espaciais e em profundidade obtidos por sondagens, com análise de pH, condutividade elétrica, cloreto, amônio (NH_4^+), metais e BTEX. Os resultados foram comparados com os valores orientadores da Resolução CONAMA nº 420/2009 para área de proteção máxima. Além disso, foram aplicados os índices Geoaccumulation Index (Igeo), Pollution Load Index (PLI) e Ecological Risk Index (RI). Nenhum dos parâmetros excedeu os limites legais ou indicou risco ecológico relevante. Os resultados apontam para a eficácia da intervenção, evidenciando a ausência de poluição e risco ambiental remanescente. O estudo reforça o valor da escavação como estratégia de remediação em antigos lixões desativados, oferecendo subsídios para o gerenciamento de áreas contaminadas e formulação de políticas públicas voltadas à reabilitação de áreas degradadas.

Palavras-chave: Avaliação de Risco Ambiental; Gerenciamento de Áreas Contaminadas; Remediação baseada por Escavação; Resíduos Sólidos Urbanos; Índice de Risco Ecológico.

ABSTRACT

This study assesses the environmental risk following excavation-based remediation at Lixão de Anta, located in Sapucaia (RJ), Brazil, which operated irregularly between 1985 and 2011 as a disposal site for urban solid waste. The remediation involved the excavation and off-site disposal of waste and potentially contaminated soil to a licensed sanitary landfill. Risk assessment was based on spatial and vertical data collected from boreholes, including analysis of pH, electrical conductivity, chloride, ammonium (NH_4^+), metals, and BTEX compounds. Analytical results were compared to the Brazilian environmental standards set by CONAMA Resolution No. 420/2009 for maximum protection areas. In addition, the Geoaccumulation Index (Igeo), Pollution Load Index (PLI), Ecological Risk Index (RI), and Ecological Risk Factor (Ei_p) were applied. None of the parameters exceeded regulatory thresholds or indicated significant ecological risk. The results confirm the effectiveness of the intervention, demonstrating the absence of pollution and residual environmental risk. The study supports excavation as a viable remediation strategy for former dumpsites and offers technical insights for contaminated land management and public policy development aimed at rehabilitating degraded areas.

Keywords: Environmental Risk Assessment; Contaminated Land Management; Excavation-Based Remediation; Municipal Solid Waste; Ecological Risk Index.

1 INTRODUÇÃO

A disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos (RSU) em lixões a céu aberto continua sendo um dos principais desafios ambientais e de saúde pública em países em desenvolvimento, como o Brasil. Essa prática compromete a qualidade do solo, das águas superficiais e subterrâneas, favorece a proliferação de vetores de doenças e contribui para a degradação socioambiental de comunidades vulnerabilizadas (Cunha; Ritter; Ferreira, 2020).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei n.º 12.305/2010, estabeleceu metas para o encerramento dos lixões e a implementação de sistemas de destinação ambientalmente adequada, como os aterros sanitários. No entanto, conforme dados da ABREMA (2024), mais de 28,7 milhões de toneladas de RSU ainda são dispostas de forma inadequada no país, revelando a persistência e a magnitude do passivo ambiental acumulado ao longo das décadas.

O Lixão de Anta, localizado no município de Sapucaia (RJ), representa um caso emblemático. Implantado em uma antiga jazida de argila e operado de maneira irregular entre 1985 e 2011, o local recebeu resíduos diretamente sobre o solo, sem qualquer critério de engenharia sanitária, o que resultou na geração de chorume, emissão de gases e na provável contaminação do subsolo (Ritter; Ferreira; Ventura; Silva, 2007; Ritter; Ferreira, 2011). Com o avanço do reservatório da Usina Hidrelétrica de Simplício, tornou-se necessária a remediação da área, viabilizada financeiramente por FURNAS Centrais Elétricas. A intervenção consistiu na escavação e remoção direta dos resíduos e do solo potencialmente contaminado, com posterior destinação a aterro sanitário devidamente licenciado (Ritter; Ferreira, 2011).

A eficácia de estratégias como essa depende da adoção de metodologias técnicas robustas de investigação e avaliação de risco ambiental, conforme preconizado pelas normas brasileiras NBR 15515-3 (ABNT, 2013a) e NBR 16209 (ABNT, 2013b). A literatura especializada reconhece que a escavação e remoção direta são apropriadas para tratar fontes primárias de contaminação, mas podem deixar contaminantes residuais, especialmente em subsuperfície (Rehman *et al*., 2023; Sheijany *et al*., 2020).

Nesse sentido, a análise integrada de dados geoquímicos, espaciais e em profundidade é essencial para se determinar a persistência de poluentes e os riscos potenciais ao ambiente e à saúde humana. Ferramentas como o Índice de Geoacumulação (Igeo), o Pollution Load Index (PLI) e o Ecological Risk Index (RI), quando aliadas à comparação com os valores de referência estabelecidos pela Resolução CONAMA n.º 420/2009 (Brasil, 2009) são eficazes para caracterizar a contaminação residual (Olaniyan *et al*., 2024; El Fadili *et al*., 2022). Estudos demonstram que mesmo após a remoção física dos resíduos, contaminantes como metais, amônio e BTEX podem permanecer adsorvidos às partículas do solo ou migrar para camadas mais profundas, exigindo monitoramento contínuo (Marinho *et al*., 2022; Liu *et al*., 2018).

A aplicação desses índices ambientais tem se consolidado internacionalmente como ferramenta de apoio à gestão de áreas degradadas. Sua utilização não apenas favorece a delimitação de zonas críticas para remediação, como também subsidia decisões estratégicas na formulação de políticas públicas ambientais (Sheijany *et al*., 2020). Experiências conduzidas em países africanos e asiáticos demonstram o potencial dessas

ferramentas na priorização de áreas a serem tratadas e no acompanhamento da eficácia das ações remediadoras (Agbeshie *et al*., 2020; Afolagboye *et al*., 2020).

2 OBJETIVO

Avaliar o risco ambiental remanescente após a remediação por escavação e remoção direta de materiais contaminados no Lixão de Anta (Sapucaia, RJ), com foco na eficácia da intervenção e nas implicações para a gestão de áreas contaminadas.

3 METODOLOGIA

3.1 Descrição da Área de Estudo

O presente estudo foi conduzido no antigo lixão localizado no 2º Distrito de Anta, no município de Sapucaia, pertencente à Mesorregião Sul-Fluminense do Estado do Rio de Janeiro. As coordenadas centrais aproximadas da área são 22°2'21.79"S e 43°0'30.37"O, situando-se a uma altitude média de 221 metros. A unidade de disposição operou de forma irregular entre os anos de 1985 e 2011, recebendo diariamente cerca de 10 toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) oriundos da população local, estimada em 13.273 habitantes em 2010, e que apresentou crescimento para aproximadamente 16.508 habitantes em 2013 (Rio de Janeiro, 2013; Cunha; Ritter; Ferreira, 2020).

O encerramento definitivo do lixão foi viabilizado por ações articuladas entre o Ministério Público Federal e o Instituto Estadual do Ambiente (INEA), resultando na destinação de 100% dos resíduos para um aterro sanitário devidamente licenciado, implantado pela empresa FURNAS Centrais Elétricas no próprio município de Sapucaia.

A área do antigo lixão encontra-se historicamente vinculada à atividade de extração de argila pela antiga Cerâmica Porto Velho, que operou no local desde 1985, originando cavas com profundidade entre 1,5 e 3,0 metros. Essas cavas foram posteriormente utilizadas de maneira irregular para disposição de RSU, sem critérios técnicos adequados ou medidas de controle ambiental. Essa prática resultou na formação contínua de lixiviados (chorume), emissão de gases e frequente exposição dos resíduos sólidos. Em 2005, foram realizadas ações pontuais de mitigação pela Prefeitura Municipal, por meio de cobertura parcial com solo, contudo, já em maio de 2006, a exposição dos resíduos voltou a ser observada (Ritter *et al*., 2007; Ritter; Ferreira, 2011).

Do ponto de vista geológico-geotécnico, o substrato sob os resíduos era composto por uma camada superficial de silte argiloso de coloração cinza-amarelada e consistência rija, com espessura variando de 0,30 m a 2,60 m, conforme sondagens do tipo *Standard Penetration Test* (SPT). Abaixo dessa camada, observou-se a presença de solo residual com alta resistência mecânica, cuja profundidade variava entre 2,82 m e 5,45 m até o topo da rocha matriz. O nível freático era variável, geralmente ocorrendo dentro da própria massa de resíduos, com comportamento sazonal claramente definido (Ritter; Ferreira, 2011).

A construção da Usina Hidrelétrica de Simplício (UHE Simplício), situada no rio Paraíba do Sul e abrangendo os municípios de Sapucaia (RJ) e Além Paraíba (MG), ocasionou a inundação parcial da área do lixão. Essa situação exigiu, previamente, a realização de um diagnóstico ambiental detalhado, com execução de sondagens e análises

físico-químicas e geotécnicas específicas, de forma a avaliar os possíveis impactos no subsolo (Ritter *et al*., 2007).

Climaticamente, o município de Sapucaia está inserido na classificação Cwa segundo Köppen-Geiger, caracterizado como clima tropical de altitude, com verões quentes, úmidos e chuvosos, e invernos amenos e secos. A temperatura média anual oscila entre 14 °C e 31 °C, sendo fevereiro o mês mais quente (máxima média de 31 °C; mínima de 21 °C) e julho o mais frio (mínima média de 14 °C; máxima de 27 °C). A estação chuvosa compreende o período entre outubro e abril, com dezembro registrando os maiores volumes pluviométricos; já o período seco estende-se de abril a outubro. A proximidade da área com núcleos urbanos confere elevada sensibilidade ambiental à região, acentuando os riscos associados à disposição inadequada de RSU (Morita *et al*., 2021).

3.2 Técnica de Remediação Empregada

A técnica de remediação adotada na área do antigo Lixão de Anta consistiu na escavação e remoção direta de resíduos sólidos urbanos (RSU) e solo subsuperficial potencialmente contaminado, com posterior destinação a aterro sanitário devidamente licenciado. Essa estratégia foi viabilizada a partir de 2011, por meio de aporte financeiro da empresa pública FURNAS Centrais Elétricas, em cumprimento às condicionantes ambientais associadas à implantação da Usina Hidrelétrica de Simplício.

Inicialmente, foi realizada a escavação de 0,5 metro de profundidade em toda a extensão da área anteriormente ocupada por resíduos, abrangendo os RSUs dispostos de forma difusa e desorganizada sobre as cavas de extração de argila remanescente da antiga atividade ceramista. A operação foi conduzida com base em levantamento topográfico prévio, delimitando os limites horizontais e verticais da massa de resíduos a ser removida. Os materiais escavados foram diretamente carregados e transportados para um aterro sanitário licenciado, localizado no mesmo município, compatível com os critérios estabelecidos para destinação final de resíduos Classe II.

Concluída a etapa de remoção dos RSUs, foi executada a escavação adicional de 0,5 metro da camada de solo subsuperficial subjacente, considerada potencialmente impactada por percolação de lixiviados ou migração vertical de contaminantes. Todo o volume de solo escavado foi classificado como resíduo sólido urbano, sendo igualmente encaminhado ao aterro sanitário.

Para a execução dos serviços, foram mobilizados dois tratores de esteira modelo Caterpillar D6T, utilizados para desmonte, homogeneização e empurramento dos materiais; duas retroescavadeiras hidráulicas modelo Caterpillar 416F2, empregadas na escavação pontual e carregamento dos resíduos; e caminhões basculantes de médio porte para transporte até o local de destinação final.

Essa técnica de engenharia, denominada remediação por escavação e remoção *ex situ*, é recomendada para áreas onde os contaminantes estão confinados em profundidades rasas e onde a eliminação da fonte primária de contaminação é viável técnica e economicamente. Sua principal vantagem reside na remoção física imediata do material contaminado, permitindo a substituição do solo impactado por material limpo ou a reconfiguração da área para posterior recuperação ambiental e uso compatível com a classe de risco residual.

3.3 Coleta e Determinação dos Poluentes nas Amostras de Solo

Em maio de 2011, como parte do diagnóstico pós-remediação da área do Lixão de Anta, foi realizada uma campanha de amostragem com o objetivo de avaliar a presença e distribuição de contaminantes no perfil de solo residual. Foram coletadas ao todo 45 amostras de solo em 11 pontos amostrais estrategicamente distribuídos na área remediada. O procedimento de amostragem foi realizado com o uso de trado holandês manual, equipamento apropriado para amostragem em perfis não consolidáveis, permitindo a coleta estratificada ao longo do perfil vertical do solo.

As amostras foram obtidas a intervalos regulares de 0,5 metro, sendo a profundidade máxima alcançada de 3,5 metros em determinados pontos. Imediatamente após a coleta, cada amostra foi devidamente acondicionada, lacrada em frascos apropriados e etiquetada com informações de identificação, profundidade e data, seguindo os protocolos de cadeia de custódia. As amostras foram então transportadas sob condições controladas de temperatura até os laboratórios contratados para a realização das análises químicas.

Os parâmetros analisados incluíram: pH, condutividade elétrica (CE), concentração de cloreto, nitrogênio amoniacal (NH_4^+), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cromo total (Cr), cádmio (Cd), chumbo (Pb), sódio (Na) e compostos orgânicos voláteis do grupo BTEX — benzeno, estireno, etilbenzeno, xileno e tolueno.

Todos os ensaios analíticos foram realizados em laboratórios de análises químicas devidamente certificados e credenciados junto ao Instituto Estadual do Ambiente (INEA), assegurando conformidade com os padrões de qualidade e rastreabilidade analítica exigidos em investigações de áreas contaminadas.

Para a definição de valores de referência geoquímicos (*background*), os pontos amostrais S09, S10 e S11 foram selecionados por apresentarem menor interferência antrópica e estarem posicionados em áreas com baixa suscetibilidade a processos de migração de contaminantes. Esses pontos serviram como base comparativa para as interpretações dos resultados obtidos nos demais locais da área remediada.

3.4 Interpretação dos Dados Analíticos e Avaliação do Risco Ambiental

A interpretação dos resultados analíticos obtidos nas amostras de solo foi conduzida com base em duas abordagens complementares: (i) a comparação com os valores de referência estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 420/2009 e (ii) o uso de índices geoquímicos que possibilitam a avaliação do grau de poluição e do risco ecológico associado à presença de metais no solo.

3.4.1 Comparação com os Padrões Legais

Os valores obtidos para cada analito foram comparados aos Valores de Referência de Qualidade (VRQ), Valores de Prevenção (VP) e Valores de Intervenção (VI) estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 420/2009. Esta comparação permite avaliar a necessidade de ações de investigação adicional, remediação ou monitoramento, de acordo com o uso atual ou futuro da área e o cenário de exposição considerado.

3.4.2 Índice de Geoacumulação (Igeo)

O índice de geoacumulação (Igeo) foi originalmente proposto por Müller (1969) para avaliar o grau de contaminação por metais em sedimentos, sendo amplamente aplicado também em estudos de solo. O Igeo é calculado segundo a seguinte equação:

$$Igeo = \log_2 (Cn / (1{,}5 \times Bn))$$

Onde:
- Cn = concentração do metal n na amostra de solo ($mg \cdot kg^{-1}$);
- Bn = valor de referência geoquímico (*background*) do metal n ($mg \cdot kg^{-1}$);
- 1,5 = fator constante para correção de possíveis variações naturais nos valores de *background.*

Classificação de Igeo:
≤ 0: Sem contaminação
0 – 1: Contaminação leve
1 – 2: Contaminação moderada
2 – 3: Contaminação moderadamente forte
3 – 4: Contaminação forte
4 – 5: Contaminação muito forte
> 5: Contaminação extremamente forte

3.4.3 Índice de Carga de Poluição (Pollution Load Index – PLI)

O PLI é um índice composto que fornece uma estimativa do grau geral de poluição em uma determinada amostra, considerando simultaneamente todos os metais avaliados. O cálculo parte do Fator de Contaminação (CF) de cada elemento, conforme:

$$CFn = Cn / Bn$$

E, a partir dos CFn, o PLI é calculado como a média geométrica:

$$PLI = (CF1 \times CF2 \times ... \times CFn)^{(1/n)}$$

Classificação do PLI:
= 1: Solo não contaminado
> 1: Solo contaminado

3.4.4 Índice de Risco Ecológico Potencial (RI)

O RI foi desenvolvido por Hakanson (1980) e permite avaliar o risco ecológico potencial considerando a toxicidade relativa de cada elemento. O índice é obtido pela soma dos riscos individuais (Er^i) de cada metal:

$$RI = \Sigma Er^i = \Sigma(Tr^i \times CFi)$$

Onde:
- Er^i = risco ecológico potencial individual do metal i;
- Tr^i = fator de toxicidade do metal i;
- CFi = fator de contaminação do metal i.

Fatores de toxicidade Tr^i típicos:
Zn: 1, Cr: 2, Cu: 5, Pb: 5, Ni: 5, Cd: 30, Hg: 40

Classificação do RI:
< 150: Risco baixo
150 – 300: Risco moderado
300 – 600: Risco considerável
> 600: Risco muito alto

3.5 Tratamento Estatístico dos Dados

A análise estatística dos dados obtidos nas amostras de solo teve por objetivo identificar padrões de distribuição, avaliar a presença de valores discrepantes, testar pressupostos de normalidade e caracterizar estatisticamente os parâmetros físico-químicos e contaminantes analisados.

Para esse fim, utilizou-se a linguagem de programação **R**, versão 4.3.2, reconhecida pela comunidade científica internacional pela sua robustez e flexibilidade em análises estatísticas ambientais e geocientíficas. Todas as análises foram realizadas em ambiente RStudio, com utilização de pacotes especializados como tidyverse, ggplot2, stats e car.

A primeira etapa consistiu na aplicação de **estatística descritiva univariada** para cada analito, incluindo cálculo da média, mediana, desvio padrão, valores mínimos e máximos, coeficiente de variação (CV) e curtose. Esses parâmetros permitiram avaliar a tendência central, a dispersão e a simetria dos dados.

Na sequência, foi aplicado o **teste de normalidade de Shapiro-Wilk** para cada variável, a fim de verificar a aderência à distribuição normal — condição essencial para aplicação de testes paramétricos subsequentes. A hipótese nula de normalidade foi testada ao nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

Para avaliação visual da distribuição e identificação de outliers, foram construídos **boxplots** (diagrama de caixa) para cada variável avaliada, segmentados por profundidade amostrada. Também foram elaborados histogramas e gráficos de densidade para reforçar a análise exploratória.

Em situações de variáveis com distribuição não-normal, optou-se pelo uso de estatística não-paramétrica nas análises comparativas, priorizando o teste de Kruskal-Wallis para comparação entre camadas e profundidades, além da aplicação de correlações de Spearman para explorar possíveis relações entre os analitos.

Os resultados estatísticos obtidos foram integrados às interpretações geoquímicas e aos índices de risco ambiental calculados, permitindo uma compreensão mais refinada da distribuição espacial e vertical dos contaminantes na área remediada.

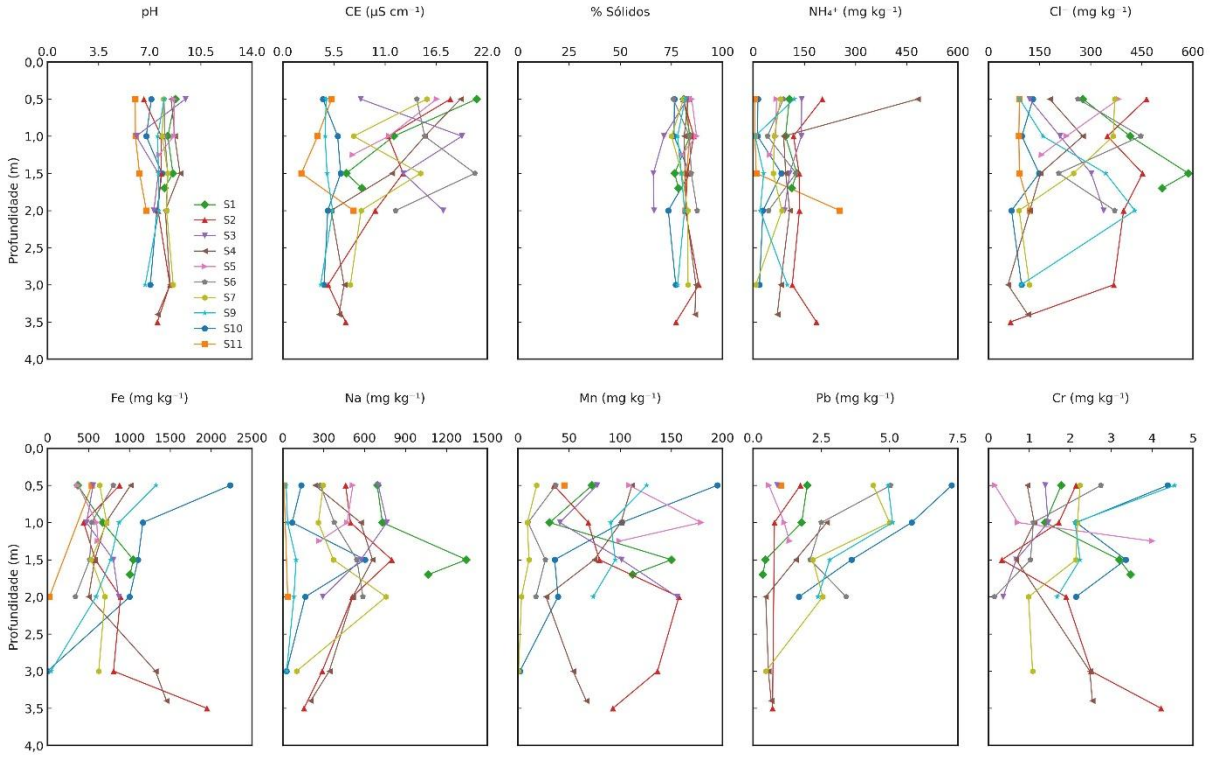
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Comparação dos Parâmetros Físico-Químicos com os Valores de Referência da CONAMA 420/2009

A Figura 1 apresenta os perfis verticais de concentração dos principais parâmetros físico-químicos e metais analisados no solo do Lixão de Anta, permitindo uma visualização integrada da distribuição dos contaminantes em profundidade nos diferentes pontos amostrais. Esta representação gráfica é essencial para identificar zonas de retenção, migração vertical de poluentes e possíveis áreas críticas após a intervenção de remediação por escavação.

A análise comparativa dos resultados com os limites da Resolução CONAMA nº 420/2009 demonstra que nenhum dos valores de intervenção (VI) para área de proteção máxima foi excedido em qualquer profundidade ou ponto amostral. Ainda assim, alguns parâmetros apresentaram comportamentos que merecem atenção especial, sobretudo pela persistência de concentrações elevadas em camadas subsuperficiais, mesmo após a remoção de 0,5 metro de solo abaixo da camada de RSU.

Figura 1. Distribuição vertical dos parâmetros físico-químicos e metais em 11 pontos amostrais no Lixão de Anta (Sapucaia, RJ).



Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da campanha de 2011.

O nitrogênio amoniacal (NH_4^+) apresentou valores máximos superiores a 480 mg·kg⁻¹, com clara tendência de acúmulo nas camadas de 1,0 a 2,0 m. Esse comportamento é típico de áreas com grande aporte de matéria orgânica, conforme observado por Bacha e colaboradores (2021) em estudos sobre degradação de RSU em

clima tropical. Embora o NH_4^+ não tenha limite normativo específico para solos, sua presença em concentrações elevadas pode representar risco indireto à qualidade da água subterrânea e à biota edáfica.

A condutividade elétrica (CE), por sua vez, alcançou até 20,86 $dS \cdot m^{-1}$, indicando alta salinidade em certos estratos. Esse padrão é compatível com áreas impactadas por chorume antigo, como descrito por El Fadili e colaboradores (2022) em estudos de lixões no norte da África, onde o acúmulo de íons solúveis persiste mesmo após ações corretivas.

O cloreto (Cl^-) e o sódio (Na) também mostraram concentrações elevadas em algumas profundidades (>500 $mg \cdot kg^{-1}$ e >1000 $mg \cdot kg^{-1}$, respectivamente), sendo importantes marcadores de processos de lixiviação e migração de lixiviados. A persistência desses íons é amplamente reportada como um desafio em áreas com movimentação hidrodinâmica ativa, como apontado por Rouhani e colaboradores (2024).

Já os metais de maior toxicidade — como chumbo (Pb), cádmio (Cd) e mercúrio (Hg) — apresentaram valores muito abaixo dos limites legais, corroborando a eficácia da técnica de escavação como método de remoção de fontes primárias de contaminação. Esses achados se alinham a estudos como o de Rehman e colaboradores (2023), que demonstraram a efetividade de técnicas de remoção direta na eliminação de *hotspots* de metais pesados, embora alertem para a possível existência de contaminação difusa residual em camadas mais profundas.

O comportamento do pH variou entre 6,01 e 9,44, revelando desde ambientes levemente ácidos até alcalinos, o que influencia diretamente a mobilidade de metais. Tal amplitude de pH é comum em solos de antigos lixões, como apontado por Soubra e colaboradores (2021), e pode estar associada à degradação diferencial dos resíduos orgânicos.

4.2 Avaliação dos Índices Geoquímicos (Igeo, PLI e RI)

A aplicação de índices geoquímicos representa uma abordagem essencial para a caracterização da poluição em áreas anteriormente impactadas por resíduos sólidos urbanos, especialmente quando os contaminantes não ultrapassam os valores de intervenção definidos em normas legais, mas podem representar risco ecológico residual significativo. Neste estudo, foram utilizados três índices complementares: Índice Geoacumulativo (Igeo), Índice de Carga de Poluição (PLI) e Índice de Risco Ecológico Potencial (RI), cujos resultados estão apresentados na Figura 2.

Índice de Geoacumulação (Igeo)

Os valores de Igeo foram calculados para cinco metais: Pb, Cr, Fe, Mn e Zn. Conforme a Figura 2 (painel superior), a maioria das amostras encontra-se abaixo de zero (Igeo < 0), o que indica ausência de contaminação geoacumulada, segundo a escala de Müller (1969). Em apenas alguns casos isolados, foram observados valores levemente positivos para Fe e Zn, caracterizando contaminação leve a moderada, embora sem extrapolar os limites críticos.

Este comportamento é compatível com o observado por El Fadili e colaboradores (2022) em lixões remediados no Marrocos, onde, após escavações parciais, o Igeo permaneceu predominantemente negativo, com exceções localizadas para zinco. Situação similar foi reportada por Afolagboye e colaboradores (2020) em um lixão desativado na Nigéria, com Igeo variando entre -2 e +1 para os mesmos metais.

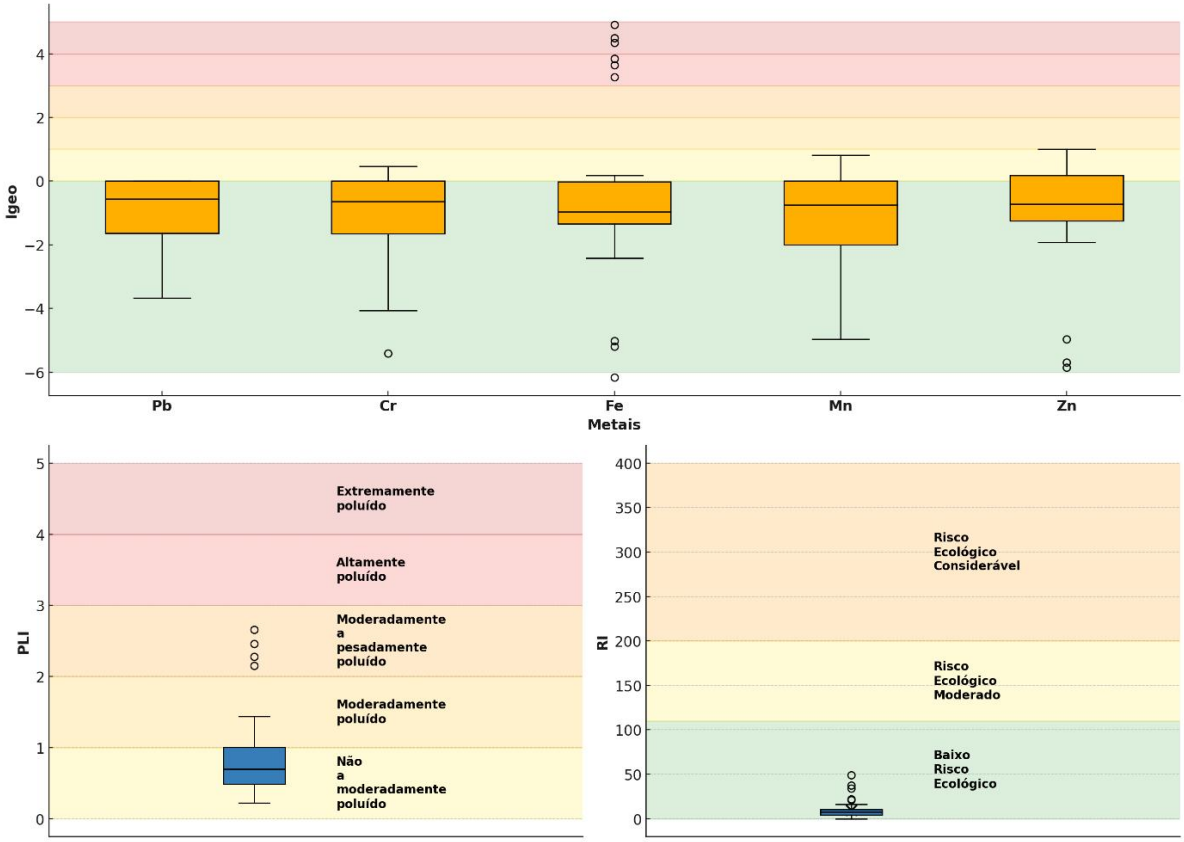
No contexto brasileiro, os resultados do Lixão de Anta são comparáveis aos observados por Marinho e colaboradores (2022) em áreas de disposição irregular na Baixada Fluminense (RJ), onde também se observou ausência de contaminação geoacumulativa após remoção superficial de resíduos.

Índice de Carga de Poluição (PLI)

Os valores do PLI, apresentados no painel inferior esquerdo da Figura 2, mostram que a grande maioria das amostras está abaixo de 1, indicando que o solo da área pode ser classificado como não a moderadamente poluído. Apenas poucos pontos isolados apresentaram PLI entre 1,5 e 2,5, o que corresponde a uma condição moderadamente a pesadamente poluída, concentrada principalmente em camadas entre 0,5 e 1,5 m.

Essas exceções, embora pouco numerosas, merecem atenção, pois podem indicar bolsões de retenção de contaminantes ou materiais finos com maior capacidade de adsorção, conforme descrito por Soubra e colaboradores (2021). Em estudos conduzidos por Agbeshie e colaboradores (2020) em Gana, valores de PLI entre 1 e 2 foram observados em áreas parcialmente remediadas, sendo considerados aceitáveis quando contextualizados com a ausência de risco ecológico e humano direto.

Figura 2. Distribuição dos valores de Igeo, PLI e RI para os metais avaliados no solo do Lixão de Anta.



Fonte: Elaborada pelos autores com base nas análises geoquímicas (2024).

Índice de Risco Ecológico Potencial (RI)

Os valores de RI calculados neste estudo, conforme o painel inferior direito da Figura 2, foram majoritariamente inferiores a 50, com raros valores entre 50 e 100, enquadrando-se na faixa de baixo risco ecológico, segundo a classificação de Hakanson (1980).

Estes resultados reforçam o sucesso da técnica de escavação aplicada no Lixão de Anta, uma vez que a totalidade dos pontos apresenta ausência de risco ecológico relevante, mesmo considerando o fator de toxicidade dos metais e suas concentrações em diferentes profundidades. Estudos semelhantes, como os de Rehman e colaboradores (2023), demonstraram que em áreas onde o RI permanece abaixo de 150 após escavação e remoção, são indicados apenas planos de monitoramento, e não novas intervenções.

Além disso, estudos em lixões urbanos do Egito e da Índia, conforme discutido por Sheijany e colaboradores (2020), apontam que a permanência de RI baixo está diretamente relacionada ao sucesso de ações de contenção e disposição adequada de resíduos removidos — aspectos presentes no plano de remediação financiado por FURNAS no presente estudo.

4.3 Eficiência da Técnica de Escavação como Estratégia de Remediação

Os resultados obtidos a partir da comparação dos analitos com os limites da Resolução CONAMA nº 420/2009 (Brasil, 2009), associados à aplicação dos índices geoquímicos (Igeo, PLI e RI), permitem afirmar que a técnica de escavação e remoção direta de resíduos sólidos urbanos e solos contaminados implementada no Lixão de Anta foi efetiva na redução dos riscos ambientais remanescentes.

A ausência de valores acima dos Valores de Intervenção (VI) para todos os metais analisados, bem como o enquadramento da grande maioria dos pontos amostrais na classificação de baixo risco ecológico (RI < 50), indicam que a fonte primária de contaminação foi eliminada de forma eficaz. A redução significativa do Igeo para todos os metais avaliados corrobora que a contaminação geoacumulada foi neutralizada, e os valores de PLI < 1 na maioria dos pontos demonstram que a carga poluente total no solo remanescente encontra-se em patamares aceitáveis.

Esses achados estão em consonância com experiências internacionais que demonstram o sucesso da escavação controlada como técnica de remediação primária. Estudos conduzidos por Rehman e colaboradores (2023) em sítios contaminados da Ásia Central e por El Fadili e colaboradores (2022) em lixões remediados no norte da África evidenciam que, quando corretamente aplicada, a técnica apresenta desempenho superior na remoção de fontes concentradas de poluentes, especialmente resíduos urbanos com baixa percolação de contaminantes em profundidade.

No entanto, como apontam Sheijany e colaboradores (2020) e Liu e colaboradores (2018), essa abordagem possui limitações importantes, notadamente a dificuldade em interceptar contaminantes difusos adsorvidos às partículas do solo em zonas mais profundas ou em regiões de difícil acesso geotécnico. No caso do Lixão de Anta, embora a escavação tenha atingido até 1 metro abaixo da camada de RSU, há indícios de persistência de compostos como nitrogênio amoniacal e cloretos em profundidades maiores, o que pode representar risco em longo prazo para a qualidade da água subterrânea.

Dessa forma, apesar de altamente eficiente na remoção da massa contaminante principal, a técnica de escavação deve ser complementada por monitoramento ambiental

sistemático, sobretudo em áreas com características hidrogeológicas complexas, como observado por Olaniyan e colaboradores (2024) em avaliações de lixões em zonas tropicais úmidas.

4.4 Implicações para a Gestão de Áreas Contaminadas e Políticas Públicas

A experiência de remediação do Lixão de Anta constitui uma referência técnico-operacional relevante para a gestão de áreas contaminadas por resíduos sólidos urbanos no Brasil. Em um cenário onde mais de 12 milhões de toneladas de resíduos ainda são dispostos inadequadamente em lixões ativos no país (ABRELPE, 2023), a aplicação de uma solução efetiva, documentada e monitorada, representa um importante avanço na implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) (Brasil, 2010).

As lições aprendidas com o caso de Anta incluem:

A importância de ação integrada entre órgãos ambientais e o Ministério Público para viabilizar a remediação de áreas críticas;

A eficiência da escavação mecanizada com encaminhamento para aterro licenciado como solução viável para lixões de pequeno porte;

A necessidade de monitoramento pós-intervenção com base em parâmetros físico-químicos e índices ecotoxicológicos.

Com base nesses aprendizados e na literatura internacional (Khalid *et al.*, 2017; Podlasek, 2024), recomenda-se a elaboração de diretrizes técnicas específicas para encerramento e remediação de lixões no Brasil, considerando:

A aplicação obrigatória de investigação confirmatória com sondagens verticais;

A inclusão de índices compostos como Igeo, PLI e RI como instrumentos de avaliação de eficácia;

A previsão de planos de monitoramento de solo e águas subterrâneas por no mínimo 5 anos após a remediação.

Por fim, o presente estudo reforça que a adoção de abordagens quantitativas integradas e o uso de indicadores internacionais validados são essenciais para qualificar a tomada de decisão ambiental, aprimorar a governança pública de passivos ambientais e viabilizar a reabilitação de áreas degradadas em contextos socioambientais vulneráveis, como o observado no município de Sapucaia (RJ).

5 CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo avaliar o risco ambiental residual em área anteriormente ocupada por disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos no Lixão de Anta, em Sapucaia (RJ), após intervenção remediadora por escavação e remoção direta de resíduos e solos contaminados. A abordagem empregada combinou análises físico-químicas, interpretação estatística e aplicação de índices geoquímicos (Igeo, PLI e RI), permitindo uma avaliação técnica abrangente da eficácia da intervenção e suas implicações para a gestão de áreas contaminadas.

Os resultados demonstraram que nenhum dos parâmetros avaliados excedeu os Valores de Intervenção (VI) estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 420/2009 (Brasil, 2009). Ainda assim, foram observadas concentrações residuais de compostos como zinco,

cloreto e nitrogênio amoniacal em profundidades específicas, especialmente entre 1,0 m e 2,0 m, sugerindo mobilidade vertical de contaminantes mesmo após a remoção das camadas superiores. Os índices geoquímicos aplicados confirmaram a ausência de poluição geoacumulada significativa, com classificações predominantes de "não poluído" (Igeo), "não a moderadamente poluído" (PLI) e "baixo risco ecológico" (RI).

A estratégia de remediação adotada revelou-se eficaz na eliminação das fontes primárias de contaminação, atendendo aos objetivos legais e ambientais preconizados. Contudo, a presença de parâmetros persistentes em subsuperfície reforça a importância de monitoramento ambiental contínuo, especialmente do aquífero raso. A experiência do Lixão de Anta confirma evidências da literatura internacional (Rehman *et al*., 2023; El Fadili *et a*l., 2022; Sheijany *et al*., 2020), que apontam a escavação como técnica eficiente para áreas com contaminação concentrada, mas que deve ser acompanhada de estratégias complementares para lidar com a heterogeneidade geotécnica e química do meio.

Este estudo oferece uma contribuição prática relevante para a política pública brasileira, ao demonstrar que a combinação entre escavação, caracterização geoquímica e uso de índices compostos pode orientar a tomada de decisão em contextos onde o encerramento de lixões é necessário, mas tecnicamente desafiador. A metodologia aplicada pode ser replicada em outros municípios de pequeno e médio porte, especialmente aqueles inseridos em regiões hidrográficas sensíveis ou sob pressão de empreendimentos de infraestrutura.

Como limitação, destaca-se a ausência de série histórica de monitoramento pós-remediação e o número restrito de pontos de background. Para estudos futuros, recomenda-se o uso de ferramentas de modelagem preditiva e o monitoramento de águas subterrâneas em longo prazo.

Conclui-se que a intervenção realizada no Lixão de Anta é um exemplo exitoso de remediação baseada em escavação, cuja avaliação técnica, fundamentada em evidências analíticas e comparações com normas e experiências internacionais, fortalece o campo da gestão de áreas contaminadas e contribui para o avanço da governança ambiental no Brasil.

6 REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15515-3: Avaliação de passivo ambiental em solo e água subterrânea – Parte 3: Investigação detalhada. Rio de Janeiro, 2013a.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16209: Avaliação de risco à saúde humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas. Rio de Janeiro, 2013b.

ABREMA. Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2024.

AFOLAGBOYE, O. B.; OLADIPO, O. M.; OLUYINKA, O. A. Pollution and ecological risk assessment of heavy metals in dumpsite soils. Environmental Research, v. 191, 2020, p. 110118.

AGBESHIE, A. A.; ANANG, M. A.; GYASI, R. M. et al. Municipal waste dumpsite: Impact on soil properties and heavy metal concentrations, Sunyani, Ghana. Scientific African, v. 8, p. 1-10, 2020.

BACHA, D. C. S.; SANTOS, S. Evaluation of the contamination of the soil and water of an open dump in the Amazon Region, Brazil. Environmental Earth Sciences, v. 80, p. 1-12, artigo 113, 2021.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 23 fev. 2025.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Brasília, DF, dez 2009.

CUNHA, C. E. S. C. P.; RITTER, E.; FERREIRA, J. A. O uso de indicadores de desempenho na avaliação da qualidade operacional dos aterros sanitários do estado do Rio de Janeiro no triênio 2013–2015. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, p. 345-360, 2020.

EL FADILI, H.; BEN ALI, M.; TOUACH, N.; EL MAHI, M.; LOTFI, E. M. Ecotoxicological and pre-remedial risk assessment of heavy metals in municipal solid wastes dumpsite impacted soil in Morocco. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, v. 17, 2022, artigo 100640.

LIU, Y. et al Remediation techniques for heavy metal-contaminated soils: Principles and applicability. Science of The Total Environment, v. 633, p. 206-219, 2018.

MARINHO, M. A. et al. Soil degradation and Cu, Cr, Ni, Pb and Zn contamination in dumpsites of humid and semiarid tropical regions in northeastern Brazil. Environmental Monitoring and Assessment, v. 194, p. 1-14, 2022.

MORITA, Alice K.M.; IBELLI-BIANCO, Carolina; ANACHE, Jamil A.A.; COUTINHO, Jaqueline V.; PELINSON, Natalia S.; NOBREGA, Juliana; ROSALEM, Livia M.P.; LEITE, Camila M.C.; NIVIADONSKI, Leonardo M.; MANASTELLA, Caroline; WENDLAND, Edson. Pollution threat to water and soil quality by dumpsites and non-sanitary landfills in Brazil: A review. Waste Management, v. 131, p. 163–176, 2021.

MULLER, G. (1969) Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. Geol. J., 2, 108–118.

OLANIYAN, J. O. et al. Beneath the surface: assessing pollution levels near major solid waste dumpsites in Lagos, Nigeria.. Environmental Monitoring and Assessment, v. 196, n. 3, 2024, p. 1–16.

Prefeitura Municipal de Sapucaia. A cidade. Disponível em: https://sapucaia.rj.gov.br/a-cidade. Acesso em: 25 fev. 2025.

REHMAN, H. et al. Remediation methods of heavy metal contaminated soils from environmental and geotechnical standpoints. Science of the Total Environment, v. 867, 2023, p. 161468.

RIO DE JANEIRO (Estado). Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio de Janeiro. Relatório Síntese. Rio de Janeiro: SEA/INEA, 2013. Disponível em: https://www.inea.rj.gov.br/. Acesso em: 23 fev. 2025.

RITTER, Elisabeth; FERREIRA, José Antonio; VENTURA, Maria Augusta; SILVA, Luciana F. M. Perfis de Contaminação do Solo de Fundação do Lixão de Anta (RJ). Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, Relatório Técnico, 2007.

RITTER, E.; FERREIRA, J. A. Depósito de Lixo de Anta – Sapucaia (RJ). In: Série Temática: Resíduos Sólidos e Geotecnia Ambiental. v. 2. Rio de Janeiro: COAMB, 2011. p. 20–33.

ROUHANI, M. et al. Assessment of contamination and ecological risk in soils around dumpsites. Environmental Research, v. 224, 2024, p. 115467.

SHEIJANY, A. et al. Evaluation of heavy metal contamination and ecological risk of soil adjacent to Saravan municipal solid waste disposal site, Rasht, Iran. Environmental Monitoring and Assessment,, v. 192, 2020, p. 111215.

SOUBRA, S.; EL-HUSSEINI, M.; TOUFAILI, B.; BOUTROS, M. Integrated risk assessment of heavy metal contamination in Lebanese urban dumpsites. Environmental Science and Pollution Research, v. 28, n. 5, 2021, p. 5834–5849.

WEATHERSPARK. Clima característico em Sapucaia, Rio de Janeiro, Brasil, durante o ano. Disponível em: https://pt.weatherspark.com/y/30668/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Sapucaia-Rio-de-Janeiro-Brasil-durante-o-ano. Acesso em: 25 fev. 2025.

EIXO TEMÁTICO 4

GESTÃO DO RISCO, GOVERNANÇA E POLÍTICAS PÚBLICAS NA REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

RESUMOS

RESUMO - 04 - GESTÃO DO RISCO, GOVERNANÇA E POLÍTICAS PÚBLICAS NA REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

ANÁLISE DAS POLÍTICAS DE PREVENÇÃO, MITIGAÇÃO E PREPARAÇÃO PARA DESASTRES SÚBITOS EM MUNICÍPIOS BRASILEIROS: UMA ABORDAGEM SISTÊMICA

Tatiane B De Freitas (brasil.tatiane@gmail.com)

Vinicius Picanco Rodrigues (viniciuspr1@insper.edu.br)

A ocorrência de desastres relacionados ao clima no mundo dobrou nos últimos 20 anos. Além dos impactos diretos causados por esses eventos climáticos, esse aumento agrava desigualdades internas e externas nos países mais afetados. Em termos de planejamento urbano e ambiental, estima-se que uma combinação abrangente de medidas regulatórias, investimentos em infraestrutura resiliente ao clima e melhorias nos ecossistemas poderia mitigar uma parcela significativa dos danos econômicos. No Brasil, a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012) e o Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001), juntamente com seus diversos regulamentos, criam mecanismos institucionais e legais para a gestão de risco e para a política urbana e o planejamento territorial dos municípios. Apesar disso, não são identificados estudos avaliando essas políticas, e, mesmo com avanços instrumentais, pouca efetividade dos planos diretores como instrumentos de planejamento urbano tem sido observada, bem como nos planos de redução de riscos ao implementar as medidas recomendadas.

Esta pesquisa visa examinar a relação entre as políticas públicas existentes e os investimentos em redução de danos ocasionados por desastres para explorar variáveis ocultas que possam contribuir para a resiliência dos municípios e modelar comportamentos de ajustes em políticas públicas e outras intervenções.

A primeira etapa do projeto envolveu análises econométricas por meio do método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). O perfil da amostra foi composto pela seleção de 816 eventos acontecidos de maneira "aleatória", de acordo com fatores meteorológicos, e súbitos, o que inclui inundação, chuvas intensas e movimentos de massa. O recorte temporal foi de dezembro de 2022 a dezembro de 2023, de acordo com registros no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID (MIDR, 2024). Esses dados foram correlacionados com o grau de capacidade do Indicador de Capacidade Municipal (ICM) (MIDR, 2024) e controlados por região, tipologia de evento, PIB, porte do município e população total. Análises adicionais examinaram a correlação entre valores de investimentos municipais para prevenção de desastres, obtidos de dados públicos fornecidos pelo Tribunal de Contas da União de 2014-2024 e os danos materiais ou humanos causados por desastres. Os resultados não encontraram correlação estatística entre maior grau do ICM e menores danos materiais ou humanos, o que pode indicar que o ICM não seja um índice representativo da capacidade do município em responder a desastres. Além disso, não foram identificadas correlações estatísticas de menores danos em municípios que tiveram investimentos para prevenção em comparação com aqueles que não obtiveram. Tais resultados preliminares podem indicar necessidade de aprofundamento em esferas de avaliação qualitativa das políticas públicas e investimentos com intuito de gerar impacto positivo e mensurável.

Palavras-chave: políticas públicas; desastres; resiliência; prevenção; gestão de risco.

Estratégias de Adaptação Climática nos Planos Diretores Municipais: Um Estudo de Casos Múltiplos em Municípios de Pequeno Porte no Sudeste Brasileiro

RESUMO

Estratégias Nacionais de Mitigação e Adaptação são essenciais para redução da severidade dos extremos climáticos nos territórios brasileiros, e devem ser integradas ao nível municipal de gestão pública. Neste contexto, instrumentos de planejamento e ordenamento territorial são fundamentais para promoção da resiliência às mudanças do clima e o bem-estar da população nos municípios brasileiros. O Estatuto da Cidade (Lei 10.257/2001) estabelece a importância dos Planos Diretores Municipais, destacando aqueles vulneráveis a desastres socioambientais, conforme os requisitos da Lei nº 12.608, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC). O Guia de Elaboração de Planos Diretores (MDR, 2022) destaca a necessidade de considerar as vulnerabilidades geológico-hidrológicas para evitar riscos à população.

A Arcadis Brasil desenvolveu durante o ano de 2024 um trabalho para incluir estratégias de adaptação às mudanças climáticas integradas a gestão de risco de desastres nos Planos Diretores Municipais, antecipando as demandas do Projeto de Lei 380/23. Foram elaborados ou revisados 10 planos diretores municipais, sendo seis no estado do Rio de Janeiro, três no Espírito Santo, e um em Minas Gerais, integrando políticas urbanas, ambientais e de gestão de risco para fortalecer a resiliência diante dos desafios climáticos. O nome dos municípios não pode ser divulgado por questões contratuais. Tais municípios são de pequeno porte, com recursos limitados e impactados frequentemente por eventos extremos. Entre 1991 e 2022, esses locais sofreram prejuízos estimados em R$ 251.609.484,12, resultando em 5.743 desabrigados, 27.363 desalojados e 44 óbitos, conforme o Atlas Digital de Desastres (MIDR, 2023).A metodologia da Arcadis envolveu a análise de dados demográficos, espaciais e de vulnerabilidade social, mapeamentos de riscos naturais, atividades de campo e workshops participativos. Essas informações foram fundamentais para desenvolver propostas que culminaram em Minutas de Lei para os Planos Diretores Municipais, abrangendo diretrizes como zoneamento, políticas setoriais e políticas ambientais. Foi possível inovar com elaboração do capítulo "Agenda Ambiental, Resiliência e Justiça Climática", visando cidades sustentáveis e resilientes. Além disso, a metodologia permitiu definir parâmetros urbanísticos e de uso e ocupação específicos para delimitação de Zonas importantes para atingir maior resiliência territorial e adaptação, tais como a Zona Rural de Contenção de Impacto, Zona Especial de Ocupação Moderada e Zona Especial de Resiliência Verde e Azul, sendo essa última uma forma de contenção da expansão urbana e importante para escoamento superficial e subsuperficial, servindo como bacia de infiltração para mitigação de inundações. O trabalho destacou a necessidade de apoio técnico especializado para pequenas prefeituras no avanço de implantação das estratégias e políticas públicas voltadas ao ordenamento territorial e preparação frente aos cenários de mudanças climáticas.

Palavras-Chave: Resiliência Urbana, Adaptação Climática, Gestão de Riscos, Ordenamento Territorial.

Climate Adaptation Strategies in Municipal Master Plans: A Multiple Case Study in Small-Sized Municipalities in Southeast Brazil

ABSTRACT

National Mitigation and Adaptation Strategies are essential to reduce the severity of climate extremes in Brazilian territories and should be integrated at the municipal level of public management. In this context, planning and land use instruments are fundamental to promote resilience to climate change and the well-being of the population in Brazilian municipalities. The City Statute (Law 10.257/2001) establishes the importance of Municipal Master Plans, highlighting those vulnerable to socio-environmental disasters, in accordance with the requirements of Law No. 12.608, which establishes the National Policy of Protection and Civil Defense (PNPDEC). The Guide for the Preparation of Master Plans (MDR, 2022) emphasizes the need to consider geological-hydrological vulnerabilities to avoid risks to the population.

Arcadis Brazil developed throughout the year 2024 a project to include climate change adaptation strategies integrated into disaster risk management in Municipal Master Plans, anticipating the demands of Bill 380/23. Ten municipal master plans were elaborated or revised in the states of Rio de Janeiro (6), Espírito Santo (3), and Minas Gerais (1), integrating urban, environmental, and risk management policies to strengthen resilience in the face of climate challenges. The names of the municipalities cannot be disclosed for contractual reasons. These municipalities are small, with limited resources and frequently impacted by extreme events. Between 1991 and 2022, these areas incurred estimated losses of R$ 251,609,484.12, resulting in 5,743 displaced individuals, 27,363 evacuated, and 44 fatalities, according to the Digital Disaster Atlas (MIDR, 2023).

Arcadis's methodology involved the analysis of demographic, spatial, and social vulnerability data, mapping of natural risks, field activities, and participatory workshops. This information was essential in developing proposals that resulted in Draft Bills for Municipal Master Plans, encompassing guidelines such as zoning, sectoral policies, and environmental policies. The innovation was achieved through the creation of the "Environmental Agenda, Resilience, and Climate Justice" chapter, aiming at sustainable and resilient cities. Additionally, the methodology allowed for the definition of specific urban planning and land use parameters for the delineation of Important Zones to achieve greater territorial resilience and adaptation, such as the Rural Impact Containment Zone, Moderate Occupation Special Zone, and Green and Blue Resilience Special Zone, the latter being a form of urban expansion containment crucial for surface and subsurface runoff, serving as an infiltration basin to mitigate floods. The work highlighted the need for specialized technical support for small municipalities in advancing the implementation of strategies and public policies focused on territorial planning and preparedness for climate change scenarios.

Keywords: Urban Resilience, Climate Adaptation, Risk Management, Territorial Planning.

RESUMO - 04 - GESTÃO DO RISCO, GOVERNANÇA E POLÍTICAS PÚBLICAS NA REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

ESG RISKS MANAGEMENT BRAZILIAN INSURANCE EVOLUTIONS 2015 - 2022

Flavio Geraldo Nogueira (flavio.nogueira@uva.br)

Antonio Roberto Ramos Nogueira (nogueira@coppead.ufrj.br)

Paula Chimenti (paula.chimenti@coppead.ufrj.br)

This study investigates the evolution of environmental, social, and governance risks perception and management in the Brazilian insurance sector between 2015 and 2022. The research problem focuses on understanding how consumer perception influences the incorporation of ESG risks into insurers' operations and products. The main objective is to evaluate the relationship between consumers' ESG awareness and the industry's adaptation to new sustainability demands, identifying gaps in risk coverage and proposing improvements in product development. Sustainable Insurance is a strategic approach, helping insurance industry to manage its assets of US$ 40.6 trillion as in 2021, in Brazil the assets are around US$ 345.02 billion. A quantitative approach from a structured survey administered to 113 insurance professionals. Data analysis was conducted using structural equation modeling, enabling the evaluation of the influence of consumer perceptions on insurers' ESG practices. Results show a significant rise in risk awareness among consumers, with social risks emerging as the main driver for insurers' sustainable practices. However, the analysis revealed materiality gaps between perceived ESG risks and product

availability, especially regarding greenhouse gas emissions, environmental degradation. These findings underscore the need for broader product offerings and improved risk underwriting strategies to address emerging ESG challenges. The model tested seven constructs and explained 86% of the variance in social risk integration, 66% in governance, and 63% in environmental risk. The sample included 40 companies accounting for 65% of Brazil's total insurance premiums issued in 2022, based on SUSEP data. The hypothesis that company size influences sustainability was not supported, likely due to regulatory pressure from SUSEP Circular No. 666/2022, which applies ESG criteria to companies of all sizes. Moreover, increased demand for insurance products—particularly those addressing climate-related risks—is linked to the rising frequency of extreme weather events and a growing call for ethical and transparent governance. Sustainability risk management in Brazil's insurance sector is evolving, driven by regulation and consumer expectations. The study recommends enhancing transparency in risk communication, standardizing data collection on ESG-related claims, and fostering innovation through the development of parametric insurance. This research contributes to improving corporate and regulatory strategies, reinforcing the insurance sector's role in promoting sustainability and financial resilience in the face of environmental and social challenges.

Palavras-chave: innovative insurance; esg risks.

RESUMO - 04 - GESTÃO DO RISCO, GOVERNANÇA E POLÍTICAS PÚBLICAS NA REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

MISSÃO TÉCNICA DE APOIO AO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL: PERCEPÇÕES E APRENDIZADOS

Marco Antonio Basques Sobrinho (mbasques@gmail.com)

Marcelo Sodré Watanabe (watanabe1169@gmail.com)

Samir Batista Fernandes (rjbmsamir@gmail.com)

Dénison Cosme Gonçalves Da Silva (denisoncosme@gmail.com)

Márglory Fraga De Carvalho (mag311080@gmail.com)

Introdução: Considerada a maior catástrofe climática da história do estado, as chuvas intensas no Rio Grande do Sul (RS) em maio de 2024, atingiram 493 dos 497 municípios. Foram registrados até 700 milímetros de chuva em um período de seis dias, causando enxurradas, inundações e alagamentos em diversos locais daquele território, sendo os municípios do Vale do Taquari, aqueles mais comprometidos em sua capacidade de resposta e gestão em desastres; Objetivo: Identificar os principais entraves na gestão do desastre relacionados à comunicação, organização e ajuda humanitária; Metodologia: Trata-se de pesquisa qualitativa de natureza descritiva do tipo relato de experiência, acerca da vivência dos técnicos em gestão de desastres, da Secretaria de Estado de Defesa Civil do Rio de Janeiro (SEDEC-RJ), em missão voluntária, apoiando os gabinetes de crise instalados nas cidades de Lajeado, Roca Sales, Muçum, Cruzeiro do Sul e Putinga, no Rio Grande

do Sul, no período de 10 a 17 de maio de 2024; Resultados: A região apoiada pela equipe da SEDEC-RJ é composta por 62 municípios e atendida pela Coordenadoria Regional de Proteção e Defesa Civil 8, cujo efetivo naquele momento era de apenas dois militares, sendo um bombeiro militar e um integrante da Brigada Militar, considerado este um fator crítico para a gestão dos incidentes. Quanto aos obstáculos observados, destaca-se o pouso em Caxias do Sul, único aeroporto em todo o estado, em condições de receber aeronaves comerciais, ainda que com diversas restrições operacionais e o deslocamento até a base de coordenação regional de Lajeado, que só foi possível por via terrestre e com o apoio de veículo e respectivo condutor do Departamento de Trânsito do RS, devido às inúmeras interdições e destruição dos territórios. De modo a auxiliar na operacionalização do gabinete de crise foram estabelecidos protocolos operacionais e redefinição de tarefas junto às autoridades locais, visando o recebimento de recursos do Governo Federal, para a recuperação emergencial dos cenários. Conclusão: A missão da SEDEC-RJ demonstrou a importância da cooperação interinstitucional na resposta a desastres e evidenciou desafios logísticos e operacionais enfrentados em eventos extremos. A carência de recursos humanos locais especializados impactou a gestão da crise, reforçando a necessidade de planejamento e capacitação contínua.

Palavras-chave: gestão de desastres; resposta em desastres; proteção civil; ajuda humanitária; mudanças climáticas.

RISK REDUCTION MEASURES OF JACOBINA-BA

1º Lucas Oliveira de Medeiros[1], 2º Melquisedec Medeiros Moreira[2] e 3º Kátia Alves Arraes[3]

1 Bolsista PIBIC-INPE/Coordenação Espacial do Nordeste

lucas.medeiros.016@ufrn.edu.br

2 Pesquisador do INPE/ Coordenação Espacial do Nordeste melquisedec.moreira@inpe.br

3 Tecnologista do INPE/ Coordenação Espacial do Nordeste

kátia.arraes@inpe.br

RESUMO

Durante os dias 02/12/2024 a 12/12/2024, através da disciplina de Geologia de Campo de Terrenos Cratônicos GEO0581/UFRN, foi realizada uma atividade de campo e juntamente com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), foi produzido um relatório na cidade de Jacobina-BA, para o projeto Geotecnologias e SIG Aplicado à Cartografia Geoambiental no Nordeste do Brasil (Bolsa PIBIC), destacando as características municipais para enfrentamento do risco geológico. O risco geológico é o resultado de fenômenos naturais que ocorrem em todo o globo terrestre, podendo causar danos à população e à infraestrutura. Para compreender melhor esses riscos e avaliar as medidas preventivas existentes foram percorridos durante a atividade diversos trajetos a pé, registrando anotações, fotografias e observações da área. A cidade está localizada em um vale, no qual tem-se um encontro de dois rios, o Rio Itapicuru-Mirim (Noroeste-Sudeste) e o Rio do Ouro (Norte-Sul), além desse relevo acidentado, a cidade possui um clima propicio a grandes volumes de chuvas, neste quesito foram observados alguns pontos em que o quartzito estava friável. A partir dessas características é entendido que Jacobina pode sofrer com desmoronamentos e inundações. Ao visitar a escadaria do alto do cruzeiro, é notória a possibilidade de ocorrência de desmoronamento, por ter a presença de sedimentos rolados na granulometria superiores a cascalho, já na rodovia que corta a cidade foi vista algumas estruturas como os muros de contenção. Medidas de mitigações para os impactos das chuvas também foram observados, em algumas ruas que possuem o trajeto perpendicular ao Rio Itapicuru-Mirim, foi possível observar grandes bueiros para a drenagem da água pluvial e placas de sinalização com rota de fuga em caso de grandes desastres, indicando o número de emergência para ligar e direção de áreas seguras, que foram colocadas em postes no decorrer da estrada. Diante disso, as análises demonstram que a cidade já entende os seus riscos, mas o monitoramento e implantação de novas medidas devem ser realizados para mitigar os riscos geológicos.

Palavras-Chave: Jacobina-BA. Risco geológico. Medidas de mitigação. Drenagem. Monitoramento.

ABSTRACT

From December 2, 2024, to December 12, 2024, a field activity was conducted as part of the course on Field Geology of Cratonic Terrains (GEO0581/UFRN), in collaboration with the National Institute for Space Research (INPE) a report was produced in the city of Jacobina, Bahia, for the project "Geotechnologies and GIS Applied to Geo-environmental Cartography in Northeast Brazil" (PIBIC Scholarship), highlighting municipal characteristics for addressing geological risks. Geological risk is the result of natural phenomena that occur across the globe and can cause damage to populations and infrastructure. To better understand these risks and evaluate existing preventive measures, several walking routes were covered during the activity, with notes, photographs, and observations of the area being recorded. The city is located in a valley where two rivers meet: the Itapicuru-Mirim River (Northwest-Southeast) and the Rio do Ouro (North-South). In addition to this rugged terrain, the city has a climate prone to heavy rainfall. In this regard, some points were observed where the quartzite was friable. Based on these characteristics, it is understood that Jacobina may suffer from landslides and floods. When visiting the staircase at Alto do Cruzeiro, the possibility of landslides was evident due to the presence of rolled sediments with grain sizes larger than gravel. On the highway that crosses the city, some structures such as retaining walls were observed. Mitigation measures for the impacts of rainfall were also noted. On some streets perpendicular to the Itapicuru-Mirim River, large storm drains for rainwater drainage were observed, along with signage indicating escape routes in case of major disasters. These signs provide emergency contact numbers and directions to safe areas and were placed on poles along the road. Therefore, the analyses demonstrate that the city is already aware of its risks, but continuous monitoring and the implementation of new measures are necessary to mitigate geological risks.

Keywords: Drainage. Geological risk. Jacobina-BA. Mitigation measures. Monitoring.

MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS PARA A GESTÃO DE RISCOS

"NON-STRUCTURAL MEASURES FOR RISK MANAGEMENT"

Alessandra C. Corsi[1], Gabriel R. M. B. de Araújo[2], Larissa M. Blaudt[3] e Lucas H. Sandre[4]

1 Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, accorsi@ipt.br
2 Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, grmbaraujo@ipt.br
3 Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, larimozer@ipt.br
4 Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, lhsandre@ipt.br

RESUMO

Pela Lei n^0 12.608/2012 no Artigo 3º-A, Parágrafo 2, os municípios que possuem áreas de risco devem elaborar o plano de implantação de obras e serviços para a redução de riscos de desastres em seu território. Dentro desse contexto, temos as medidas não-estruturais, que envolvem um rol de ações relacionadas com políticas públicas, planejamento urbano, planos de defesa civil, habitação, legislação, educação, capacitação dos técnicos municipais e da população. As medidas não estruturais visam fornecer soluções para os riscos instalados por meio da criação de dispositivos legislativos e normativos para conter o impacto da urbanização sobre as encostas e da rede de drenagem urbana. A sinergia das medidas não estruturais com as medidas estruturais é fundamental para o sucesso da Gestão de Riscos no município. Nesse contexto foram elencadas uma série de ações não estruturais sugeridas para os municípios da Baixada Santista em seus Planos Municipais de Redução de Risco (PMRR). Essas ações sugeridas englobam medidas de prevenção e mitigação. Foram sugeridas ações focadas para o planejamento urbano que envolvem a atualização do Plano Diretor para estar em conformidade com os resultados do Plano Municipal de Redução de Riscos, da Carta de Suscetibilidade e da Carta Geotécnica de Aptidão a Urbanização. Também é importante que sejam implementadas as obras indicadas no PMRR para a redução do grau de risco dos setores em ações conjuntas da Secretaria de Obras, Habitação e Assistência Social, além de promover a urbanização das áreas com setores de risco considerando o reassentamento dos moradores no mesmo local, e quando for necessário, a remoção temporária para construção das obras. A Regularização Fundiária dos assentamentos deve ser realizada, visto os benefícios que acarreta nos locais para melhoria nas moradias. No setor de habitação, os municípios devem elaborar ou atualizar o Plano Habitacional de Interesse Social destinando uma porcentagem de moradias para os moradores de setores de riscos. Quanto à fiscalização, sugere-se incorporar às ações de fiscalização novas ferramentas de geotecnologias que permitam otimizar as ações em campo. Quanto à Defesa Civil, foi sugerido a elaboração dos Planos de Contingência, o desenvolvimento dos sistemas de monitoramento, a criação dos Núcleos Comunitários de Proteção e Defesa Civil, a realização de palestras nas escolas e nas comunidades, além de planos de treinamento do quadro técnico e da população. Outro ponto de grande importância é a comunicação, por isso foi recomendada a criação de canais oficiais para informar sobre os riscos. Para o meio ambiente as ações podem focar na recuperação da vegetação urbana com o plantio nas encostas e ao longo dos cursos d'água, por exemplo. No âmbito social recomenda-se promover ações de engajamento e capacitação da população, mapeamento participativo, resgatar os saberes locais e troca de experiências entre as comunidades tradicionais. No âmbito legislativo recomenda-se a revisão das legislações como a Lei de Uso e Ocupação do Solo e Código de Obras, incorporando medidas de gestão de riscos para aprovação de novos empreendimentos e a ampliação ou implementação de Zonas de Interesse Social. Na elaboração do Plano Plurianual (PPA), destinar verbas orçamentárias para implementação das

medidas estruturais e não estruturais, para Habitação Popular para os moradores em setores de risco alto e muito alto e para melhoria habitacional. As ações aqui indicadas contemplam um leque de medidas que podem auxiliar na Gestão de Riscos nos municípios da Baixada Santista que atualizaram seus PMRRs recentemente.

Palavras-Chave: PMRR, Gestão de Riscos, Medidas Não-Estruturais, Planejamento

ABSTRACT

According to Law No. 12.608/2012, Article 3-A, Paragraph 2, municipalities with risk areas must prepare a plan for the implementation of works and services aimed at reducing disaster risks within their territory. Within this context, there are non-structural measures, which involve a range of actions related to public policies, urban planning, civil defense plans, housing, legislation, education, and the training of municipal technicians and the population. Non-structural measures aim to provide solutions for existing risks through the creation of legislative and regulatory mechanisms to contain the impact of urbanization on hillsides and urban drainage networks. The synergy between non-structural and structural measures is essential for the success of Risk Management in the municipality. In this context, a series of suggested non-structural actions were listed for the municipalities of the Baixada Santista region in their Municipal Risk Reduction Plans (PMRRs). These suggested actions include both prevention and mitigation measures. Actions focused on urban planning were suggested, involving the update of the Master Plan to be in accordance with the results of the Municipal Risk Reduction Plan, the Susceptibility Map, and the Geotechnical Map of Urban Suitability. It is also important to implement the works indicated in the PMRR to reduce the risk level of specific areas through joint actions by the Departments of Public Works, Housing, and Social Assistance. Additionally, the urbanization of areas with risk sectors should be promoted, considering the resettlement of residents in the same location, and when necessary, their temporary removal to allow for the construction of works. The land regularization of settlements should be carried out, considering the benefits it brings for housing improvements in these areas. In the housing sector, municipalities must prepare or update the Social Housing Plan, allocating a percentage of housing units to residents of risk areas. In terms of enforcement, it is suggested that new geotechnology tools be incorporated into inspection activities to optimize field operations. Regarding Civil Defense, the elaboration of Contingency Plans, the development of monitoring systems, the creation of Community Civil Protection and Defense Units, lectures in schools and communities, and training plans for technical staff and the population were all recommended. Another critical point is communication; therefore, the creation of official channels to inform the public about risks was recommended. For the environment, actions may focus on restoring urban vegetation, such as planting on hillsides and along watercourses. From a social perspective, it is recommended to promote engagement and training initiatives for the population, participatory mapping, the recovery of local knowledge, and the exchange of experiences among traditional communities. From a legislative standpoint, it is recommended to review laws such as the Land Use and Occupation Law and the Building Code, incorporating risk management measures into the approval process for new developments and the expansion or implementation of Zones of Social Interest. In the development of the Multi-Year Plan (PPA), it is advised to allocate budgetary funds for the implementation of structural and non-structural measures, for Social Housing for residents in high and very high-risk areas, and for housing improvements. The actions presented here encompass a range of measures that can assist in Risk Management in the municipalities of the Baixada Santista region that have recently updated their PMRRs.

Keywords: PMRR, Risk Management, Non-Structural Measures, Planning

RESUMO - 04 - GESTÃO DO RISCO, GOVERNANÇA E POLÍTICAS PÚBLICAS NA REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

BASE INTEGRADA DE REDUÇÃO DOS RISCOS E DE RESPOSTA A DESASTRES (BIRD): UM MODELO DE COLABORAÇÃO E COORDENAÇÃO INTERFEDERATIVA PARA RESILIÊNCIA LOCAL

Elen Roberta Costa Carvalho - Cbmmg (erccarvalho22@gmail.com)

Os desastres no Brasil refletem os desafios da sociedade de risco, caracterizada por ameaças ambientais, tecnológicas e sociais interconectadas. Esses desafios se sobrepõem aos chamados wicked problems (problemas perversos), que exigem abordagens contingenciais e soluções integradas. Estudos sobre desastres indicam que, nos últimos 25 anos, o país registrou aproximadamente 64 mil eventos desastrosos, resultando em prejuízos superiores a R$330 bilhões. Minas Gerais lidera o número de ocorrências, o que tem impulsionado iniciativas voltadas à colaboração e à coordenação de ações no campo da proteção e defesa civil (PDC), buscando superar a fragmentação de políticas públicas e falhas operacionais. Eventos como os desastres de Mariana (2015), Brumadinho (2019) e os impactos sazonais intensificados pelas mudanças climáticas evidenciam a necessidade de um modelo de governança intersetorial capaz de fortalecer a resiliência local. Este estudo tem como objetivo principal avaliar a viabilidade da implementação da Base Integrada de Redução dos Riscos e de Resposta a Desastres (BIRD) nos municípios. Como objetivos específicos, busca-se analisar a ampliação da experiência das Brigadas Municipais, coordenadas pelo Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG), por meio da integração de múltiplos serviços em uma

estrutura modular e flexível, adaptável às realidades locais. Entre os serviços a serem incorporados na BIRD, destacam-se o Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU), as Coordenadorias Municipais de Proteção e Defesa Civil (COMPDEC), equipes de resgate de animais e emergências ambientais, brigadistas florestais, Núcleos de Alerta de Chuva e Núcleos de Proteção e Defesa Civil (NAC/NUPDEC), além da participação do voluntariado comunitário. A pesquisa adota uma abordagem qualitativa, exploratória e analítica, com base em estudo de caso e triangulação de métodos, incluindo revisão bibliográfica e documental, entrevistas e observação direta. O referencial teórico é fundamentado na Constituição Federal e na Lei 12.608/2012, que incentivam a cooperação entre entidades públicas, privadas e a sociedade civil para fortalecer a gestão de riscos e desastres. Os resultados preliminares indicam que a implementação da BIRD pode contribuir para a redução de sobreposições de atuação e lacunas na resposta a desastres, por meio de um modelo de coordenação estadual. Em estruturas-piloto, já se observou a otimização de recursos, redução de custos operacionais devido à coabitação de diferentes serviços, menor incidência de duplicação de ocorrências e maior eficiência nas ações conjuntas. Com potencial para ser replicado em diferentes contextos municipais, o modelo da BIRD se apresenta como uma solução promissora para aumentar a cobertura e reduzir o tempo-resposta em emergências, aprimorando a eficiência e a efetividade da Gestão de Riscos e Desastres (GRD) no Brasil.

Palavras-chave: governança; colaboração; coordenação; gestão dos riscos e desastres.

RESUMO - 04 - GESTÃO DO RISCO, GOVERNANÇA E POLÍTICAS PÚBLICAS NA REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

A ARTICULAÇÃO DAS METAS DO OBJETIVO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 13 (CLIMA) NOS PLANOS DIRETORES MUNICIPAIS: O CASO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

Schirley Nayara Kozak Machado (schirley.nayarakm@gmail.com)

Luciene Pimentel Phd (pimentel.luciene@pucpr.br)

A pesquisa tem como objeto de estudo os 14 municípios integrantes do Núcleo Urbano Central (NUC) da Região Metropolitana de Curitiba. A metodologia envolve a aplicação do método da análise de conteúdo de Bardin aos atuais PDM dos municípios do NUC. objetivo principal é avaliar o grau de aderência dos PDM do NUC à articulação das metas do ODS 13. Com relação à primeira meta do ODS 13 meta 13.1, “Resiliência e Capacidade Adaptativa”, totalizou 403 menções, a legislação de Araucária se destaca com 67 citações. “Identificação e Fiscalização de Áreas de Risco”, apresentou 171 menções. “Ampliação, Criação e/ou Adequação de Áreas Verdes”, totalizou 115 menções e “Drenagem Urbana”, o PDM de Araucária, demonstrou maior adesão, com 27 menções. Para a meta 13.2 "Redução dos Gases Efeito Estufa (GEE)” foram observadas 726 referências no total. Curitiba e Araucária se sobressaíram. “Preservação/Conservação/Proteção dos Recursos Naturais” . A meta 13.3 obteve 60 menções no total. O documento mais aderente é Araucária com 15 alusões. O maior número de citações da subcategoria “Identificação e Fiscalização de Áreas de Risco” (da Meta 13.1) em relação às outras, pode sugerir

que os municípios podem estar mais preocupados com ações pós-desastres do que com ações preventivas estruturais, como drenagem urbana e ampliação de áreas verdes. O PDM de Araucária obteve maior quantidade de citações em todas as subcategorias dessa meta (13.1). Os documentos de Araucária e Curitiba destacaram-se em relação a segunda categoria de análise – PNMC, demonstrando avanços nessa temática e sugerindo as melhores articulações com a PNMC.

Palavras-chave: 1 planejamento urbano; 2 mudanças climáticas; 3 gestão e redução dos riscos de desastres; 4 preparo e prevenção; 5 objetivo de desenvolvimento sustentável 13.

Distributed surface storages for flood mitigation: an overview of benefits and constraints

Vassiliki Terezinha Galvao Boulomytis[1], Luciene Pi mentel da Silva[2]
1 Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana (PPGTU) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), PR, Brasil; Sustainability and Climate Change Department of the City of Port Phillip, VIC, Australia; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Campus Caraguatatuba, SP, Brasil, likitgb@gmail.com
2 Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana (PPGTU) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), PR, Brasil, luciene.pimenteldasilva@gmail.com

ABSTRACT

Floods severely highly impact communities, causing property damage, infrastructure disruption, economic losses, and health problems (physical and psychological), especially with climate change.
In Water Sensitive Cities, a hybrid infrastructure may provide benefits that cannot be achieved using traditional infrastructure. Hybrid infrastructures represent the combination of nature-based solutions (i.e. blue and green infrastructure) with grey infrastructure. This association of traditional and non-traditional approaches make a city become water sensitive, climate resilient and more liveable.
Among the several opportunities to mitigate flood in the public realm is the implementation of distributed surface storages, which features are the following: operation as an offline storage when the drainage pipes reach capacity and stormwater flows spill from the drainage pits; alternative when upgrading the existing drainage pipes is not feasible; located on the streetscapes, within linear parks and in public open spaces; designed for multipurpose to increase the community wellbeing, biodiversity, recreation and reduce heat islands; designed to accommodate flood flows in preference to other areas that are less tolerable to flooding; network of several surface storages per catchment working together to accommodate flows of at least 20 year rainfall events (level of service of 5%).
Even though both distributed surface storages and average detention basins shall temporarily store water for a controlled release in lowered areas, the surface storages must always be associated with multipurpose activities. This makes distributed surface storages more innovative and feasible than detention basins, as in urban areas, especially when densely occupied, no public areas can be wasted and need to have a well-designed and effective functionality to serve the residents.
In this study several locations that have strategically planned and/or implemented surface storages were evaluated, considering their background, technicalities, design features, benefits and constraints. These areas include, but not limited to: the Bridget Joyce Square, London, UK; Rotterdam Water Square, Netherlands; Fishermans Bend, Melbourne, Australia; Green Hub, Thessaloniki, Greece; Water Square, Tiel, Netherlands; Hanlon park, Brisbane, Australia; Chulalongkorn Centennial Park, Bangkok, Thailand; Enghave park, Copenhagen, Denmark; Benthemplein Water Plaza, Rotterdam, Netherlands; Vine City park, Atlanta, USA.
Vast research on the literature and technical reports (from strategical planning to design and post construction evaluation reports) provided information about how effective this approach can be to mitigate floods.

Flood management infrastructure detaining/ retaining water in the landscape depend on several factors such as: the characteristics of the rainfall event, the antecedent soil moisture condition, and the spatial distribution of the flood management measures in the catchment.
Results showed that detention basins of similar sizes, that accommodate flows permanently (e.g. until it infiltrates if not harvested for reuse), are potentially more effective for small and medium events, whereas detention basins and thus, distributed surface storages are more effective to reduce peak flows for rare and long duration storms, especially if they are controlled or optimised systems. The addition of optimised real-time control to distributed storages provides additional 10% in peak flow reduction.
Among the mains constraints of implementing the innovative distributed storages are the occurrence of shallow water tables (less than 1.4 m from the surface), lack of knowledge on the design and optimised network operation (as in smart water cities), and engagement with stakeholders with conflicting interests to use the open spaces and streetscapes. The main benefits are the lower cost and multipurpose functionality.
The outcomes of study provide evidence that this approach is feasible to be implemented in low lying areas in combination with grey infrastructure, with additional peak reduction when the systems are optimised.

Keywords: hybrid infrastructure, flood mitigation, peak reduction, water sensitive city, climate resilience.

RESUMO - 04 - GESTÃO DO RISCO, GOVERNANÇA E POLÍTICAS PÚBLICAS NA REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

SABERES LOCAIS NA GESTÃO DE RISCOS HIDROLÓGICOS: LIÇÕES DAS ENCHENTES DE 2024 NO ARQUIPÉLAGO DE PORTO ALEGRE

Juliana Reis (julianacarolinoreis@gmail.com)

Lucimar De Fátima Dos Santos Vieira (lucymarvieira@gmail.com)

Daniela Garcez Wives (garcezd@gmail.com)

Juliana Martellet Job (julianamjob@gmail.com)

As enchentes de maio de 2024 no Arquipélago de Porto Alegre evidenciaram a exclusão dos saberes locais na gestão de riscos. Moradores identificaram sinais naturais da cheia com 48 horas de antecedência – como mudanças no comportamento do rio e dos ventos –, mas seus alertas foram ignorados pelos sistemas formais e pelo planejamento urbano. A construção de infraestruturas inadequadas, como a ponte baixa que bloqueou rotas de fuga, agravou ainda mais a vulnerabilidade da população. Esse cenário revela a necessidade de integrar o conhecimento comunitário às políticas públicas para tornar a gestão de riscos mais eficaz.

Este estudo investiga a lacuna entre o conhecimento empírico das comunidades e as políticas públicas, buscando entender o papel dos saberes locais na previsão e no enfrentamento das inundações. Os objetivos incluem analisar falhas na

comunicação entre moradores e instituições e propor estratégias para incorporar o conhecimento tradicional ao planejamento urbano e à gestão de desastres.

A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, utilizando cartografia participativa, entrevistas semiestruturadas e mapeamento colaborativo das áreas vulneráveis. Os resultados indicam que, apesar de preverem a cheia antes dos alertas formais, muitos moradores subestimaram sua gravidade. Além disso, o conhecimento local sobre pontos críticos – como o efeito de "funil" próximo às pontes – foi ignorado no planejamento urbano, resultando em decisões inadequadas. Um exemplo disso foi a construção da ponte baixa, que bloqueou uma importante rota de fuga terrestre, deixando a comunidade sem alternativas seguras para evacuação.

Conclui-se que a exclusão dos saberes comunitários compromete a segurança das populações afetadas e evidencia falhas estruturais na gestão de desastres. Para reduzir vulnerabilidades, é essencial que o conhecimento local seja integrado às políticas públicas, garantindo uma gestão participativa e eficaz. Medidas como a criação de canais permanentes de diálogo entre instituições e comunidades, o reconhecimento do conhecimento tradicional como ferramenta legítima de previsão e resposta e a adaptação de infraestruturas às realidades locais são fundamentais para fortalecer a resiliência das comunidades diante de eventos extremos.

Palavras-chave: inundações; governança; participação comunitária; riscos hidrológicos; políticas públicas.

RESUMO - 04 - GESTÃO DO RISCO, GOVERNANÇA E POLÍTICAS PÚBLICAS NA REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

MODELO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA INTERFEDERATIVA NA PROMOÇÃO DE MELHORIAS DA GESTÃO E COMUNICAÇÃO DE RISCOS E DESASTRES: UMA EXPERIÊNCIA ENTRE O CEMADEN E A SECRETARIA DE ESTADO DE DEFESA CIVIL DE SANTA CATARINA NO DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE ALERTA

Gabriela Bessa (gemal.at01@defesacivil.sc.gov.br)

Pedro Ivo Mioni Camarinha (pedro.camarinha@cemaden.gov.br)

Frederico De Moraes Rudorff (gemal@defesacivil.sc.gov.br)

Victor Marchezini (victor.marchezini@cemaden.gov.br)

Matheus Klein Flach (getur@defesacivil.sc.gov.br)

Felipe Raphael Theodorovitz Mendoza (felipe.theodorovitz@simepar.br)

Dieyson Pelinson (pelinsondieyson@gmail.com)

A gestão eficiente de riscos e desastres requer modelos inovadores de cooperação técnica e

institucional, especialmente em países de grande extensão territorial e complexidades

socioambientais, como o Brasil. Nesse cenário, este trabalho avalia a parceria estratégica

entre o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) e a

Secretaria de Estado de Defesa Civil de Santa Catarina (SDC-SC). Alinhada aos princípios

do Marco de Sendai e da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, essa colaboração inclui

o desenvolvimento conjunto de um sistema de alerta que integra conhecimentos técnico

científicos e características operacionais locais. O estudo analisa três dimensões principais

da cooperação: i) o arcabouço institucional que viabilizou a parceria, destacando o Termo de

Cooperação Técnica firmado entre as entidades; ii) as capacidades complementares de cada

ator: o CEMADEN aporta expertise em modelagem de riscos, monitoramento meteorológico

e expertise em desenvolvimento de sistemas de alerta, enquanto a SDC-SC contribui com

seu profundo conhecimento territorial, produtos meteorológicos regionalizados e capilaridade

operacional; iii) os mecanismos de articulação estabelecidos para superar desafios inerentes

a colaborações interfederativas, com ênfase nos protocolos e estratégias que possibilitam

uma comunicação ágil e integrada entre os entes envolvidos. Metodologicamente, combinou

se a análise documental dos acordos institucionais e dos produtos gerados pelo projeto de

pesquisa “Sistema de Alerta Antecipado Multiescalar de Deslizamentos de Terra”, além de

entrevistas com atores-chave. Os resultados indicam avanços relevantes em diversas frentes.

Do ponto de vista técnico, houve a integração de bancos de dados geo-hidro-meteorológicos

e impactos, o desenvolvimento de modelos preditivos com melhor performance e proposições

de protocolos adaptados às diferentes escalas territoriais. Na esfera operacional, a

cooperação tem propiciado fluxos de comunicação mais eficientes, possibilitando respostas

coordenadas e ágeis diante de eventos extremos. Complementarmente, destaca-se a

melhoria na percepção e gestão de riscos por parte dos municípios catarinenses. A

disponibilização de informações qualificadas e de fácil compreensão permite a atualização

dos planos de contingência e a implementação de ações preventivas mais eficazes. Os

resultados reforçam a importância dos investimentos em cooperação técnica e em editais que

apoiam projetos de pesquisa que valorizam estas interações (com destaque à chamada

pública 15/2023 do CNPq/MCTI), pois estas se traduzem em benefícios na proteção de vidas

e na redução de danos materiais ao longo do tempo. A experiência analisada oferece lições

valiosas para a replicação de arranjos institucionais similares em outras regiões, ressaltando

a necessidade de mecanismos formais de colaboração, a adaptação de soluções técnicas às

realidades locais e a capacitação contínua dos agentes operacionais.

Palavras-chave: gestão de riscos; parcerias institucionais; cooperação técnica; sistemas de alerta; comunicação de riscos.

RESUMO - 04 - GESTÃO DO RISCO, GOVERNANÇA E POLÍTICAS PÚBLICAS NA REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

INTEGRAÇÃO DE RISCOS CLIMÁTICOS NOS EIAS PORTUÁRIOS: AVANÇOS E LIMITAÇÕES EM PARANAGUÁ

Pablo Damian Borges Guilherme (pablo.borges@unespar.edu.br)

Rafael Decio Souza (rafaeldeciosouza@gmail.com)

Rafael Metri (rafa.metri@unespar.edu.br)

Em 2024, a 2ª Vara Federal Cível e Criminal de Santarém-PA determinou, de forma inédita, a realização de estudos de impacto climático para renovação de licenças portuárias, alinhando-se aos compromissos do Brasil como signatário da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e do Acordo de Paris. A decisão exige que os portos avaliem impactos cumulativos e sinergéticos de obras de infraestrutura, propondo medidas de adaptação (ajuste às mudanças climáticas) e mitigação (redução de emissões de gases de efeito estufa), além da criação de sumidouros de carbono. Em 2021, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) publicou um estudo sobre os impactos climáticos nos portos brasileiros, destacando riscos alarmantes para o porto de Paranaguá, como alto risco de vendavais, muito alto risco de aumento do nível do mar e médio risco de tempestades, sugerindo medidas de adaptação e mitigação. Este trabalho analisou os Estudos de Impacto Ambiental (EIAs) de dois empreendimentos portuários em Paranaguá (2022-2024): o Terminal de Uso Privado Porto Guará e a Ampliação do píer da Cattalini Terminais Marítimos S.A., elaborados pela Assessoria Técnica

Ambiental Ltda. A metodologia consistiu na seleção de termos chave, correlatos ao tema mudanças climáticas, sendo estes: "mudanças climáticas", "risco climático" e "efeito estufa". A partir da seleção, realizou-se uma busca textual nos estudos, procedendo então com uma análise de contexto da aplicação dos termos chave na redação do EIA. O EIA do Porto Guará mencionou quatro vezes termos como "mudanças climáticas" e "efeito estufa", destacando brevemente a sensibilidade de espécies bioindicadoras e o papel das florestas no estoque de carbono. Já o EIA da Cattalini apresentou 12 menções, incluindo "mudanças climáticas", "risco climático" e "efeito estufa", com destaque para o Inventário de Gases de Efeito Estufa (GEE), em conformidade com a Portaria IAT n° 42/2023. Observou-se, nas menções sobre mudanças climáticas, que três menções do EIA da Cattalini seriam as mesmas encontradas no estudo do Porto Guará. O estudo reconheceu riscos climáticos em Paranaguá, mas minimizou-os ao comparar com outros portos brasileiros como Santos e Rio Grande. Conclui-se que, embora haja avanços, como a inclusão do Inventário de GEE, os EIAs ainda são superficiais em relação aos riscos climáticos, carecendo de maior profundidade e originalidade. A comparação com outros portos pode subestimar os desafios específicos de Paranaguá, evidenciando a necessidade de uma abordagem mais robusta e alinhada às diretrizes internacionais e nacionais. A integração efetiva das mudanças climáticas nos processos de licenciamento é crucial para garantir a conservação dos ecossistemas, a sustentabilidade e resiliência dos portos frente aos desafios climáticos globais.

Palavras-chave: resiliência ambiental; gestão portuária sustentável; políticas climáticas; avaliação de vulnerabilidade; descarbonização.

RESUMO - 04 - GESTÃO DO RISCO, GOVERNANÇA E POLÍTICAS PÚBLICAS NA REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

COMUNICAR A EMERGÊNCIA CLIMÁTICA: DESAFIOS E ESTRATÉGIAS NO CONTEXTO DO PN-PDC

Francisco Marcio Marques Dos Santos (kicosantos@gmail.com)

A emergência climática é uma realidade incontornável dos nossos tempos, um resultado direto da interferência humana em escala planetária. As projeções mais recentes do IPCC (Painel Intergovernamental sobre a Mudança do Clima) indicam que, mesmo com cortes significativos nas emissões de gases do efeito estufa, é provável que, nas próximas décadas, a temperatura média da Terra ultrapasse 2,5 °C em relação aos níveis pré-industriais. Isso colocará em risco a estabilidade dos ecossistemas e a sobrevivência de milhares de espécies, inclusive nós, seres humanos. Em um cenário de aquecimento descontrolado, os eventos extremos se tornam mais frequentes e devastadores, demandando ações de mitigação, mas também estratégias eficazes de adaptação e gestão de riscos. É nesse contexto que o Brasil passou a investir em medidas de fortalecimento institucional voltadas à prevenção e ao enfrentamento de desastres. Um dos marcos mais recentes nessa trajetória foi o projeto de elaboração do primeiro Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil (PN-PDC 2025-2035), iniciado em 2023. O projeto contou com um Plano Integrado de Comunicação e Intervenções Midiáticas, com o propósito de promover a participação social, a transparência institucional e a construção de pertencimento em torno das ações planejadas. Este estudo tem como objetivo analisar as potencialidades da comunicação de riscos no formato audiovisual,

particularmente os vídeos institucionais produzidos no âmbito do PN-PDC, visando a mobilização dos públicos estratégicos envolvidos no processo de construção desse instrumento. A metodologia combina análise qualitativa dos produtos audiovisuais com base em parâmetros como engajamento, observação das dinâmicas de circulação nas mídias sociais e canais de streaming, além de revisão bibliográfica nas áreas de comunicação de riscos, media interventions e comunicação audiovisual pública. O referencial teórico articula autores que discutem a comunicação como instrumento de gestão de riscos, os limites e possibilidades das intervenções midiáticas em contextos de crise e os aspectos estéticos e éticos do audiovisual voltado ao interesse público. Os resultados apontam que os vídeos, ao combinarem linguagem acessível, representatividade regional e valorização da experiência dos participantes, conseguiram não apenas informar, mas provocar um sentimento de pertencimento e reconhecimento entre os sujeitos envolvidos. Contudo, também revelam desafios relacionados à lógica algorítmica das plataformas digitais, à fragmentação dos públicos e à sustentabilidade da estratégia comunicacional a longo prazo. A pesquisa oferece pistas para o aprimoramento da comunicação pública em contextos de risco e para a consolidação de práticas audiovisuais que fortaleçam o vínculo entre Estado e sociedade em processos de planejamento participativo.

Palavras-chave: comunicação de riscos; audiovisual; media interventions; participação social; emergência climática.

EIXO TEMÁTICO 4

GESTÃO DO RISCO, GOVERNANÇA E POLÍTICAS PÚBLICAS NA REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

ARTIGOS COMPLETOS

ANÁLISE DE GESTÃO DE DESASTRES SOB UMA ÓTICA SISTÊMICA: UMA PROPOSTA PARA CÁLCULO DE RESILIÊNCIA SOCIOAMBIENTAL

Gabriela Reis Martins [1]

1 Universidade Federal de Minas Gerais, gabrielareismartins@outlook.com

RESUMO

Visando promover uma reflexão sobre a importância da história da relação do ser humano com o meio físico na gestão de desastres naturais, este trabalho fez uma extensa revisão bibliográfica que teve por objetivo inicial uma reflexão que pudesse observar e analisar aspectos específicos que conectam o humano ao espaço. Tal reflexão teve por objetivo vislumbrar a geração de um produto passível de uso prático. Assim, a análise da bibliografia selecionada viabilizou a criação de uma equação cujo resultado serve para auxiliar governos a direcionarem orçamento, majoritariamente, à prevenção ou emergências. Esta equação, a cujas variáveis podem ser atribuídos pesos, gera um resultado que foi chamado *Fator R*, que se refere à capacidade de resiliência que uma comunidade pode possuir antes e depois de um desastre. Aos resultados do *Fator R* foram atribuídos valores chamados de *Grau de Resiliência*, sendo a tabela final para análise de distribuição orçamentária e de políticas públicas.

Palavras-chave: desastres naturais; sistemas; resiliência.

DISASTERS MANAGEMENT ANALYSIS UNDER SYSTEMIC OPTICS: ENVIRONMENTAL AND SOCIAL RESILIENCE CALCULATION PROPOSAL

ABSTRACT

Aiming to promote reflection on the relevance of the history of the relationship between human beings and the physical environment in natural disasters management, this work carried out an extensive bibliographical review whose initial objective was an analysis of the specific aspects that connect humans to space. This analysis aimed to envision the generation of a product for practical use. Thus, the analysis of the selected bibliography made it possible to create an equation whose result aims to help governments direct budget, mainly, to prevention or emergencies. This equation, whose variables can be assigned weights, generates a result that was called *R Factor*, which refers to the capacity of resilience that a community can possess before and after a disaster. To the *R Factor* results were assigned values called *Degree of Resilience*, which is the final table for analyzing government budget and public policies.

Key-words: natural disasters; systems; resilience.

1 INTRODUÇÃO

A origem da Terra remonta a instabilidades equilibradas, isto é, inúmeras reações químicas ocorreram de forma a possibilitar a existência da vida; sendo que ainda hoje tais reações acontecem, com intensidades e composições diferentes. Por se caracterizar como um sistema complexo, a maior aproximação do entendimento da realidade se dá apenas por meio da compreensão de como é a dinâmica de interação interna e externa de todas as partes que compõem aquele contexto, sendo todas as partes interdependentes e influenciadas mutuamente. Isto é, torna-se impossível estudar verdadeiramente um sistema complexo isolando suas partes, uma vez que cada parte possui uma contribuição particular às outras e ao todo (CHRISTOFOLETTI, 1979; 1999).

Conforme Vicente e Perez Filho (2003), submetida às forças naturais, a espécie humana sempre buscou fazer associações de forma a entender o mundo circundante. Partindo do princípio do estabelecimento de junção de fatos, reflexões, imaginário e de sua relação com o meio físico e biológico, o ser humano encontrou nas ideias sobrenaturais formas de racionalizar os acontecimentos e estabelecer um pensamento ordenado. Destaca-se, porém, como a relação do ser humano com o mundo físico foi se modificando devido à ordenação e registro dos pensamentos, de forma a alcançar quase um completo rompimento desse vínculo.

Em outras palavras, o antes submisso às forças naturais – ou às também consideradas sobrenaturais – se vê como fator à parte do meio físico, encontrando-se em estado de medo e separação de forma a criar uma barreira suficientemente forte em busca de proteção (TUAN, 2013).

Por isso é estabelecido um desafio para a gestão ambiental ao manejar emergências em desastres naturais e a realidade pós-desastre. Somente o estudo da relação do humano com o meio físico ao longo da história evolutiva e local pode fornecer ferramentas necessárias para gerir individualmente as ocorrências de desastres. Individualmente pois, se por um lado é notável que algumas populações buscam o rompimento, o deslocamento e a migração de suas origens, outras populações convivem com o risco e, muitas vezes, conseguem ter um aproveitamento significativo do espaço ao longo de muitas gerações, como Hellpach (1967) destaca em sua obra que disserta sobre como as características do meio físico influenciam no comportamento humano.

Conforme Christofoletti (1979; 1999), um debate com tamanhas variáveis necessita da luz de teorias sistêmicas, que estão centradas no exame das complexas teias que conectam os seres vivos ao espaço, e o espaço aos seres vivos (CAPRA, 2003; 2006; 2012). De acordo com a ciência moderna, esta discussão carece de bases mais positivistas e empíricas, uma vez que o processo analítico preconiza a separação das partes que se unem para formar o todo. Porém, é necessário considerar que existe uma falta de linearidade nos processos biológicos, geológicos, climáticos e, principalmente, sociais.

Estes desafios para a gestão, notadamente os desastres naturais, são aqueles que tornam os humanos vulneráveis do ponto de vista da integridade individual e do grupo. Por fragilizarem a espécie, estes eventos são referências de grandiosidade e perigo (TUAN, 2013), se constituindo como aquilo que o instinto humano buscou, busca e buscará evitar, bem como tentou, tenta e continuará tentando explicar.

Conforme Nunes (2009) os desastres naturais de referência atmosférica estão ocorrendo com mais frequência e intensidade em todo o planeta, enquanto os geofísicos se mantiveram constantes. Certamente, as melhores condições de acesso à informação e divulgação dos eventos naturais, que aumentam as possibilidades para registros oficiais de desastres, têm uma participação neste aumento. Porém, é necessário destacar que a tendência é de uma linha ascendente, uma vez que a população está aumentando e cada vez mais ocupando áreas impróprias para habitação. Ademais, é relevante evidenciar que a velocidade de ocorrência de desastres é superior à capacidade da sociedade em desenvolver e estabelecer medidas preventivas, seja no âmbito estrutural ou cultural. Isto significa que, em algum nível, é necessário que o ser humano se acostume a direcionar esforços para emergências e a lidar com os desastres, pois estes continuarão a acontecer. O que é mais viável é

criar uma cultura que permita ao maior número possível de pessoas compreender as dinâmicas ambientais, junto de governos capazes de lidar com emergências e comunidades bem estruturadas.

Os humanos estão cada vez mais suscetíveis às mesmas ameaças, e cada vez mais a capacidade de resiliência é o que diferencia nações e comunidades (MARANDOLA JR. & HOGAN, 2006). Por isto, diante do aumento dos registros oficiais de desastres, buscar uma maneira de avaliar o que aumenta ou diminui a resiliência de comunidades com base em uma revisão teórica sobre como o ser humano se relaciona com o meio em que vive e gerar um produto passível de uso prático é o foco deste artigo.

2 OBJETIVOS

Quando se pensa em desastres naturais, as imagens que vêm à mente sempre se referem à destruição de moradias, infraestrutura e sofrimento humano; logo se pensa em enxurradas, ruas alagadas, deslizamentos, ventos fortes, chuvas intensas e morte. A inquietação pessoal que gerou o tema deste trabalho tem uma referência antiga, que se aplica facilmente aos dias atuais. A Batalha de Solferino, ocorrida no norte da Itália, em junho de 1859, foi o ponto de partida para a criação de sociedades de socorro – hoje conhecidas como Cruz Vermelha, considerando a fragilidade humana inerente em épocas de adversidade e desconsiderando aquilo que difere grupos e pessoas, considerando o que as aproxima.

O grande desafio da gestão ambiental é que não há como lideranças se responsabilizarem plenamente pelo controle do meio físico e as consequências das dinâmicas inerentes a ele, da mesma forma que não é possível a individuação da responsabilidade pelos eventos naturais que se tornam desastres. Conforme Donovan e Oppenheimer(2016), é necessário considerar a subjetividade dos processos que produzem o desastre pois, apesar de se tratar de um evento externo às forças humanas, só se configura um desastre pela existência humana, logo, o que é inerente à cultura dita a configuração verificada após o evento.

Assim, para compreender como a antropologia pode contribuir para a gestão ambiental, este trabalho analisou um referencial teórico que vai desde o entendimento místico-religioso de povos originários e medievais, passando pelo acontecimento do terremoto de Lisboa em 1755, chegando ao mundo da ciência moderna e aos grandes desafios ambientais a partir do século XX, considerando uma compreensão histórica e holística, e resgatando aspectos sistêmicos quanto à inclusão do ser humano como participante do meio físico, de maneira investigar quais são as variáveis que compõem a vulnerabilidade humana antes de uma ocorrência de desastre e diante de emergências.

Tais variáveis foram investigadas para avaliar a resiliência e, para tal, foi gerada uma equação com pesos e valores capazes de oferecer um instrumento de gestão quantitativo e qualitativo para calcular o *Grau de Resiliência* de uma comunidade e assessorar governos e instituições na destinação de recursos e atenção em determinados locais. Uma vez que a resiliência está, em grande parte, diretamente relacionada ao estado pré-desastre, é esperado que a equação gerada possa servir, também, como instrumento para a previsão do estado de um local no momento pós-desastre.

3 METODOLOGIA

Com vistas a possibilitar uma visão orgânica do tema tratado neste trabalho, a cronologia das informações foi extremamente relevante. Isto porque foi necessário dar ordem para o estabelecimento do cenário perceptível no mundo contemporâneo no que tange à relação do ser humano com o espaço e, por consequência, com os eventos extremos e desastres naturais.

Foi realizada uma revisão bibliográfica extensa para abarcar os aspectos que são relevantes para o ser humano quando este se relaciona com o meio físico e biológico, além do antropológico. Há que se destacar, entretanto, que a escolha bibliográfica se trata de obras que foram pioneiras na discussão de determinadas temáticas e, sendo assim, foram as principais fontes para iniciar a compreensão de quais fatores são inerentes à condição humana enquanto frágil, complexa e sistêmica, e por se tratar de um sistema aberto, é importante elucidar que as variáveis envolvidas são dotadas de muitas particularidades.

O conceito de "paisagens do medo", trabalhado por Yi-Fu Tuan (2013), e o estabelecimento de reações fisiológicas e emocionais de acordo com o meio físico, trabalhado por Willy Hellpach (1967), serviram de base para a compreensão de como as paisagens e características ambientais condicionam comportamentos humanos ao redor do globo.

Os trabalhos de Capra (2003; 2006; 2012) junto de Sheldrake (2011) e Moran (2010) serviram como norteadores fundamentais para o entendimento das características subjetivas que determinam como cada comunidade pode ser afetada pelos desastres naturais. O tratamento da subjetividade pelos dois primeiros autores foi imprescindível para a discussão deste trabalho, pois, se por um lado Capra dialoga com o que ele chama de a teia da vida, interligando todos os seres vivos entre si e com outros seres vivos, Sheldrake expõe que a memória ancestral é determinante para o comportamento atual de comunidades menores que estão dentro de comunidades maiores.

Além destes autores, as discussões propostas por Carmen Diego Gonçalves em seu artigo "Desastres Naturais. Algumas considerações: vulnerabilidade, risco e resiliência" foram fundamentais para o entendimento da dinâmica humana, política e ambiental inserida em cenários de emergências. Este artigo permitiu a observação de diversos fatores que promovem a vulnerabilidade e, logo, propiciaram a compreensão do que produz a resiliência. No mesmo sentido, a "Declaração Universal dos Direitos Humanos", proclamada na Assembleia Geral das Nações Unidas, em 1948 foi de suma importância para identificação de fatores que tornam o ser humano vulnerável enquanto espécie.

Com base na análise da bibliografia listada o resultado esperado foi a identificação do que foram aqui chamados *denominadores comuns*, que foi, em suma, uma identificação de padrões de comportamento e necessidades humanas. Estes denominadores viabilizaram a produção de uma equação com possibilidade de avaliar o que aqui foi chamado de *Grau de Resiliência* de uma área passível de ser afetada ou já afetada por um desastre considerando *variáveis* obtidas ao longo do processo de pesquisa.

A abordagem do conceito de sistemas por Christofoletti (1979; 1999) orientou o tratamento qualitativo das variáveis que compõem os trabalhos dos autores citados acima, já que estes expõem diversos fatores que condicionam a relação da espécie humana com o meio físico, mas, nem sempre relacionam estes fatores entre si.

Outros trabalhos foram usados como comparativo posterior ao desenvolvimento deste trabalho para averiguar a viabilidade de aplicação da equação gerada e para alinhar o trabalho cientificamente com métodos que já foram testados com produção de mapas. Cunha *et al.* (2011) produziram um modelo para avaliar a vulnerabilidade social a riscos naturais e tecnológicos, produzindo uma matriz de vulnerabilidade por meio de variáveis designadas referentes a fatores estruturais e culturais – como apoio social, condição dos edifícios, demografia, economia, educação, habitação, justiça – que geraram a produção de mapas temáticos para o território de Portugal. Flanagan *et al.* (2011) elaborou um índice de vulnerabilidade social baseado em variáveis retiradas de um senso feito nos Estados Unidos, considerando aspectos financeiros, acadêmicos, de idade, deficiência, linguagem, casas móveis, veículos, dentre outras variáveis, produzindo um índice com base na porcentagem da população que se adequava aos critérios avaliados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Aspectos gerais

A partir desta pesquisa é notável uma preocupação social, política e acadêmica com a maneira com a qual a espécie humana se relaciona com o meio físico. E, certamente, há a necessidade em evitar que eventos naturais se tornem desastres; os prejuízos sociais, psicológicos, estruturais e econômicos só deixam de existir a longo prazo, quando deixam.

O aumento populacional, que gera uma expansão nas direções periféricas – com menos acesso a serviços, ocupações irregulares e a má gestão de uso e ocupação do solo como um problema político global vai, naturalmente, ocasionar em um maior registro de desastres. No Brasil, os esforços para criar políticas e repartições públicas que direcionam orçamento e gestão para a prevenção de desastres foi muito significativo após os deslizamentos na região Serrana do Rio de Janeiro, em 2011, onde precipitou em 24 horas o esperado em um mês, resultando em 900 pessoas mortas – o pior desastre em número de mortos no Brasil – e 350 consideradas desaparecidas. Entretanto, é interessante observar que, mesmo diante de tamanhos esforços, ainda há um prejuízo social incomensurável, principalmente na época das chuvas, que acabam por ocasionar enchentes, alagamentos e deslizamentos.

Uma reflexão que cabe aqui é a que se refere às vítimas de desastres naturais. Por uma questão econômica, a população pobre, certamente, tem uma capacidade de resiliência menor. Porém, para fins de uma gestão adequada, é necessário evitar o discurso generalista sobre a ocupação de áreas de risco como sendo exclusiva desta população pois, apesar de esta população compor uma maioria em ocupações de risco, os fatores que promovem o risco envolvem questões geológicas (tipo de rocha) e estruturais (métodos usados para construção) quando vão ao encontro de eventos naturais, principalmente climáticos no Brasil, que causam precipitação intensa e inundações. Se analisarmos a ocupação histórica em qualquer parte do globo, é possível notar que a ocupação ao longo de rios – que provêm água necessária à subsistência humana – sempre foi comum. Hellpach (1967) evidencia, claramente, que a planície, com horizonte homogêneo principalmente, evoca uma sensação de desânimo no ser humano, porém, facilita determinadas atividades, desde que a altitude seja favorável e que não existam formas de relevo tidas como opressivas, como altas montanhas, circundantes.

Tendo por base esta análise e a lembrança do estabelecimento de civilizações em diversos climas e altitudes do globo é possível analisar os desastres sob uma ótica histórica para buscar uma gestão mais efetiva que considera as particularidades da ocupação humana e sua relação com o meio físico. As consequências desastrosas de séculos de ocupação e impermeabilização são parte dos reflexos da história humana, e isto pode ser observado em, absolutamente, qualquer parte do planeta. Como exemplo, dentro da cidade de Belo Horizonte observa-se bairros em regiões altas – como o Taquaril e o Gutierrez – com populações com diferente poderio socioeconômico lidando com consequências de eventos naturais – deslizamentos e alagamentos, respectivamente – decorrentes de chuvas intensas.

Outro exemplo interessante sobre a ocupação humana é que, historicamente, muitas regiões buscaram a altitude pelo estético, mas, principalmente, pelo controle visual territorial. Isto significa que locais altos passam, também, a sensação de segurança. Em Belo Horizonte há bairros situados em maior altimetria, como o São Bento e o Buritis, que são considerados bairros de uma população com maior poder aquisitivo, que lidam com prejuízos frequentes no período de chuvas. Da mesma forma, bairros situados em menor altimetria e de população com diferente poderio econômico, como aqueles no entorno da Avenida Teresa Cristina e Avenida Prudente de Morais, enfrentam consequências de alagamentos anualmente. A grande questão é que a menor vulnerabilidade

socioeconômica dá uma possibilidade significativamente maior de recuperação para aqueles que moram em bairros e regiões consideradas como de classe média-alta.

Em Beverly Hills, no estado da Califórnia, nos EUA, o risco de atividade sísmica elevada é bastante significativo, em uma zona de muita variação altimétrica, com muitas vertentes com solo exposto e, mesmo assim, o setor imobiliário só vislumbrou uma queda nos lucros recentemente por conta de um grande aumento nos impostos sobre grandes propriedades. Isto é, o risco de um desastre é iminente, mas algo inconsciente ainda faz com que pessoas sejam capazes de investir milhões em algo que, cientificamente, não suportaria um tremor de terra da magnitude esperada pelos cientistas devido à configuração geológica local.

Dito isto, sabe-se que a vulnerabilidade e resiliência certamente diferenciam os cenários de emergência e pós-desastre em bairros, cidades e regiões com diferente poderio socioeconômico, algo incontestável. Mas no que tange à gestão ambiental, há que se evitar determinados discursos que ignoram a condição de fragilidade humana, que é inerente à própria existência, uma vez que todos estão submetidos à morte, doenças e impactos psicológicos e físicos oriundos de desastres – sendo os impactos psicológicos documentados até como impactos indiretos de acesso a notícias sobre o assunto, como exposto por Gonçalves (2012). Sendo assim, uma metáfora interessante se dá quando se compara os prejuízos e danos de chuvas intensas em bairros periféricos e bairros de classe média alta. Uma mesma chuva causa impacto em ambos os locais, mas, de maneira diferente. Por diversos fatores o segundo tipo de bairro se recupera mais rapidamente, e é disto que se trata a resiliência. Pelo fato de a resiliência ser constituída de uma série de variáveis, é possível elevá-las de maneira não concomitante, de forma que tanto a população quanto o governo local podem participar do aumento da resiliência de uma comunidade e reduzir os impactos de eventos naturais extremos.

Hellpach (1967) aponta que as populações se sentem mais subjetivamente ligadas ao solo quanto mais gerações tiverem vivido naquele espaço, fato corroborado por Gonçalves (2012), o que explica porque, mesmo diante de significativas perdas econômicas, muitas famílias ainda buscam o reestabelecimento no mesmo local ou em local próximo. Por isto, é possível comparar a abordagem aos desastres pela população local da Indonésia com a abordagem feita pelos habitantes dos EUA no que tange à ancestralidade. Observa-se países com processos de ocupação totalmente distintos, o que promove uma relação com o desastre também distinta, e aqui cabe considerar o processo religioso. Se, por um lado, nos EUA há uma população originalmente calvinista, que via no domínio do meio físico e no trabalho árduo o "merecimento do reino dos céus" e de benesses, na Indonésia predomina uma cultura nativa mítica de respeito e comunhão com o meio físico diante dos eventos naturais, de maneira que, mesmo compreendendo a ciência por trás de tais fenômenos, a população não deixou na ancestralidade os seus rituais para "acalmar a fúria" de entidades que provocam erupções vulcânicas, por exemplo, observando-se aqui comunidades resilientes em diferentes partes do globo, e gerando um tipo de relação sistêmica discutida por Capra (2003; 2006; 2012) e Sheldrake (2011) em suas obras.

O objetivo destes exemplos e da discussão aqui proposta visa justamente a consideração do que é a natureza humana e daquilo que pode diminuir as distâncias entre as pessoas com base naquilo que temos mais em comum com vistas a promover uma gestão eficiente. A relevância deste debate está centrada no fato de que, mesmo diante dos esforços do governo brasileiro – e de outros países – com a criação de órgãos e sistemas para a prevenção de desastres, o que se vê é um aumento de cenários de emergência. E, curiosamente, habitantes de uma mesma região que vivencia desastres há gerações tendem a se comportar da mesma maneira (HELLPACH, 1967), seja aprendendo a conviver com o risco dominando o meio físico pela infraestrutura, como é observado no Japão e nos EUA, ou respeitando os ciclos naturais e se adaptando a eles, como na Indonésia.

Aumentar a resiliência da população é uma maneira crucial para reduzir as incertezas inerentes a um cenário de desastre. E, no que tange ao planejamento governamental, alguns fatores são previsíveis, enquanto outros, não. Por meio da evolução tecnológica os humanos conseguem observar, via satélite, a circulação

atmosférica que pode levar a um evento passível de causar um desastre, e possui conhecimento sobre a geologia e geomorfologia de determinadas regiões suscetíveis a deslizamentos, bem como a capacidade de suporte de vazão de cursos d'água, por exemplo. Isto significa que é possível prever a probabilidade de ocorrência de um evento, sendo que o cenário pós-evento é imprevisível. Os danos e prejuízos de um evento são imprevisíveis bem como a reação humana diante do evento, uma vez que engloba características psicológicas e instintivas individuais e coletivas, sendo a solidariedade dentro da comunidade atingida o único fator previsível, conforme Gonçalves (2012) explana. De fato, apenas a gestão pós-evento ou pós-desastre é previsível. E, por isto, considerando a previsibilidade e imprevisibilidade de fatores envolvidos em cenários extremos, a equação a seguir foi elaborada.

4.2 Equação para cálculo de *Grau de Resiliência*

Com base na literatura referenciada e em reflexões particulares, esta pesquisa avaliou que existem alguns *denominadores comuns* em um cenário pós-desastre – denominadores estes que ganham intensidade ou são criados após o evento. Por meio da análise destes denominadores foram estabelecidas nesta pesquisa *variáveis* qualitativas – expostas abaixo e devidamente explicadas em seguida, às quais foram atribuídas notas ou pesos de acordo com a Tabela **1**, e foi possível gerar uma equação que serve de proposta para uma possível previsão ou avaliação do *Grau de Resiliência* de uma comunidade afetada por um desastre. A equação, cujo resultado constitui o *Fator R*, é a seguinte:

$$\mathbf{R} = \frac{IPP \times IPR \times C \times Rpc \times AS \times A \times RC \times IFPR}{TP \times TF \times D \times PE}$$

Sendo:

R = *Fator R* de Resiliência
IPP = Investimento Público na Prevenção de desastres
IPR = Investimento Público na Resposta imediata ao desastre
C = Conhecimento da população sobre medidas básicas de segurança e sobrevivência em caso de desastres
Rpc = Renda por casa
AS = Acesso a instituições para cuidado com a Saúde
A = Ancestralidade/quantidade de gerações que viveu no local
RC = Nível de Relação interpessoal Comunitária
IFPR = Investimento Financeiro do setor Público na Reconstrução e Reassentamento populacional
TP = Trauma psicológico
TF = Trauma físico
D = Doença adquirida
PE = Perda econômica

A tabela abaixo demonstra como aplicar os pesos de acordo com as variáveis da equação apresentada, segundo critérios objetivos e subjetivos que limitam os pesos de 1 a 5. Nas páginas seguintes à tabela, cada variável é discutida e relacionada, e a equação tem seus resultados explicados segundo o *Grau de Resiliência* gerado.

Tabela 1 - Pesos atribuídos às *Variáveis* de Análise de Resiliência.

		PESOS				
		1	**2**	**3**	**4**	**5**
VARIÁVEIS	**IPP**	20% do orçamento	40% do orçamento	60% do orçamento	80% do orçamento	100% do orçamento
	IPR	20% do orçamento	40% do orçamento	60% do orçamento	80% do orçamento	100% do orçamento
	C	Nenhum	Pouco	Razoável	Bom	Técnico
	Rpc	1 x Faixa 2 MCMV	2 x Faixa 2 MCMV	3 x Faixa 2 MCMV	4 x Faixa 2 MCMV	5 x Faixa 2 MCMV
	AS	Nenhum	Acesso UPA ou CS	Acesso hospital SUS	Cobertura parcial PS	Cobertura total PS
	A	0 a 1	1 a 2	2 a 4	4 a 5	> 5
	RC	Isolamento	Vizinhança	Trabalho	Amigos	V + T + A + Familiares
	IFPR	Marginalização	Abrigos populares	Casa de familiares	Financiamento de moradias	Reestabelecimento/Seguros
	TP	Aceitação + Superação	Movimentação	Raiva	Depressão	Medo/Negação/Choque
	TF	Nenhuma dependência	Alguma dependência		Dependência parcial	Dependência total
	D	Nenhuma sequela	Sequela que não interfere intensamente		Muito grave/sequelas	Morte
	PE	Nenhuma perda	Outros bens	Emprego	Moradia	Moradia + Emprego + Outros bens

Considerando a importância do investimento público no que tange à prevenção e resposta aos desastres, foram estabelecidas as variáveis IPP e IPR. Para adequar tais conceitos a uma equação foi considerado o planejamento orçamentário destinado àquelas variáveis, que é diferenciado de acordo com o município. Sabe-se que, a depender dos danos, os orçamentos estadual e federal são solicitados. Para a equação deverá ser considerado somente o orçamento municipal, sendo que, nos casos em que os orçamentos estaduais e federais precisarem ser abarcados, o peso deverá permanecer 5 no caso de o orçamento municipal ter sido 100% atingido.

O Conhecimento sobre medidas básicas de segurança e sobrevivência teve sua relevância descrita no texto de Gonçalves (2012) como a educação sobre eventos naturais e simulações de emergência em desastres dentro das escolas. De fato, a forma mais viável de se ter tais conhecimentos democratizados é por meio de sua inserção no currículo escolar. O peso 1 qualifica nenhum conhecimento e o peso 5 é o conhecimento totalmente técnico, normalmente tido por pessoas da área de salvamento, como Corpo de Bombeiros, enfermeiros, médicos e Defesa Civil. Os outros pesos são relativamente subjetivos, uma vez que a nota a ser dada vai depender, também, da magnitude do processo enfrentado.

Da mesma forma que a IPP e a IPR, a Rpc se enquadra em critérios econômicos, de maneira que a pobreza é um fator que aumenta a vulnerabilidade de uma comunidade e, por isto, aqui foi criada esta variável. A variável Rpc considerou a faixa 2 do programa Minha Casa Minha Vida – MCMV, com renda bruta mensal familiar de até R$ 4.400,00 como peso 1, duas vezes a renda da faixa 2 como peso 2, três vezes a renda da faixa 2 como peso 3, quatro vezes a renda da faixa 2 como peso 4 e cinco vezes a renda da faixa 2 como peso 5 – sendo que este cenário já está sendo observado na população que sofreu danos pelas chuvas de outubro de 2023 no Vale do Taquari, no Rio Grande do Sul, e por isto foi escolhido este valor de renda mensal. É importante frisar que, de acordo com Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos – Dieese, o salário-mínimo ideal para sustentar uma família de quatro pessoas é, atualmente, de R$ 6.528,93. Em uma situação de desastre a renda será determinante para a capacidade de recuperação de uma família, uma vez que possibilita o acesso a novas condições de moradia com mais rapidez, bem como alimentação adequada e atendimento de saúde mais rápido. Claramente, a realidade brasileira está muito distante deste salário-mínimo ideal, mas, se em uma situação considerada típica, este salário seria o ideal, para uma situação em que uma família pode perder tudo o que construiu ao longo de uma ou mais gerações, este salário, bem como a faixa 2 do programa Minha Casa Minha Vida, ainda é abaixo do esperado.

A saúde pública é deve ser considerada na gestão de desastres, com bastante destaque para a saúde mental, fato corroborado no trabalho de Gonçalves (2012). Assim, a variável AS estabelecida neste trabalho considerou para o peso 1 locais com pouca ou nenhuma cobertura médica especializada, como ocorre em muitas cidades interioranas do Brasil. Na tabela, UPA corresponde às Unidades de Pronto Atendimento, CS corresponde aos Centros de Saúde e PS corresponde aos Planos de Saúde particulares. As UPAs e CS oferecem atendimento imediato, porém, para casos mais graves, os pacientes sempre são direcionados para hospitais, onde recebem atendimento mais especializado, por isso os pesos foram atribuídos como 2 para UPAs e CS e 3 para hospitais do SUS. No que tange à agilidade de atendimento, os PS recebem peso maior, de 4 e 5, uma vez que o tempo é crucial a depender do estado de saúde de uma pessoa.

A questão da saúde mental, aqui, ganha destaque porque os PS permitem acesso com maior tranquilidade à saúde psiquiátrica, que é crucial para quem desenvolve algum tipo de transtorno após a ocorrência de algum desastre, sendo que aqueles que já possuíam algum tipo de transtorno têm as chances aumentadas em piorar tais estados de saúde. O grande problema neste contexto é que, muitas vezes, pelo próprio sistema social, econômico e político, o acesso à saúde especializada pode retroalimentar um dano à saúde, principalmente quando não há acompanhamento terapêutico: a prescrição de medicamentos ansiolíticos a médio prazo pode provocar dependência, e é muito difícil que alguém em situação de estresse pós-traumático

tenha plena consciência do abuso de substâncias, mesmo as prescritas, seja por meio do acesso à saúde pública ou particular.

Ainda, isto pode acarretar o uso de substâncias ilícitas e, novamente, promover outro tipo de problema de saúde. Para além do acesso à saúde, a situação de desastre em si mesma pode levar ao uso de substâncias químicas ilícitas por aqueles que não possuem mecanismos mentais para lidar com o trauma. Assim, ressalta-se que esta é uma das mais importantes, senão a mais importante, variáveis desta equação, uma vez que ela pode funcionar como estruturante para o funcionamento das outras variáveis. Porém, para a adequação dos pesos e dos valores obtidos no resultado da equação, foi optado, neste trabalho, por manter os pesos.

No que se refere à Ancestralidade, Hellpach (1967) esclarece que a quantidade de gerações a viver em um solo é fator que alimenta a permanência de novas gerações no mesmo local. Como discutido anteriormente neste capítulo, é provável que este fator seja validado mesmo após cenários de catástrofes até mesmo pela existência dos campos mórficos discutidos por Sheldrake (2011), que implicam na repetição do padrão. O conceito de lugar geográfico, discutido por Tuan (2013), aqui alcança sua maior importância, por isso, foi decidido estabelecer menores pesos para menos gerações a se estabelecerem em um local e o peso 5 para cinco ou mais gerações. Isto porque foi considerado o processo de colonização brasileira ao longo de cinco séculos e a criação de cidades para atribuir os pesos, já que o Brasil é um país relativamente novo do ponto de vista geopolítico, e cada geração teve uma média de 30 anos até alguns anos atrás.

A RC é uma força determinante para prosseguir diante de grandes abalos emocionais e para a superação de tais desafios. A solidariedade entre as pessoas é considerada como algo que certamente acontecerá, ou seja, é algo previsto em planos de gestão, principalmente por conta da existência de instituições de ajuda humanitária que aumentam o impacto emocional positivo e podem gerar um movimento em cadeia, uma vez que, muitas vezes, o ser humano é impelido a doar e a ajudar ao ver outras pessoas fazendo isto, de maneira que os vínculos se tornam mais fortes. Cabe destacar aqui que as instituições religiosas desempenham uma função relevante dentro de uma comunidade, uma vez que o ser humano não perdeu completamente a necessidade em se confortar com esclarecimentos que vão além da ciência – em verdade, as explicações sem base científica foram o começo das tentativas de encontrar uma causa para os fenômenos naturais e suas repercussões.

Mesmo que este trabalho atribua pesos a essa variável, esta é uma análise qualitativa. Desta maneira, um fator que pode reduzir o peso nestas variáveis é a quantidade de familiares, amigos e conhecidos mortos, que pode fazer com que a pessoa ou a família sinta a necessidade em se afastar daquela localidade, como foi percebido no incêndio ocorrido em Paradise, na Califórnia, em 2018. Aqui cabe ainda expor o fato, somente noticiado em veículos de informação locais, de que uma região tão pequena como Paradise, com uma comunidade tão unida, não se aproximou da metade da população reestabelecida na cidade após o desastre, seja por traumas ou por dificuldades em lidar com a burocracia para financiamento de novas casas.

Cidades muito pequenas, com pouca diversificação econômica vão possuir, naturalmente, maior dificuldade em se reerguer, principalmente quando a renda vem de algo que foi destruído ou morto, como comércios, plantações e gado. Apesar de ter sido um desastre ambiental, cabe relembrar o rompimento da Barragem de Fundão, que contaminou a Bacia do rio Doce e prejudicou a pesca local, que era fonte de subsistência. Isto alerta para a importância de uma matriz econômica diversificada, principalmente em cidades menores suscetíveis a eventos naturais e desastres, visto que uma suposta redistribuição da população não é viável.

A IFPR é uma variável estabelecida na equação considerando que este investimento vai ditar quão distante da marginalização as populações com menor poder aquisitivo ou Rpc estarão. A esta situação é devida atenção, uma vez que não somente a violência pode aumentar, mas, também, gerar um problema de saúde pública por conta do abuso de substâncias, como já foi mencionado. Este abuso pode ocorrer mesmo em parcelas

menos impactadas financeiramente, mas com maior impacto psicológico ou físico – TP e TF. A opção pela palavra "movimentação" como peso 4 para TP está relacionada a uma capacidade de gerar momentum e conquistar, dia a dia, pequenas vitórias, principalmente para quem sofreu com grandes Traumas Psicológicos, Traumas Físicos – como traumas motores, problemas de visão e audição, Doenças – como as causadas por água contaminada, perfuração da pele que pode gerar tétano, gripes, dentre outras – e Perdas Econômicas, que são inversamente proporcionais à capacidade de resiliência de uma comunidade, evidentemente pelo fato de que quanto maiores forem as perdas, menor será a capacidade de resiliência. Há que se considerar, também, que o tipo de reação observada em TP e grau de dependência em TF são muito relativos, devendo ser observados com cautela.

O cálculo dar-se-á da seguinte maneira: o melhor cenário concebe um peso 5 para as oito variáveis no numerador e um peso 1 para as quatro variáveis no denominador; enquanto o pior cenário concebe um peso 1 para as oito variáveis no numerador e um peso 5 para as quatro variáveis no denominador. Assim sendo, o cálculo do *Fator R* se dá:

R (melhor cenário) = $\frac{5^8}{1^4} = \frac{390.625}{1} = 390.625 = 39 * 10^4 = 4$

R (pior cenário) = $\frac{1^8}{5^4} = \frac{1}{625} = 0{,}0016 = 16 * 10^{-4} = -4$

Desta forma, é possível perceber que o resultado da equação considera potências de 10, que variam de -4 a 4 para os menores números inteiros possíveis para o cálculo, que são iguais a 16 e 39, para o pior e melhor cenários, respectivamente. Para as potências negativas, logicamente, a capacidade de resiliência é baixíssima, uma vez que os numeradores da equação abarcam os instrumentos pessoais e públicos para lidar com uma emergência, enquanto os denominadores da equação abarcam as consequências negativas do desastre. Em outras palavras, quando a potência de 10 for de, pelo menos, 1, uma comunidade apresenta algum *Grau de Resiliência*. De forma prática, gerou-se a Tabela **2**, abaixo:

Tabela 2 - *Grau de Resiliência* x *Fator R*.

		GRAU DE RESILIÊNCIA DA COMUNIDADE
FATOR R	-4	Nenhum
	-3	
	-2	
	-1	
	0	
	1	Baixo
	2	Médio
	3	Alto
	4	Resiliente

O objetivo desta tabela é demonstrar, visualmente, a forma esperada com a qual o cálculo do *Fator R* pode servir para análise do *Grau de Resiliência* de comunidades impactadas por desastres naturais, com vistas a oferecer mais um recurso para a gestão ambiental.

5 CONCLUSÃO

O objetivo inicial desta pesquisa foi analisar como o ser humano se relaciona com o meio físico diante dos desastres naturais sob uma perspectiva histórica com vistas a possibilitar uma reflexão sobre a gestão ambiental de emergências. A tese inicial do trabalho, centrada na relevância do estudo de como a relação histórica do ser humano com o meio físico ditou e dita sua reação diante dos desastres, foi confirmada quando a equação do *Fator R* foi elaborada; comunidades ao redor de todo o globo se relacionam com os fenômenos naturais de maneira muito distinta e tendem a reproduzir tal relação ao longo de gerações. O fato é que essa distinção tem algo a contribuir, uma vez que são observadas populações que se relacionam com fenômenos naturais de maneiras opostas, apresentando tanto alta quanto baixa resiliência (Opeenheimer, 2023), o que demonstra que não existe uma forma única e específica para abordar cenários de emergência, isto é, os aspectos culturais locais são determinantes para se lidar com emergências, situação que pode ser contemplada com o uso da equação apresentada. Ficou evidenciado, também, o potencial de uso desta equação para analisar desastres que vão além dos naturais, como os ambientais e guerras, por exemplo.

Em termos comparativos com os trabalhos desenvolvidos para cálculo de vulnerabilidade citados anteriormente, as variáveis discutidas no presente trabalho são adequadas para calcular tanto a resiliência quanto a vulnerabilidade de uma comunidade, apresentando algumas particularidades e diferenças na escolha destas variáveis. Ao final do trabalho coube uma reflexão sobre a reconsideração de determinadas variáveis da equação, como a idade por exemplo, e esta foi desconsiderada pelo fato de as variáveis trauma físico e trauma emocional abarcarem qualquer idade e serem completas no sentido de avaliar os impactos negativos na vida de uma pessoa.

Certamente, apesar de a tendência estabelecida ser de que os desastres continuem aumentando, o investimento na prevenção deve ocorrer. A vantagem do uso desta equação é a percepção de que determinadas áreas do planeta ainda precisam de mais recursos destinados especificamente às emergências de pós-desastre justamente pela capacidade de adaptação ao meio ser menor que a velocidade de ocorrência dos eventos naturais. Idealmente, os recursos destinados seriam apenas para a prevenção e manutenção, porém, o que se observa é que muitas perdas sociais ocorrem justamente por não haver maior investimento na resposta ao evento, da qual a sobrevivência de muitos ainda depende.

6 REFERÊNCIAS

CAPRA, F. *As conexões ocultas: Ciência para uma vida sustentável*. 3ª edição. São Paulo: Cultrix, 2003. 296 p.

_____*A teia da vida: Uma nova compreensão científica dos sistemas vivos*. 10ª reimpr. da 1ª edição de 1997. São Paulo: Cultrix, 2006. 256 p.

_____*O ponto de mutação*. 30ª edição. São Paulo: Cultrix, 2012. 432 p.

CEPED-UFSC. *Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991-2010*. Volume Brasil. Florianópolis, 2012.

CHRISTOFOLETTI, A. *Análise de sistemas em geografia*. São Paulo: Hucitec: Editora da Universidade de São Paulo, 1979.

_____*Modelagem de sistemas ambientais*. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CUNHA, L. *et al. Construção de modelos de avaliação de vulnerabilidade social a riscos naturais e tecnológicos: o desafio das escalas*. Pombalina Imprensa da Universidade de Coimbra, p. 627-637, 2001.

DARDEL, E. *O homem e a Terra*. São Paulo: Perspectiva, 2015. 159 p.

DONOVAN, A.; OPPENHEIMER, C. *Resilient science: the civic epistemology of disaster risk reduction*. Science and Public Policy, 43(3), p. 363-374, 2016.

FLANAGAN, B*. et al. A social vulnerability index for disaster management.* Journal of Homeland Security and Emergency Management, vol. 8, issue 1, article 3, 2011.

GONÇALVES, C. D. *Desastres naturais: algumas considerações: vulnerabilidade, risco e resiliência*. Revista da Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, Coimbra, Territorium 19, p. 5-14, 2012. Acesso em: novembro de 2023.

HELLPACH, W. *Geopsique*. 6ª edição. São Paulo: Edições Paulinas, 1967. 340 p.

KANT, I. *Crítica da razão prática*. São Paulo: Editora Lafonte, 2021. 190 p.

_____*Escritos sobre o terramoto de Lisboa*. Edições 70, 2022. 111 p. e-book Kindle ASIN: B07WZ6XD69.
MAYOR, Adrienne. *Geomythology*. In: SELLEY, Richard *et al.* (orgs.). Encyclopedia of Geology. Academic Press, 2004.

MARANDOLA JR., E.; HOGAN, D. *As dimensões da vulnerabilidade*. São Paulo em Perspectiva, v.20, n. 1, p. 33-43, jan./mar. 2006.

MORAN, E. *Adaptabilidade humana: Uma introdução à antropologia ecológica*. 2ª edição. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, Editora Senac São Paulo, 2010. 153 p.
NUNES, L. *Compreensões e ações frente aos padrões espaciais e temporais de riscos e desastres*. Comunicação apresentada ao V Encontro Nacional e I Congresso Internacional de Riscos. Coimbra, Territorium 16, p. 179-189.

NUNES, L.; CANDIDO, D. *Mitologia e Climatologia: Um estudo das divindades relacionadas à ocorrência de tempo severo*. Revista Brasileira de Climatologia, Campinas, ano 8, vol. 11, p. 42-55, jul./dez. 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/305698848_Mitologia_e_Climatologia_um_estudo_das_divindades_relacionadas_a_ocorrencia_de_tempo_severo. Acesso em: abril de 2023.

OLIVEIRA, P. M. C. de. *Mecânica estatística, caos e complexidade*. Ciência Hoje, v. 37, n. 219, p. 20-26, 2005.

OPPENHEIMER, C. Mountains of fire: the menace, meaning and magic of volcanoes. University of Chicago Press, 2023. 339 p. e-book Kindle ASIN B0BZZVWQW3.

SHELDRAKE, R. *The presence of the past: Morphic resonance and the habits of nature*. 2nd edition. Icon Books, 2011. 622 p. e-book Kindle ASIN: B00J7NAAC4.

TUAN, Y. *Topofilia: Um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente*. EDUEL, 2012. 298 p. e-book Kindle ASIN: B075SCN785.

_____*Landscapes of fear*. Pantheon, 2013. 262 p. e-book Kindle ASIN: B00ALBR6ZU.

UNITED NATIONS. *Universal Declaration Of Human Rights*. Disponível em: https://www.un.org/en/about-us/universal-declaration-of-human-rights. Acesso em: abril de 2023.

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A. *Abordagem sistêmica e geografia*. GEOGRAFIA, Rio Claro, v. 8, n. 3, p. 323-344, set./dez. 2003.

WULF, A. *A invenção da natureza*. Crítica, 2016. 893 p. e-book Kindle ASIN: B01JTAXZGC.

ARTIGO - 04 - GESTÃO DO RISCO, GOVERNANÇA E POLÍTICAS PÚBLICAS NA REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

MEDIÇÃO PADRONIZADA DA AVALIAÇÃO DOS RISCOS DE DESASTRES REGIONAIS: O ÍNDICE DE AVALIAÇÃO DO RISCO DE DESASTRES (IARD)

Leandro S. Camargo (leoscamargof5@gmail.com)

Marcelo Luciano Vieira (mlucianopuc@gmail.com)

Marco Antonio Basques Sobrinho (mbasques@gmail.com)

Rodrigo Werner Da Silva (werner.rodrigo@gmail.com)

Marcos Paulo Dias Da Silva (mpdsdez@gmail.com)

Sergio Ovidio Wermelinger Goulart (wgoulart@hotmail.com)

O artigo propõe a criação de um Índice de Avaliação do Risco de Desastres (IARD) em deslizamento, específico para o Estado do Rio de Janeiro (ERJ), com foco nas Regionais de Defesa Civil (REDEC). Esse índice é formado pela combinação ponderada, utilizando o método AHP como apoio à tomada de decisão, ancorado em indicadores que avaliam a susceptibilidade a deslizamentos (exposição física) em junção com as condições de vida da população (ICVida) extraídos de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em escala censitária; a capacidade instalada das agências de Defesa Civil municipais (IMGRiD), construído a partir da adaptação do relatório de diagnose fornecido pela Secretaria de Estado de Defesa Civil (SEDEC); e as condições financeiras Regionais, a partir dos relatórios financeiros dos municípios ao Tribunal de Contas do Estado – TCE (ICOFin), o qual resultou em três cenários distintos (M1, M2 e M3) do IARD. Os resultados permitam aos gestores regionais avaliarem o risco de desastre a partir da intercessão de elementos naturais e sociais, da capacidade de resposta e do comprometimento orçamentário e determinar qual modelo mais se adequa a sua realidade, o que conformou o IARD como uma relevante estratégia de apoio à tomada de decisão, tanto para a análise de riscos, como evidência científica, quanto para a gestão dos desastres como registros de ação institucional do Estado. Sem falar da contribuição para identificar áreas prioritárias, fornecendo informações significativas e sensíveis para sistemas de alerta precoce de riscos de desastres ou

mesmos para outras agências para identificação de áreas vulneráveis para priorização de investimentos públicos.

Palavras-chave: iard; ahp; desastres; defesa civil.

ARTIGO - 04 - GESTÃO DO RISCO, GOVERNANÇA E POLÍTICAS PÚBLICAS NA REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

ANÁLISE DE OCORRÊNCIAS DE DESASTRES COMO SUPORTE À COMPREENSÃO E GESTÃO DE RISCOS

Gustavo Bourdot Back (gustavobback@yahoo.com.br)

Vivian Da Silva Celestino Reginato (vivian.celestino@ufsc.br)

Por ser um dos maiores desafios à resiliência de comunidades, os desastres exigem a articulação de setores em torno de um ciclo de atuação que envolve tanto a gestão de riscos, quanto o gerenciamento das ocorrências. Para uma atuação contínua e integrada, há também a necessidade de meios que permitam a compreensão íntegra dos riscos e possíveis impactos de desastre. Neste sentido, este estudo aplicado, exploratório e de natureza quantitativa, apresenta o diagnóstico dos desastres ocorridos entre 1991 e 2022 no estado de Santa Catarina, de forma a apoiar a compreensão dos riscos e desastres, e fortalecer a gestão territorial em escala municipal e regional. Por meio do levantamento de dados oriundos dos registros de ocorrências dos órgãos de proteção e defesa civil municipais, destacam-se resultados como, por exemplo, o predomínio dos desastres hidrológicos em número de ocorrências, afetados diretos e danos materiais, principalmente entre as regiões Norte e Vale do Itajaí; o forte impacto à população dos desastres meteorológicos, como vendavais e ciclones; os significativos prejuízos econômicos causados pelas estiagens e secas nas regiões Oeste e Serrana, as quais concentram as atividades de agricultura no estado; e a concentração de ocorrências em municípios em que a urbanização se deu em torno de corpos hídricos. Por fim, o estudo demonstra que apesar de características em comum, o perfil de desastres no estado exige contínuos esforços para compreender os complexos fatores de influência social, econômica e climática, e traçar planos capazes de gerenciá-los para uma gestão de riscos e desastres mais eficaz.

Palavras-chave: gestão de riscos e desastres; proteção e defesa civil; gestão territorial; análise de dados.

REDE SOCIAL DE SUPORTE: ESTRATÉGIAS COM LÍDERES COMUNITÁRIOS NA GESTÃO INTEGRAL DE RISCOS E DESASTRES

SOCIAL SUPPORT NETWORK: STRATEGIES WITH COMMUNITY LEADERS IN THE INTEGRAL MANAGEMENT OF RISKS AND DISASTERS IN THE MUNICIPALITY OF PETRÓPOLIS – RJ

1º Ariel Denise Pontes Afonso[1], 2º Ricardo Lopes Correia[2]
1 Universidade Federal do Rio de Janeiro, arieldpa@hotmail.com
2 Universidade Federal do Rio de Janeiro, ricardo@medicina.ufrj.br

RESUMO
Petrópolis, no Rio de Janeiro, é frequentemente atingida por eventos extremos devido a altos índices pluviométricos e áreas de risco. Avaliar a percepção de risco social e individual é vital para uma gestão eficaz de desastres, integrada com redes de suporte locais. A pesquisa desenvolvida pelo programa EICOS da UFRJ visa promover sensibilização e participação comunitária. Este estudo qualitativo busca entender a experiência dos participantes, promovendo um diálogo entre gestores públicos e comunidades. Oficinas serão realizadas com líderes comunitários para coletar dados, analisados por roteiros semiestruturados. Espera-se fortalecer a comunicação e a construção de redes sociais de suporte, reconhecendo a participação comunitária na gestão de riscos.

Palavras-Chave: Psicossociologia. Percepção de Risco. Rede Social de Suporte. Líderes Comunitários. Desastres

ABSTRACT
Petrópolis, located in Rio de Janeiro, frequently faces extreme events due to high rainfall and risk areas. Evaluating social and individual risk perception is crucial for effective disaster management, integrated with local support networks. The research by UFRJ's EICOS program aims to promote community awareness and participation. This qualitative study seeks to understand participants' experiences, fostering dialogue between public managers and communities. Workshops will be conducted with community leaders to collect data, analyzed using semi-structured guides. It aims to strengthen communication and build support networks, recognizing community participation in risk management.

Keywords: Psychosociology. Risk Perception. Social Support Network. Community Leaders. Disasters

INTRODUÇÃO

Este projeto de pesquisa em nível de mestrado é desenvolvido no programa de pós-graduação EICOS - Psicossociologia de Comunidades e Ecologia Social da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), que tem se destacado na trajetória de desenvolvimento de agentes de transformação psicossocial e no protagonismo na esfera interdisciplinar. Inserida na linha de pesquisa I: Ecologia Social, Comunidades e Sustentabilidade. Tendo como um dos seus objetivos, envolver o debate crítico sobre interdisciplinaridade como via contemporânea para a produção de conhecimento, reconhecendo-se a crise civilizatória e a necessidade de construção de caminhos para o seu enfrentamento.

A percepção de risco desempenha um papel crucial em situações de desastres. Influencia a forma como as pessoas respondem aos perigos e determina se os perigos se transformam em desastres com efeitos devastadores nas comunidades. Compreender como as pessoas percebem o risco no contexto de eventos extremos é fundamental para melhorar as atividades de comunicação e preparação para o risco.

A definição exposta por Veyret (2007) preconiza que o indivíduo residente em áreas de risco tenha a percepção dos perigos e ameaças, ou seja, que ele esteja consciente, ou melhor, tenha o direito de ser informado que se encontra numa área de risco e, a partir disso, tenha atuação ativa do poder público, políticas públicas e os agentes dos desastres para buscar soluções para a mitigação do risco ou ainda encontrar um lugar seguro para construir uma nova moradia, sem que seja de responsabilidade individual ter os próprios recursos para melhorias.

Dessa forma, para os Planos de Redução de Risco, Planos de Contingência, Ações de Gestão de Riscos e Desastres, sejam eficazes é necessário que os moradores das áreas de risco tenham consciência da sua condição. Entretanto, é válido ressaltar, que essa consciência só será eficaz se o indivíduo ou a comunidade forem colocados como protagonistas de suas demandas e suas percepções escutadas.

Consta no Plano Municipal de Redução de Risco de Petrópolis (2017) que há uma relutância muito grande dos Poderes Públicos em conscientizar os moradores em áreas de risco, justificativas como a geração de pânico, possibilidade de ações judiciais requerendo solução imediata de moradia; ou a reação dos próprios moradores que temem a desvalorização de suas propriedades (risco econômico), o que, inclusive, é encarado pela população como uma espécie de condenação pois, o fato é que redução a "risco zero" não existe, o que é preciso é gerenciar a gestão de riscos e desastres. Porém, esta verdadeira mudança de paradigma no Gerenciamento de Risco nas comunidades, busca uma nova relação entre os Poderes Públicos e os indivíduos residentes nas áreas de risco.

A partir deste cenário de risco, ameaças e vulnerabilidades, é necessário construir estratégias de enfrentamento, as quais passam pelo desenvolvimento, ampliação ou reforço (a depender do contexto) da população, o que implica compreender os processos de constituição de sua vulnerabilidade (MARANDOLA JR, 2009; ALMEIDA, 2011).

Este vínculo entre riscos, estratégicas de enfrentamento (resiliência) e vulnerabilidade, no caso das relações população e ambiente, têm sido considerados centrais para a compreensão dos processos de mudanças ambientais, bem como para a implementação de ações práticas de construção de políticas ambientais, seja na defesa dos estudos de base local ou na abordagem focada na comunidade e de discussão das políticas globais de mudanças ambientais (MARGAI, 2010).

Reflete-se então que a percepção da população acerca dos problemas é fundamental para a compreensão dos riscos e da própria constituição da vulnerabilidade. A percepção do ambiente constitui fenômeno imprescindível nesta complexa gama de relações que permeiam os riscos ambientais e a vulnerabilidade.

As nuances da percepção de risco não podem ser compreendidas apenas como um índice ou dado, pois ela articula elementos psicossociais e ambientais. Sentir-se em risco envolve perceber uma ameaça, o que não é nem da esfera de uma subjetividade absoluta, nem de uma objetividade técnica: diz respeito tanto à interpretação de uma experiência vivida quanto aos mecanismos sociais de produção e comunicação dos riscos.

Desse modo, torna-se essencial a realização de trabalhos e pesquisas que busquem desenvolver a interdisciplinaridade entre o conhecimento acadêmico-científico e as experiências e vivências dos moradores que estão expostos a determinado risco. A percepção dos moradores aos riscos a que estão submetidos pode contribuir de maneira significativa na identificação e mapeamento das áreas com alto risco de deslizamentos e/ou inundações, pois esses fenômenos podem fazer parte do seu cotidiano e das suas experiências, vivências e memória.

Dagnino e Carpi Júnior (2007) ressaltam que a percepção de risco dos moradores permite observar as mudanças que ocorrem no ambiente, onde, muitas das vezes, o profissional técnico pode não perceber. Por isso, a percepção se insere como um importante instrumento para gerir os riscos ambientais

Em resumo, a percepção do risco é um fator crítico na gestão de desastres. Pode influenciar o comportamento das pessoas e os processos de tomada de decisão durante um desastre. Portanto, é essencial compreender como as pessoas percebem os riscos para melhorar a preparação e os esforços de resposta a desastres, sendo assim, os líderes comunitários locais desempenham um papel importante na definição de prioridades, fornecendo medidas de orientação e reunindo as partes interessadas. A sua visibilidade pode ser usada para liderar iniciativas que promovam a elaboração da percepção de risco e a importância da integração da mitigação de riscos para alcançar a segurança e a resiliência da comunidade. Outro aspecto, é que possuem a capacidade de comunicar com uma ampla base de constituintes e parceiros. Estas qualidades são inestimáveis para uma estratégia de enfrentamento eficaz de mitigação de riscos integrada.

Nesse sentido é que se dá a proposta deste estudo, para fins de desenvolvimento e discussão acerca das percepções de risco, tomadas de decisão e redes sociais de suporte mediantes as situações de riscos, ameaças, vulnerabilidades e capacidades de respostas, bem como de sua potencial contribuição para a sociedade por meio de estratégias de aperfeiçoamento e capacitação, a fim de alcançarem uma melhor resposta em situações futuras.

Reflete-se por um objetivo acadêmico: Identificar a percepção de lideranças comunitárias sobre riscos e desastres socioambientais a partir de suas experiências locais juntamente com o processo de ensino-aprendizagem em oficinas educativas sobre redes sociais de suporte. E objetivo comunitário: Promover ações para fomentar a sensibilização, conscientização e participação de lideranças comunitárias através das redes sociais de suporte e estratégias sobre percepção de risco.

METODOLOGIA

A metodologia se deu por objetivo reunir conhecimentos e ideias de representantes comunitários e de fora, produzindo uma série de recomendações mais abrangente e contextualmente apropriada será proposto um encontro para apresentação do projeto,

apresentação da metodologia e da oficina *"Minha rede de suporte no meu território"* pelo método do ECOMAPA - consistirá em ajudar os participantes, individual e coletivamente, a construírem um mapa egocentrado sobre suas percepções a respeito das estruturas das redes sociais de suporte no território. Para tanto, deverão identificar pessoas, lugares e atividades que fazem parte de seus cotidianos, e em seguida o tipo de vínculo que estabelecem com estas estruturas.

O Ecomapa, que identifica as relações e ligações de seus membros com o meio e a comunidade que habitam, podendo dessa forma, analisar seus padrões de organização, os recursos e as necessidades (NASCIMENTO, 2014). Foi criado em 1975, pela Professora Dra. Ann Hartman, assistente social da Universidade de Michigan, para abordagem tanto do indivíduo como da família, de maneira a tentar identificar sua rede de apoio social e familiar (NASCIMENTO, 2014).

Agostinho (2007) define o ecomapa como um importante recurso gráfico na descrição da dinâmica familiar em relação a seu meio, sendo possível na sua construção um maior aprofundamento sobre o comportamento familiar em suas esferas sociais, a natureza e qualidade dessas relações, a identificação das estruturas geradoras de estresse e quais as favoráveis à sua saúde e participação social, onde estão seus recursos no enfrentamento dos momentos de transformação e crise, além de favorecer a percepção por parte das equipes de apoio e cuidado sobre o progresso e os resultados obtidos através do processo de ajuda técnica e comunitária.

A utilização desse instrumento possibilita uma visão mais ampla sobre a estrutura e a dinâmica individual e local, de maneira a guiar intervenções e condutas, baseadas nos desequilíbrios identificados. As ligações colocadas na representação podem ser positivas ou negativas, nutridoras ou prejudiciais, seguras ou atormentadas por conflitos e stress, ou ser descritas como próximas ou distantes, fortes ou fracas, unilaterais ou mútuas. Sendo assim, um dispositivo narrativo que através das histórias e memórias imagináveis, são transportadas para uma representação gráfica é um processo reflexivo, podendo ter uma visão clara dos limites e fronteiras da relação individual, social, familiar e territorial. (NASCIMENTO, 2014).

A identificação será feita através de um mapeamento dos líderes "auto identificados" e residentes nas comunidades para compreender a importância da liderança em nível local e as suas funções dentro do sistema. A pesquisa contou também com a realização de duas entrevistas semi-estruturadas com gestores públicos que atuam no âmbito de desastres, com o intuito de investigar as estratégias adotadas pelos gestores públicos de Petrópolis na gestão integral de riscos e desastres, visando compreender suas percepções, práticas e desafios enfrentados na área.

RESULTADOS

Com o desenvolvimento do estudo espera-se compreender a existência de um diálogo e aproximação entre os gestores públicos e a comunidade a fim de buscar sensibilizar e protagonizar as percepções de riscos e tomadas de decisões em seu território. Além de identificar o quão as redes sociais de suportes podem ser construídas diante do encontro coletivo, relacional, sustentadas pelas atividades humanas comuns, e não isoladas, sendo reconhecidas socialmente pelo estado de ser participativo diante de uma Gestão Integral de Riscos e Desastres Socioambientais.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, M. Ecomapa. Revista portuguesa de medicina geral e familiar, v. 23, n. 3, p. 327-330, maio. 2007

ALMEIDA, L. Q. DE. Por uma ciência dos riscos e vulnerabilidades na geografia. Mercator, fortaleza, v. 10, n. 23, p. 83 a 99, nov. 2011.

DAGNINO, R. S. CARPI JUNIOR, S. Risco ambiental: conceitos e aplicações. Climep-climatologia e estudos da paisagem, v. 2, n. 2, 2007.

MARANDOLA JR., e. (org.). População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais. 1ed.campinas: nepo/unfpa, p. 29-52. 2009

NASCIMENTO, L. C. et al. Genograma e ecomapa: contribuições da enfermagem brasileira. Texto contexto enferm, florianópolis, 23(1), p. 211-20, 2014.

MARGAI, F. Environmental health hazards and social justice: geographica pespectives on race and class disparities. London: earthscan, 2010.

PMRR, PLANO MUNICIPAL DE REDUÇÃO DE RISCOS – 6a etapa reflexão e proposição de estratégias de intervenções não estruturais para a redução. Petrópolis, rj. Prefeitura municipal de petrópolis, 2017

VEYRET, Y. Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São paulo: contexto, 2007.

ANÁLISE DE RISCO DE ESCORREGAMENTO COM USO DE SIG

RISK ANALYSIS OF SLIDING USING GIS

1º Luis Carlos Dias de Oliveira[1], 2º Renan Dias Alves [2] e 3º André de Souza Avelar [3]

1 Eng. Civil D.sc. Theopratique, theopratique18@gmail.com;

2 Eng. Civil Theopratique, renandalves@gmail.com;

3 Prof. Associado IV, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, andreavelarl@eigeo.ufrj.br

RESUMO

O presente artigo apresenta um estudo de caso efetuado com base na aplicação de Modelo de Análise Quantitativa de Risco em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (GIS) através da integração temática, através de um algoritmo de Estatística Bayesiana, de Mapas de Estado Natural e Padrões Construtivos, expressando a vulnerabilidade das construções, empregado na elaboração dos Mapas de Perigo e Risco dos Planos Municipais de Redução de Risco no Município de Petrópolis/RJ, desde a sua primeira versão publicada em 2007. A área estudada compreende a localidade do Morro da Oficina onde em 15 de fevereiro de 2022 ocorreu um grande escorregamento planar que atingiu cerca de 50 moradias resultando em 93 vítimas fatais, sendo este o maior desastre registrado no município. O estudo revelou a grande acurácia e confiabilidade do modelo desenvolvido para o rastreio de áreas com suscetibilidade de movimentos de massa e, consequentemente, definição das Áreas de Risco.
Palavras-Chave: Perigo, Risco, SIG, Teoria Bayesiana.

ABSTRACT

This paper presents a case study based on the application of a Quantitative Risk Analysis Model within a Geographic Information System (GIS) environment. The study integrates thematic data through a Bayesian Statistics algorithm, combining Natural State Maps and Construction Pattern Maps to express building vulnerability. This approach has been employed in the development of Hazard and Risk Maps for the Municipal Risk Reduction Plans in the Municipality of Petrópolis, RJ, since their first version was published in 2007. The study area includes the locality of Morro da Oficina, where, on February 15, 2022, a large planar landslide occurred, affecting approximately 50 residences and resulting in 93 fatalities, the worst disaster ever recorded in the municipality. The study demonstrated the high accuracy and reliability of the developed model for identifying areas susceptible to mass movements and, consequently, defining Risk Areas.
Keywords: Hazard, Risk, GIG, Bayesian Statistics

1 TABELAS E FIGURAS

Tabela 1 - Precipitação de chuvas em Petrópolis no dia 15/02/22;
Tabela 2 - Probabilidade inicial anual de acidentes com vítimas fatais para as regiões do 1º Distrito do Município de Petrópolis;
Tabela 3 – Descrições verbais de probabilidades adaptadas;
Tabela 4 – Valores de probabilidade deduzida atribuídos para o Mapa de Declividade;
Tabela 5 – Faixa de probabilidade utilizadas no fatiamento do Mapa de Risco;
Tabela 6 – Faixa de probabilidade utilizadas no fatiamento do Mapa de Perigo;
Figura 1 – Frequência anual de ocorrências de acidentes com vitimas fatais;
Figura 2 – Exemplo de aplicação da teoria Bayesiana na elaboração do Mapa de Suscetibilidade; Figura 3 – Representação da imagem temática e matriz numérica;
Figura. 4 – Análise comparativa da área definida no inventário e a mancha resultante no Mapa de Perigo e no Mapa Quantitativo de Risco

2 INTRODUÇÃO

Os eventos de chuva extremos ocorridos no verão de 2022, nos dias 15 de fevereiro e 20 de março do corrente ano, após uma primavera de 2021 muito chuvosa, acabou por deflagrar mais de 200 movimentos de massa (escorregamentos, corridas de massa, destacamento de blocos, solapamento de margem de rios), além de enchentes, inundações ao longo dos principais rios do Cidade. Os movimentos de massa se concentraram no 1º Distrito de Petrópolis, porém, as enchentes e inundações estenderam-se até o 2º Distrito de Petrópolis, com o solapamento de vários trechos das margens do rio Piabanha, principal rio do município.

Tabela 1 – Precipitação de chuvas em Petrópolis no dia 15/02/22.

	PLUVIÔMETRO	INÍCIO		FIM		DURAÇÃO (horas)	CHUVA TOTAL (mm)
CEMADEN RJ	24 de Maio	15/02/2022	15:30	15/02/2022	17:45	02:15	10,00
	Dr. Thouzet	15/02/2022	15:30	15/02/2022	18:00	02:30	163,00
	Independência - Taquara	15/02/2022	15:15	15/02/2022	17:45	02:30	83,50
	João Xavier	15/02/2022	16:15	15/02/2022	19:00	02:45	114,80
	Quitandinha - Duques	15/02/2022	15:45	15/02/2022	18:15	02:30	84,60
	São Sebastião	15/02/2022	15:15	15/02/2022	19:30	04:15	112,60
	Vila Felipe	15/02/2022	15:15	15/02/2022	18:30	03:15	196,00
CEMADEN BR	Bingen	15/02/2022	16:00	15/02/2022	18:50	02:50	141,40
	Dr. Thouzet - GEO	15/02/2022	15:50	15/02/2022	18:50	03:00	220,20
	Independência 2	15/02/2022	15:20	15/02/2022	19:20	04:00	151,58
	Quitandinha - GEO	15/02/2022	15:50	15/02/2022	19:10	03:20	142,80
	Rua Amazonas / Quitandinha	15/02/2022	15:50	15/02/2022	19:10	03:20	111,00
	Rua Araruama / Quitandinha	15/02/2022	16:00	15/02/2022	18:40	02:40	133,10
	São Sebastião GEO	15/02/2022	15:30	15/02/2022	18:50	03:20	260,00

Fonte: SDCAV – Secretaria de Proteção e Defesa Civil da Prefeitura de Petrópolis 2022.

A região do 1º Distrito de Petrópolis mais atingida foi o Alto da Serra onde ocorreu um escorregamento planar de proporções catastróficas no “Morro da Oficina”, a montante da rua Teresa, que destruiu cerca de 50 moradias ceifando a vida de 93 petropolitanos. O total de vítimas fatais em toda a cidade foi de 242 e ainda 2 desaparecidos, superando o número de mortos nas tragédias de 1988 (172 mortes) e 2011 (71 mortes em Petrópolis de um total de 918 em toda a Região Serrana). O total de desalojados chegou a 7.548 e desabrigados 2.700, segundo contagem da então Secretaria de Proteção e Defesa Civil do Município de Petrópolis.

Desde 2007 o Município de Petrópolis conta com um Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR) para o 1º Distrito, em 2017 o PMRR foi ampliado para os demais distritos do Município e revisado o PMRR para o 1º Distrito de Petrópolis, onde está concentrada 62,81% da população do Município (IBGE,2024).

A elaboração do PMRR de Petrópolis, desde a sua primeira versão, empregou um Sistema de Informações Geográficas (SIG) para a geração dos Mapas de Perigo, Mapas de Risco e Mapas de Gerenciamento de Risco. Este artigo apresenta descreve o modelo para Análise Quantitativa de Risco com a aplicação de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) utilizando um algoritmo da Teoria Bayesiana na integração de Mapas de Estado Natural (Geológico-Geotécnico, Drenagem Natural, Vegetação, Declividade e Curvatura) para o rastreamento das áreas em encostas mais suscetíveis à escorregamentos, traçando assim, o Mapa de Perigo. Este, por sua vez, é associado a um Mapa de Padrões

Construtivos que expressa a Vulnerabilidade das Construções para, assim, gerar o Mapa de Risco.

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da Análise Quantitativa de Risco, o 1º Distrito de Petrópolis foi dividido em 17 regiões, para cada região foi estimada a probabilidade anual da ocorrência de vítimas fatais a partir de acidentes envolvendo movimentos de massa, apresentada na tabela 2. A determinação desta probabilidade, denominada probabilidade inicial, só foi possível a partir da organização de um Inventário de Acidentes e Situações de Risco, originalmente elaborado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT, 1990) e recentemente complementado pela Prefeitura de Petrópolis (PMRR, 2024) com dados coletados nos jornais da Cidade, compreendendo um período de 82 anos, entre 1943 e 2024.

Tabela 2 - Probabilidade inicial anual de acidentes com vítimas fatais para as regiões do 1º Distrito do Município de Petrópolis.

N	REGIÃO	FREQUÊNCIA ABSOLUTA DE VÍTIMAS FATAIS	FREQUÊNCIA RELATIVA DE VÍTIMAS FATAIS	PROBABILIDADE ANUAL
1	Alto da Serra	232	0,310	3,78E-03
2	Morin	20	0,027	3,26E-04
3	Bingen	75	0,100	1,22E-03
4	Caxambu	22	0,029	3,59E-04
5	Centro	129	0,172	2,10E-03
6	Estrada da Saudade	10	0,013	1,63E-04
7	Quitandinha	58	0,078	9,46E-04
8	Floresta	40	0,053	6,52E-04
9	Independência	50	0,067	8,15E-04
10	Mosela	19	0,025	1,93E-04
11	Quateirão Brasileiro	4	0,005	6,52E-05
12	Retiro	8	0,011	1,30E-04
13	Siméria	2	0,003	3,26E-05
14	São Sebastião	38	0,051	6,20E-04
15	Fazenda Inglesa	7	0,009	1,14E-04
16	Valparaíso	13	0,017	2,12E-04
17	Castelânea	21	0,028	3,42E-04
	SUBTOTAL	748	1,000	

Fonte: PMRR Petrópolis, 2024

O ponto de partida da metodologia adotada que emprega uma Análise Quantitativa de Risco é a expressão:

$$\boldsymbol{P[risco] = R = P[perigo].V.E.K} \quad (1)$$

, onde:

P[risco] = R = risco unitário, probabilidade anual de 1 (um) indivíduo morador de uma área de risco se tornar vítima fatal caso ocorra um acidente;

P[perigo] = probabilidade anual, atualizada com base em evidências, de ocorrência de acidentes com vítimas fatais;

E = população em risco, para o cálculo do risco unitário, adota-se E=1, ou seja, considera-se 1 (um) indivíduo;

K = coeficiente de ajuste do modelo, estabelecido em função de ocorrências reais, escorregamentos ocorridos em episódios de desastres.

A probabilidade anual de ocorrência de vitimas fatais, atualizada com base em evidências, é obtida pela integração temática dos Mapas de Estado Natural utilizando a expressão 2 a obtida a partir do Teorema de Bayes:

$$\textbf{P[perigo]} = P(H \setminus E_i, I) = \frac{P(E_i \setminus H,I).P(H \setminus I)}{P(E_i \setminus I)} \quad (2)$$

, onde:

H é a hipótese, ocorrência de escorregamento (movimento de massa);

$\mathbf{P[perigo]} = P(H \setminus E_i, I)$ é chamada à probabilidade posterior, ou seja, a probabilidade de ocorrência de escorregamento num dado período de tempo considerados à influência das evidências $\mathbf{E_i}$, no contexto **I**, equivale a probabilidade anual de ocorrência de acidentes com vítimas fatais para uma dada Região;

P[perigo]$_{inicial}$ = $P(H \setminus I)$ é a probabilidade inicial de ocorrência de escorregamento num dado período obtida com base no Inventário de Acidentes e Situações de Risco;

P(Ei\I) é probabilidade condicional da evidência E_i influenciar a ocorrência do escorregamento, sendo verdadeira a probabilidade inicial.

Para a integração temática entre os Mapas de Estado Natural, a probabilidade inicial de acidentes com vítimas para cada região (Inventário de Acidentes e Situações de Risco) será atualizada com informações adicionais (Geologia-Geotecnia, Drenagem Natural, Vegetação, Declividade e Curvatura) para construção do Mapa de Suscetibilidade ou Perigo.

O Teorema de Bayes é usado na inferência estatística para atualizar estimativas da probabilidade de que diferentes hipóteses sejam verdadeiras, baseadas nas observações e no conhecimento de como essas observações se relacionam com as hipóteses.

Bayes sugeriu que probabilidades deduzidas por julgamento, realizadas a partir de meros “pressentimentos”, poderiam ser combinadas com probabilidades obtidas por frequências relativas por meio de um teorema (RAIFFA, 1968, citado em GALVEZ, 1995).

De acordo com STULZ & CHEESEMAN (1994), o Teorema de Bayes enuncia uma regra para atualizar a convicção de uma Hipótese “H” (ou seja, a probabilidade inicial de uma hipótese “H”, no caso, ocorrência de escorregamentos) dada uma evidência adicional Ei, e a informação antecedente (contexto) I, ou seja, este teorema propõe que as probabilidades podem ser revistas quando se obtém mais informações sobre os eventos.

3.1 Mapas de Estado Natural

Mapas de Estado Natural é a representação de informações sob uma perspectiva geográfica, transformando o Espaço-Território em elemento de análise espacial de dados. Os Mapas Temáticos reúnem as informações pertinentes a um ou mais componentes dos meios físico, biótico e antrópico por meio da variação espacial dos atributos.

A produção destes mapas através da tecnologia de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) possibilita avanço na área por vincular dados geográficos a dados alfanuméricos que são atributos normalmente representados sob a forma de tabelas, ou mesmo dados geográficos.

Os mapas temáticos propostos neste trabalho são aqueles que registram as variabilidades dos atributos que influenciam na

Análise de Risco a escorregamentos e suas possíveis relações com os meios bióticos e antrópicos, que constituem os elementos vulneráveis ao evento perigoso, sendo, pois, aqueles que registram as variabilidades espaciais dos aspectos físicos que contribuem para a ocorrência de escorregamentos.

Vários são os métodos para elaboração dos mapas referentes aos componentes do meio físico. São informações originárias de trabalhos anteriores, de pesquisas já realizadas e fotos aéreas. A maior dificuldade do modelo é justamente a disponibilidade de dados para aplicação do método, pois estes dados deverão estar reunidos para formar um banco de dados georreferenciado.

O Mapa Topográfico é o documento básico e fundamental que deve estar disponível como fonte de dados. Porém, quando utilizados como mapa-base devem apresentar as características necessárias para garantir a compatibilidade do mapeamento com a escala selecionada para a apresentação dos resultados. Neste estudo a base topográfica foi obtida de modelos de restituição a partir de um levantamento aerofotogramétrico contratado pela Prefeitura de Petrópolis (PMP, 1995). A partir deste é gerado o Modelo Digital do Terreno e, a partir deste são gerados os Mapas de Declividade e Mapas de Curvatura. Além destes, foram previstos foram elaborados Mapas Geológico-Geotécnico através de trabalho de campo realizado por equipes de geólogos, já os Mapas de Drenagem Natural e Vegetação foram obtidos através de fotointerpretação de ortofotos.

3.2 Integração temática em SIG

O sistema de geoprocessamento utilizado em 2007 o SPRING 4.3.3, desenvolvido pelo INPE1. O SPRING está baseado em um modelo de dados orientado a objetos que combina as ideias de “campos” e “objetos geográficos”. Deste modo, deriva-se tanto a interface dirigida por menus, quanto à linguagem LEGAL (Linguagem Espaço-Geográfico baseada em Álgebra). A partir de 2017 passou a ser utilizada a plataforma mais amigável Quantu-GIS.

Cada mapa caracteriza-se por um tema distinto que se refere a um componente do meio físico. Cada tema é constituído de classes (atributos) que são associadas a uma probabilidade deduzida que corresponde ao julgamento por especialistas dos agentes predisponentes. Em face da ausência de dados estatísticos da relação entre os agentes predisponentes e a ocorrência de escorregamentos, são adotadas probabilidades, deduzidas por especialistas, que expressam a confiança em que cada atributo contribua mais ou menos à suscetibilidade de ocorrência de escorregamentos.

Os agentes predisponentes correspondem ao conjunto de condições geológicas, geométricas e ambientais em que os escorregamentos irão ter lugar. O modelo apresentado não inclui os agentes efetivos que são os responsáveis pelo desencadeamento dos escorregamentos (pluviosidade, ero- são, variação de temperatura, etc.) e ainda, os agentes efetivos imediatos (chuvas intensas) devido a escassez de dados.

Para quantificação dos atributos em cada classe temática é adotada a probabilidade por julgamento, que é uma forma de capturar formalmente opiniões de especialistas em números e, então combinar estas opiniões em modelos. A incerteza capturada desta forma certamente tem um valor numérico que depende do domínio pessoal do especialista da incerteza e na sua experiência.

A experiência corrente sugere que, no mínimo nos estágios iniciais da dedução por especialistas, as pessoas acreditem que as descrições verbais sejam mais intuitivas do que os números. Assim, tais descrições são inseridas como componentes dentro das árvores de eventos ou falhas. Então, transformações aproximadas entre descrições verbais e aproximações por quantificação de probabilidades por julgamento podem ser fixadas para eventos componentes.

A tabela 3 apresenta uma lista de descrições verbais com os valores respectivos adaptados dos trabalhos de Lichtenstein e Newman (1967) e Vick (1997). Estes valores foram atribuídos em cada classe temática, e expressam a confiança, por julgamento de cada situação contribuir para ocorrência do escorregamento.

Tabela 3 – Descrições verbais de probabilidades adaptadas

Descrição Verbal	Probabilidade Deduzida
Virtualmente impossível	0,01
Muito improvável ("very unlikely")	0,1
Completamente incerto	0,4
Incerto ("uncertain")	0,5
Provável ("likely")	0,7
Muito provável ("very likely")	0,9
Virtualmente certo	0,99

Fonte: Varanda, 2006.

[1]Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

4 MAPAS DE PERIGO E RISCO

Para a geração dos Mapas de Perigo e Risco é utilizado o método de integração de Mapas de Estado Natural, onde as classes definidas em cada mapa recebem um valor quantitativo (probabilidade deduzida) que representa o grau de significância dos fatores predisponentes conforme os valores definidos na Tabela 4 exemplificado para o Mapa de Declividade na tabela 4.

Tabela 4 – Valores de probabilidade deduzida atribuídos para o Mapa de Declividade.

Declividade	Tipologia de Movimento	Probabilidade Deduzida
Abaixo de 10º	Encosta estável	0,01
Entre 10º a 30º,	Rastejos e escorregamentos	0,1
Entre 30º e 45º	Escorregamentos / Corrida de massa	0,5
Entre 45 e 60º	Escorregamentos / Corrida de massa	0,9
Acima de 60º	Queda de fragmentos de rocha	0,7

Após a integração dos mapas em SIG tem-se os Mapas Quantitativos, ou seja, mapas com representações numéricas conforme mostrado na Figura 3.

Para uma representação qualitativa dos mapas é necessário a classificação em faixas (intervalo quantitativo) que são definidas através de critérios específicos e representam o nível de aceitabilidade de perigo e risco.

Na construção dos mapas adotaram-se faixas de perigo e risco: muito alto, alto, médio e baixo.

4.1 Critérios para definição de faixas de Perigo e Risco

Segundo Fell e Hartford (1997), existe um nível de aceitabilidade e tolerância de riscos a escorregamentos em todas as regiões que apresentam potencial perigo (ameaça) para ocorrência deste tipo de fenômeno. Vários estudos têm sido realizados com o intuito de se estabelecer um nível de risco, realmente considerado tolerável para possibilitar o desenvolvimento de processos de gerenciamento de risco.

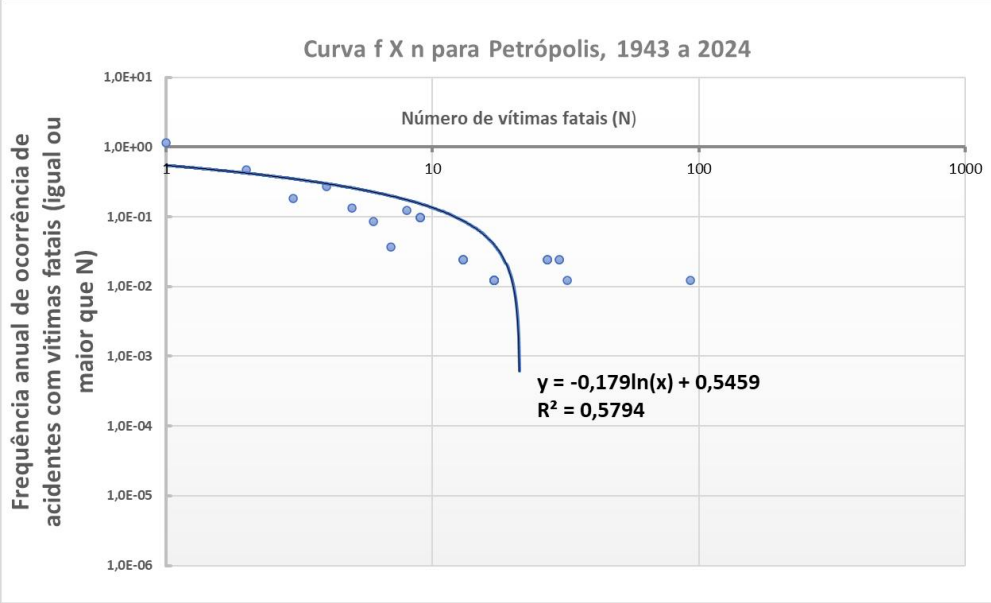
A curva f x N pode ser considerada como critério para definição dos limites quantitativos de risco. Este método considera a frequência anual de acidente (f) por

número de vítimas fatais (N) para uma determinada região. Então, admite-se como critério os limites quantitativos de risco da curva f x N.

A Figura 1 mostra um exemplo desta curva, sugerida para o Município de Petrópolis, a partir dos dados do inventário de frequência de acidentes por bairro(f), com vítimas fatais (N), entre os anos de 1943 a 2024 (PMRR, 2024).

O gráfico da Figura 1 foi construído a partir dos dados do inventário de frequência de acidentes com vítimas fatais. Com base no critério de risco máximo aceitável para um indivíduo (N=1), geralmente fixado em 10^{-3} (Fell, 1994), acrescentou-se ao gráfico (f xN), uma linha paralela, passando pelo eixo da ordenada 10^{-3}, onde estabeleceu-se um limite de risco aceitável (limite inferior), um limite de risco intolerável (limite superior) e uma faixa ALARP.

Figura 1 – Frequência anual de ocorrências de acidentes com vitimas fatais.



Fonte: PMRR, 2024

Numa situação de risco o incremento risco deve ser reduzido tanto quanto for razoavelmente possível, ou seja, deve-se aplicar o seguinte princípio: o risco deve ser “tão baixo quanto for razoavelmente possível” (que vem da expressão em inglês “As Low As Reasoanably Practicable”, cuja sigla é ALARP”).

Portanto, de acordo com os faixas de risco estabelecidos na Tabela 5 foram definidas as faixas quantitativas necessárias para o fatiamento do Mapa de Risco, conforme resumidas no Tabela 5.

Tabela 5 – Faixa de probabilidade utilizadas no fatiamento do Mapa de Risco

Faixas de Risco Anual		
Qualitativo	Descrição	Quantitativo
BAIXO (R1)	SEM RISCO	$R<10^{-6}$
MÉDIO (R2)	RISCO ACEITÁVEL	$10^{-6}< R\leq 10^{-4}$
ALTO (R3)	REGIÃO ALARP	$10^{-4}< R\leq 10^{-3}$
MUITO ALTO (R4)	RISCO INTOLERÁVEL	$R>10^{-3}$

Fonte: PMRR, 2024

Tabela 6 – Faixa de probabilidade utilizadas no fatiamento do Mapa de Perigo

Faixas de Suscetibilidade (Perigo)	
Qualitativo	Quantitativo
BAIXO	$p<10^{-5}$
MÉDIO	$10^{-5}\leq p <10^{-3}$
ALTO	$10^{-3}\leq p <10^{-2}$
MUITO ALTO	$p \geq 10^{-2}$

Fonte: PMRR, 2024

4.2 Mapa de Quantitativo de Perigo

O Mapa de Perigo ou de suscetibilidade de ocorrência de escorregamentos foi elaborado através da integração dos Mapas de Estado Natural com a aplicação da Teoria Bayesiana. O perigo é quantificado através da combinação de evidências no espaço físico que contribuem para a elevação ou redução da probabilidade de ocorrência de escorregamentos, caracterizando uma situação de risco.

Para atualização da probabilidade inicial aplica-se um algoritmo utilizando a expressão 3, derivada da expressão 2, onde se adota para cada ponto, representado por um “pixel” a probabilidade sugerida para cada classe.

Considerando as evidências a partir dos Mapas de Estado Natural, têm-se:

$$[\boldsymbol{perigo}] = \boldsymbol{P(H \setminus E_1, E_2, E_3, E_4, E_5)} \quad (3)$$

$$\boldsymbol{P(H \setminus E_1) = \frac{P(H \cap E_1)}{P(E_1)}}$$

$$\boldsymbol{P(H \setminus E_1) = \frac{P(H).P(E_1 \setminus H)}{P(H).P(E_1 \setminus H) + P(H').P(E_1 \setminus H')}}$$

E1 → Geologia-Geotecnia

E2 → Vegetação

E3 → Declividade

E4 → Drenagem Natural

E5 → Curvatura

$$\mathbf{P}[\boldsymbol{perigo}] = \boldsymbol{P(H \setminus E_1, E_2, E_3, E_4, E_5)}$$

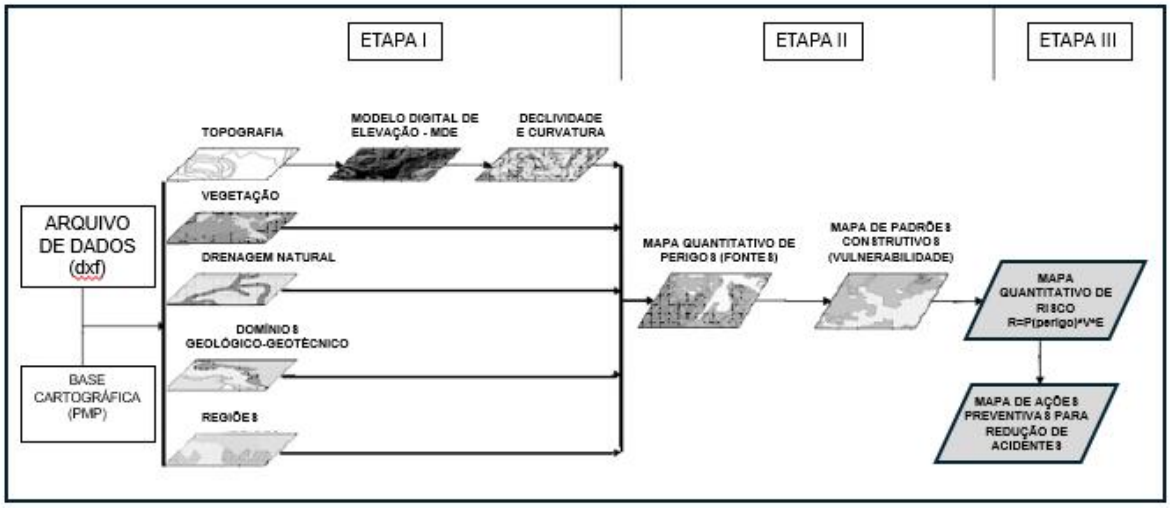
$$\mathbf{P[perigo]} = \boldsymbol{P(H).\frac{P(E_1, E_2, E_3, E_4, E_5 \setminus H)}{P(E_1, E_2, E_3, E_4, E_5)}} \quad (4)$$

Como simplificação do Teorema de Bayes, estabeleceu-se hipóteses condicionais independentes, assim, chegamos na expressão 5 :

$$\boldsymbol{P(perigo) = P(H).\frac{[P(E_1 \setminus H).P(E_2 \setminus H).P(E_3 \setminus H).P(E_4 \setminus H).P(E_5) \setminus H)]}{\{[P(H).P(E_1 \setminus H).P(E_2 \setminus H).P(E_3 \setminus H).P(E_4 \setminus H).P(E_5 \setminus H)] + [P(H').P(E_1 \setminus H').P(E_2 \setminus H').P(E_3 \setminus H'}}$$

Os campos são transformados pontualmente de modo que o efeito resultante sobre cada ponto é independente dos valores de pontos vizinhos. A Figura 2 mostra um exemplo da integração temá- tica, com aplicação da Teoria de Bayes.

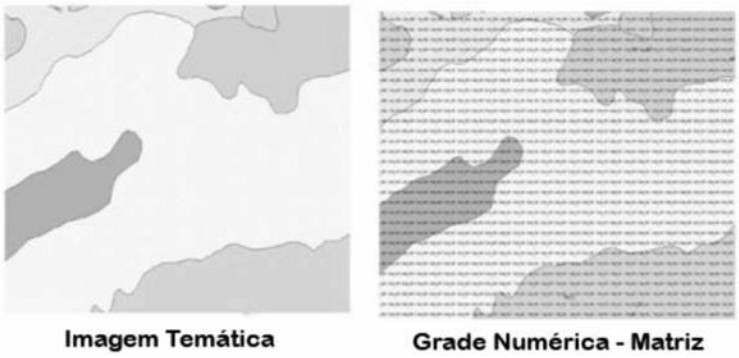
Figura. 2 – Exemplo de aplicação da teoria Bayesiana na elaboração do Mapa de Suscetibilidade



Fonte: PMRR, 2024

A partir daí obtém-se um mapa com o Modelo Numérico, onde os dados passam a ser quantitativos. Os pixels assumem valores numéricos e podem ser compostos por representações matriciais (grades retangulares), como exemplifica a Figura 3. A probabilidade atualizada será interpretada como o potencial de ocorrerem escorregamentos naquela área.

Figura 3 – Representação da imagem temática e matriz numérica



Fonte: Varanda, 2006

A partir do mapa de modelo numérico, aplicam-se as faixas quantitativas definidas no Quadro 4 para a geração qualitativa do Mapa de Suscetibilidade.

4.3 Mapa de Quantitativo de Risco

O Mapa Quantitativo de Risco é elaborado a partir do Mapa Quantitativo de Perigo integrado com Mapas de Padrões Construtivos que denota a Vulnerabilidade das Construções expressa através de uma probabilidade deduzida, conforme descrito na tabela 5 com informações referentes ao meio urbano, ou seja, as características das ações antrópicas no meio físico. Neste caso foi utilizado o Mapa de Padrões Construtivos.

O Mapa Quantitativo de Risco, de forma similar ao Mapa Quantitativo de Perigo é qualificado através do critério dos limites de risco utilizados no fatiamento mostrado no Quadro 3.

As situações de risco e suas consequências potenciais são documentadas no Mapas de Risco, apresentado na Figura 4. Neste sentido, a situação de risco de uma área em particular, da superfície de uma encosta, dependerá do uso que se fizer do solo e das condições em que se encontra.

De acordo com o Ministério das Cidades (2006), o mapeamento de risco pode ser realizado em dois níveis de detalhes distintos: o zoneamento (ou setorização) de risco e o cadastramento de risco. No zoneamento de risco são delimitados setores ou áreas nos quais, em geral, encontram-se instaladas várias moradias. Desta forma, admite-se que todas as moradias do setor se encontram em um mesmo grau de risco, como exemplo risco alto. Entretanto, em meio às moradias deste setor pode haver algumas edificações que não apresentam situação de risco tão elevada. Assim pode-se considerar que, no zoneamento de risco, há uma generalização.

Portanto, o Mapa de Risco elaborado é um mapa de setorização, ou seja, há uma generalização de áreas de risco o que significa que possam existir casos em que a classificação do mapa não corresponde à situação de um terreno em particular. Nestes casos será necessário um cadastramento posterior das áreas de risco com objetivo de verificar a condição de risco do local, que é a fase do gerenciamento de risco.

5 ESTUDO DE CASOS DE ANÁLISE QUANTITATIVA DE RISCO

Esta metodologia foi aplicada na elaboração do Plano Municipal de Redução de Riscos do 1º Distrito do Município de Petrópolis, em uma área aproximada de 132 km2.

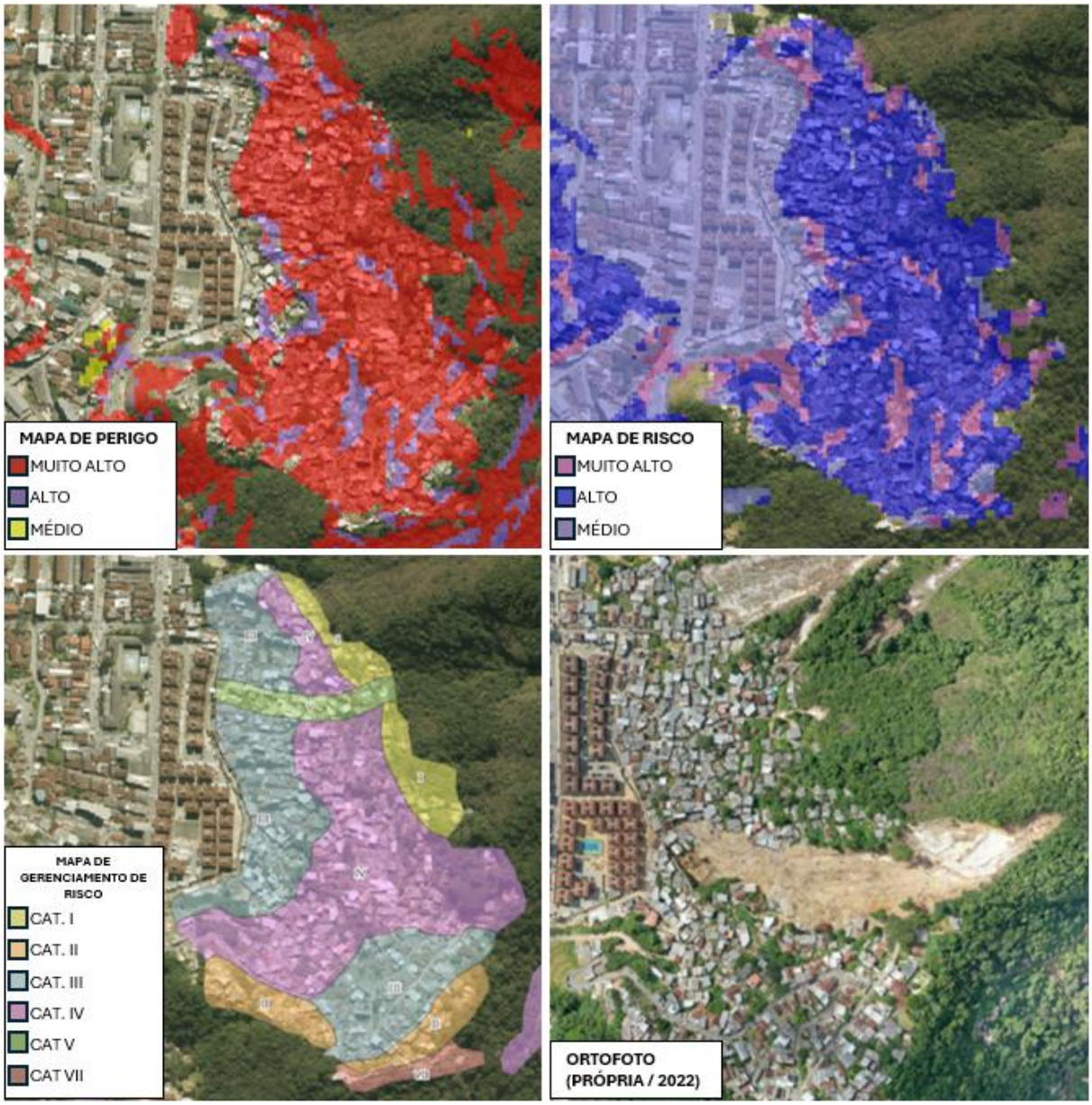
A partir dos resultados obtidos, 115 áreas apresentaram faixas de risco alto e muito alto no Mapa de Risco. As áreas identificadas neste modelo metodológico foram comparadas com as áreas de risco identificadas no Inventário de Acidentes e Situações de Risco (PMRR, 2024) sendo confirmadas as mesmas condições de risco.

Neste trabalho apresenta-se como estudo de caso a encosta do “Morro da Oficina” localizada a montante do BNH do bairro Alto da Serra onde outrora funcionou a estação e as oficinas da antiga E.F. Grão-Pará inaugurada em 1883 e que funcionou como E.F.

Leopoldina até 1964. Nesta encosta, onde, conforme relatado na introdução deste trabalho ocorreu em 2022 um grande escorregamento planar.

A Figura 4 apresenta a imagem da área em estudo, adquirida do inventário e as respectivas imagens com a representação do Mapa de Perigo e Risco, onde o valor quantitativo predominante do modelo numérico será utilizado na Análise Quantitativa de Risco.

Figura. 4 – Análise comparativa da área definida no inventário e a mancha resultante no Mapa de Perigo e no Mapa Quantitativo de Risco



Fonte: PMRR, 2024

A partir imagens do Mapa de Perigo apontam suscetibilidade Muito Alta e Alta de deslizamentos exatamente na área de fonte do grande escorregamento planar que ocorreu em 15 de fevereiro de 2022. Esta constatação só foi possivel pela acurácia da elaboração dos Mapas de Estado Natural, em destaque ao Mapa Geologico-Geotécnico.

O Mapa de Risco, resultante da associação do Mapa de Perigo com o Mapa de Padrões Construtivos, que caracteriza a Vulnerabilidade das Construções, resultou em faixas de Risco Alto (R3) e Muito Alto (R4) dos assentamentos precários ocupando as porções média e alta da encosta. Além disso, a grande densidade de moradias, com uma média de 3,5 moradores por habitação, puxou para cima a hierarquia do “Morro da Oficina” qualificando-a como a área com Risco mais elevado em Petrópolis.

6 CONCLUSÕES

A área do “Morro da Oficina” no bairro Alto da Serra em Petrópolis desde o PMRR de 2007 já era caracterizada como Área de Risco Muito Alto com base nos Mapas Quantitativos de Perigo e Risco obtidos a partir da metodologia descrita neste trabalho.

A metodologia desenvolvida para o rastreamento de áreas suscetíveis a movimentos de massa e, consequentemente, áreas de risco mostrou grande acurácia e confiabilidade a partir do estudo de casos apresentado e em outros estudos realizados a partir do mapeamento de cicatrizes de acidentes resultantes do evento catastrófico ocorrido em 2022.

O emprego da dedução de probabilidades por especialistas, em substituição às correlações entre características do meio físico e dos escorregamentos com aplicação do Teorema de Bayes, revelou-se como boa alternativa para elaboração do Mapa Quantitativo de Risco frente a escassez de dados geotécnicos.

A densificação de pontos geológicos, através de estudos geológicos-geotécnicos mais detalhados, além da organização de informações dispersas em vários estudos realizados por órgãos distintos, sem contar o trabalho dioturno dos técnicos da Secretaria de Proteção e Defesa Civil da Prefeitura de Petrópolis, produzindo mapas geológico-geotécnicos em escala de detalhe demonstram ser o melhor caminho para o rastreamento de áreas fonte de escorregamentos perigosas no Município de Petrópolis.

Por fim, a definição de Áreas suscetíveis a escorregamentos, Áreas de Risco e demais documentos integrantes do Plano Municipal de Redução de Risco constiutem ferramenta valiosa no Gerenciamento de Risco de esscorregamentos e, portanto, o modelo de dados desenvolvido neste trabalho poderá subsidiar o Poder Público num melhor planejamento do uso do solo.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Prefeitura Municipal de Petrópolis, em especial a Secretaria de Proteção e Defesa Civil pelo constante apoio, bem como a empresa THEOPRATIQUE que cedeu todas as informações para a elaboração deste trabalho.

8 REFERÊNCIAS

FELL, R.; Hartford, D. (1997). *Landslide Risk Management.* Proceedings of the International Workshop on the Landslide Risk Assessment, Honolulu, Hawaii, USA, 19-21, February, pp. 51-109

FELL, R. (1994). *Landslide risk assessment and acceptable risk.* Canadian Geotechnical Journal, Vol. 31,
pp. 261-272.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Spring. (2006). Básico. www.dpi.inpe.br/spring/portugues/, set.

LICHTENSTEIN, S.; Newman, J. R. (1967). *Empirical scaling of common verbal phrases associated with numerical probabilities.* Psychonometric Science, 9(10): 563-564.

MINISTÉRIO DAS CIDADES (2024). *Capacitação em Mapeamento e Gerenciamento de Risco.* Brasília, DF, Brasil, Cities Alliance.

MINISTÉRIO DAS CIDADES (2024). *Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas-Guia para Elaboração de Políticas Municipais.* Brasília, DF, Brasil, Cities Alliance.

OLIVEIRA, L. C. D. (2004). *Análise Quantitativa de Risco de Movimentos de Massa com Emprego de Estatística Bayesiana.* Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 516 p.

STUTZ, J.; Cheeseman, P. A. (1994). *Short Exposition on Bayesian Interference and Probability.* National Aeronautic and Space Administration Ames Research Centre: Computational Science Division, Data Learning Group, www.periodicos.capes.gov.br.

VARANDA, E. (2006). *Mapeamento Quantitativo de Risco de Escorregamentos para o 1º Distrito de Petrópolis/RJ utilizando Sistema de Informações Geográfica.* Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 153 pp.

Vick, S. (1997). *Dam Safety Risk Assessment: New Directions.* "Water Power and Dam Construction", June

Plano Municipal de Redução de Riscos de Movimentos de Massa. 1º Distrito de Petrópolis –RJ, 2024. Secretaria de Habitação de Petrópolis.

ARTIGO - 04 - GESTÃO DO RISCO, GOVERNANÇA E POLÍTICAS PÚBLICAS NA REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

DESAFIOS DA SEGURANÇA PÚBLICA EM UM CONTEXTO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS: RISCOS E SOLUÇÕES

Vitor Mariani De Souza Azevedo (azevedosouza0@gmail.com)

Este estudo investiga os impactos das mudanças climáticas na segurança pública, analisando como eventos climáticos extremos, como enchentes, secas prolongadas, furacões e deslizamentos, afetam a capacidade de resposta das forças de segurança e a estabilidade social. O problema de pesquisa examina os desafios operacionais enfrentados pelas instituições de segurança pública diante de desastres ambientais e como a falta de infraestrutura adequada, planejamento estratégico e integração interinstitucional comprometem a eficiência das ações emergenciais. O objetivo geral é identificar os principais riscos associados às mudanças climáticas e propor estratégias para aprimorar a mitigação e a resposta a esses eventos no âmbito da segurança pública. A pesquisa utiliza uma abordagem qualitativa e exploratória, baseada em revisão bibliográfica de estudos nacionais e internacionais sobre segurança pública, gestão de desastres e adaptação a eventos climáticos extremos.

Os resultados indicam que a intensificação dos desastres naturais gera sobrecarga nos serviços de segurança pública, demandando maior mobilização de recursos e planejamento estratégico. Além disso, observou-se que a criminalidade tende a aumentar em contextos de crise ambiental, com registros de saques, conflitos sociais e deslocamentos populacionais desordenados, agravando a vulnerabilidade das comunidades afetadas. A pesquisa também revela que países com protocolos de resposta bem estruturados, investimentos em tecnologia e infraestrutura resiliente apresentam maior capacidade de enfrentar desastres climáticos e reduzir seus impactos sobre a população. No Brasil, as falhas na coordenação entre diferentes

órgãos de segurança, a escassez de equipamentos especializados e a morosidade na implementação de políticas públicas eficazes dificultam uma resposta rápida e eficiente.

Diante desses desafios, o estudo ressalta a importância de estratégias como o fortalecimento dos sistemas de alerta precoce, o treinamento especializado de agentes de segurança, o uso de inteligência artificial para previsão de desastres e a ampliação da integração entre Defesa Civil, Polícia Militar e Corpo de Bombeiros. Experiências internacionais demonstram que a combinação de planejamento estratégico, tecnologia avançada e engajamento comunitário pode minimizar significativamente os danos provocados por eventos climáticos extremos. Conclui-se que a segurança pública deve adotar uma abordagem multidimensional, combinando ações preventivas, melhorias na infraestrutura e protocolos operacionais mais eficientes para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas. A implementação de políticas públicas eficazes, a cooperação interinstitucional e o investimento em inovação são fundamentais para garantir maior resiliência institucional e a proteção da população diante dos impactos crescentes das mudanças climáticas.

Palavras-chave: segurança pública; mudanças climáticas; eventos climáticos extremos; gestão de desastres; resiliência institucional.

ANÁLISE DE DESLIZAMENTOS E ENCHENTES NO ESTADO DO PERNAMBUCO, A PARTIR DO DISASTER CHARTER

ANALYSIS OF LANDSLIDES AND FLOODS IN THE STATE OF PERNAMBUCO BASED ON THE DISASTER CHARTER

1º Lucas Medeiros[1], 2º Melquisedec Moreira[2] e 3º Kátia Arraes[3]

1 Bolsista PIBIC-INPE/Coordenação Espacial do Nordeste

lucas.medeiros.016@ufrn.edu.br

2 Pesquisador do INPE/ Coordenação Espacial do Nordeste
melquisedec.moreira@inpe.br

3 Tecnologista do INPE/ Coordenação Espacial do Nordeste

kátia.arraes@inpe.br

RESUMO

Deslizamentos de terra e enchentes ocorrem no estado de Pernambuco, nesse sentido, verificou-se a necessidade de compilar os dados existentes com o objetivo de sugerir melhores técnicas para o planejamento urbano de Recife e sua região metropolitana, a partir do mapa de pontos, foi observada que a área de transição entre a cidade de Recife e de Jaboatão dos Guararapes, é a mais suscetível a desastres naturais. Os dados utilizados foram adquiridos no site *International Charter Space and Major Disasters,* que é uma colaboração internacional entre agências espaciais e organizações relacionadas.

Palavras-Chave: Pernambuco. Técnicas. Planejamento Urbano. *Disaster Charter*. Agências espaciais.

ABSTRACT

Landslides and floods occur in the state of Pernambuco. In this context, the need to compile existing data was identified to suggest better techniques for urban planning in Recife and its metropolitan region. Based on the point map, it was observed that the transition area between the cities of Recife and Jaboatão dos Guararapes is the most susceptible to natural disasters. The data used was obtained from the *International Charter Space and Major Disasters* website, an international collaboration between space agencies and related organizations.

Keywords: Pernambuco, Techniques, Urban Planning, Disaster Charter, Space Agencies.

1 INTRODUÇÃO

Dentre todos os processos de movimento de massa, os mais comuns no Brasil são os deslizamentos, quedas de barreira ou desbarrancamentos, movimentos de blocos rochosos ou quedas, rastejos e as corridas.

Movimentos de massa podem ser definidos como movimentos de descida de material de composição diversa (solo, rocha e/ou vegetação) pelas encostas devido à ação da gravidade. Esses processos naturais podem ocorrer em qualquer área que apresente declividade causada pela atuação do intemperismo e da erosão, tendo como um dos principais agentes deflagradores a água da chuva.

O conceito de risco é definido como “uma situação de perigo, perda ou dano, ao homem, as suas propriedades e ao meio ambiente, em razão da possibilidade de sua ocorrência induzida ou não” (Gusmão Filho, 2006). As áreas de risco são resultado da ocupação de áreas suscetíveis a fenômenos ou processos naturais, tais como movimentos de massas, oferecendo perigo para a população e sujeitando-a a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais.

Para Faria (2011), a avaliação e a análise de risco constituem etapa fundamental para a adoção de políticas e medidas adequadas para a redução dos efeitos dos escorregamentos. O uso desordenado do solo tem provocado à intensificação e até mesmo o aparecimento de movimentos de massa em encostas. A adoção de medidas apropriadas é extremamente necessária para assegurar e controlar a ocupação racional destas áreas pelo homem.

Na última década o Brasil enfrentou uma série de desastres naturais, principalmente os eventos supracitados (inundações e movimentos de terra), são exemplos desses eventos: as grandes inundações que atingiram os estados de Alagoas e Pernambuco em 2010, os deslizamentos e inundações ocorridos em Santa Catarina em 2008, 2011 e 2014, as fortes chuvas que atingiram o Rio de Janeiro no verão de 2011 provocando o deslizamento de terra em Angra dos Reis e a grande chuva com consequente movimento de terra em Natal em 2014, no bairro de Mãe Luiza e na comunidade de Jacó.

A partir desses eventos, o Governo Federal apresentou a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), instituída pela Lei Federal 12.608/2012 (BRASIL, 2012) contemplando entre seus princípios fundamentais, as ações de mapeamento e prevenção, bem como sua integração às demais políticas setoriais, como as de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano e meio ambiente, entre outras, tendo em vista a promoção do desenvolvimento sustentável no País (Bitar, 2014).

1.1 DISASTER CHARTER

A ativação da Carta é exclusiva para as instituições membros e ocorre apenas em casos de grandes desastres naturais. No Brasil, a responsabilidade de ativar a Carta recai sobre o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), particularmente em situações de fenômenos naturais extremos, como os que frequentemente ocorrem no estado do Rio Grande do Sul. Após a ativação, as imagens de satélite obtidas pelo INPE são compartilhadas com órgãos nacionais, como o Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM) e o

Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD), que utilizam esses dados para monitorar as áreas afetadas.

As imagens fornecidas gratuitamente e com alta resolução são essenciais para a logística da Defesa Civil, permitindo uma resposta mais eficiente aos desastres. Com elas, é possível identificar as áreas mais afetadas e priorizar o suporte de emergência nas regiões que demandam maior atenção. Além disso, a Carta ativa facilita o gerenciamento de riscos, melhorando as ações de mitigação e recuperação.

Por ser uma iniciativa de colaboração global, a *Charter* conta com a contribuição de vários países que compartilham informações adquiridas por seus satélites. Entre as instituições participantes estão organizações renomadas, como o *United States Geological Survey (USGS)* e a *European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites (EUMETSAT)*, que enriquecem o banco de dados e ampliam a capacidade de resposta a emergências em escala internacional.

2 OBJETIVO

O principal objetivo deste trabalho é analisar os pontos críticos de Pernambuco, quantificando os casos ocorridos e produzir futuras cartas de setorização de risco geológico, para que assim, possa ocorrer um ordenamento na ocupação do solo desta região. Uma vez que o crescimento desordenado da população e a falta de fiscalizações acarretam em ocupações ilegais e inapropriadas para a vida humana.

3 METODOLOGIA

Como mostrado anteriormente, o site *International Charter Space and Major Disasters* foi a fonte de informação para este trabalho, no qual resultou em uma compilação de informações.

No dia 07/01/2025 se iniciou a coleta de dados, no qual foi possível identificar/localizar 19 cartas, por outro lado, algumas não foram encontradas, pois não tinham pontos de referências suficientes e/ou estavam colocados com características diferentes do *Google Earth*.

O geoprocessamento foi iniciado a partir do *Google Earth*, identificando as coordenadas de cada carta e criando um arquivo *"KML"* com os pontos de cada carta localizada, ao finalizar este arquivo, houve a necessidade de exportar para outro *Software*, o *ArcGIS Pro* que foi utilizado para produzir o mapa com a localização de cada evento geológico.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com a Disaster Charter (2025), a ativação 758 foi realizada para auxiliar nas consequências do deslizamento de terra no estado de Pernambuco. A sua ativação ocorreu por meio do Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD), no dia 30/05/2022, por volta das 22:08 da noite.

As cartas ativadas no estado de Pernambuco, trata-se da capital do estado e a sua região metropolitana, no qual ocorreram deslizamentos e enchentes. A partir destes desastres ocorridos, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD), Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) e o Centro Nacional de Estudos Espaciais (CNES) colaboraram para formar as cartas do dia 30/05/2022.

Portanto, a figura 1 localiza os pontos de deslizamentos, no qual está dividido em 2 áreas de estudos. A primeira área de estudo corresponde ao minimapa (A), a partir dos pontos observados no Recife (P5 e P10), Camaragibe (P8.1, P8.2, P9.1 e P9.2), Jaboatão dos Guararapes (P4) e Olinda (P12). Já a segunda área, está interpretada no minimapa (B) com pontos de deslizamentos, enchentes e a setorização de risco geológico. Os deslizamentos de terra ocorreram na cidade de Recife (P11, P13, P14, P16 e P17) e na cidade de Jaboatão dos Guararapes (P1, P2, P3, P6, P7 e P17). Para os pontos verdes, estão relacionados com a localização de enchentes na cidade de Jaboatão dos Guararapes (P1 e P2). Já a carta de setorização de risco geológico, é o P1 rosa na capital do estado de Pernambuco, Recife.

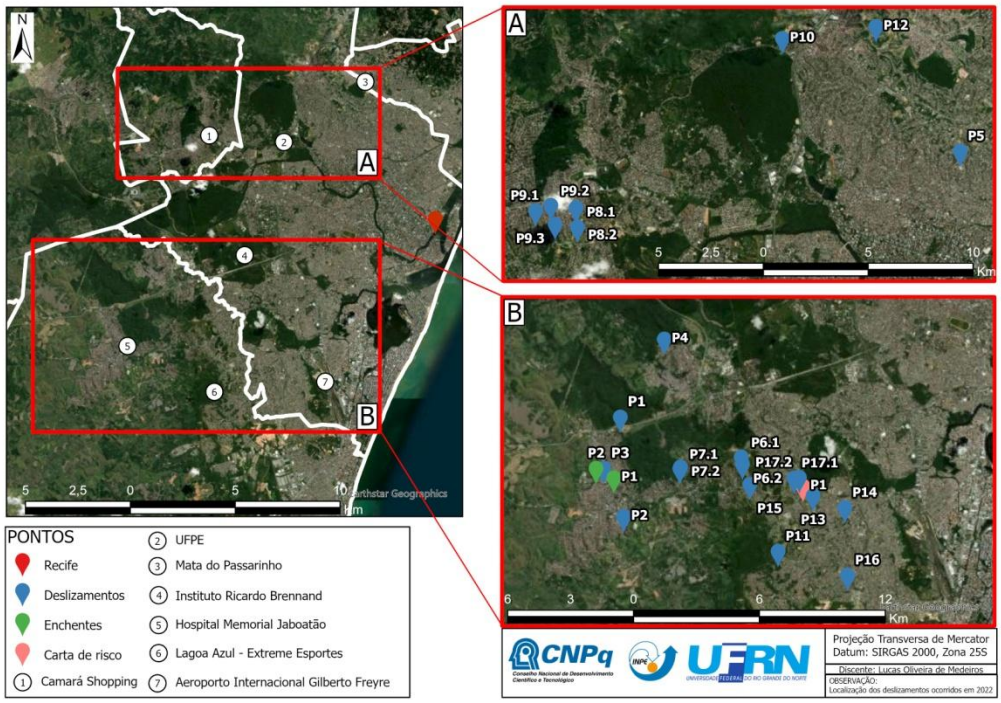


Figura 1: Os pontos de desastres em Pernambuco.

4.1 DESLIZAMENTOS

O outono e o inverno correspondem aos meses de abril a agosto, no qual possuem o maior volume de chuvas na capital de Pernambuco e na região metropolitana. As chuvas

somadas ao crescimento desordenado da população vulnerável acarretam nos deslizamentos de terra nessa região, uma vez que ocorre a ocupação irregular de encostas.

As ocupações irregulares e as suas construções sem as devidas técnicas são as principais causadoras de deslizamento, removendo parte do talude e gerando instabilidades. A falta de saneamento básico, também influencia no desastre, já que o seu descarte e o acúmulo de lixo próximo a encosta, fazem a encosta perder a sua estabilidade. A figura **1** apresentada neste item exibe os pontos das cartas produzidas, destacados em azul para representar os locais de deslizamentos, que serão exibidos nos tópicos seguintes.

4.1.1 RECIFE

Para a capital do estado, temos a figura 2 (a) apresentando um deslizamento que ocorreu na Rua Vencedora, no Bairro Alto Santa Terezinha, já (b) está com um foco de deslizamento próximo a estrada dos macacos, no Bairro Dois Irmãos. Na figura 3 (a) são observadas as cicatrizes próximas a Rua Trompeta, no Bairro Cavaleiro, enquanto a (b) apresenta a mesma estrutura na Rua Pico da Bandeira, Bairro Cohab. A figura 4 (a) exibe um deslizamento na Rua Mariano Carneiro da Cunha no Bairro Cohab, por outro lado, a (b) tem um foco de deslizamentos, no qual ocorreu o maior deslizamento em relação aos outros que próximos a Travessa Laurinha e por fim, a figura 5 apresenta dois deslizamentos de terra próximo a Rua México, no Bairro Cavaleiro.

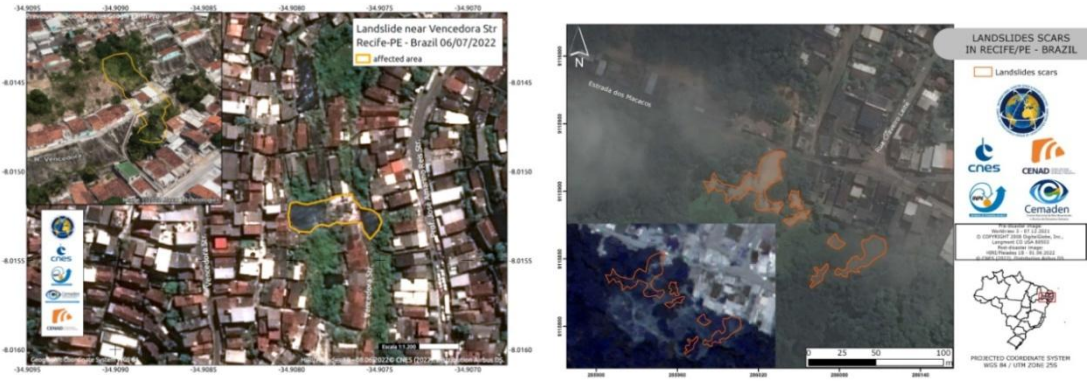


Figura 2 (a): Deslizamento de terra em Recife (P5). (b): Deslizamento de terra em Recife (P10).

Figura 3 (a): Deslizamento de terra em Recife (P11). (b): Deslizamento de terra em Recife (P13).

Figura 4 (a): Deslizamento de terra em Recife (P14). (b): Deslizamento de terra em Recife (P16).

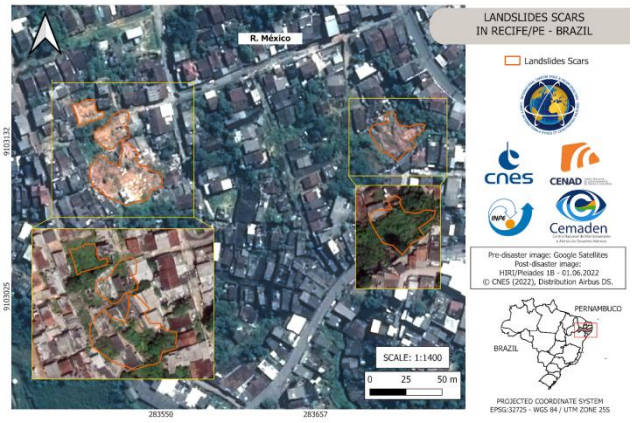


Figura 5: Deslizamento de terra em Recife (P17).

4.1.2 JABOATÃO DOS GUARARAPES

A figura 6a exibe um deslizamento de terra na Rua Paraná, enquanto a figura 6b exibe uma cicatriz entre a Rua Padre Romã e a Rua da Castanhola, no Bairro Jaboatão. A figura 7 (a) apresenta um deslizamento na Rua Gravatá, próximo ao Rio Jaboatão no Bairro Vista Alegre, a (b) teve deslizamentos na Rua Tim Maia. A figura 8 (a) possui dois deslizamentos, o primeiro deslizamento localizado na Rua Alto do Sol e segundo na Travessa do sol, a (b) possui duas cicatriz geradas entre a Rua canaã e a Rua Paulista.

Figura 6 (a): Deslizamento de terra em Jaboatão dos Guararapes (P1). (b): Deslizamento de terra em Jaboatão dos Guararapes (P2).

Figura 7 (a): Deslizamento de terra em Jaboatão dos Guararapes (P3). (b): Deslizamento de terra em Jaboatão dos Guararapes (P4).

Figura 8 (a): Deslizamento de terra em Jaboatão dos Guararapes (P6). (b): Deslizamento de terra em Jaboatão dos Guararapes (P7).

4.1.3 CAMARAGIBE

Em Camaragibe também ocorreu movimento de massa, no bairro do Centro, no qual a figura 9 (a) mostra uma cicatriz próxima a Rua Sete Setembro e outra cicatriz próxima a Avenida Pernambuco com a Rua Toledo de Melo, já a (b) apresenta três deslizamentos, um na Rua Treze de Maio com Rua Daise de Araújo, o segundo está próximo a interseção entre a Rua Bela Vista e a Rua Antônio Camilo e por fim, o terceiro está na Rua Ar. Dores, próximo a Rua Amaro Albino Pimentel.

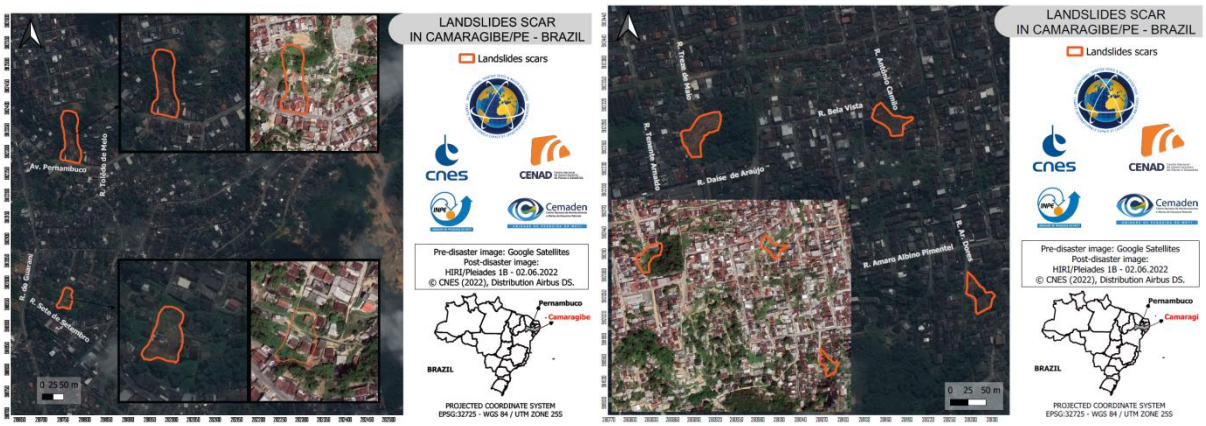


Figura 9 (a): Deslizamento de terra em Camaragibe (P8.1 e 8.2). (b): Deslizamento de terra em Camaragibe (P9.1 e 9.2).

4.1.4 OLINDA

Para a cidade de Olinda, foi possível encontrar uma carta de deslizamento localizada na Avenida Chagas Ferreira, Bairro Passarinho (Figura 10).

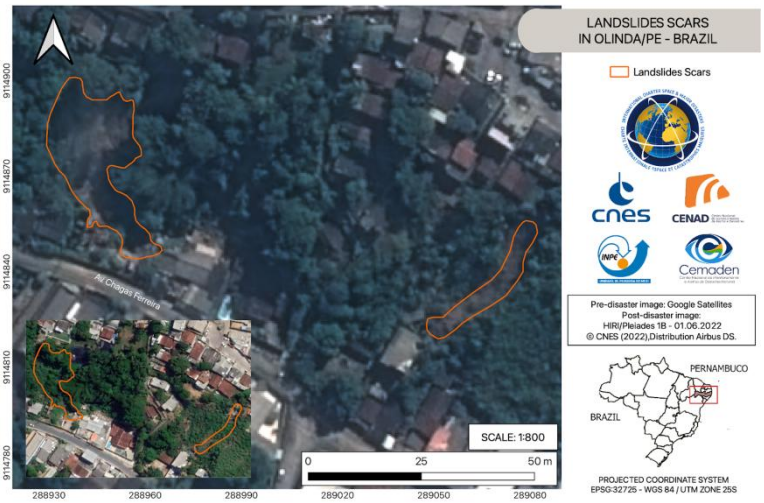


Figura 10: Deslizamento de terra em Olinda (P12).

4.2 ENCHENTES

As enchentes que ocorrem em Jaboatão dos Guararapes são recorrentes e ocasionadas pelos mesmos motivos dos deslizamentos. No qual podemos apontar as chuvas intensas, urbanização desordenada, drenagem ineficiente e assoreamento dos rios. Esses fatores listados são os principais agentes para ocorrerem as enchentes, que por sua vez, gera consequências negativas para a população que está vulnerável ao risco geológico. A Rua Nobre Lacerda (Figura 11 (a)) e a Rua Gravatá (b) mostram que as casas construídas na planície de inundação, são as principais residências afetadas pela água da enchente.

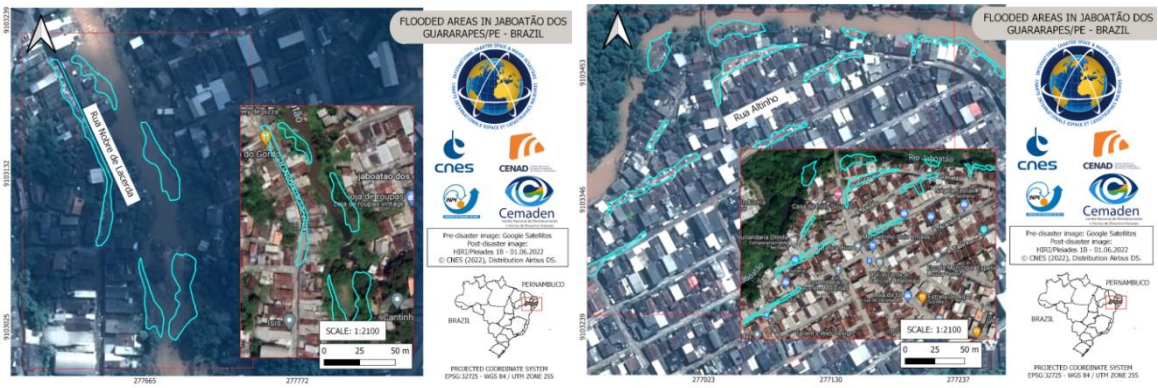


Figura 11 (a): Enchente em Jaboatão dos Guararapes (P1). (b): Enchente em Jaboatão dos Guararapes (P2).

4.3 SETORIZAÇÃO DE RISCO GEOLÓGICO

A carta de setorização de risco geológico é uma ferramenta técnica utilizada para identificar, mapear e classificar áreas suscetíveis a desastres naturais. A carta é

fundamental para o gerenciamento de riscos e o planejamento territorial. A elaboração da carta envolve etapas como levantamentos de campo, análise de imagens aéreas ou de satélite, e estudos detalhados das condições geológicas e hidrológicas da área de interesse.

No caso do Pernambuco, essas cartas são fundamentais para orientar políticas públicas de habitação e ordenamento do solo, reduzindo a ocupação irregular em terrenos instáveis. A Avenida Chapada do Araripe possui todo esse contexto para a cidade de Recife-PE (Figura 12).

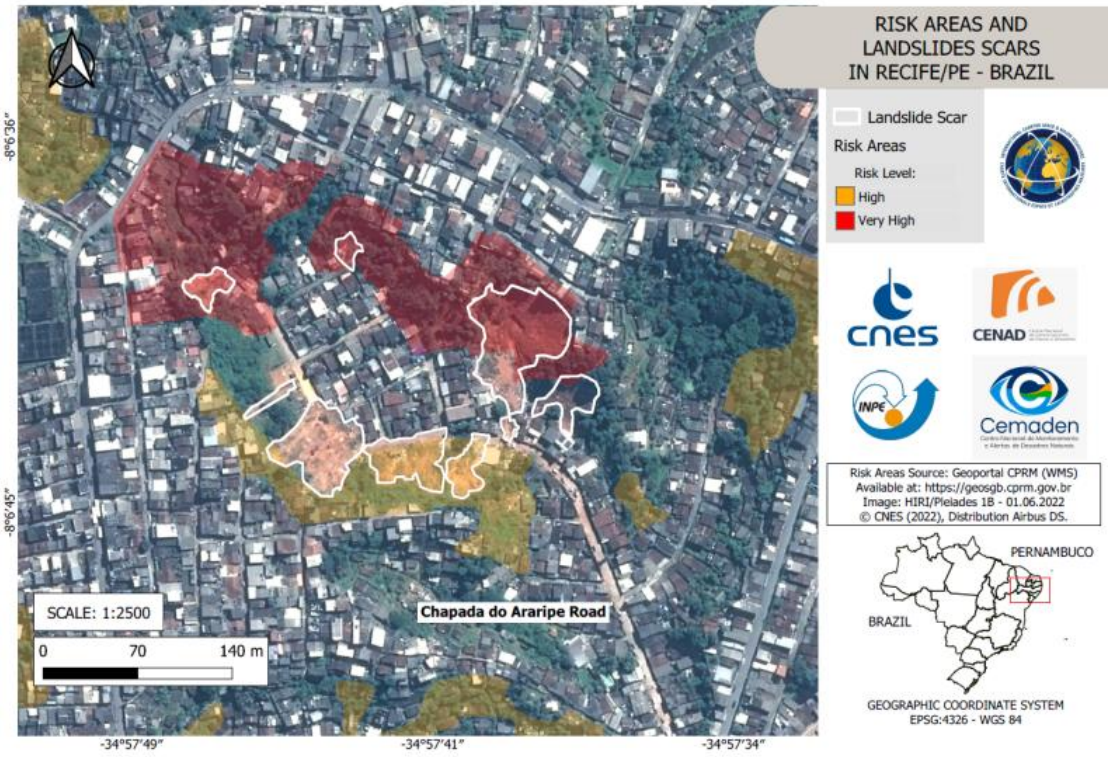


Figura 12: Setorização de risco geológico em Recife (P1).

4.4 ANÁLISES DE SUSCETIBILIDADE

Foi observado que a região entre a cidade de Recife e Jaboatão dos Guararapes, a oeste do aeroporto da capital, possui uma alta suscetibilidade a deslizamentos de terra, respectivamente, o Bairro Cohab e o Bairro Dois Carneiros (Figura 13).

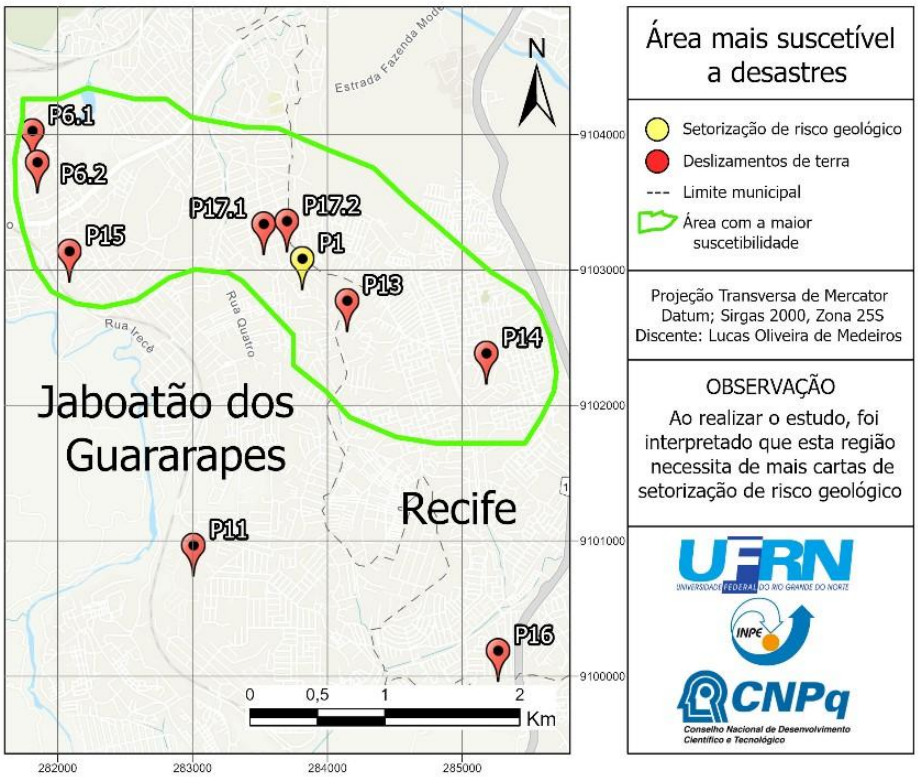


Figura 13: Mapa de localização da área mais suscetível a desastres.

Na cidade do Recife, foi identificada uma carta de risco (Figura 12), cuja localização específica está destacada na Figura 13 por meio de um marcador amarelo. A análise do contexto dessa carta em relação às áreas adjacentes revelou a necessidade de delimitação de novos setores de risco tanto para Recife quanto para Jaboatão dos Guararapes, visando aprimorar o planejamento e a gestão de áreas suscetíveis a desastres naturais.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se, portanto, que o ponto inicial para utilizar medidas de mitigação contra deslizamentos de terra, devem se iniciar na zona de transição da cidade de Recife e Jaboatão dos Guararapes, por se tratar de uma região com uma alta suscetibilidade para o movimento de massa. No qual o poder público poderá realizar estudos geotécnicos para estabilidade de encosta, baseados nas cartas de setor de riscos geológicos.

6 REFERÊNCIAS

- ✓ BITAR, O. Y. (Coord.). *Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações: 1:25.000 (livro eletrônico): nota técnica explicativa.* São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; Brasília, DF: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2014. (Publicação IPT; 3016). 5 Mb; PDF.

- ✓ BRASIL. Lei n.º 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nº 12.340, de 1º de dezembro de 2010, nº 10.257, de 10 de julho de 2001, nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, nº 8.239, de 4 de outubro de 1991, e nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 11 abr. 2012.

- ✓ FARIA, D. G. M. *Mapeamento de perigo de escorregamentos em áreas urbanas precárias brasileiras com a incorporação do Processo de Análise Hierárquica (AHP).* 2011. 214 f. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Programa de Pós-graduação e Área de Concentração em Geotecnia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

- ✓ GUSMÃO FILHO, J. A. *Desempenho de obras geotécnicas.* Recife: Editora Universitária da UFPE, 2006. 523 p.

- ✓ INTERNATIONAL CHARTER SPACE AND MAJOR DISASTERS. *Disasters Charter*. Disponível em: https://disasterscharter.org/. Acesso em: 07 jan. 2025.

- ✓ INTERNATIONAL CHARTER SPACE AND MAJOR DISASTERS. *Landslide in Brazil – Activation* 758. *Disasters Charter*, 2024. Disponível em: https://disasterscharter.org/web/guest/activations/-/article/landslide-in-brazil-activation-758-. Acesso em: 09 jan. 2025.

PLANO DE GESTÃO DE RISCOS: UM PARADIGMA NECESSÁRIO À RESILIÊNCIA URBANA

RISK MANAGEMENT PLAN: A NECESSARY PARADIGM FOR URBAN RESILIENCE

Maria da Glória Braz[1], André G. B. Oliveira[2]

1 Dra. Pesquisadora; Professora Universidade FUMEC, Conselheira Titular da Câmara de Engenharia Civil/CREA-MG e Coordenadora do Gruo de Trabalho A Engenharia e a Prevenção de Eventos Geológicos e Hidrológicos para Proteção da População, Consultora de Engenharia nas áreas de Hidrologia e Hidráulica. gloriabraz@fumec.br

2 Analista de Controles e Riscos da Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG. Graduado em Administração, Graduado em Jogos Digitais, Pós-graduado em Negócios Internacionais. andre.goliveira@cemig.com.br

RESUMO

O processo de expansão urbana desordenado e predatório resultou na concentração das populações vulneráveis em áreas passíveis a riscos inerentes à antropização sofrida e associada a eventos climáticos extremos. Esse artigo discute a gestão e as ações de controle de riscos com base na ABNT NBR ISO 31000 (2018), nos princípios estabelecidos pelo Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres (2015-2030) e nas definições do *Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commissio*n - COSO (2024) referenciando essas ações com a resiliência urbana, vista cada vez mais como uma necessidade de sobrevivência do ambiente construído.

Palavras-Chave: Gestão de Riscos. Resiliência Urbana. Eventos Geo-hidrológicos Extremos.

ABSTRACT

The disorderly and predatory urban expansion process has resulted in the concentration of vulnerable populations in areas susceptible to risks inherent to anthropization and associated with extreme climate events. This article discusses risk management and control actions based on ABNT NBR ISO 31000 (2018), the principles established by the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction (2015-2030) and the definitions of the Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission - COSO (2024), referencing these actions with urban resilience, increasingly seen as a necessity for the survival of the built environment.

Keywords: Risk Management. Urban Resilience. Extreme Geohydrological Events

1 INTRODUÇÃO

A influência da ação do homem na magnitude e repetição de fenômenos, antes dados como naturais, tem ameaçado sobremaneira a vida no planeta, tendo em vista que, em muitos eventos, a responsabilidade de acelerar os processos erosivos e certos tipos de inundações é oriunda de fontes antrópicas.

O aumento e repetição dessas ameaças é seguido de um crescimento significativo das vulnerabilidades, fruto da concentração habitacional nas regiões metropolitanas que não fornecem garantias de segurança aceitáveis em áreas cuja ocupação é caracterizada por uma complexa relação de ordem social, existindo ali grande deficiência na prestação de serviços básicos, tais como saúde, educação, moradia, transporte, dentre outros.

Segundo Milanez (2012), a crise climática, por sua vez, age como um multiplicador de ameaças, majorando a intensidade e frequência dos eventos extremos, acentuando as vulnerabilidades existentes e por existir, modificando o abastecimento e distribuição de recursos para manutenção da população, tendo como agravante as crises econômicas, as profundas desigualdades sociais, os impactos ambientais e climáticos.

Há que se considerar, nessa coletânea de adversidades, a construção de uma infraestrutura imprópria à geologia e associada à destruição do meio ambiente e à superpopulação em regiões de periferia, que configuram as diretrizes adotadas pela maioria das cidades para que haja um acréscimo no seu desenvolvimento, sem que se perceba que são esses os fatores que colaboram no aumento das vulnerabilidades.

As opiniões e recomendações na área de gestão de risco, associadas à proteção e à defesa civil, são numerosas e indicadas por diversas instituições, tanto nacionais quanto internacionais. Deve-se reconhecer, entretanto, que existem divergências conceituais na interpretação, tanto no meio acadêmico, quanto na legislação e nos órgãos de gestão, tendo em vista a vivência em diferentes tipos de desastres e a adoção de diferentes doutrinas sobre o comportamento diante de determinadas situações.

No Brasil, a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC, estabelecida pela Lei 12.608/2012, define que as ações de proteção e defesa civil sejam dispostas por meio de atuações na prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação. Neste sentido, cada uma delas faz parte de uma gestão que deve ser contínua e interligada.

2. GESTÃO DE RISCOS

A Antes que seja possível analisar a gestão de riscos na perspectiva do tema desse artigo, primeiro é preciso entender o que é um risco, como categorizá-lo e, consequentemente, geri-lo.

As organizações privadas, instituições públicas, projetos e até mesmo as pessoas estão sujeitas a eventos incertos que podem causar impactos tanto negativos quanto positivos, em diferentes níveis e aspectos. Para a melhor tomada de decisão sobre o que fazer nessas situações, é preciso primeiro saber distinguir “risco” de “perigo”.

Galante (2015) esclarece que perigo é uma propriedade inerente a um objeto, substância, atividade ou situação que é capaz de gerar danos às organizações, ambiente ou pessoas. Por outro lado, segundo a ABNT NBR ISO 31000 (2018) risco é descrito como o “efeito da

incerteza nos objetivos". Complementando esta definição e seguindo o exposto por Damodaran (2003), risco pode ser entendido como a possibilidade de que o resultado seja diferente do planejado. Logo, podemos concluir que, diferente de perigo que se trata de um aspecto intrínseco de um objeto, atividade ou mesmo uma organização, o risco está relacionado à possibilidade de algo acontecer e desviar o resultado do que foi originalmente planejado.

Com a diferença de conceitos esclarecida e considerando que a definição de risco está relacionada com o aspecto da incerteza e a capacidade de interferir no resultado, é possível dizer que lidar com o risco é entender a probabilidade de sua ocorrência e os possíveis impactos no resultado.

Uma vez que o risco pode exercer impacto considerável em um resultado, faz-se necessária a implementação da gestão de riscos como uma forma de garantir o alcance dos objetivos pretendidos, por meio da remoção ou mitigação dos fatores de riscos. De acordo com a ABNT NBR ISO 31000 (2018), a gestão de riscos se define como "atividades coordenadas para dirigir e controlar uma organização no que se refere a riscos". Em outras palavras, a gestão de risco envolve um conjunto de atividades e técnicas que garantem o controle dos riscos (ANSELL; TORFING, 2016).

Segundo Bergamini Junior (2005), assumir e gerenciar riscos é parte do que as organizações precisam realizar, avaliando e mensurando os riscos envolvidos em suas atividades e processos. Resta esclarecer como mensurar os riscos.

De acordo com a ABNT NBR ISO 31000 (2018) e as definições do *Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission* - COSO (2024), primeiro é preciso definir qual o resultado que se pretende alcançar e, em seguida, deve-se realizar uma análise do contexto organizacional. Nesse momento, verificam-se os aspectos internos e externos da organização, seu ambiente, suas partes interessadas e a correlação com o objetivo que se pretende alcançar. Isso vai permitir maior precisão na identificação dos riscos atrelados ao objetivo pretendido e seus possíveis impactos no resultado. Por fim, Heldman (2006) afirma que o *brainstorming* é, possivelmente, a técnica mais comum na identificação de riscos, pois com ela é possível reunir diferentes integrantes do processo analisado para pensar em possíveis eventos de risco.

Com os objetivos definidos e os riscos devidamente identificados, a próxima etapa é analisar o risco em si. Tendo em mente que os aspectos de um risco são, segundo sua própria definição, probabilidade e impacto, a mensuração pode ser realizada de forma qualitativa através de uma matriz onde o nível do risco é definido pela correlação das suas principais variáveis: frequência (probabilidade) e severidade (impacto) inerentes ao processo ou organização e o resultado pretendido (MARSHALL, 2002; CROUHY, GALAI e MARK, 2004).

Bergamini Junior (2005) defende que a organização dos riscos em uma matriz permite a identificação deles de uma forma clara e ordenada, separando aqueles mais relevantes para entidade impactada. Em geral, para construir uma matriz, é adotada uma classificação qualitativa que pode variar conforme a probabilidade, impacto, tamanho da organização, o processo analisado ou o ambiente em que a entidade está inserida.

Uma vez que os riscos foram devidamente identificados e categorizados através de uma matriz, é preciso que seja tomada uma decisão sobre como tratar cada risco. De acordo com o TCU (2009) e a ABNT NBR ISO 31000 (2018), são opções para tratamento de um risco:

- ✓ **Evitar:** decisão na qual é abandonada a ação, o projeto ou a atividade que gera o risco;
- ✓ **Aceitar:** não tomar medidas com relação ao risco através de uma decisão devidamente fundamentada;
- ✓ **Mitigar:** estabelecimento de ações visando reduzir a probabilidade de o risco ocorrer ou diminuir seu impacto;
- ✓ **Transferir:** compartilhar os efeitos do risco através de uma ação (um contrato de seguro, por exemplo);
- ✓ **Aumentar:** realizar ações que maximizam a probabilidade de um risco ocorrer visando obter uma oportunidade.

Selecionar o tratamento de um risco envolve “balancear os benefícios potenciais derivados em relação ao alcance dos objetivos, face aos custos, esforço ou desvantagens da implementação” (ABNT NBR ISO 31000, 2018).

Uma vez que os riscos foram identificados, analisados e as decisões quanto aos seus respectivos tratamentos tenham sido tomadas, a gestão de riscos também envolve a implementação e avaliação da eficácia dos controles internos para mitigação dos riscos.

Segundo o TCU (2009), controle é uma ação que visa certificar de que algo se cumpra de acordo com o que foi planejado. Em complemento à essa afirmação, o COSO (2024) estabelece, em sua definição, que controle interno é:

- ✓ Realizado para atingir objetivos;
- ✓ Um processo composto por tarefas e atividades realizados de forma contínua;
- ✓ Realizado por pessoas;
- ✓ Capaz de garantir segurança razoável;
- ✓ Adaptável a estrutura da organização.

Pode-se concluir que controle é um conjunto de tarefas e atividades adaptadas para atender aos critérios de uma organização. O controle é realizado de forma contínua para proporcionar segurança razoável no alcance dos objetivos.

O COSO (2024) descreve, ainda, tipos de controles, entre eles:

- ✓ **Controle Preventivo:** tem como finalidade evitar a ocorrência de um evento ou resultado indesejado;
- ✓ **Controle Detectivo:** desenvolvido para identificar evento ou resultado indesejado antes que o objetivo final tenha sido alcançado;
- ✓ **Controle Corretivo:** executado quando um desvio do objetivo é identificado e sua finalidade é corrigir ou implementar ações preventivas para anular ou minimizar os efeitos do desvio.

Trazendo para uma abordagem da gestão de riscos, o primeiro controle é realizado no intuito de prevenir a materialização do risco. O segundo, busca identificar se o risco ou um de seus efeitos foi materializado. O último, busca mitigar ou anular os impactos do risco caso este seja materializado.

Para além desses, existem outros tipos de controles com finalidades diferentes. Portanto, considerando tudo que foi exposto sobre a gestão de riscos e a relação com os controles internos, cabe a entidade (indivíduo ou organização ou governo) definir quais os objetivos pretende alcançar, identificar os riscos, analisar suas probabilidades e impactos e, com esse conjunto de informações, estabelecer quais controles são mais aplicáveis ao seu cenário, de modo que consiga mitigar os seus riscos da melhor forma possível.

3. RESILIÊNCIA URBANA

O aumento na frequência e intensidade dos eventos climáticos quando aliados aos prejuízos materiais e humanos, requerem ações estruturais que demandam dos governos, tanto federal, estaduais e municipais, atitudes imprescindíveis com foco na Gestão Integrada de Riscos e de Desastres.

Na verdade, a elaboração de programas/objetivos estratégicos sobre a referida gestão, considera ações de curto, médio e longo prazo, dentro de três aspectos principais de atuação (BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2021), quais sejam, as ações:

- ✓ **antes do evento**, direcionadas para a prevenção, mitigação e preparação para possíveis ocorrências;
- ✓ **durante o evento**, com foco na resposta de agentes públicos e sociedade civil e;
- ✓ **após o evento**, visando à reparação de danos e à recuperação de infraestrutura, bem como o atendimento às pessoas direta e indiretamente afetadas.

Depreende-se, com base nos acontecimentos passados e recentes, que ameaças naturais frequentemente ocorrerão e com magnitudes diversas, restando à sociedade se preparar para o enfrentamento desses eventos de outra forma: adotando a abordagem da resiliência.

Existem diversas ações que os governos locais, as comunidades e, até mesmo, instituições de ensino e setor privado podem promover, no sentido de tornar uma cidade mais resiliente.

Mas, afinal de contas, o que é resiliência urbana? Para o Escritório das Nações Unidas para a Redução de Riscos de Desastres (UNISDR, 2009), apud Sendai Framework é *"a capacidade de uma cidade exposta a perigos de resistir, absorver, acomodar e recuperar os efeitos de um perigo de uma forma tempestiva e eficiente, incluindo a preservação e restauração de seus princípios básicos estruturais e funções"* (SENDAI, 2015-2030).

Cabe aqui ressaltar a relevância dessa resposta do SENDAI (2015-2030), tendo em vista mostrar a magnitude da proposição e efetivação de estratégias que permitam a integração das políticas públicas, gestão urbana e engajamento comunitário, que culminem no fortalecimento da capacidade de resistência, adequação e recuperação das cidades frente a existência dos riscos naturais e antrópicos. Para tal, o Marco de Sendai, indica três prioridades estratégicas:

1. **Compreender o risco de desastres;**
2. **Fortalecer a governança do risco de desastres;**
3. **Investir na redução do risco de desastres para a resiliência**

Deve-se ressaltar que a ideia de resiliência urbana se baseou no entrelace dos sistemas ecológicos e obteve evidência na década de 1960 e início da década seguinte e, desde então, tem se desenvolvido e se adaptado a todas as disciplinas que entremeiam o tema, incluindo nesse contexto a engenharia, ecologia, física, geografia, gestão de riscos, gestão de negócios, psicologia e assistência social. (UN-HABITAT, 2018).

Há que se considerar, ainda, a definição de resiliência urbana indicada pela Fundação Rockefeller que a descreve como “a capacidade de indivíduos, comunidades, instituições, empresas e sistemas dentro de uma cidade sobreviver, adaptar-se, e crescer, não importa que tipo de estresse crônico e choques agudos que eles experimentam” (ROCKEFELLER, 2018).

Atualmente, tem-se atentado a questões como redução de risco, prevenção de desastres e desenvolvimento sustentável que, de fato, são itens correlatos ao desenvolvimento de áreas urbanas, especialmente do ponto de vista de uma perspectiva de resiliência. Tal foco nas referidas questões é, sem precedentes, coextensivo com a mudança de compreensão setorial dos ambientes.

Na verdade, a resiliência urbana, em contraponto com a sustentabilidade, precisa lidar com o já existente, ou seja, o ambiente construído, de modo a adaptá-lo da forma mais assertiva e preparar a cidade e toda sua estrutura para qualquer evento de risco.

4. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Diante da crise climática que se avulta exponencialmente, a resiliência urbana vem sendo cada vez mais vista como uma necessidade de sobrevivência do ambiente construído. Assim, projetos e ferramentas estão sendo desenvolvidos e aperfeiçoados de forma a atender às questões do meio urbano diante das diferentes vulnerabilidades.

Se para o COSO (2024), o controle preventivo tem a prerrogativa de evitar a ocorrência de um evento ou resultado indesejado e se o controle detectivo identifica evento ou resultado indesejado, antes que o objetivo final tenha sido obtido, há de se admitir que a abordagem da gestão de riscos constrói cenários prospectivos, com o objetivo de verificar a existência de ramificações e/ou perturbações no entorno, além de sugerir e/ou aprimorar técnicas de mitigar ou anular os impactos. No caso da mitigação, é o controle corretivo (COSO,2024) que identifica e corrige o resultado negativo do impacto ou pratica as ações necessárias para tornar mínimos os efeitos da anomalia.

Esses três controles, ao serem aplicados na urbanização e/ou reurbanização, traduzem a resiliência urbana. Segundo Jacobs (2011), a revitalização do ambiente construído, ou seja, a resiliência urbana, é o fortalecimento da comunidade e seu entorno, tendo em vista se basear nos princípios fundamentais de revitalização do próprio conjunto do tecido urbano e de seus limites que carecem ser reintegrados ao ambiente.

Há, então, que se admitir que os planejadores urbanos precisam elaborar o diagnóstico assertivo das condições capazes de gerar adversidades e as carências das moradias e infraestrutura.

Ao exercer a resiliência urbana, na integração ou, até mesmo, reintegração da estrutura urbana ao ambiente, os projetos precisam adquirir as virtudes de uma estrutura urbana sadia. Tendo em vista que o espaço urbano está em constante transformação, seja

pelo acréscimo populacional, pela política ou pela mudança de comportamento da população, é necessário que haja a elaboração de cenários com o propósito de se prever algumas dessas mudanças, tornando possível um planejamento que permita antever um evento adverso.

Este trabalho segue os preceitos e orientações indicadas pelo Marco de Sendai na Redução do Risco de Desastres (2015–2030), documento disseminado em âmbito internacional voltado a nortear as políticas públicas e práticas necessárias à conscientização e ao desenvolvimento da resiliência urbana, em escala global, regional e local, diante dos riscos de desastres.

Todas as ponderações e metodologias, aqui apresentadas, conversam, sobretudo, com as prioridades estratégicas do Marco de Sendai, mostradas anteriormente, podendo-se verificar que a sugestão da utilização de ferramentas e metodologias de análise e gerenciamento de risco reconhecidas no meio técnico e científico, tais como a ABNT NBR ISO 31000 (2018) e o COSO (2024), contribui para a identificação, avaliação e comunicação eficaz dos riscos urbanos, de acordo com a prioridade 1.

Ao destacar a importância da comunicação e da união entre governo e sociedade civil em seus diversos níveis e setores, o presente trabalho estimula a existência de gestão colaborativa, compartilhada e integrada. Assim, conforme a prioridade 2, indicada no Marco de Sendai (2015-2030), ter-se-á o fortalecimento institucional, tendo em vista ocorrer a consolidação de marcos legais, planos e estratégias coordenadas para a gestão do risco.

Ao evidenciar que a incorporação de práticas de gestão de risco às políticas públicas e a estratégia fundamental para impulsionar e desenvolver a resiliência urbana, integrando-se a redução de risco às ações de planejamento colaborativo, tanto urbano quanto ambiental, o presente texto torna premente a conversão da cultura reativa de resposta a desastres em cultura preventiva, comungando com a prioridade 3, recomendada pelo Marco de Sendai (2015-2030).

É importante ressaltar que a recorrência de desastres, especialmente enchentes, desmoronamentos e deslizamentos, são muitas vezes consequências de uma urbanização excludente que consentiu a ocupação de áreas inadequadas à moradia, tais como margens de córregos e encostas instáveis, que desalojam famílias e exigem resposta do poder público, e até da sociedade, para reparação dos danos derivados da catástrofe.

Todas as ações de reurbanização/reintegração carecem ser de forma colaborativa com a comunidade, porque isso aumentará a eficiência dos programas.

Diante do exposto, pode-se admitir que nem sempre o cenário com melhores resultados será o ideal ou mais viável, sendo a tomada de decisão atrelada, também, a questões éticas e sociais, haja vista a devida proteção à comunidade local, com projetos habitacionais eficientes e não discriminatórios.

Mas, de qualquer forma, neste trabalho, pode-se observar que a resiliência urbana se baseia nos três tipos de controle, indicados por COSO (2024), quais sejam, prevenção de riscos, análise de impactos caso haja consolidação e estabelecimento de controles, conforme o cenário materializado. Há, ainda, que se destacar que a junção dos referidos controles numa gestão pública eficiente, contribuirá para a disseminação e operacionalização dos princípios do Marco de Sendai (2015-2030) no contexto brasileiro,

notadamente nas áreas urbanas e periurbanas, que sofrem com os crescentes desafios socioambientais.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 31000 Gestão de Riscos - Princípios e Diretrizes**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ANSELL, C.; TORFING, J. **Handbook on Theories of Governance**. Edward Elgar Publishing, 2016.

BERGAMINI JUNIOR, Sebastião. Controles internos como um instrumento de governança corporativa. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 24, p. 149-188, dez. 2005.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Secretaria de Clima e Relações Internacionais. **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima [recurso eletrônico]: relatório final de monitoramento e avaliação, ciclo 2016-2020**. Coordenação e organização: Adriana Brito da Silva... [et al.]. Brasília, DF: MMA, 2021. 91 p.

COMMITTEE OF SPONSORING ORGANIZATIONS OF THE TREADWAY COMMISSION. **Internal Control - COSO: Enterprise Risk Management – Integrated Framework**. United States of America: COSO. Disponível em: https://www.coso.org/. Acesso em: 15 set. 2024.

CROUHY, M.; GALAI, D.; MARK, R. **Gerenciamento de Risco: Abordagem Conceitual e Prática: Uma Visão Integrada dos Riscos de Crédito, Operacional e de Mercado**. Rio de Janeiro: Qualitymark; São Paulo: SERASA, 2004.

DAMODARAN, A. **Investment philosophies: successful investment philosophies and the greatest investors who made them work**. New York: Wiley and Sons, 2003.

GALANTE, E. **Princípios de Gestão de Riscos**. 1. ed. Curitiba: Editora Appris, 2015.

HELDMAN, K. **Gerência de projetos: guia para o exame oficial do PMI**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2006.

JACOBS, J. **Morte e vida de grandes cidades**. Tradução de Carlos S. Mendes Rosa. 3. ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2011.

MARSHALL, C. L. **Medindo e Gerenciando Riscos Operacionais em Instituições Financeiras**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

MILANEZ, B.; FONSECA, I. F. Justiça climática e eventos climáticos extremos: uma análise da percepção social no Brasil. **Terceiro Incluído - NUPEAT–IESA–UFG**, v. 1, n. 2, jul./dez. 2011, p. 82-100. Disponível em: http://www.revistas.ufg.br/index.php/teri/article/view/17842/10673. Acesso em: 2024.

Rockefeller Foundation. **Institutionalizing Urban Resilience: A Midterm Monitoring and Evaluation Report of 100 Resilient Cities.** 2018.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNDRR) **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030.** Disponível em: https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030. Acesso em 2024.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Critérios gerais de controle interno na administração pública: um estudo dos modelos e das normas disciplinadoras em diversos países**. Brasília: Tribunal de Contas da União, 2009.

UN HABITAT. **City Resilience Profiling Tool Guide**. 2018. Disponível em: https://unhabitat.org/guide-to-the-city-resilience-profiling-tool

GESTÃO DE RISCO NUTRICIONAL EM EMERGÊNCIAS: AVALIAÇÃO DAS CESTAS BÁSICAS EM ABRIGOS NO BRASIL

NUTRITIONAL RISK MANAGEMENT IN EMERGENCIES: EVALUATION OF FOOD BASKETS IN SHELTERS IN BRAZIL

1º Verônica Motta Pimenta Velloso, Esp. 2º Renata Gonçalves Faisca[2], Dsc. 3º Márcia Motta Velloso[3], Dsc.
1 Universidade Federal Fluminense, vmpvelloso@id.uff.br
2 Universidade Federal Fluminense, renatafaisca@id.uff.br
3 Universidade Federal Fluminense, marciamottavelloso@id.uff.br

RESUMO
Esse artigo analisa a adequação nutricional das cestas básicas distribuídas em abrigos brasileiros durante desastres, destacando como o déficit energético (média de 1.133 kcal/dia, cerca de 54% do recomendado pela OMS e Manual Esfera) e o desequilíbrio de macronutrientes (excesso de carboidratos simples e lipídios, insuficiência de proteínas) agravam a insegurança alimentar e aumentam o risco de desnutrição, especialmente entre grupos vulneráveis. O objetivo geral é avaliar a composição das cestas em relação aos padrões internacionais e sugerir um protocolo adaptado à realidade regional. A pesquisa utiliza métodos mistos, incluindo revisão de literatura, análise documental e estudo de caso. Os resultados mostram que nenhuma cesta analisada atende às necessidades mínimas, indicando a necessidade de políticas públicas que incorporem critérios técnicos e culturais para fortalecer a resiliência alimentar em emergências.
Palavras-Chave: Nutrição em Emergência, Desastres, Segurança Alimentar, Cestas Básica; Gestão de Risco.

ABSTRACT
This article analyzes the nutritional adequacy of food baskets distributed in Brazilian shelters during disasters, emphasizing how the energy deficit (average 1,133 kcal/day, about 54% of the WHO and Sphere Handbook recommendation) and macronutrient imbalance (excess simple carbohydrates and lipids, insufficient protein) worsen food insecurity and increase malnutrition risks, especially among vulnerable groups. The general objective is to assess the baskets' composition against international standards and propose a protocol adapted to regional realities. The study employs a mixed-methods approach, including literature review, document analysis, and case study. Results show that none of the analyzed baskets meets minimum requirements, highlighting the need for public policies that incorporate technical and cultural criteria to strengthen food resilience in emergencies.

Keywords: Emergency Nutrition, Disasters, Food Security, Food Basket, Risk Management

1 INTRODUÇÃO

A segurança alimentar e nutricional (SAN) em situações de desastres no Brasil representa um desafio multifacetado, marcado por vulnerabilidades estruturais e pela recorrência de eventos naturais e socioambientais que afetam populações já expostas à insegurança alimentar (DOS REIS *et al.,* 2023; SOUZA *et al*., 2024; FAO, 2019). Em resposta a essas emergências, a distribuição de cestas básicas em abrigos temporários é uma estratégia consolidada, porém, historicamente, tais cestas foram elaboradas para atender necessidades energéticas e nutricionais de trabalhadores em contextos urbanos, sem considerar as especificidades de populações afetadas por desastres. (DOS REIS *et al.,* 2023; DIEESE, 2009; SANTANA, SARTI, 2020).

A literatura e as diretrizes internacionais, como as do Manual Esfera e da Organização Mundial da Saúde (OMS), estabelecem padrões mínimos para a composição nutricional de alimentos em situações de emergência, recomendando, por exemplo, o fornecimento de pelo menos 2100 kcal por pessoa/dia, com distribuição adequada de macronutrientes e atenção à ingestão de micronutrientes essenciais (ASSOCIAÇÃO ESFERA, 2018; WHO, 2000 e 2004; CARE, 2018). No entanto, estudos recentes evidenciam que as cestas básicas distribuídas em contextos emergenciais no Brasil frequentemente apresentam déficits calóricos e desequilíbrios nutricionais, agravando o risco de desnutrição e comprometendo a recuperação das populações afetadas (DOS REIS *et al.,* 2023; SOUZA *et al.*, 2024; SANTANA, SARTI, 2020).

Apesar da existência de padrões internacionais bem estabelecidos, são escassos os estudos que analisam, sob a perspectiva do risco, as consequências sistêmicas da inadequação nutricional das cestas básicas em emergências, sobretudo em países de grande diversidade socioeconômica e cultural como o Brasil (WRIGHT, VESALA-HUSEMANN, 2006).

Apesar dos avanços regulatórios e das tentativas de modernização da cesta básica nacional, persiste um vazio normativo quanto à adaptação dessas diretrizes às realidades regionais, culturais e operacionais do país, especialmente em situações de desastre (SOUZA *et al.*, 2024; SANTANA, SARTI, 2020). A inadequação nutricional das cestas não apenas reforça a necessidade de revisão das políticas públicas, mas também evidencia a limitação do conhecimento aplicado à gestão de risco alimentar em emergências (DOS REIS *et al.,* 2023; SOUZA *et al.*, 2024).

No entanto, análises recentes das cestas básicas distribuídas em desastres no Brasil mostram que o valor energético médio ofertado é de apenas 1.133 kcal por pessoa/dia, ou seja, cerca de 54% do mínimo de 2.100 kcal recomendado pela OMS e pelo Manual Esfera. Esse déficit calórico, quando mantido por mais de uma semana, pode resultar em perda de peso superior a 1 kg por semana em adultos, aumentando o risco de desnutrição aguda, sarcopenia e outras complicações metabólicas, principalmente em populações vulneráveis e sobre estresse físico e psicológico.

Este artigo propõe uma análise crítica da adequação nutricional das cestas básicas distribuídas em abrigos emergenciais no Brasil, comparando sua composição com os padrões internacionais estabelecidos pela OMS e pelo Manual Esfera. Busca-se, assim, identificar não apenas as lacunas existentes, mas também discutir a necessidade de protocolos adaptativos que considerem as vulnerabilidades locais, os aspectos culturais e a

sustentabilidade operacional das respostas humanitárias. Ao enfatizar a avaliação da adequação, e não da mera efetividade operacional, este estudo pretende contribuir para o debate sobre a gestão de risco nutricional em emergências, fornecendo subsídios para a formulação de políticas mais alinhadas à realidade brasileira e aos desafios contemporâneos da assistência alimentar em desastres (DOS REIS *et al.,* 2023; SOUZA *et al.*, 2024; WHO, 2000 e 2004).

1.1 Contexto dos Desastres no Brasil

Os desastres no Brasil são frequentemente resultado de eventos climáticos extremos, como inundações, secas e tempestades, que podem ser exacerbados por fatores socioambientais, como a ocupação desordenada do solo e o desmatamento. Esses eventos não apenas destroem infraestruturas essenciais, como também afetam a disponibilidade de alimentos, aumentando os preços e reduzindo a renda das populações afetadas. Isso agrava a insegurança alimentar, aumentando as taxas de fome e desnutrição, especialmente entre grupos vulneráveis como grávidas, lactantes, crianças, idosos e pessoas com doenças crônicas (FAO, 2019 e SOUZA *et al*., 2024).

1.2 Necessidades Nutricionais em Situações de Desastres

Em situações de desastres, as necessidades nutricionais são críticas para manter a saúde e a sobrevivência das populações afetadas. A Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Manual Esfera estabelecem que o fornecimento mínimo de calorias deve ser de 2100 kcal por pessoa por dia, com ajustes conforme a temperatura ambiente e a vulnerabilidade das populações. Além disso, é fundamental garantir a ingestão adequada de macronutrientes, como proteínas, carboidratos e lipídios, bem como micronutrientes essenciais, que podem ser supridos através de alimentos frescos e enriquecidos (ASSOCIAÇÃO ESFERA, 2018).

1.3 Importância da Aceitação Cultural e Nutricional

A aceitação cultural dos alimentos é essencial para o sucesso das intervenções nutricionais em desastres. Alimentos locais e tradicionais são mais facilmente aceitos e podem promover um senso de normalidade e conforto emocional em situações de crise. Além disso, a inclusão de alimentos vegetais e não perecíveis é crucial para garantir a durabilidade e a facilidade de armazenamento, especialmente em contextos urbanos onde a dependência de alimentos frescos é alta (ALONSO, 2015; KOÇAK *et al*., 2025).

1.4 Desenvolvimento de um Protocolo Nutricional Adaptado

O desenvolvimento de um protocolo nutricional adaptado à realidade brasileira deve considerar as necessidades nutricionais específicas das populações afetadas, bem como as limitações das cestas básicas atuais. Esse protocolo deve ser baseado em alimentos nutricionalmente balanceados, econômicos, socialmente aceitáveis e sustentáveis, garantindo que as doações de alimentos sejam eficazes em promover a segurança alimentar e nutricional em situações de desastres. A colaboração entre governos, organizações não governamentais e comunidades locais é fundamental para implementar esse protocolo de forma eficaz e sustentável (BALANCHANTHAR, 2019).

Este artigo visa apresentar uma abordagem mais eficaz para garantir a segurança alimentar e nutricional das populações afetadas por desastres no Brasil, contribuindo para a melhoria da resposta humanitária no país.

A análise da adequação nutricional das cestas básicas, portanto, é fundamental não apenas para garantir a segurança alimentar, mas também para mitigar riscos de agravamento do quadro de saúde das populações afetadas, sobrecarga dos serviços públicos e ineficiência das respostas humanitárias em situações de desastre.

2 OBJETIVOS

O objetivo é avaliar a composição nutricional das cestas básicas distribuídas em abrigos temporários após desastres no Brasil, comparando-as com as necessidades nutricionais diárias recomendadas pela OMS e pelo Manual Esfera.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa utiliza uma abordagem de métodos mistos para avaliar a composição nutricional das cestas básicas distribuídas em abrigos emergenciais durante desastres no Brasil. A metodologia inclui:

Revisão de Literatura: Análise das diretrizes internacionais sobre nutrição em emergências, como as recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS) e do Manual Esfera, para entender as necessidades nutricionais mínimas em situações de desastres.

Análise Documental: Exame de documentos oficiais e relatórios governamentais sobre a distribuição de cestas básicas em desastres no Brasil, incluindo as fornecidas pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC), e Coordenadorias Estaduais de Proteção e Defesa Civil (CEPEDCs).

Estudo de Caso: Avaliação da composição nutricional das cestas básicas distribuídas em contextos reais de desastres no Brasil, comparando-as com as necessidades nutricionais diárias recomendadas pela OMS e pelo Manual Esfera.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

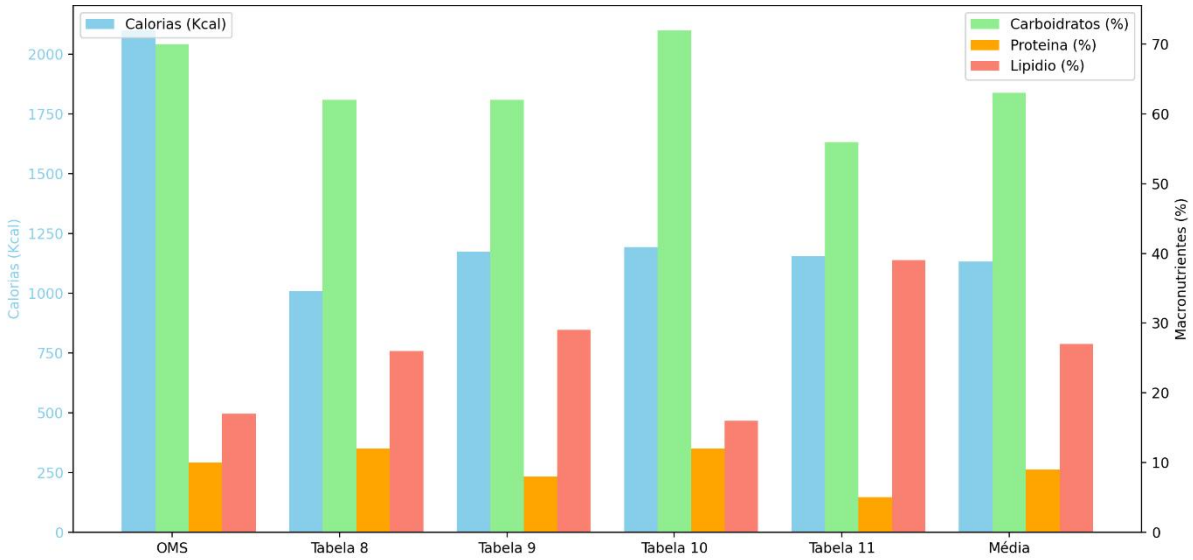
A análise das cestas básicas atualmente distribuídas em abrigos emergenciais no Brasil durante desastres evidencia que nenhuma delas atinge o valor energético mínimo recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e pelo Manual Esfera, com médias variando entre 1.009 e 1.193 kcal/dia, o que representa um déficit médio de 54% em relação ao padrão de 2.100 kcal/dia. Além disso, observa-se uma distribuição inadequada de macronutrientes, com excesso relativo de carboidratos simples e lipídios, e insuficiência de proteínas, conforme detalhado na Tabela 1 e no Gráfico 1.

Tabela 1: Composição Nutricional das Cestas Básicas Atuais vs. Necessidades Nutricionais Recomendadas

Macronutrientes	Média das Cestas Básicas Doadas em Desastres	Recomendação OMS/Manual Esfera
Calorias	1133 Kcal	2100 Kcal
Carboidratos	63%	> 70%
Proteínas	9%	10-12%
Lipídios	27%	17%

Fonte: Elaborada pelos autores, 2025

Gráfico 1: Composição Nutricional das Cestas Básicas Atuais vs. Necessidades Nutricionais Recomendadas



Fonte: Elaborada pelos autores, 2025

Esse déficit energético e proteico não constitui apenas uma inadequação nutricional, mas representa um fator de amplificação de risco em situações de emergência. A manutenção desse padrão alimentar por mais de uma semana pode resultar em perda de peso superior a 1 kg/semana em adultos, agravando o risco de desnutrição aguda, sarcopenia e imunossupressão, especialmente em grupos vulneráveis como crianças, gestantes, idosos e pessoas com doenças crônicas. Tais consequências aumentam a morbimortalidade e sobrecarregam os serviços de saúde locais, dificultando a resposta humanitária e a recuperação das populações afetadas (WHO, 2000 e 2004; WRIGHT, VESALA-HUSEMANN, 2006).

Além dos impactos diretos na saúde, a inadequação nutricional das cestas pode comprometer a eficiência logística das operações de resposta, ao demandar suplementações emergenciais ou resultar em rejeição dos alimentos por questões culturais. Isso aumenta custos operacionais e pode atrasar a recuperação das populações afetadas, agravando o ciclo de vulnerabilidade alimentar. (MUONDE *et al*., 2024)

Do ponto de vista operacional, a inadequação das cestas básicas pode comprometer a eficiência logística das operações de resposta, ao exigir suplementação emergencial de alimentos ou resultar em rejeição das doações por questões culturais. Isso eleva custos,

gera desperdício e pode atrasar a recuperação, perpetuando o ciclo de vulnerabilidade alimentar. A ausência de alimentos regionais e tradicionais nas cestas, identificada na Tabela 2, reforça a necessidade de adaptação cultural para garantir aceitação, consumo efetivo e redução de perdas.

De acordo com a Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2107-2018, os alimentos mais consumidos in natura pelas famílias nas cinco macrorregiões do país, são: arroz, leite, feijão, macarrão, farinha de mandioca, farinha de milho e farinha de trigo, além de alimentos industrializados como os pães e margarinas. (IBGE, 2020)

Tabela 2: Exemplos de Alimentos Culturais e Regionais

Região do Brasil	Alimentos Culturais/Regionais
Norte	Farinha de mandioca e peixes
Nordeste	Feijão, farinha de milho, fubá e açúcar
Centro-Oeste	Arroz, gordura animal
Sudeste	Farinha de trigo, queijos
Sul	Farinha de trigo, queijos

Fonte: IBGE 2020

Além disso, a persistência de cestas nutricionalmente inadequadas contribui para a manutenção e até ampliação das vulnerabilidades sociais pré-existentes, dificultando a construção de resiliência comunitária frente a novos eventos extremos. A literatura internacional destaca que a insegurança alimentar em desastres é um fator de risco sistêmico, pois interage com outros determinantes sociais da saúde, agravando o quadro de exclusão e fragilidade das populações afetadas.

5 CONCLUSAO

Os resultados deste estudo evidenciam que as cestas básicas distribuídas em abrigos emergenciais no Brasil durante desastres não atendem às necessidades nutricionais mínimas recomendadas internacionalmente, configurando um risco adicional para a saúde pública e a eficácia das respostas humanitárias. O déficit energético e a inadequação de macronutrientes aumentam o risco de desnutrição aguda, perda de massa magra e maior suscetibilidade a doenças infecciosas, especialmente em populações vulneráveis.

Diante desse cenário, recomenda-se que políticas públicas e protocolos de resposta a desastres incorporem a análise de risco nutricional como critério central na formulação e distribuição de cestas básicas. A integração de equipes de nutrição, logística e assistência social é fundamental para identificar e mitigar rapidamente os riscos associados à inadequação alimentar, promovendo respostas mais eficazes e sustentáveis em situações de emergência.

A inclusão de alimentos regionais e culturalmente aceitos, bem como o ajuste da composição nutricional para atender às recomendações internacionais, são estratégias essenciais para fortalecer a resiliência das populações afetadas e reduzir a vulnerabilidade alimentar em desastres. Por fim, a implementação de um protocolo nacional para doações emergenciais, baseado em critérios técnicos, culturais e operacionais, pode contribuir significativamente para a segurança alimentar e nutricional no contexto brasileiro de gestão de riscos.

6 REFERÊNCIAS

ALONSO, E. B. The impact of culture, religion and traditional knowledge on food and nutrition security in developing countries. 2015. 81 p. Disponível em: https://ageconsearch.umn.edu/record/285169/files/30_briones.pdf. Acessado em: 11 mar. 2025.

ASSOCIAÇÃO ESFERA. O Manual Esfera: carta Humanitária e Normas Mínimas para Resposta Humanitária. 4. ed. Genebra, Suíça, 2018. Disponível em: https://www.spherestandards.org/handbook/editions/. Acessado em: 10 mar. 2025.

BALACHANTHAR, Satesh; ZAKARIA, Nor Azazi; LEE, Lai Kuan. Development of emergency food assistance design: a nutritionally balanced, culturally tailored and cost-effective strategy for flood mitigation. **Ecology of Food and Nutrition**, v. 57, n. 4, p. 314-329, 2018. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03670244.2018.1492380?casa_token=MiE_KBTEyeYAAAAA:qZjDjLlPgMEX_pRhADnRHCoK1SDvMfSY_LlWCHRQ1H1nvSL3-aeqYQvtaYZzoQsMdHiZAa2mA1z8LIA. Acessado em: 11 mar. 2025.

BRASIL. Decreto Presidencial N° 11.936, de 05 de março de 2024. Dispõe sobre a composição da cesta básica de alimentos no âmbito da Política Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional e da Política Nacional de Abastecimento Alimentar. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 06 mar. 2024. Seção 1. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2024/decreto-11936-5-marco-2024-795353-publicacaooriginal-171158-pe.html. Acessado em 11 mar. 2025.

CARE. Food Security and Nutrition – The Sphere Handbook: Humanitarian charter and minimum standards in humanitarian response [S.I.]: CARE, 2018. Disponível em: https://www.careemergencytoolkit.org/wp-content/uploads/2017/04/The-Sphere-Handbook_FSL-Chapter-2018.pdff. Acessado em: 26 abr. 2025.

DIEESE. Metodologia da Cesta Básica de Alimentos. São Paulo: Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos, 2009. Disponível em: https://www.dieese.org.br/metodologia/metodologiaCestaBasica.pdf. Acessado em: 11 mar. 2025.

DOS REIS FERREIRA, Elisiane *et al*. ANÁLISE NUTRICIONAL E VALOR DE CESTAS BÁSICAS DISPONIBILIZADAS NO MUNICÍPIO DA SERRA, ES. **REVISTA CIENTÍFICA ESPAÇO ACADÊMICO**, p. 98. 2023. Disponível em: https://multivix.edu.br/wp-content/uploads/2024/03/revista-espaco-academico-v13-n03-artigo04.pdf. Acessado em: 26 abr. 2025).

FAO; IFAD; WFP. The state of food insecurity in the world: protect against the slowdown and weakening of the economy. Rome: FAO, 2009. Disponível em: https://www.fao.org/3/ca5162en/ca5162en.pdf. Acessado em: 11 mar. 2025.

KOÇAK, Hüseyin *et al*. The Effects of Cultural Factors on Food Assistance After Disaster: A Scoping Review. **Disaster Medicine and Public Health Preparedness**, v. 19, p. e43, 2025. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/journals/disaster-medicine-and-public-health-preparedness/article/abs/effects-of-cultural-factors-on-food-assistance-after-disaster-a-scoping-review/66F98D56FF7FCD2F9329F12C236219A4. Acessado em: 10 mar. 2025.

MUONDE, Muridzo et al. Global nutrition challenges: A public health review of dietary risks and interventions. **World Journal of Advanced Research and Reviews**, v. 21, n. 1, p.

1467-1478, 2024. Disponível em: https://wjarr.co.in/wjarr-2024-0177. Acessado em 26 abr. 2025.

SANTANA, André Bento Chaves; SARTI, Flávia Mori. Avaliação dos indicadores de aquisição, disponibilidade e adequação nutricional da cesta básica de alimentos brasileira. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, n. 10, p. 4001-4012, 2020. Disponível em: https://www.scielosp.org/article/csc/2020.v25n12/4945-4956/en/. Acessado em: 26 abr. 2025.

SOUSA, Priscila de Oliveira *et al*. Insegurança alimentar e nutricional e qualidade da dieta no Brasil. **Revista de Nutrição**, v. 37, p. e220091, 2024. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rn/a/qD3BwHP59sr4SxjsSTzsrDg/?lang=en. Acessado em: 10 mar. 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **The management of nutrition in major emergencies**. World Health Organization, 2000. Disponível em: https://www.who.int/publications/i/item/9241545208. Acessado em: 10 mar. 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION *et al*. Food and nutrition needs in emergencies. In: **Food and nutrition needs in emergencies**. 2004. Disponível em: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/68660/a83743.pdf?sequence=1. Acessado em: 10 mar. 2025.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). State of the Climate in Latin America and the Caribbean 2023. Geneva, 2024. Disponível em: https://library.wmo.int/viewer/68891/download?file=1351_State_of_the_Climate_in_LAC_2023_en.pdf&type=pdf&navigator=1. Acessado em: 10 mar. 2025.

WRIGHT, M.; VESALA-HUSEMANN, Maija. Nutrition and disaster preparedness: focusing on vulnerability, building capacities. **Online journal of issues in nursing**, v. 11, n. 3, 2006. Disponível em: https://www.proquest.com/scholarly-journals/nutrition-disaster-preparedness-focusing-on/docview/229521259/se-2. Acessado em: 26 abr. 2025.

O ORDENAMENTO TERRITORIAL NA REDUÇÃO DO RISCO DE DESASTRES À SECA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO: UM PANORAMA DA REGIÃO DO SERIDÓ POTIGUAR, NORDESTE DO BRASIL.

TERRITORIAL PLANNING IN REDUCING DROUGHT DISASTER RISK IN THE BRAZILIAN SEMI-ARID REGION: AN OVERVIEW OF THE SERIDÓ POTIGUAR AREA, NORTHEAST BRAZIL

1º Anderson Geová Maia de Brito, 2º Lutiane Queiroz de Almeida[2]

1 Universidade Federal do Rio Grande do Norte, anderson.maia,geo@gmail

2 Universidade Federal do Rio Grande do Norte, lutiane.almeida@ufrn.br

RESUMO

O ordenamento territorial e ações de redução de risco de desastres (RRD) a seca tem sido historicamente aplicadas nas unidades de planejamento do semiárido brasileiro, como a região do Seridó Potiguar, no Estado do Rio Grande do Norte. E apesar de ter sido beneficiada por políticas públicas que visaram o “combate” ao fenômeno, os municípios da região enfrentaram um cenário de recorrência de prejuízos socioeconômicos associados a seca nos anos 2010, cabendo o questionamento da eficiência destas políticas. Portanto, o objetivo desta pesquisa foi analisar, holisticamente, a atual configuração territorial e institucional da região do Seridó potiguar a partir do histórico de ações de RRD associadas ao semiárido. Para isso, a metodologia envolveu a utilização do método histórico e da hermenêutica, com o levantamento de bibliografias e documentos, além da utilização de imagens de paisagens obtidas em trabalhos de campo, e a confecção de mapas, que deram espacialidade aos resultados.

Palavras-Chave: Seca. Semiárido. Ordenamento Territorial.

ABSTRACT

Territorial Planning and disaster risk reduction (DRR) actions have historically been applied in the planning units of the Brazilian semi-arid region, such as the Seridó Potiguar region, in the state of Rio Grande do Norte. And despite having benefited from public policies aimed at “combating” the phenomenon, the region's municipalities faced a scenario of recurrent socio-economic damage associated with drought in the 2010s, calling into question the efficiency of these policies. Therefore, the aim of this research was to holistically analyze the current territorial and institutional configuration of the Seridó region of Rio Grande do Norte, based on the history of DRR actions associated with the semi-arid region. To this end, the methodology involved the use of the historical method and hermeneutics, with a survey of bibliographies and documents, as well as the use of landscape images obtained during fieldwork, and the creation of maps, which gave spatiality to the results.

Keywords: Drought. Semiarid. Territorial Planning.

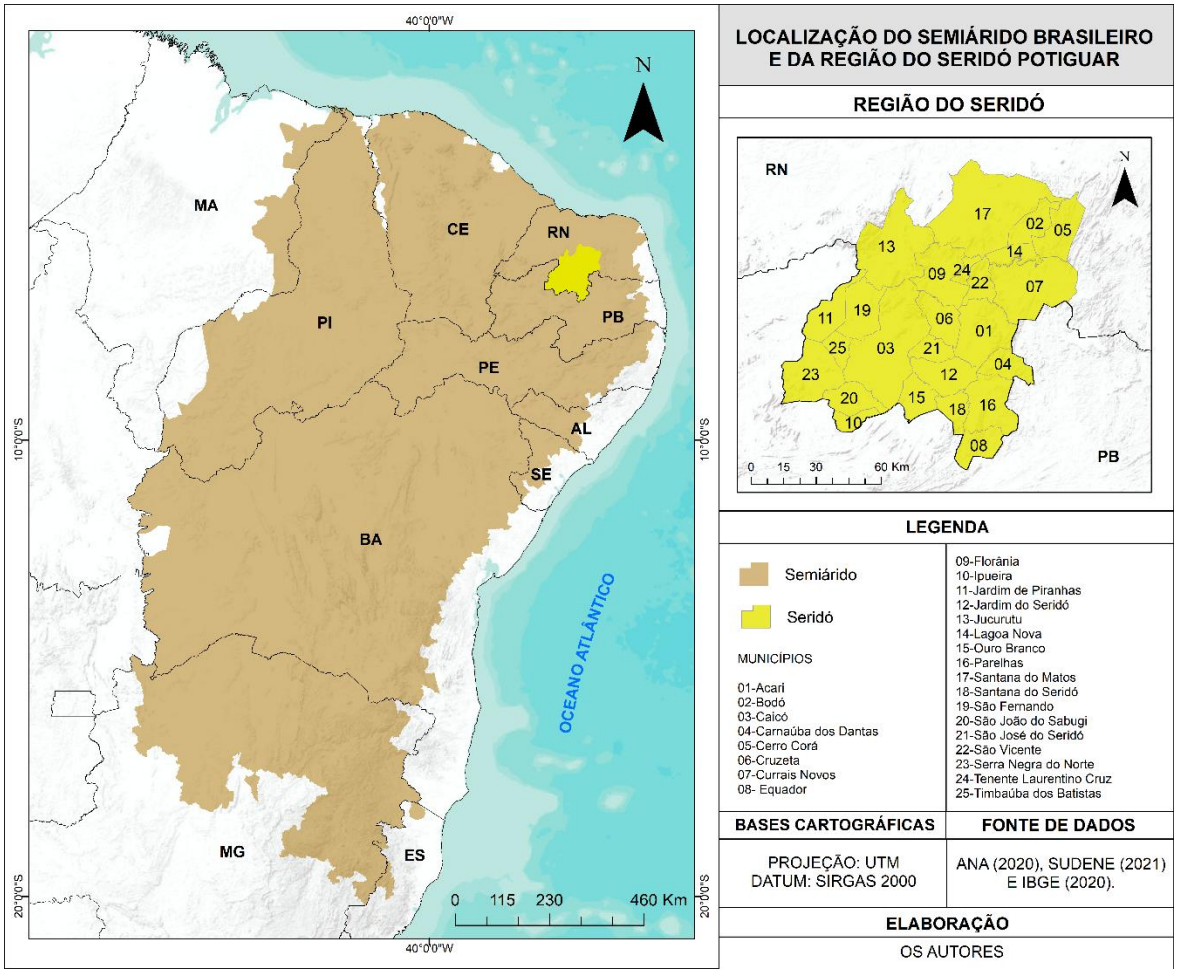
INTRODUÇÃO

A seca enquanto fenômeno natural, histórico e comum nas áreas áridas e semiáridas do mundo, ocorre de maneira gradual tanto no espaço quanto no tempo. Difícil de precisar seu início e término, tal fenômeno acumula efeitos adversos por um longo período e culmina, gradualmente, em desastres. Esta característica é batizada de “seca silenciosa” no nordeste do Brasil, região do Brasil mais afligida pela seca.

Outras regiões brasileiras possuem recorrência da seca ou estiagem de maneira esporádica ou sazonal, mas é no semiárido que a seca ocorre com mais frequência e intensidade. Com precipitação pluviométrica média anual de 750 mm, o semiárido apresenta grande variabilidade climática e uma distribuição pluviométrica irregular no espaço-tempo, com temperaturas médias de 25° C, mínimas de 15° C e máximas acima 40° C.

Com base na resolução nº 150, de 13 de dezembro de 2021 da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) o semiárido é composto por 1427 municípios, distribuídos entre os estados de Minas Gerais (209) e Espírito Santo (6) na região Sudeste e os Estados do Maranhão (16), Piauí (215), Ceará (171), Rio Grande do Norte (141), Paraíba (188), Pernambuco (137), Alagoas (38), Sergipe (23), Bahia (283) na região Nordeste em uma extensão de 1.318.750 km² (BRASIL, 2021).

Figura 1. Mapa de Localização da Região do Seridó Potiguar no semiárido brasileiro.



Fonte: elaborado pelos autores.

De história e cultura singulares no Estado do Rio Grande do Norte, o Seridó é uma das regiões mais afligidas pelas secas, em que a escassez hídrica e a vulnerabilidade socioeconômica da população, associadas a ineficiência de políticas públicas resultou, historicamente, em desastres econômicos (perda da safra e mortandade de animais), sociais (desemprego, fome e migração) e ambientais (desertificação e desmatamento). Criada através da regionalização do Brasil em microrregiões pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 1970, a região está localizada no centro-sul do RN na divisa com o estado da Paraíba e é composta por vinte e três municípios em uma área aproximada de 9 374 063 km², que está totalmente inserida dentro das delimitações do semiárido brasileiro (BRASIL, 2021).

Entretanto, apesar de ter sido beneficiada por políticas associadas ao ordenamento territorial no semiárido no último século, a região do Seridó se viu diante de um cenário de recorrência de prejuízos socioeconômicos e desabastecimento hídrico associados as secas dos anos 2010. E embora este fato possa ser explicado parcialmente pela famigerada Indústria da Seca, é preciso identificar as falhas nas políticas de redução de riscos de desastres, assim como as fragilidades das estruturas socioeconômicas dos municípios da região em consonância com as características físico-ambientais do semiárido.

Portanto, partindo deste contexto, o objetivo central desta pesquisa foi analisar, de maneira sistêmica e holística, a atual configuração territorial e institucional da região do Seridó potiguar a partir do histórico de políticas e ações de ordenamento territorial associadas ao semiárido brasileiro que visaram amenizar e reduzir o risco de desastres à seca.

2 APORTE TEÓRICO-METODOLÓGICO

2.1 Dos hazards naturais à Redução do Riscos de Desastres: a complexidade da seca

O *hazard,* segundo Marandola e Hogan (2004) é um evento não natural que ocorre na interface da sociedade-natureza, em que há danos e prejuízos a partir de um evento, constantemente extremo, porém não tão raro, que rompe com um ciclo natural de ocorrência de fenômenos naturais, como a seca, a qual, segundo Hagman (1984), é o mais complexo e menos compreendido fenômeno dentro dos *hazards* naturais.

Esta complexidade está associada ao fato de a seca possui gênese em “múltiplos fatores condicionados pela geodinâmica terrestre global em seus aspectos climáticos e meteorológicos” (BRASIL, 2003). Se diferencia de outros riscos/perigos naturais por oferecer uma complexidade investigativa desde a determinação de sua origem até a quantificação dos seus impactos e das ações emergenciais que precisam ser tomadas, ou seja, é uma tarefa mais difícil do que no estudo de outras catástrofes naturais.

De acordo com Brito (2021), a seca no semiárido brasileiro, deve ser entendida como um fenômeno natural de escassez pluviométrica imprecisa no espaço e no tempo, que por meio da redução gradativa de disponibilidade hídrica, resulta em impactos negativos na estrutura socioeconômica de grupos populacionais vulneráveis. Vulnerabilidade essa que está atrelada à dimensão socioambiental e é relativa à “coexistência, cumulatividade ou sobreposição espacial, de situações de pobreza e privação social com circunstâncias de exposição a riscos ambientais.” (BURITI E BARBOSA, 2018, p. 29).

Grupos populacionais, como os do semiárido, estão expostos aos riscos dos efeitos da seca (desabastecimento hídrico, fome, ondas de calor), mas nem todos estão vulneráveis. São as características socioeconômicas que irão mensurar sua vulnerabilidade. O meio ambiente, por sua vez, dada suas características físico-naturais, está suscetível a eventos naturais e a degradação. Assim, a vulnerabilidade pode ser entendida como um conjunto de fatores multidimensionais que pode diminuir ou aumentar o(s) risco(s) no qual o ser humano, individualmente ou em grupo, está exposto nas diversas situações da sua vida.

O risco, por sua vez, pode ser entendido como “uma situação de perigo ou possibilidade de perigo” (ESTEVES, 2011, p. 64), conhecido ou não, e é inerente ao processo social, ou seja, é um constructo eminente da percepção humana a uma situação perigosa, pois como bem destaca Castro et al. (2005, p. 12) o risco “refere-se, portanto, à probabilidade de ocorrência de processos no tempo e no espaço, não constantes e não determinados, e à maneira como estes processos afetam (direta ou indiretamente) a vida humana”.

E diferentemente de épocas pré-modernas, onde os riscos enfrentados derivavam primariamente da natureza, o advento da modernidade, segundo Giddens (1991, p. 99), a partir do desenvolvimento das instituições sociais e da aproximação do local com o global, criou um ambiente de risco em que as “ameaças ecológicas são o resultado de conhecimento socialmente organizado, mediado pelo impacto do industrialismo sobre o meio ambiente material”.

O risco hoje está mais relacionado a uma gênese antrópica e aos abusos tecnológicos como o meio ambiente, como é o caso dos incidentes tecnológicos no último século, a título de Hiroshima e Nagasaki (Japão, 1945), Chernobyl (Ucrânia, 1986) e Deepwater Horizon (Golfo do México, 2010). Além disso, o que se verifica, é o aumento da devastação relativa aos *natural hazards,* que pode ser explicado “tanto em função das mudanças ambientais empreendidas pelo homem, quanto pela crescente concentração de populações cada vez mais vulneráveis nas cidades” (ALMEIDA, 2012).

Neste contexto, e como resultado negociações intergovernamentais ocorridas entre 2014 e 2015, apoiadas pelo Escritório das Nações Unidas para Redução de Riscos de Desastres, a pedido da Assembleia Geral da ONU, o Quadro de Sendai para Redução de Risco de Desastres (RRD) 2015-2030 (ONU, 2015), estabelece que medidas preventivas e corretivas sejam adotadas para minimizar os impactos de desastres naturais ou antropogênicos sobre as populações, infraestruturas e o meio ambiente, visando reduzir a vulnerabilidade das comunidades expostas a riscos, e fortalecer a resiliência diante de eventos extremos.

Assim, a importância das ações de Redução de Risco de Desastres (RRD) residem na promoção do diálogo com as populações expostas ao risco, de modo a qualificar e validar as intervenções e fortalecer a corresponsabilização para enfrentar cenários de periculosidade e aumentar a resiliência comunitária, o que está compatível com uma política de ordenamento territorial, a qual se configura em um conjunto de intervenções, enfoques estratégicos e atividades, que tem por objetivo compatibilização das necessidades socioeconômicas relativas a uso e ocupação do solo com a capacidade de suporte do território.

No recorte do semiárido brasileiro, estas políticas de ordenamento e articulação territorial, estão intimamente relacionadas com a convivência e o combate aos efeitos adversos da seca, geralmente pensadas, desenvolvidas e implementadas por órgãos governamentais ou governos estaduais e municipais sob orientação do governo federal. Assim, a utilização e aplicação dos princípios do marco de Sendai para RRD ao histórico de intervenções associadas ao semiárido brasileiro, permitem realizar um diagnóstico e traçar novos rumos quanto à gestão de risco aos efeitos da seca.

2.2 Procedimentos Metodológicos

Para a realização desse diagnóstico e atender ao objetivo proposto, a metodologia adotada a esta pesquisa envolveu a utilização do método histórico e da hermenêutica, o qual subsidiou a exploração na literatura histórico-científica de bibliografias e documentos técnicos oficiais que discutem a recorrência de desastre à seca no semiárido brasileiro, em especial na região do Seridó potiguar, avaliando quais políticas públicas foram e adotadas e sua efetividade em um contexto de ações para RRD.

Concomitantemente, foram constituídos fluxogramas, quadros e tabelas que permitiram a visualização das informações e dados obtidos. E em uma segunda etapa, foram compiladas imagens históricas, de paisagens antropizadas e naturais, obtidas através de diversos trabalhos de campo realizados pelos autores no semiárido brasileiro e na região do Seridó Potiguar, as quais envolveram reconhecimento espacial, registros fotográficos e levantamentos de dados in loco.

E para dar espacialidade aos dados e resultados obtidos, foram elaborados mapas a partir de dados da Agência Nacional de Águas (ANA), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Todo o processamento das informações geográficas ocorreu por meio do softwarre Excel e da utilização dos programas de geoprocessamento Quantum Gis (QGis) 2.14 – Essen e Google Earth.

3 O ORDENAMENTO TERRITORIAL NO NORDESTE DO BRASIL

Além dos aspectos físico-naturais de ocorrência da seca, é preciso levar em consideração que a ocupação do semiárido brasileiro se deu através da agropecuária (sistema de sesmarias portuguesas) e assim se manteve por séculos, com pouquíssimos investimentos em outros formas de trabalho e aproveitamento da energia humana nordestina, o que levou Menezes (1970, p. 185) a afirmar que seca no nordeste do Brasil trata-se mais de um fenômeno sociológico do que meteorológico.

No Brasil Colonial e Imperial, o Nordeste, e principalmente o semiárido, eram pouco lembrados e vistos como uma região problemática (ANDRADE E NUNES, 2014), vigorando o pensamento que a fome e os demais males que assolavam a região, era somente resultado da falta de água, o que se refletia em medidas emergenciais e paliativas, ao passo em que o Estado brasileiro centralizava seu projeto de modernização do país na região Sudeste, notadamente hoje, a mais industrializada do país (PEREIRA, 2016).

Com a Proclamação da República em 1888 e a continuidade dos desastres relacionados a seca, medidas mais concretas passaram a ser efetivadas, dentre as quais destaca-se a criação do Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS), atual Departamento

Nacional de Obras Contra as Secas (DNOC's) pelo então Presidente Nilo Peçanha, em 1909. A função do DNOCs era estabelecer uma infraestrutura hídrica no Nordeste que fosse capaz de atenuar os efeitos da seca através da construção de barragens, perfuração de poços e irrigação. E até 1959, quando foi criada a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) por Juscelino Kubitschek, o DNOCs foi única agência governamental federal executora de obras de engenharia no semiárido.

A administração da SUDENE por Celso Furtado, procurou através do planejamento e ordenamento territorial, promover o desenvolvimento socioeconômico do Nordeste em consonância com a política desenvolvimentista de JK. Contudo, tanto a SUDENTE como o DNOCs, foram cooptados pelas oligarquias políticas nordestinas, as quais passaram a direcionar recursos da União para resolver o "problema" das secas, ao mesmo tempo que se beneficiavam já que eram detentores de grandes latifúndios. Esse fato, associado a uma série de medidas paliativas recebeu a denominação de "indústria das secas".

E com advento do golpe militar de 1964, a SUDENE foi transferida ao Ministério do Interior, e durante todo o regime militar, foi limitada a ser responsável pelo fomento a atividades agropecuárias, e em especial a irrigação, beneficiando latifundiários e reduzindo o processo de industrialização da região nordeste.

Nesse contexto, as políticas institucionais de ordenamento territorial adotadas até o século XX atenuavam, mas não resolviam a problemática da seca, e isso pode ser explicado porque nenhuma das ações tomadas se preocupavam com a convivência com o fenômeno. De acordo com Ab'saber (1999, p. 8) o semiárido "é uma região sob intervenção, onde o planejamento estatal define projetos e incentivos econômicos de alcance desigual, mediante programas incompletos e desintegrados de desenvolvimento regional"

Quadro 1. Principais políticas e medidas institucionais de ordenamento territorial ao semiárido brasileiro por ano e presidente.

ANO	MEDIDA/AÇÃO/POLÍTICA	PRESIDENTE
1909	Criação Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS), atual Departamento Nacional de Obras contra as Secas (DNOCS).	Nilo Peçanha
1942	Criação do Nordeste enquanto região através da regionalização do Brasil pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).	Getúlio Vargas
1959	Criação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) pelo então presidente Juscelino Kubitschek	Juscelino Kubitschek
1988	Criação e implementação da nova Constituição Federal. Água como Direito Universal.	José Sarney
1997	Criação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).	Fernando Henrique
2003	Criação do Programa de Aquisição de Alimentos.	Luís Inácio Lula da Silva
2003	Criação do Programa 1 milhão de cisternas (P1MC). Convênio da ASA com o Ministério do Desenvolvimento Social.	
2004	Criação do Auxílio Emergencial Financeiro (Bolsa Estiagem) para famílias carentes residentes em municípios em situação de emergência devido à seca.	
2007	Início de Execução das obras do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional.	
2011	Criação do programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Água (Programa Água para todos).	Dilma Rousseff

2013	Criação e instituição do Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e Outras Tecnologias Sociais (Programa Cisternas).	
2015	Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca.	

Fonte: elaborado pelos autores.

Esse contexto de aproveitamento político-econômico do sofrimento do povo nordestino ao longo do processo de constituição do Estado brasileiro, somado a ausência de políticas públicas efetivas a longo prazo que reduzisse os desastres à seca, levou populações sertanejas e dos interiores semiáridos, principalmente do Nordeste, a migrarem para os centros urbanos litorâneos e demais regiões do país, o que também contribuiu com a urbanização irregular e a constituição de áreas de risco.

É apenas com a promulgação da constituição de 1988, a reorganização da sociedade civil articulada e a inserção da ideia de convivência com o semiárido no seio do Estado, que as ações institucionais passaram a ter outro caráter, priorizando a gerência dos recursos hídricos, a soberania do Estado sobre as águas, assim como a garantia da democratização do acesso universal da água de qualidade pelo e ao povo.

4 A REGIÃO DO SERIDÓ POTIGUAR

No Rio Grande do Norte e assim como também no Seridó, as primeiras obras hidráulicas sob a gestão, supervisão e autorização do Estado potiguar foram proporcionadas pela Lei Estadual nº 6.908/1996, que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos (SIGERH), e pelo Decreto nº 13.283/97 que dá as outorgas para utilização das águas e as licenças para obras de oferta hídrica no RN. Aparato jurídico-institucional este, elaborado por iniciativa do então governador Garibaldi Alves Filho, que visou regulamentar e gerir as águas no/do estado.

Antes do aparato jurídico-institucional estadual, as ações de minimização dos efeitos adversos da seca, bem como obras hidro hidráulicas eram feitas por intervenção Federal, principalmente via DNOCs e por um curto momento dos anos de 1960, pela SUDENE. Em mais de um século de atuação, o DNOCs construiu milhares de reservatórios, e no Seridó, o primeiro grande açude foi o da cidade de Cruzeta e em seguida o Itans na cidade de Caicó, conforme pode ser observado no Quadro 2 abaixo:

Quadro 2. Reservatórios de propriedade do DNOCs, por data de inauguração, na Região do Seridó.

MUNICÍPIO	RESERVATÓRIO	CAPACIDADE (m^3)	ANO DE INAUGURAÇÃO
Cruzeta	Cruzeta	35.000.000	1929
Caicó	Itans	81.750.000	1935
Jardim do Seridó	Zangarelhas	7.916.000	1957
Acari	Marechal Dutra (Gargalheiras)	40.000.000	1959
São João do Sabugi	Santo Antônio	65.334.876	1965
Currais Novos	Dourado	10.321.600	1982
Itajá/Assú/Jucurutu	Armando Ribeiro Gonçalves	2.373.066.510	1983

Fonte: elaborado pelos autores a partir de Rio Grande do Norte (2020).

Além do DNOCs, a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do RN (SEMARH) também foi responsável pela construção de outros reservatórios de grande

armazenamento hídrico. O último construído, na região do Seridó, foi a barragem Passagem das Traíras, no ano de 1994 (Quadro 3), localizada entre os municípios de Jardim do Seridó e Caicó, o que vai vir a mudar, já que a Barragem de Oiticica, localizadas nos municípios de Jucurutu/RN, Jardim de Piranhas/RN e São Fernando/RN, encontra-se atualmente em fase de finalização para inauguração.

Quadro 3. Reservatórios de propriedade da SEMARH, por data de inauguração, na Região do Seridó.

MUNICÍPIO	RESERVATÓRIO	CAPACIDADE (m^3)	ANO DE INAUGURAÇÃO
Santana do Matos	Rio da Pedra	12.431.600	1984
Parelhas	Boqueirão	85.012.750	1988
Jardim do Seridó/Caicó	Passagem das Traíras	49.702.393	1994
Jucurutu/Jardim de Piranhas/São Fernando	Oiticica	742.600.000	2025

Fonte: elaborado pelos autores a partir de Rio Grande do Norte (2020).

A partir dos Quadros 2 e 3 é constatável o forte nível de intervenção do Governo Federal na região do Seridó, no que concerne a construção de reservatórios, já que o DNOCs, autarquia Federal, detém propriedade de 7 dos 10 reservatórios listados. Contudo, as intervenções não se restringiram aos reservatórios, a partir da década de 1990, as adutoras passaram a fazer parte da política hídrica dos governos estaduais do Nordeste.

Adutora é um tipo de infraestrutura hidráulica que faz parte da rede de distribuição hídrica e de abastecimento humano, tendo como finalidade, captar e transportar a água de um reservatório (açude, barragem, rio ou lagoa) até o local onde vai ocorrer o seu tratamento e posteriormente sua distribuição. Atualmente o RN conta com 14 sistemas adutores em funcionamento, em uma extensão aproximada de 1600 Km, atendendo 106 municípios do estado e beneficiando aproximadamente 1.200.000 de pessoas, sendo o maior sistema adutor do Brasil.

Atualmente no RN, há as adutoras: Alto Oeste, Jerônimo Rosado e Médio Oeste na região Oeste; Piranhas-Caicó, Acari-Currais Novos, Serra de Santana, Sertão Central Cabugi e Guamaré-Macau na região Central; Monsenhor Expedito, Pureza-João Câmara e Boqueirão na região agreste; Pedro Velho-Nova Cruz, Santo Antônio-Espírito Santo, Santa Cruz do Apodi-Mossoró e Extremoz na região Leste (TROLEIS E LOPES, 2018).

Na região do Seridó há três sistemas adutores ativos, o Piranhas-Caicó, que abastece São Fernando, Timbaúba e Caicó; Sistema Acari-Currais Novos, abastece Currais Novos e o maior deles, o da Serra de Santana, que proporciona o abastecimento de água nos municípios de Florânia, Tenente Laurentino Cruz, São Vicente, Lagoa Nova e Bodó, conforme pode ser observado na Figura 2 e no Quadro 4.

Figura 2. Sistemas adutores Piranhas-Caicó (A) e Serra de Santana (B).

(A) (B)

Fonte: arquivo dos autores.

E além do Sistema adutor da Serra de Santana, o Seridó conta com outros 3 sistemas adutores, o Piranhas-Caicó, Jardim do Seridó e Acari-Currais Novos. O sistema Piranhas-Caicó tem captação direta no Rio Piranha-Assú na cidade de Jardim de Piranhas e é responsável por complementar o abastecimento hídrico das cidades de Timbaúba dos Batistas, São Fernando e Caicó. O sistema Jardim do Seridó por sua vez tem captação no açude Itans na cidade de Caicó e é responsável por também complementar o abastecimento da cidade de codinome do sistema. O sistema Acari-Currais Novos tem captação no Açude Gargalheiras (Marechal Dutra), situada na cidade de Acari e respectiva distribuição nos municípios de Currais Novos.

Quadro 4. Adutoras da Região do Seridó

SISTEMA ADUTOR	EXTENSÃO	MUNICÍPIOS ATENDIDOS	OPERAÇÃO
Jardim Do Seridó	44,14 km	Jardim do Seridó	1998
Piranhas-Caicó (Manoel Torres)	46,33 Km	São Fernando, Timbaúba dos Batistas e Caicó.	2000
Serra de Santana	245,61 km	Florânia, São Vicente, Lagoa Nova, Tenente Laurentino Cruz e Bodó	1ª Etapa (2000) 2ª Etapa (2005)
Acari-Currais Novos	27, 3 Km	Currais Novos	201-?

Fonte: elaborado a partir de dados de Rio Grande do Norte (2020).

A partir dos anos 2000, foi adotada a primeira grande política pública de convivência com o semiárido, o Programa 1 milhão de cisternas (P1MC). Proposta pela Articulação do Semiárido (ASA) e implementada pelo governo federal em 2003 através do Ministério do Desenvolvimento Social (MDS), o P1MC (Figura 3) visou garantir e atender à necessidade básica de acesso a água das populações rurais do semiárido, principalmente a de baixa renda afligidas pela seca ou com falta regular de água. O programa representou um marco e

se estabeleceu como uma política de descentralização e democratização da água, pois ao invés das famílias se dirigirem aos grandes açudes em terras particulares, elas passaram a ser gestoras de sua própria água com as cisternas (ASA, 2019).

Figura 3. Logotipos das campanhas dos Programas P1MC, P1+2 (A); e Cisternas nas Escolas (B).

(A) (B)

Fonte: ASA (2019).

A tecnologia do P1MC consistia na construção de cisternas de placa cimento com capacidade de armazenamento de 16.000 litros de água potável (Figura 4), captada diretamente dos telhados no período chuvoso e destinada essencialmente ao consumo humano para efetivar a segurança alimentar e nutricional por pelo menos 8 meses de estiagem em um núcleo familiar composto por até seis pessoas (ASA, 2019).

Figura 4. Cisternas na zona rural dos municípios de Ipueira/RN (A) e Bodó (B).

Fonte: arquivos dos autores.

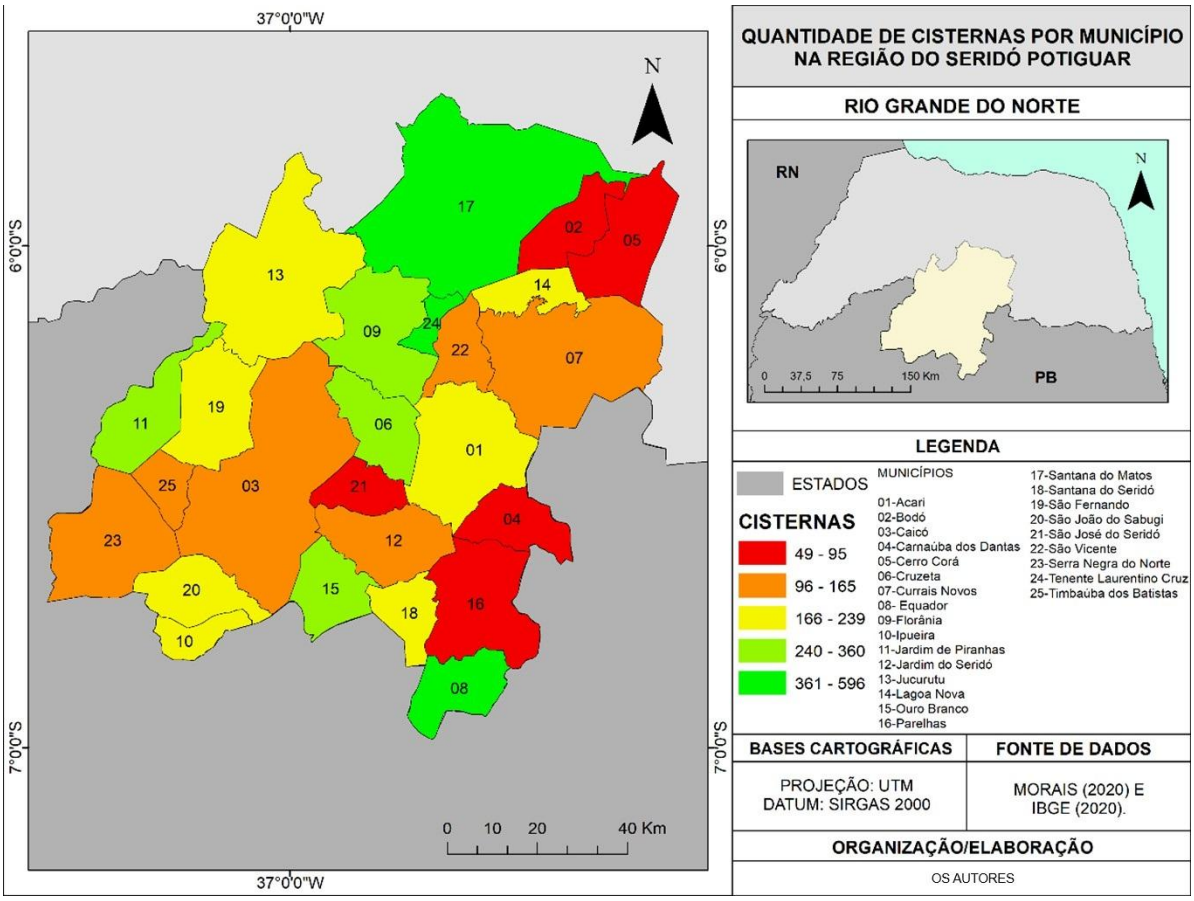
Em 2013, como consequência do Programa Água para todos, é criado através da Lei nº 12.873/2013 e, o Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e Outras Tecnologias Sociais (Programa Cisternas), este, diferente do P1MC, era mais amplo e visava garantir o acesso o acesso universal a água, sendo competência da União executá-lo a partir de parcerias com Estados, consórcios públicos de municípios, entidades privadas sem fins lucrativos e por organizações da Sociedade Civil de Interesse Público.

O Programa Cisternas tem três eixos de execução física, sendo eles: (I) 1° água familiar, instaladas ao lado das casas e com capacidade de armazenamento de 16 mil litros (Figuras 51 e 52); (II) 2ª água para produção agrícola, com capacidade de armazenamento de 52 mil litros, de uso individual ou coletivo das famílias rurais; e (III) Escolares, instaladas

em escolas rurais, com capacidade de armazenamento de 52 mil litros para consumo e afazeres escolares (BOLETIM INFORMATIVO DO PROGRAMA CISTERNAS, 2017).

Até o ano de 2015 o Seridó contava com 5425 Cisternas, distribuídas entre os vinte e cinco municípios que compõe a região (Figura 5), no qual cada um possui um número de cisternas, proporcional ao contingente populacional residente nas áreas rurais. E como forma de elucidar a atuação do P1MC, foi elaborada a Tabela 1, na qual consta a quantidade de cisternas por fases do programa, em cada município do Seridó.

Figura 5. – Mapa do quantitativo de Cisternas na Região do Seridó Potiguar



Fonte: elaborado pelos autores.

Tabela 1. Quantidade de Cisternas de 16 mil litros do P1MC no Seridó até 2015.

MUNICÍPIO	2003-2009	2010-2015	TOTAL
Acari	122	4	126
Bodó	128	170	298
Caicó	159	55	214
Carnaúba dos Dantas	84	81	165
Cerro Corá	108	77	185
Cruzeta	121	60	181
Currais Novos	133	27	160
Equador	175	0	175
Florânia	151	120	271
Ipueira	45	29	74
Jardim de Piranhas	119	0	119

Jardim do Seridó	80	280	360
Jucurutu	165	131	296
Lagoa Nova	370	105	475
Ouro Branco	129	52	181
Parelhas	74	522	596
Santana do Matos	0	531	531
Santana do Seridó	153	22	175
São Fernando	49	0	49
São João do Sabugi	88	66	154
São José do Seridó	56	31	87
São Vicente	239	0	239
Serra Negra do Norte	139	0	139
Tenente Laurentino Cruz	55	40	95
Timbaúba dos Batistas	59	21	80
TOTAL	3001	2424	5425

Fonte: elaborado pelo autor a partir de Morais (2016).

Entretanto, mesmo que a quantidade de cisternas construídas seja correspondente a população rural de cada município que necessita dessa tecnologia, alguns municípios apresentam discrepância, como por exemplo Parelhas e Caicó, no qual o primeiro apresenta 596 cisternas para 972 domicílios rurais e Caicó 214 cisternas para 1475.

Para entender essa questão, é preciso levar em consideração dois aspectos importantes, a população rural e o abastecimento hídrico, que já pode estar sendo feito sem que haja a necessidade de Cisternas. Essa discrepância também pode ser explicada tanto pelo empenho da gestão pública em conseguir a implementação desta tecnologia nos domicílios rurais, como também pela articulação da sociedade civil.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do exposto, e tendo a região do Seridó como recorte espacial, podemos estabelecer uma correlação entre os princípios de Redução de Riscos de Desastres (RRD) do Marco de Sendai e as medidas históricas adotadas pelo Estado brasileiro para mitigar os efeitos da seca no Nordeste, a partir de quatro eixos principais, a compreensão do risco, a governança, a resiliência e a recuperação sustentável.

Do ponto de vista da compreensão do risco aos efeitos da seca, embora eles fossem evidentes desde o Brasil colonial, nenhuma medida efetiva foi tomada até a criação do DNOCS em 1909. O que predominou até o século XX foi um conjunto de ações desarticuladas, muitas vezes reativas, que desconsideravam as vulnerabilidades socioeconômicas e a concentração fundiária na região nordeste, o que resultou em outras mazelas, como a "indústria da seca".

Este fato é corroborado por Pereira (2016, p. 1), quando ressalta que ao longo da história, a gestão territorial no semiárido brasileiro priorizou ações pontuais de urgência no ápice da seca, “em vez de privilegiar um modelo que permitisse à população buscar um desenvolvimento integral a partir dos seus saberes”.

E neste aspecto entra a governança, que deve preconizar as ações de RRD, uma vez que não se pode avançar em medidas de redução do risco se não houver cooperação entre governos, empresas e sociedade civil. Considerando os dados obtidos, percebe-se que a governança do semiárido, tanto na gestão hídrica, quanto nas ações de redução dos

efeitos adversos da seca, foi fragmentada, com sobreposição da atuação de órgãos federais e estaduais, e pouca participação civil, o que também é justificado pela sucessão de governos autocráticos e ditatoriais que vigoraram no Brasil no século XX.

Sob o eixo da resiliência, as obras e programas para redução e contenção de danos associadas aos desastres à seca, se demonstraram desconectados de uma perspectiva de longo prazo, já que mesmo após a construção de inúmeros reservatórios, os impactos socioeconômicos eram recorrentes, o que também se explica pela má distribuição equitativa do acesso a água. Um outro exemplo é a operação "carro-pipa", que embora garantisse o mínimo de abastecimento hídrico em secas severas, não resolvia problemáticas estruturais.

Na perspectiva da recuperação sustentável ou "Build Back Better", quase não houveram iniciativas para adaptação e convivência com a seca, constituindo o que Whilte (2011) chama de “hydro-illogical cycle”, ou ciclo hidro-ilógico, em que há o pânico como a primeira etapa de um círculo vicioso, seguido da chuva e da apatia, na qual nem a população e nem os gestores públicos veem a necessidade de se preparar para a e seca seguinte, entretanto, quando as secas se repetem, despertam novamente o pânico e o pavor de quem não se planejou.

É apenas no final do século XX, que o Estado brasileiro, em processo de redemocratização, passar a adotar o princípio da convivência com o semiárido, para propor medidas integradas que envolvem todos os aspectos da RRD. Alguns exemplos destes avanços é a primeira delimitação do Semiárido brasileiro pela Lei n. 7.827, de 27 de outubro de 1989, e a criação do Sistema Nacional de Defesa Civil (SINDEC) em 16 de dezembro de 1988, por meio do Decreto nº 97.274.

No início do século XXI, as políticas públicas ora top-down (de cima para baixo), passam ser bottom-up (de baixo para cima), quando a União busca formular ações de ordenamento territorial para o semiárido brasileiro baseadas no diálogo com os municípios, estados e comunidades rurais, a exemplo da Articulação Semiárido Brasileiro (ASA), principal responsável pela continuação do programa Cisternas.

Nos anos 2010, esta mudança de paradigma é reforçada pela criação do Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Água (Programa Água para todos) em 2011, assim como a criação do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEM) e a promulgação da Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), e estabelece que a gestão de riscos e desastres deve ser compartilhada entre todos os entes federativos através dos eixos de prevenção, mitigação, preparação, resposta, recuperação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os principais eixos de ações de RRD, constata-se que ao longo do histórico de desastres relacionados à seca no Nordeste brasileiro, poucas medidas se concentraram na prevenção, preparação e educação. Durante os séculos XVIII e XIX o grande foco era a resposta pós-desastre, mas nem sempre em uma recuperação, uma vez que as políticas adotadas não tinham esse propósito. Durante o século XX e até a início da República Nova, as medidas passaram a ter um caráter mais mitigatório, com a implementação de uma infraestrutura hídrica, mas ainda assim carecendo de prevenção e preparação, principalmente.

Com o processo de redemocratização do país e a participação civil na tomada de políticas públicas, é que a prevenção e preparação a riscos de desastres passam a ser pensadas, e aliada a elas, a educação e conscientização com o fortalecimento da educação brasileira em todos os níveis. No caso do Nordeste, embora a seca permaneça como um desafio multidimensional, exigindo políticas mais integradas e menos assistencialistas, os avanços político-sociais dos últimos 35 anos permitiram uma melhor adaptação ao fenômeno.

No Rio Grande do Norte, e em especial na região do Seridó, houve grande empenho pelos governos das últimas décadas para gerir os recursos hídricos estaduais e realizar grandes obras hidráulicas para garantir uma capacidade de lidar um pouco maior em tempos de seca prolongada. O que foi somado pela construção das adutoras e pelo programa Cisternas. Medidas estas pensadas e viabilizadas a partir de uma articulação quase que inédita entre as esferas estadual, federal e da sociedade civil.

Neste sentido, compreender o cenário histórico e social associado à configuração ambiental do semiárido brasileiro, com destaque especial ao Clima, é uma tarefa complicada, mas necessária para que se possa pensar em uma Política Nacional de Ordenamento Territorial (PNOT) de fato efetiva, a qual, aliada as ações de RDD, poderiam assegurar a redução de desigualdades e a convivência com a seca.

7 REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida . *Estudos Avançados*, v. 13, n. 36, p. 7-59, 1 ago. 1999.

ALMEIDA, L. Q. *Riscos ambientais e vulnerabilidades nas cidades brasileiras:* conceitos, metodologias e aplicações. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012.

ASA - ARTICULAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO (Brasil). *P1MC:* Programa Um Milhão de Cisternas. 201-?. Disponível em: <https://www.asabrasil.org.br/acoes/p1mc#categoria_img>. Acesso em: 24 set. 2019.

BOLETIM INFORMATIVO DO PROGRAMA CISTERNAS**.** *Programa Cisternas.* Brasília: Ministério do Desenvolvimento Social e Agrário. n. 005. Mai., 2017.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. *Manual de Desastres:* Desastres Naturais. Brasília, 2003. 174 p. Disponível em: <http://www.livrosgratis.com.br/download_livro_41340/manual_de_desastres_desastres_naturais>. Acesso em: 12 ago. 2019.

BRASIL. *Resolução CONDEL/SUDENE nº 150, de 13 de dezembro de 2021.* Aprova a Proposição n. 151/2021, que trata do Relatório Técnico que apresenta os resultados da revisão da delimitação do Semiárido 2021, inclusive os critérios técnicos e científicos, a relação de municípios habilitados, e da regra de transição para municípios excluídos. Recife, PE, 13 dez. 2021.

BRITO, A. G. M. *Vulnerabilidade socioambiental à seca:* uma perspectiva do Seridó Potiguar. 2021. 163f. Dissertação (Mestrado em Geografia) -Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.

BURITI, C. O.; BARBOSA, H. A. *Um século de secas:* por que as políticas hídricas não transformaram o semiárido brasileiro? São Paulo, SP: Chiado, 2018. 434 p.

CASTRO, M.; PEIXOTO, M. N. O.; PIRES DO RIO, G. A. Riscos ambientais e geografia: conceituações, abordagens e escalas. *Anuário do Instituto de Geociências,* Rio de Janeiro: UFRJ, v.28, n.2, p.11-30, 2005.

ESTEVES, C. J. O. Risco e Vulnerabilidade Socioambiental: Aspectos Conceituais. *Caderno Ipardes,* Curitiba, v. 1, p.62-79, jul./dez. 2011.

GIDDENS, A. *As consequências da modernidade*. São Paulo: Unesp, 1991.

MARANDOLA JR., E.; HOGAN, D. J. Natural Harzards: o estudo geográfico dos perigos. *Revista Ambiente & Sociedade,* Campinas, v. 7, n. 2, p.95-109, jul./ dez, 2004.

MENEZES, D. *O outro Nordeste:* ensaio sobre a evolução social e política do Nordeste da "civilização do couro" e suas implicações históricas nos problemas gerais. 2. ed. Rio de Janeiro: Artenova, 1970. 169 p.

MORAIS, H. A. R. *Avaliação do programa um milhão de cisternas rurais (P1MC):* eficácia, eficiência e efetividade nos territórios do Rio Grande do Norte (2003/2015). 2016. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

ONU. *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. Sendai, Japan: UNDRR, 2015. 37 p.

PEREIRA, S.. As representações territoriais e o processo de gestão do semiárido brasileiro (Sertão), 1985-2016**.** *L'ordinaire Des Amériques*, [s.l.], n. 221, p.1-1, 10 dez. 2016. OpenEdition. http://dx.doi.org/10.4000/orda.3032. Disponível em: <https://journals.openedition.org/orda/3032>. Acesso em: 10 set. 2019.

RIO GRANDE DO NORTE. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS. *Sistema de Informações de Bacias Hidrográficas***.** 2020. Disponível em: <http://servicos.searh.rn.gov.br/semarh/sistemadeinformacoes/consulta/cBacia.asp>. Acesso em: 17 jun. 2020.

TROLEIS, A. L.; SILVA, B. L.. Os recursos hídricos do Rio Grande do Norte: uma análise da vulnerabilidade territorial ao colapso no abastecimento de água. *Confins,* [s.i.], v. 34, 2018. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/12901>. Acesso em: 14 out. 2019.

WILHITE, Donald. A. *A methodology for drought preparedness*. Natural Hazards. [s.i], p. 229-252. may 1996.

WILHITE, D. A. Breaking the Hydro-Illogical cycle: progress or status quo for drought management in the United States. *European Water*, n. 34, p. 5-18, 2011.

Cultivo e Plantio do Capim Vetiver como Solução para a Redução de Riscos Geológicos em Tinguazinho, Nova Iguaçu/RJ

Cultivation and Planting of Vetiver Grass as a Solution for Reducing Geological Risks in Tinguazinho, Nova Iguaçu/RJ

1º Autor Rodrigo Bernardo Ramos[1], 2º Autor Claudia Avelar Barboza Lima Moura[2] e 3º Analice Ramos Pereira Gomes[3], 4° Autor Márcia Motta Velloso, DSc

1 Universidade Federal Fluminense, rodrigo_br@id.uff.br

2 Universidade Federal Fluminense, c_avelar@id.uff.br

3 Universidade Federal Fluminense, analiceramos@id.uff.br

4 Universidade Federal Fluminense, marciavelloso@id.uff.br

RESUMO

O projeto propõe a capacitação da comunidade de Tinguazinho, Nova Iguaçu (RJ), no cultivo de capim vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) para mitigar riscos geológicos. A metodologia qualitativa inclui análise da percepção dos moradores, implementação de viveiro comunitário e estímulo à geração de renda com produtos derivados do vetiver. O projeto utiliza o Mapa de Risco de Tinguazinho (DRM-RJ, 2018) para identificar áreas de risco médio e baixo, onde vivem cerca de 93 moradores. O capim vetiver, com raízes que atingem até 3 metros de profundidade, estabiliza o solo e controla a erosão. As mudas serão plantadas próximas umas das outras, seguindo as orientações da *The Vetiver Network International*. Além da estabilização do solo, o projeto visa a geração de renda por meio da produção de artesanatos e óleo essencial de vetiver, matéria-prima utilizada na indústria de fragrâncias. O cronograma prevê a visita técnica à comunidade, diagnóstico, planejamento, construção do viveiro, oficinas de capacitação, plantio nas áreas de risco, monitoramento e divulgação dos resultados. Espera-se a redução da erosão, a estabilização dos taludes, a geração de renda e o fortalecimento da resiliência comunitária. O projeto visa a segurança e o desenvolvimento sustentável da comunidade, promovendo um futuro mais seguro e próspero para Tinguazinho.

Palavras-Chave: Capim vetiver, mitigação de riscos, deslizamentos, desenvolvimento comunitário, sustentabilidade.

ABSTRACT

The project aims to train the community of Tinguazinho, Nova Iguaçu (RJ), in the cultivation of vetiver grass (Chrysopogon zizanioides) to mitigate geological risks. The qualitative methodology includes analyzing residents' perceptions, implementing a community nursery, and encouraging income generation with vetiver-derived products. The project uses the Tinguazinho Risk Map (DRM-RJ, 2018) to identify areas of medium and low risk, where approximately 93 residents live. Vetiver grass, with roots that reach up to 3 meters deep,

stabilizes the soil and controls erosion. The seedlings will be planted close to each other, following the guidelines of The Vetiver Network International. In addition to soil stabilization, the project aims to generate income through the production of handicrafts and vetiver essential oil, a raw material used in the fragrance industry. The schedule includes a technical visit to the community, diagnosis, planning, construction of a nursery, training workshops, planting in risk areas, monitoring and dissemination of results. The project is expected to reduce erosion, stabilize slopes, generate income and strengthen community resilience. The project aims to ensure the safety and sustainable development of the community, promoting a safer and more prosperous future for Tinguazinho..

Keywords: Vetiver grass, risk mitigation, landslides, community development, sustainability.

1 INTRODUÇÃO

O projeto propõe uma solução e instrumentos de gestão para a redução de riscos e de desastre na comunidade de Tinguazinho, Município de Nova Iguaçu, Rio de Janeiro (RJ).

A comunidade de Tinguazinho está localizada em uma área vulnerável e, como diversas outras localidades da Baixada Fluminense, passa por processos de movimentos de massa que afetam direta ou indiretamente a mobilidade e o acesso às ferramentas públicas ameaçam a segurança e o bem-estar da população e interferindo direta ou indiretamente na mobilidade. Este projeto nasce como uma resposta sustentável a essa realidade, propondo a formação comunitária no cultivo do vetiver (Chrysopogon zizanioides) como estratégia para a redução dos riscos geológicos.

2 OBJETIVOS

Objetivo Geral

- Capacitar a Comunidade de Tinguazinho para o cultivo, plantio e manejo do capim vetiver, visando à mitigação dos riscos a escorregamentos e a prevenção de cenários de riscos geológicos que afetam a localidade.

Objetivos Específicos

- Levantar a percepção dos moradores sobre os riscos geológicos;
- Implementar um viveiro comunitário para produção e plantio do capim vetiver;
- Estimular a geração de renda através de produtos derivados do vetiver.

3 METODOLOGIA

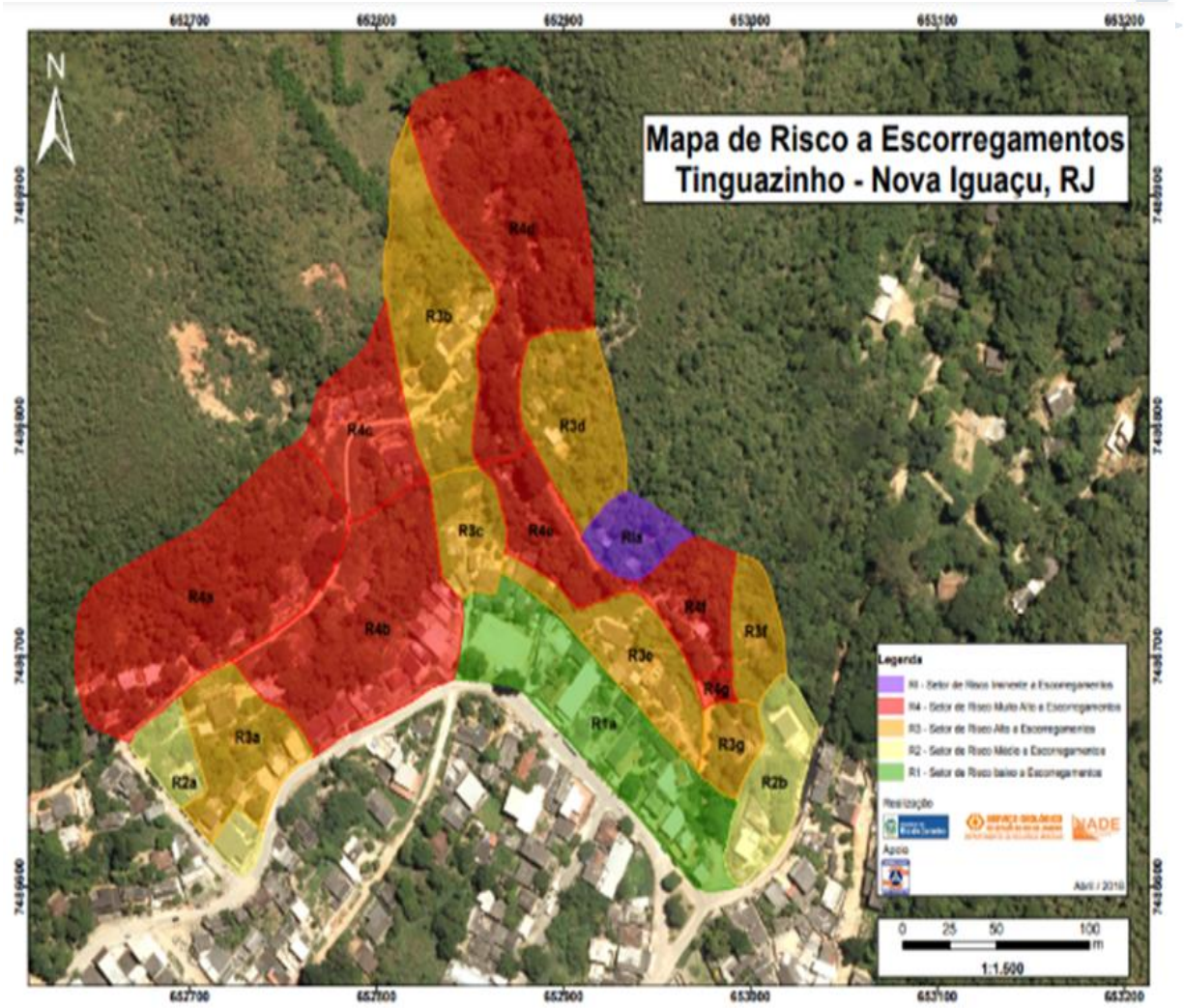
A metodologia adotada será de natureza qualitativa, com foco na análise e interpretação de percepções para a compreensão dos dados. O estudo se baseará em uma abordagem multifacetada, que inclui a exploração e caracterização inicial do problema, a descrição detalhada das características do fenômeno, a revisão de fontes bibliográficas como livros e artigos, e a análise aprofundada de estudos de caso relevantes.

4 BASE TEÓRICA

4.1 Mapeamento da área de risco

O *Mapa de Risco Escorregamento de Tinguazinho* elaborado pelo Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro (DRM-RJ) em 2018, dispõe sobre a identificação dos setores que estão sujeitos à ocorrência de processos geológicos de movimentos de massa (Figura 1).

Figura 1 – Mapeamento de Risco a Escorregamentos, com a delimitação das áreas de risco baixo, médio, alto, muito alto e iminente, identificadas na comunidade de Tinguazinho em 2018. Fonte: Departamento de Recursos Minerais (DRM-RJ), 2018.



Além de um mapa elaborado na escala 1:1.500 (de grande detalhamento) outros documentos acessórios como fichas de campo e espelhos de risco, também compõem a cartografia, de maneira que as informações importantes das áreas (localização, composição e dimensões das encostas, presença de evidências de movimentação, condicionantes etc.) podem ser consultadas.

O mapa de risco de Tinguazinho registra a existência de 18 setores de riscos classificados como iminente (RI), muito alto (R4), alto (R3), médio (R2) e baixo (R1) hierarquizados de acordo com o risco e número de edificações. Para a escolha dos locais de implementação do capim vetiver em Tinguazinho, optou-se pelos 03 setores de risco médio (R2b, R2) e baixo (R1a). Até a data de realização do levantamento, as referidas áreas abrangem cerca de 27% dos imóveis identificados em risco, onde vivem cerca de 93 moradores (Figura 02).

De acordo com as análises geotécnicas descritas na Cartografia de Tinguazinho, as áreas de risco médio e baixo apresentam evidências de movimentação associadas a rupturas rasas em taludes, o que justifica e torna coerente a escolha das mesmas para a realização do projeto. Além disso, estas áreas apresentam, majoritariamente, taludes de corte mais baixos (na ordem de 2,5 - 3,0), taludes naturais com menores declividade (entre 5 º e 40º) e exposição de solo residual/aterro sem sistema de drenagem, o que torna efetiva a incidência de processos erosivos laminares.

Essas características, associadas à perspectiva de tempo x evolução dos cenários geotécnicos, favorecem que as possibilidades de sucesso da introdução do capim vetiver nos horizontes de solo ou aterro sejam maiores.

Um outro fato descrito nos documentos técnicos da cartografia de risco que corrobora o uso da técnica nas áreas escolhidas, é a possibilidade de recebimento de obras de retaludamentos como método de mitigação do risco nas áreas de risco R3 e R2. O uso desse capim em projetos desta natureza, seguindo as curvas de nível do terreno, se mostra positivo, no que se refere entre outros à proteção superficial.

Figura 2 – Tabela Hierárquica dos setores de risco da localidade de Tinguazinho no município de Nova Iguaçu.
Fonte: pelo Departamento de Recursos Minerais (DRM-RJ), 2018.

	Grau de Risco	Setor	Número de Casas (Estimativa)	Número de Pessoas (Estimativa)
1	RI	NI-TIN-18	2	5
2	R4a	NI-TIN-11	9	28
3	R4b	NI-TIN-12	7	27
4	R4c	NI-TIN-13	4	16
5	R4d	NI-TIN-14	5	15
6	R4f	NI-TIN-16	3	12
7	R4e	NI-TIN-15	3	6
8	R4g	NI-TIN-17	1 (em construção)	
9	R3e	NI-TIN-08	8	32
10	R3a	NI-TIN-04	8	25
11	R3b	NI-TIN-05	5	17
12	R3c	NI-TIN-06	5	15
13	R3d	NI-TIN-07	4	14
14	R3f	NI-TIN-09	2	8
15	R3g	NI-TIN-10	2	4
16	R2b	NI-TIN-03	5	16
17	R2a	NI-TIN-02	3	9
18	R1a	NI-TIN-01	17	68
		TOTAL	92	317

4.2 Sobre o vetiver

As raízes do capim podem chegar a até 3 metros de profundidade, conseguindo assim chegar em diferentes camadas do solo cultivado (Truong; Van; Pinners, 2008).

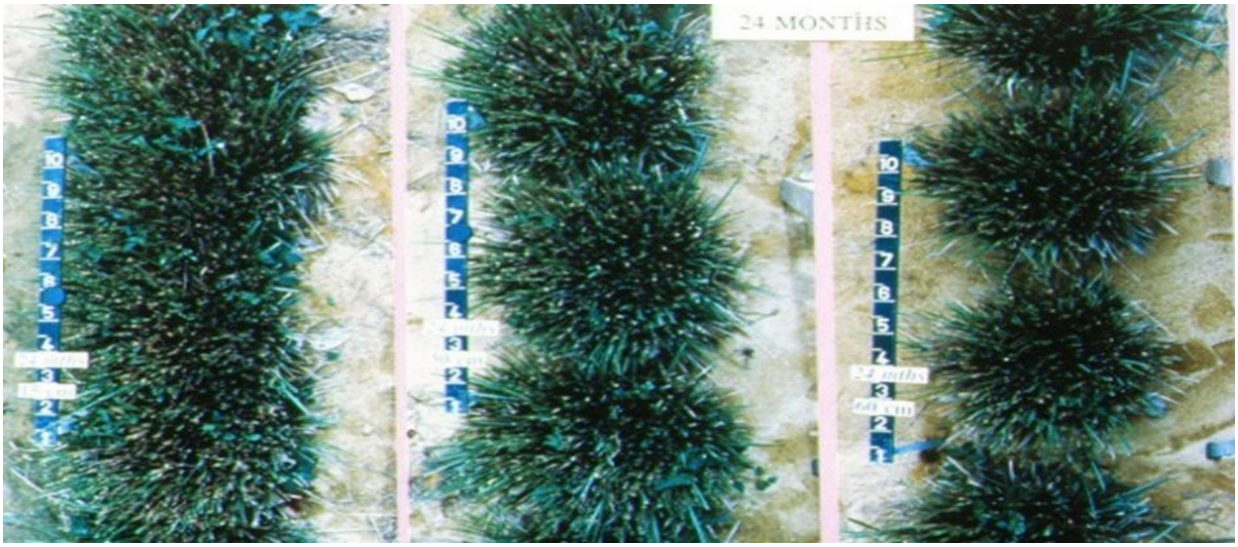
4.2.1 Método de cultivo

A *The Vetiver Network International* (A Rede de Vetiver Internacional) orienta que o vetiver seja plantado sob um espaçamento correto em linha de 10-15 cm no máximo. Plantar mudas de vetiver com mais de 10-15 cm de distância cria aglomerados que demoram a crescer juntos, criando assim lacunas que anulam o propósito do sistema (Figura 03). Ainda destaca que, para otimizar a velocidade e a eficácia do estabelecimento do sistema vetiver, as mudas de vetiver devem ser plantadas bem próximas umas das outra. Recomenda-se também que as mudas sejam plantadas em saquinhos para o enraizamento, preferencialmente em viveiros, pois, em obras de grande porte, há a necessidade de um grande volume de mudas e de mão de obra (Pereira, 2006).

Em estudos mais recentes como o de Holanda; Dias e Santos, (2021), o sistema vetiver se apresenta como um potencial método da bioengenharia para adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, potencializado pela aplicação de adubação orgânica. Tornando-o um método viável para estabilizar taludes, evitar movimentação de massa, com características adaptáveis a diferentes solos e condições climáticas.

Em relação as condições do clima, o capim vetiver é capaz de resistir a variações climáticas extremas, o que o torna propicio para regiões que enfrentam períodos intensos e longos de chuvas (Holanda; Dias; Santos, 2021).

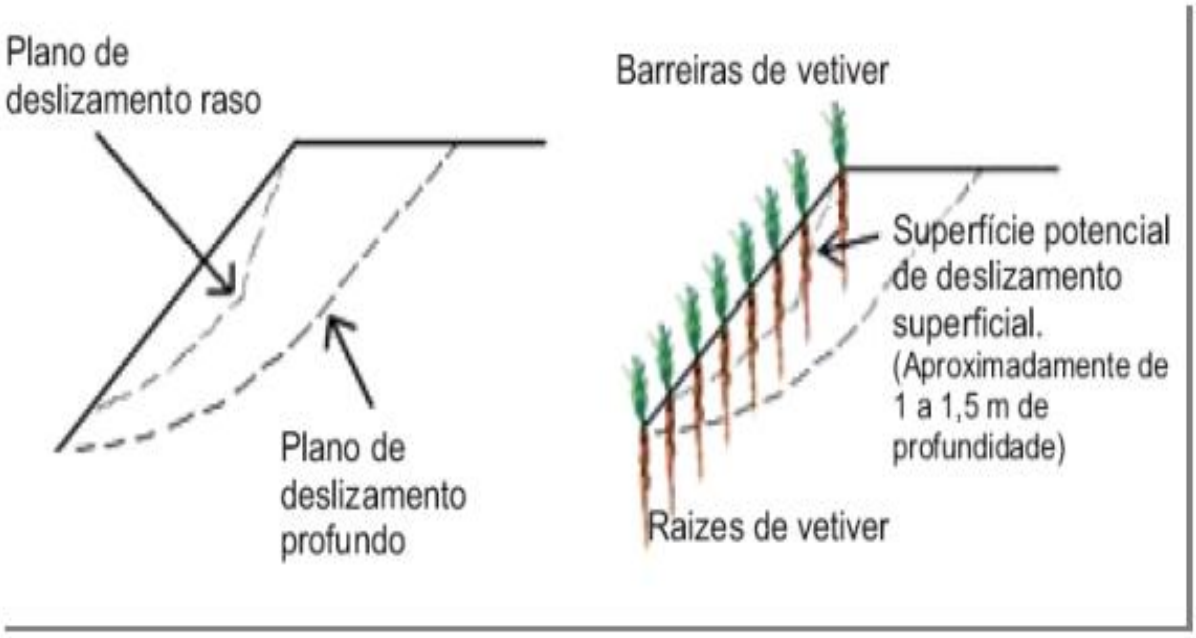
Figura 3 - Vista aérea de uma plantação de vetiver de 24 meses com espaçamento da esquerda para a direita de 15, 30, 60 cm.
Fonte: A The Vetiver Network International, 2024.



4.2.2 Raízes

As barreiras formadas pelo vetiver controlam a velocidade de escoamento da água na superfície do terreno e suas raízes, resistentes e profundas, auxiliam na estabilização do solo em até 3 metros de altura, prevenindo deslizamentos (Figura 04). Além disso há regulação do fluxo da água, evitando a formação de erosão (Truong; Baker, 2001).

Figura 4 – Sistema vetiver
Fonte: Deflor Bioengenharia, 2024.



4.3 Produtos derivados do capim vetiver

Podemos considerar o vetiver uma planta versátil que oferece variedade de produtos artesanais. A seguir, é apresentado alguns produtos.

Vale ressaltar que, as folhas do vetiver podem ser utilizadas em artesanatos e até mesmo preparo de essências para fabricação de perfumes, sabonetes, cremes e outros cosméticos

4.3.1 Óleo essencial

O óleo essencial do vetiver, apresenta uma composição química diversificada, com mais de 100 elementos, como os sesquiterpenos, beta-vetiveneno e o betavetivona. Com essa composição, óleo apresenta um alto teor alcoólico e um aroma característico (Oliveira et al., 2023).

O óleo essencial de vetiver também é uma matéria-prima muito utilizada na indústria de fragrâncias, principalmente, aquelas que em sua grade trabalha com produtos mais ecologicamente responsáveis. O mercado global de óleo se destaca mais pelos países europeus, seguidos pela região Ásia-Pacífico e América do Norte (Sharmeen et al., 2021).

4.3.2 Produção de artesanatos

A *The Vetiver Network International* destaca que produção de artesanatos surgiu há muitos anos pela Família Real Tailandesa, na qual na década de 1990 se tornava referência com artesanatos finos feitos de capim vetiver

Desde as folhagens até as raízes podem ser aproveitadas para a produção de artesanatos, como chapéus, cestas para colheita, tapetes e outros produtos.

4.3.3 Mudas para comercialização

As mudas do vetiver são comercializadas facilmente, podendo ser dentro de sacos plásticos ou até mesmo com as raízes expostas.

No entanto, o cultivo com as raízes em sacos plásticos aumentar o valor de mercado das mudas, produzindo mudas com uma qualidade melhor, o que interferir principalmente na sobrevivência da planta (Chaves; Andrade, 2013).

5 ESTUDO DE CASO

Os autores Madruga, Schelle e Salomão, (2019) no artigo “Uso do capim vetiver (Sistema Vetiver) na estabilização de taludes de rodovias, proteção de drenagens e de áreas marginais”, destacam a aplicação do vetiver, principalmente, na Malásia (Figura 05). O uso da vegetação tem sido amplamente empregado como solução para a estabilização de taludes e controle de erosão em obras rodoviárias, destacando-se pelo baixo custo e pelo método sustentável. Os autores também ressaltam que diversos ensaios foram realizados na Malásia, comparando o vetiver a outras gramíneas nativas em encostas sujeitas a desmoronamento. Os resultados demonstraram que o capim vetiver apresentou desempenho superior, mantendo a estabilidade dos taludes mesmo após eventos pluviométricos severos, enquanto as demais espécies não conseguiram evitar processos erosivos.

Figura 5: Exemplo de uso do sistema vetiver na Malásia, na qual houve preocupação com a qualidade das plantas, bom domínio na aplicação, o acompanhamento e a supervisão adequada com manutenção.
Fonte: Madruga; Schelle; Salomão, 2019.

O estudo também evidencia a aplicação positiva do vetiver em Madagascar, especialmente em estruturas de drenagem, como o plantio próximo a canaletas, com o objetivo de evitar o assoreamento e o bloqueio do canal drenante (Figura 06). Dessa forma, o capim vetiver mostra-se uma alternativa eficiente e sustentável para a proteção de taludes e drenagens em obras rodoviárias (Madruga; Schelle; Salomão, 2019).

Figura 6: A barreira de vetiver margeando a canaleta de drenagem irá melhorar a qualidade das águas no ponto final de lançamento e reduzir os custos de manutenção com limpeza (Madagascar)
Fonte: Madruga; Schelle; Salomão, 2019.

6 CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DO PROJETO

Cronograma de Atividades												
Ref.	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1º Ano		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2º Ano	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3º Ano						x						x

Ano 1º:

- Fevereiro- Março: Visita Técnica a Comunidade e levantamento dos pontos de maior vulnerabilidade.
- Abril-Junho: Diagnóstico, planejamento e mobilização da comunidade.
- Julho-Setembro: Construção do viveiro comunitário e início da produção de mudas.
- Outubro-Dezembro: Oficinas de capacitação sobre cultivo e plantio do vetiver.

Ano 2º:

- Janeiro-Março: Plantio de vetiver nas áreas de risco.
- Abril-Junho: Oficinas de capacitação sobre artesanato e aromatizadores.
- Julho-Setembro: Monitoramento e avaliação do projeto.
- Divulgação dos resultados e planejamento da sustentabilidade do projeto.

Ano 3º:

- Acompanhamento do desenvolvimento Comunitário.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta metodologia integra técnicas de engenharia, agronômicas, análise de solo e engajamento social, alinhando-se a estudos que comprovam a eficácia do capim vetiver em áreas de risco geológico onde o capim vetiver é uma solução econômica e sustentável para proteção do solo, integrando eficácia técnica e adaptação ambiental.

Os resultados esperados incluem:

- Redução da erosão em áreas vulneráveis;
- Estabilização dos taludes através das raízes profundas do capim vetiver;
- Geração de renda pela comercialização de produtos artesanais derivados da planta;
- Fortalecimento da resiliência comunitária frente aos riscos geológicos.

O impacto social também é significativo, com potencial para transformar a realidade econômica local através da capacitação no manejo sustentável da planta.

8 ANÁLISE CRÍTICA: DIFICULDADES E APOIOS ESPERADOS

8.1 Dificuldades esperadas

A dificuldade em encontrar mudas de qualidade pode ser uma barreira, assim como a obtenção de patrocínios para o projeto. Além disso, a resistência da comunidade em adotar novas práticas dificulta a implementação do projeto.

A cartografia de risco a escorregamentos utilizada como base para a escolha das áreas de implantação do presente projeto, é datada de 2018. Com um lapso temporal de 07 anos, é inevitável, se consideradas as características do meio físico, da ocupação e da ausência de medidas mitigatórias, que as áreas que antes foram classificadas como de risco médio e baixo, hoje possam ter evoluído para cenários mais críticos tornando menos eficaz o uso do Capim Vetiver na estabilidade dos taludes avaliados. Da mesma forma, é razoável que novas outras áreas de risco possam ter surgido, o que determina que seja fundamental para a continuidade

do projeto que o município de Nova Iguaçu, atualize os estudos de identificação de risco.

8.2 Apoios esperados

Para o projeto, espera-se apoio em diversas frentes, o envolvimento de órgãos governamentais pode facilitar a obtenção de licenças e a integração com políticas públicas. O apoio de empresas privadas, através de patrocínios ou doações. Importante ressaltar a necessidade de recursos financeiros para aquisição de mudas, equipamentos e materiais, assim como parcerias com instituições de pesquisa e universidades para suporte técnico. Além disso, a mobilização da comunidade local, com voluntariado e participação ativa.

9 CONCLUSÃO

Com este projeto consolida-se a segurança e o desenvolvimento sustentável da comunidade de Tinguazinho. A implementação do capim vetiver, uma solução natural e comprovadamente eficaz, representa um avanço na mitigação de riscos geológicos, promovendo a estabilidade do solo e a proteção das moradias. A participação ativa da comunidade, desde o plantio até a manutenção, torna-os mais resilientes aos riscos expostos e eventos climáticos.

Além da mitigação de riscos, o capim vetiver possibilitará a geração de renda para a comunidade através do artesanato e da produção de essências, transformando-a em um centro de referência.

Ao investir em soluções baseadas na natureza e no engajamento comunitário, este projeto não apenas previne desastres, mas também cultiva um futuro mais seguro, resiliente e próspero para Tinguazinho.

REFERÊNCIAS

CHAVES, Tiago de Andrade; ANDRADE, Aluísio Granato de. **CAPIM VETIVER: Produção de mudas e uso no controle da erosão e na recuperação de áreas degradadas.** 39. ed. Niterói: Programa Rio Rural. Manual Técnico, 2013.

DEFLOR BIOENGENHARIA (Brasil). **Capim vetiver**. Disponível em: < https://deflor.com.br/vetiver/.> Acesso em: 02 mar. 2025.

Holanda, F. S. R.; Dias, K. L. L. D.; Santos, L. D. V. **Desenvolvimento e características morfométricas do capim vetiver submetidas a diferentes níveis de adubação orgânica**. Revista Caatinga, 2021.

MADRUGA, Elder de Lucena; SCHELLE, Elvio Luiz; SALOMÃO, Fernando Ximenes de Tavares. **Uso do capim vetiver (sistema vetiver) na estabilização de taludes de rodovias, proteção de drenagens e de áreas marginais**. Disponível em: https://defesacivil.es.gov.br/M

edia/defesacivil/Material%20Did%C3%A1tico/CBPRG %20%202019/PESQUISA%20VETIVER.pdf. Acesso em: 02 mar. 2025.

Oliveira, K. S. P., Silva, J. M. L., Silva, C. M., Silva, V. R., & Medeiros, T. A. Vetiver (Vetiveria z izanioides L.): **Uma planta de interesse para a produção de cosméticos verdes**. Vol 19, nº 2. 2023.2. pag 20.

Pereira, A. R. **O uso do Vetiver na estabilização de taludes e encostas**. Boletim Técnico nº 3. Belo Horizonte, Minas Gerais, 2006. Disponível em: <http://deflor.com.br/wpcontent/uploads/2021/10/3USO_DO_VETIVER_NA_ESTABILIZACAO_DE_TALUDES_E_ENCOSTAS.pdf> Acesso em: 09 mar. 2025

RIO DE JANEIRO, 2024. **Mapa de Risco, Tinguazinho, Nova Iguaç**u. Disponível em: https://www.rj.gov.br/drm/sites/default/files/arquivos_paginas/Mapa_de_Risco_Tinguazinho_Nova_Igua%C3%A7u.pdf Acesso em: 23 mar. 2025

SHARMEEN, J.B.; MAHOMOODALLY, F.M.; ZENGIN, G.; MAGGI, F**. Essential oils as natural sources of fragrance compounds for cosmetics and cosmeceuticals**. Molecules. 2021, 26, 3, 666.

The Vetiver Network International (TH). Disponível em: < https://www.vetiver.org/vetiver-grass-technology/how-to-plant/ >. Acesso em: 13 mar. 2025

TRUONG P,; HART, B. **Vetiver System for Wastewater treatment**. Boletim técnico, n. 2, PRVN/ORDPB, Bangkok, Thailand. 2001.

TRUONG P. **Vetiver System for Wastewater treatment**. Boletim técnico, n. 4, PRVN/ORDPB, Bangkok, Thailand. 2008.

TRUONG, Paul; VAN, Tran Tan; PINNERS, Elise, 2008**. Manual de referência técnica de aplicações do sistema Vetive**r. The Vetiver Network International, v. 89. Acesso em: 09 mar. 2025

VILA VERDE INSUMOS AGROECOLÓGICOS, 2024. **Capim Vetiver: O segredo verde para um futuro sustentável**. Disponível em: https://www.vilaverdeagroecologico.com/capim-vetiver-vila-verde-sustentabilidade/ Acesso em: 15 mar. 2025.

PUBLICAÇÕES DE NAIM KAPUCU RELEVANTES PARA O VI CONGRESSO SRA-LA 2025

NAIM KAPUCU'S PUBLICATIONS RELEVANT FOR THE VI SRA-LA CONGRESS 2025

Alan Ianke

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, ianke.alan@pucpr.edu.br

RESUMO

O presente artigo tem por objetivo apresentar um panorama sistemático e informativo das publicações de Naim Kapucu relacionadas aos eixos temáticos do VI Congresso da Sociedade de Análise de Risco Latino-Americana (VI SRA-LA 2025). Adota-se uma abordagem curatorial fundamentada em critérios bibliométricos metodologicamente estruturados, a qual consiste na seleção e organização dos artigos científicos mais relevantes produzidos por esse pesquisador. Kapucu é reconhecido internacionalmente por suas contribuições acadêmicas em áreas como gestão de emergências e crises, governança em rede, tomada de decisão em contextos complexos, pesquisa social aplicada a políticas públicas e gestão pública colaborativa. Inicialmente, foram coletados 154 artigos científicos de autoria ou coautoria de Kapucu, publicados entre 2005 e 2024. Em seguida, foram aplicados filtros de aderência aos nove eixos temáticos do congresso, obtendo-se uma pré-seleção de 88 artigos. Posteriormente, empregou-se a metodologia Methodi Ordinatio para classificar a relevância acadêmica dessas publicações, resultando na seleção final de 69 artigos de maior impacto científico, cada um deles associado a pelo menos um eixo temático do evento. Com isso, objetiva-se facilitar aos congressistas o acesso direcionado às publicações mais relevantes de Kapucu, de modo a embasar discussões e práticas relacionadas à gestão integrada da redução do risco de desastres.

Palavras-Chave: Redução de riscos de desastres; estudos de desastres; gestão de emergências; redes interorganizacionais; análise bibliométrica; curadoria bibliográfica sistematizada.

ABSTRACT

This paper aims to present a systematic and informative overview of Naim Kapucu's publications related to the thematic tracks of the VI Congress of the Latin American Society for Risk Analysis (VI SRA-LA 2025). The study adopts a curatorial approach, grounded in methodologically structured bibliometric criteria. This approach consists of selecting and organizing the most relevant scientific articles produced by this researcher. Kapucu is internationally recognized for his academic contributions in areas such as emergency and crisis management, network governance, decision-making in complex contexts, applied social research for public policy, and
collaborative public management. Initially, 154 scientific articles authored or co-authored by Kapucu and published between 2005 and 2024 were collected. Next, filters based on alignment with the congress's nine thematic tracks were applied, yielding a pre-selection of 88 articles. Subsequently, the Methodi Ordinatio methodology was employed to rank the academic relevance of these publications, resulting in a final selection of 69 articles with the highest

scientific impact, each associated with at least one thematic track of the event. This effort aims to provide congress participants with targeted access to Kapucu's most relevant publications, thereby supporting discussions and practices related to integrated disaster risk reduction management.

Keywords: Disaster risk reduction; disasters studies; emergency management; interorganizational networks; bibliometric analysis; systematic bibliographic curation.

1 INTRODUÇÃO

Este artigo tem por objetivo apresentar um panorama sistemático e informativo das publicações de Naim Kapucu relacionadas aos eixos temáticos do VI Congresso da Sociedade de Análise de Risco Latino-Americana (VI SRA-LA 2025). Por meio de uma abordagem curatorial, baseada em critérios bibliométricos estruturados metodologicamente, realiza-se a seleção e a organização das obras mais relevantes desse autor. Assim, pretende-se proporcionar aos congressistas um acesso direcionado aos estudos de maior impacto acadêmico produzidos por Kapucu, pesquisador amplamente reconhecido pela relevância internacional de suas contribuições científicas nas áreas de gestão de emergências e crises, governança em redes, tomada de decisões em cenários complexos, pesquisa social aplicada às políticas públicas e gestão pública colaborativa (University of Central Florida, 2025).

Em síntese, objetiva-se auxiliar acadêmicos e profissionais na identificação das publicações de Kapucu com maior impacto acadêmico relacionadas aos seguintes eixos temáticos do congresso: Riscos e Desastres Ambientais; Gestão do Risco, Governança e Políticas Públicas na Redução de Risco de Desastres (RRD); Comunicação em RRD; Educação, Participação Comunitária e Redes; Tecnologias e Inovação em RRD; e Saúde e Ambiente.

1.1 A relevância acadêmica da obra de Naim Kapucu para o campo da Redução de Riscos e Gerenciamento de Desastres

A seleção da produção acadêmica do professor Naim Kapucu como objeto deste artigo fundamenta-se na estreita relação entre suas áreas de expertise — Administração e Políticas Públicas, Governança e Liderança em Redes e Gestão de Emergências e Crises — e os eixos temáticos estabelecidos para o VI SRA-LA 2025. Kapucu é Ph.D. em Assuntos Públicos e Internacionais pela Universidade de Pittsburgh (EUA) e Mestre em Gestão Pública pela Universidade Carnegie Mellon (EUA). Atualmente é professor na Universidade da Flórida Central (EUA).

Grande parte de seus estudos aborda a coordenação entre organizações públicas e múltiplos atores em situações de catástrofe, assim como estratégias voltadas ao aprimoramento da preparação comunitária e da capacidade de resposta a emergências. Suas pesquisas englobam temas como liderança em crises, resiliência urbana, gestão pública colaborativa e tomada de decisões em cenários complexos. A solidez de sua produção acadêmica evidencia-

se em dezenas de artigos publicados em periódicos de alto impacto, bem como em doze livros, nos quais é autor ou editor (Kapucu, 2024).

Kapucu alcançou amplo reconhecimento pelo conjunto de suas pesquisas, fato que reflete-se em diversas premiações de grande relevância, entre as quais se incluem o *Southeastern Conference for Public Administration Senator Peter B. Boorsma Award* (2024), concedido em reconhecimento à promoção do intercâmbio internacional de conhecimento em administração pública; o *University of Central Florida Pegasus Professor Award* (2019), considerada a mais alta distinção acadêmica dessa instituição; e o *Fred W. Riggs Award for Lifetime Scholarly Achievement in International and Comparative Administration* (2018),

outorgado pela *American Society for Public Administration* às contribuições de destaque na área de administração internacional e comparada (University of Central Florida, 2025).

Numa súmula, a trajetória acadêmica de Kapucu evidencia a integração entre pesquisa científica e problemas práticos na gestão integrada de riscos de desastres – enfoque que se alinha de forma direta à proposta do VI SRA-LA 2025. Espera-se que a familiarização com as contribuições desse autor ofereça subsídios teóricos e práticos a acadêmicos e profissionais, enriquecendo os debates e fomentando novas reflexões a partir de um contato direcionado com suas publicações.

2 METODOLOGIA

Neste estudo adotou-se uma metodologia estruturada em etapas sequenciais e orientada por critérios objetivos e indicadores bibliométricos. O processo envolveu desde a coleta das publicações de Naim Kapucu, passando pela aplicação de filtros alinhados aos eixos temáticos do congresso e a subsequente classificação das obras selecionadas com base em métricas de impacto acadêmico.

Essa abordagem visou assegurar uma seleção sistemática e rigorosa das publicações do autor que apresentam maior relevância acadêmica até o presente. Cada etapa do procedimento é detalhada nas subseções seguintes.

2.1 Coleta de publicações e filtragem temática preliminar

A primeira etapa realizada tratou-se da consulta ao currículo acadêmico de Naim Kapucu, disponível publicamente em sua página institucional na Universidade da Flórida Central (Kapucu, 2024). Foram compiladas todas as publicações em periódicos indexados (*refereed journal articles*) nos quais Kapucu figura como autor ou coautor, totalizando 154 artigos científicos publicados entre 2005 e 2024.

Posteriormente, procedeu-se a uma pré-seleção temática com o objetivo de reter apenas os trabalhos com aderência aos eixos temáticos do VI SRA-LA 2025. Para cada artigo da lista preliminar, foram examinados o título, as palavras-chave e o resumo, visando identificar a interseção do escopo da publicação com pelo menos um dos nove eixos temáticos definidos para o evento, a saber: (1) mudanças climáticas; (2) riscos e desastres ambientais; (3) riscos e desastres tecnológicos; (4) gestão do risco, governança e políticas públicas em RRD; (5) comunicação em RRD; (6) educação, participação comunitária e redes; (7) tecnologias e inovação em RRD; (8) saúde e ambiente; e (9) gestão e manejo de animais em desastres (CEPED/PR, 2025).

Em seguida, foram excluídos 66 artigos que não apresentaram relação com nenhum dos nove eixos temáticos do congresso. Como resultado desse filtro, obteve-se um total de 88 artigos pertinentes a pelo menos um eixo temático.

Cabe notar que, em consonância com as áreas de maior interesse acadêmico de Kapucu, alguns eixos mostraram-se significativamente mais contemplados que outros. Destacou-se maior número de trabalhos relacionados aos eixos gestão do risco, governança e políticas públicas em RRD e comunicação em RRD. Por outro lado, os eixos mudanças climáticas e gestão e manejo de animais em desastres não apresentaram publicações

associadas. Sendo assim, todos os eixos para os quais se identificou pelo menos um artigo pertinente foram considerados na fase seguinte da pesquisa.

2.2 Organização e classificação das publicações – Methodi Ordinatio

Para a organização dos 88 artigos pré-selecionados, adotou-se a Methodi Ordinatio (Pagani; Kovaleski; Resende, 2015; Pagani *et al.*, 2017; Campos *et al.*, 2018; Pagani *et al.*, 2022), desenvolvida para apoiar revisões sistemáticas de literatura, auxiliando na seleção e na identificação da relevância acadêmica de artigos científicos com base em critérios bibliométricos. Essa metodologia diferencia-se pela introdução de um índice denominado InOrdinatio, calculado por meio de uma equação que combina três elementos de cada artigo: a métrica referente ao fator de impacto do periódico, o ano de publicação e o número de citações acumuladas. Esse cálculo multifatorial permite atribuir uma pontuação de relevância científica que pondera tanto a atualidade quanto o impacto acadêmico de cada trabalho, possibilitando ao pesquisador atribuir, a seu critério, um peso variando de 1 a 10 à importância dada ao ano de publicação dos estudos que compõem o portfólio dos artigos pré-selecionados.

Neste estudo aplicou-se a fórmula do InOrdinatio atribuindo-se o peso α = 10 ao critério ano de publicação (Pagani *et al.*, 2015), valor que enfatiza ao máximo a atualidade das publicações. Para obter os dados necessários (número de citações e métricas de impacto dos periódicos), utilizou-se a ferramenta RankIn (Pagani *et al.*, 2022). Após o cálculo do índice InOrdinatio para cada artigo, foi possível ordenar — em ordem decrescente de relevância acadêmica — as 88 publicações pré-selecionadas obtidas na etapa anterior.

Por fim, optou-se pela eliminação dos 19 artigos com InOrdinatio inferior a 30. Assim, obteve-se um *corpus* final composto pelos 69 artigos de maior impacto científico de Kapucu, cada um associado a pelo menos um eixo do VI SRA-LA 2025.

Em síntese, a estratégia metodológica consistiu em: (1) coletar as publicações de artigos de Kapucu (total bruto = 154); (2) filtrar esses artigos pelo alinhamento aos eixos temáticos do congresso (154 - 66 = 88); (3) eliminar os artigos com InOrdinatio inferior a 30 (88 - 19 = 69); (4) ranquear os artigos restantes (total líquido = 69); e (5) alocar cada artigo ao eixo temático com melhor aderência. A etapa subsequente envolveu a elaboração das tabelas de resultados apresentadas a seguir, que sintetizam os achados desse processo.

3 RESULTADOS

Os 69 artigos selecionados foram categorizados conforme os eixos temáticos do VI SRA-LA 2025, distribuindo-se os trabalhos do autor em cada domínio específico. Cada eixo contemplado corresponde a uma tabela que contém as seguintes colunas: título e referência do artigo, nome do periódico, métrica de impacto calculada para o periódico, ano de publicação do

artigo, número de citações acumuladas registradas no Google Scholar (Campos *et al.*, 2018) e o índice InOrdinatio. A seguir, apresentam-se os resultados organizados por eixo temático.

3.1 Riscos e Desastres Ambientais

Neste eixo incluíram-se trabalhos de Kapucu voltados ao enfrentamento de desastres de origem natural e às consequências socioambientais desses eventos. As contribuições do autor concentram-se em compreender fatores de vulnerabilidade social, resiliência comunitária e impactos do deslocamento populacional por desastres.

A Tabela 1 lista os artigos de Kapucu classificados nesse tema, destacando estudos de caso na Flórida, Turquia e China sobre preparação e adaptação frente a eventos extremos.

Tabela 1 – Publicações de Naim Kapucu aderentes ao eixo “Riscos e Desastres Ambientais”

Artigo	Periódico	Métrica de Impacto	Ano	Citações	InOrdinatio
Assessing social vulnerability to earthquake disaster using rough analytic hierarchy process method: a case study of Hanzhong City, China. (Guo; Kapucu, 2020)	Safety Science	13	2020	73	245,0877
Public complacency under repeated emergency threats: some empirical evidence. (Wang; Kapucu, 2007)	Journal of Public Administration Research and Theory	8,5	2007	111	119,7367
Examining the impacts of disaster resettlement from a livelihood perspective: a case study of Qinling Mountains, China. (Guo; Kapucu, 2017a)	Disasters	5,6	2017	38	87,6959
Disaster resilience and adaptive capacity in Central Florida, U.S., and in Eastern Marmara Region, Turkey. (Kapucu, 2012b)	Journal of Comparative Policy Analysis	6,9	2012	49	86,8947
Examining livelihood risk perceptions in disaster resettlement. (Guo; Kapucu, 2017b)	Disaster Prevention and Management	4,4	2017	14	49,0292

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

3.2 Gestão do Risco, Governança e Políticas Públicas na RRD

Neste eixo foram agrupados os trabalhos de Kapucu que abordam governança de riscos e gestão pública de desastres, incluindo coordenação interorganizacional, políticas públicas e estruturas de resposta a emergências e catástrofes. Observa-se uma produção

abundante nessa temática, refletindo a sua predileção pelas áreas de análise de redes colaborativas e estratégias de coordenação na gestão de emergências.

A Tabela 2 apresenta a seleção de artigos do portfólio de Kapucu que se encaixam neste eixo, com artigos que abrangem desde estudos de casos (ataques de 11/09, furacões, terremotos) até revisões sistemáticas de pesquisas em rede. Essas publicações exploram modelos de governança em rede, eficácia de coordenação horizontal e vertical entre agências e lições aprendidas em diferentes contextos e países (EUA, China, Turquia e Austrália).

Tabela 2 – Publicações de Naim Kapucu aderentes ao eixo "Gestão do Risco, Governança e Políticas Públicas na Redução de Riscos de Desastres"

Artigo	Periódico	Métrica de Impacto	Ano	Citações	InOrdinatio
Collaborative emergency management and national emergency management network. (Kapucu; Arslan; Demiroz, 2010)	Disaster Prevention and Management: An International Journal	4,4	2010	576	384,2632
Collaborative decision-making in emergency and disaster management. (Kapucu; Garayev, 2011)	International Journal of Public Administration	4,7	2011	478	347,2456
Inter-organizational coordination in extreme events: The World Trade Center Attack, September 11, 2001. (Comfort; Kapucu, 2006)	Natural Hazards	6,6	2006	599	340,5000
Understanding multiplexity of collaborative emergency management networks. (Kapucu; Hu, 2014)	The American Review of Public Administration	12,1	2014	249	314,0263
Crisis management competencies: the case of emergency managers in the USA. (Van Wart; Kapucu, 2011)	Public Management Review	10,9	2011	321	304,5789
Designing, managing, and sustaining functionally collaborative emergency management networks. (Kapucu; Garayev, 2012)	The American Review of Public Administration	12,1	2012	259	288,8947

What have we learned since September 11, 2001? A network study of the Boston Marathon Bombings response. (Hu; Knox; Kapucu, 2014)	Public Administration Review	15,1	2014	179	285,6930
Examining intergovernmental and interorganizational response to catastrophic disasters: toward a network-centered approach. (Kapucu; Arslan; Collins, 2010)	Administration & Society	4,5	2010	367	254,6382
Collaborative crisis management and leadership in the public sector. (Kapucu; Ustun, 2017)	International Journal of Public Administration	4,7	2017	183	239,8070
Disaster and emergency management systems in urban areas. (Kapucu, 2012a)	Cities	11,2	2012	169	215,6090
A systematic review of empirical emergency management network research: Formation and development, properties, and performance. (Hu; Yeo; Kapucu, 2022)	The American Review of Public Administration	12,1	2022	33	199,5526
Interorganizational coordination in dynamic contexts: networks in emergency management. (Kapucu, 2005)	Connections	0	2005	466	195,5890
Structure and network performance: horizontal and vertical networks in emergency management. (Kapucu; Garayev, 2016)	Administration & Society	4,5	2016	160	193,1579
Interorganizational coordination in complex environments of disasters: the evolution of intergovernmental disaster response systems. (Kapucu, 2009a)	Journal of Homeland Security and Emergency Management	8,8	2009	200	184,5944

Disaster policy and emergency management reforms in China: From Wenchuan earthquake to Jiuzhaigou earthquake. (Hu; Kapucu; Jia; Zhengwei, 2021)	International Journal of Disaster Risk Reduction	8,7	2021	44	169,7368
Crisis coordination in complex intergovernmental systems: the case of Australia. (Kapucu; Parkin; Lumb; Dippy, 2024)	Public Administration Review	15,1	2024	4	169,6842
Structural dynamics of organizations during the evolution of interorganizational networks in disaster response. (Abbasi; Kapucu, 2012)	Journal of Homeland Security and Emergency Management	8,8	2012	119	155,8947
Making matters worse: Anatomy of leadership failures in catastrophic events. (Kapucu; Van Wart, 2008)	Administration & Society	4,5	2008	194	130,4094
Sustaining networks in emergency management: a study of United States counties. (Kapucu; Garayev; Wang, 2013)	Public Performance and Management Review	5,5	2013	112	125,3644
Disaster and crisis management in Turkey: A need for a unified crisis management system. (Unlu; Kapucu; Sahin, 2010)	Disaster Prevention and Management: An International Journal	4,4	2010	160	124,2632
Interorganizational network coordination under stress caused by repeated threats of disasters. (Kapucu; Bryer; Garayev; Arslan, 2010)	Journal of Homeland Security and Emergency Management	8,8	2010	74	114,5132
Examining collaborative disaster response in China: network perspectives. (Guo; Kapucu, 2015b)	Natural Hazards	6,6	2015	60	107,3876

The role of leadership in managing emergencies and disasters. (Demiroz; Kapucu, 2012)	European Journal of Economic and Political Studies	0	2012	174	107,1805
Multiplexity in conceptualizing network effectiveness in emergency management. (Hu; Sadiq; Kapucu, 2022)	Journal of Homeland Security and Emergency Management	8,8	2022	9	106,5526
Organisational learning and self-adaptation in dynamic disaster environments. (Corbacioglu; Kapucu, 2006)	Disasters	5,6	2006	146	104,0000
Network performance assessment for collaborative disaster response. (Guo; Kapucu, 2015a)	Disaster Prevention and Management: An International Journal	4,4	2015	69	93,5694
Examining the role of transformational leadership in emergency management: the case of FEMA. (Karaca; Kapucu; Van Wart, 2013)	Risk, Hazards & Crisis in Public Policy	7,5	2013	41	90,7490
The impact of dual-track system of employment on emergency decision making. (Zhu; Zhang; Liu; Kapucu, 2024)	International Journal of Disaster Risk Reduction	8,7	2024	1	90,6842
A longitudinal study of emerging networks in response to natural disasters. (Abbasi; Kapucu, 2015)	Computational and Mathematical Organization Theory	3,8	2015	71	89,3876
Logistics and staging areas in managing disasters and emergencies. (Kapucu; Lawther; Pattison, 2007)	Journal of Homeland Security and Emergency Management	8,8	2007	38	84,3158
Examining coordination in disaster response using simulation methods. (Guo; Kapucu, 2015c)	Journal of Homeland Security and Emergency Management	8,8	2015	9	83,0239

U.S. presidents and their roles in emergency management and disaster policy 1950-2009. (Kapucu; Van Wart; Sylves; Yuldashev, 2011)	Risk, Hazards & Crisis in Public Policy	7,5	2011	35	79,9123
The use of documentary data for network analysis in emergency and crisis management. (Kapucu; Dougherty; Ge; Zobel, 2022)	Natural Hazards	6,6	2022	7	79,5526
Alignment between disaster policies and practice: characteristics of inter-organizational response coordination following 2016 hurricane Matthew in Florida. (Yeo; Haupt; Kapucu, 2021)	Natural Hazards Review	4,9	2021	10	63,7368
The evolving role of the public sector in managing catastrophic disasters: lessons learned. (Kapucu; Van Wart, 2006)	Administration & Society	4,5	2006	64	52,0000
Collaborative governance in international disasters: Nargis cyclone in Myanmar and Sichuan earthquake in China cases. (Kapucu, 2011a)	International Journal of Emergency Management	0,8	2011	93	51,5789
Network governance for coordinated disaster response. (Kapucu; Dougherty; Hu, 2022)	Public Administration Quarterly	1,1	2022	15	44,5526
Public administrators and cross-sector governance in response to and recovery from disasters. (Kapucu, 2009d)	Administration & Society	4,5	2009	33	43,3591

Leadership under stress: Presidential roles in emergency and crisis management in the United States. (Kapucu, 2009b)	International Journal of Public Administration	4,7	2009	13	33,5944
Why Are We All "Looking for the FEMA Guy"? (Kapucu, 2009c)	Administration & Society	4,5	2009	11	30,4180

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

3.3 Comunicação em RRD

Neste eixo foram categorizadas as contribuições de Kapucu relacionadas à comunicação de riscos em emergências, incluindo uso de mídias sociais, redes de comunicação e divulgação de alertas. Os estudos do autor nessa frente enfatizam a dinâmica de fluxo de informação entre organizações e público durante desastres, bem como a identificação de atores influentes e estratégias eficazes de comunicação.

A Tabela 3 destaca artigos que analisam, por exemplo, o uso do Twitter por agências públicas durante o Furacão Irma e a eficácia da comunicação de crise em cenários turbulentos.

Tabela 3 – Publicações de Naim Kapucu aderentes ao eixo "Comunicação em RRD"

Artigo	Periódico	Métrica de Impacto	Ano	Citações	InOrdinatio
Interagency communication networks during emergencies: boundary spanners in multiagency coordination. (Kapucu, 2006)	The American Review of Public Administration	12,1	2006	1014	603,0000
Social-media-based crisis communication: assessing the engagement of local agencies in Twitter during Hurricane Irma. (Noor; Okhai; Jamal; Kapucu; Ge; Hasan, 2024)	International Journal of Information Management Data Insights	19,2	2024	10	240,6842
Robust crisis communication in turbulent times: conceptualization and empirical evidence from the United States. (Zhong; Hu; Kapucu, 2022)	Public Administration	7,8	2022	35	161,5526
Online media and trust in government during crisis: The moderating role of sense of safety. (Zhu; Liu; Kapucu; Peng,	International Journal of Disaster Risk Reduction	8,7	2020	45	155,4211

2020)					
Assessing risk communication in social media for crisis prevention: a social network analysis of microblog. (Shi; Kapucu; Zhu; Guo; Haupt, 2017)	Journal of Homeland Security and Emergency Management	8,8	2017	17	96,3626
Dynamics of interorganizational emergency communication on Twitter: the case of hurricane Irma. (Hu; An; Kapucu; Sellnow; Yuksel; Freihaut, 2023)	Disasters	5,6	2023	12	93,3684
Determinants of the use of social media in crisis communication: an analysis of microblogging by Chinese local government. (Li; Kapucu, 2024)	International Journal of Public Administration	4,7	2024	1	50,6842

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

3.4 Educação, Participação Comunitária e Redes

Neste eixo foram incluídas as publicações de Kapucu voltadas ao desenvolvimento de capacidades comunitárias para o enfrentamento de desastres, desenvolvimento de redes de colaboração e fortalecimento do capital social para a resiliência.

Os trabalhos listados na Tabela 4 contemplam estudos sobre preparação de comunidades rurais, resposta a desastres por organizações não governamentais, programas de formação acadêmica em gestão de emergências e iniciativas de serviço-aprendizagem.

Tabela 4 – Publicações de Naim Kapucu aderentes ao eixo "Educação, Participação Comunitária e Redes"

Artigo	Periódico	Métrica de Impacto	Ano	Citações	InOrdinatio
Collaborative emergency management: better community organizing, better public preparedness and response. (Kapucu, 2008a)	Disasters	5,6	2008	581	356,4094
Disaster preparedness and resilience for rural communities. (Kapucu; Hawkins; Rivera, 2013)	Risk, Hazards & Crisis in Public Policy	7,5	2013	181	198,4413

Culture of preparedness: household disaster preparedness. (Kapucu, 2008b)	Disaster Prevention and Management: An International Journal	4,4	2008	307	192,1871
Disaster resiliency and culture of preparedness for university and college campuses. (Kapucu; Khosa, 2013)	Administration & Society	4,5	2013	182	169,2105
Non-profit response to catastrophic disasters. (Kapucu, 2007)	Disaster Prevention and Management: An International Journal	4,4	2007	174	111,8947
Engaging stakeholders for collaborative decision making in humanitarian logistics using system dynamics. (Guo; Kapucu, 2019)	Journal of Homeland Security and Emergency Management	8,8	2019	22	111,5338
Coordinating non-established disaster relief groups: a case study of hurricane Irma in Florida. (Kapucu; Hu; Harmon; Toro, 2020)	Disasters	5,6	2020	30	99,4211
Developing competency-based emergency management degree programs in public affairs and administration. (Kapucu, 2011b)	Journal of Public Affairs Education	5	2011	65	74,9123

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

3.5 Tecnologias e Inovação em RRD

Neste eixo foram alocados os artigos de Kapucu relacionados a sistemas de alerta precoce, infraestrutura de comunicação de emergência e uso de tecnologia da informação para aprimorar a resposta a desastres.

A Tabela 5 relaciona artigos que discutem, por exemplo, o compartilhamento de espectro para comunicações de emergência e a utilização de TICs (tecnologias de informação e comunicação) para a segurança comunitária.

Tabela 5 – Publicações de Naim Kapucu aderentes ao eixo “Tecnologias e Inovação em RRD”

Artigo	Periódico	Métrica de Impacto	Ano	Citações	InOrdinatio
Information communication technology utilization for effective emergency management networks. (Hu; Kapucu, 2014)	Public Management Review	10,9	2014	183	247,0263
Pervasive spectrum sharing for public safety communications. (Yuksel; Guvenc; Saad; Kapucu, 2016)	IEEE Communications Magazine	19,8	2016	29	215,1579
Early warning systems and disaster preparedness and response in local government. (Collins; Kapucu, 2008)	Disaster Prevention and Management: An International Journal	4,4	2008	154	107,1871
Spectrum sharing policy: Interoperable communication and information sharing for public safety. (Kapucu; Haupt; Yuksel, 2017)	Risk, Hazards & Crisis in Public Policy	7,5	2017	13	78,9181
On the evolution of wireless communication technologies and spectrum sharing for public safety. (Kapucu; Haupt; Yuksel; Guvenc; Saad, 2016)	Risk, Hazards & Crisis in Public Policy	7,5	2016	7	70,1579
Information communication technology use for public safety in the United States. (Kapucu; Haupt, 2016)	Frontiers in Communication (Disaster Communications)	3,3	2016	18	39,1579

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

3.6 Saúde e Ambiente

Neste eixo incluíram-se as contribuições de Kapucu relativas à interface entre desastres e saúde pública, incluindo respostas a crises sanitárias e impactos de desastres na saúde das populações.

Os trabalhos listados na Tabela 6 concentram-se na pandemia de Covid-19 e suas implicações. Kapucu analisou a gestão da pandemia nos EUA, destacando problemas de coordenação intergovernamental e examinou a resiliência de sistemas de resposta durante essa emergência sanitária.

Tabela 6 – Publicações de Naim Kapucu aderentes ao eixo “Saúde e Ambiente”

Artigo	Periódico	Métrica de Impacto	Ano	Citações	InOrdinatio
Trump’s (mis)management of the Covid-19 pandemic in the U.S. (Kapucu; Moynihan, 2021)	Policy Studies	5,4	2021	67	182,7368
An old puzzle and unprecedented challenges: US coordination in response to the Covid-19 pandemic. (Kapucu; Hu, 2022)	Public Performance and Management Review	5,5	2022	50	176,0526
Examining resilience of disaster response system in response to Covid-19. (Guo; Kapucu, 2021)	International Journal of Disaster Risk Reduction	8,7	2021	40	161,7368

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4 DISCUSSÃO

Este artigo compilou as publicações de maior impacto acadêmico de autoria ou coautoria de Naim Kapucu pertinentes aos eixos temáticos do VI Congresso SRA-LA 2025, buscando facilitar a identificação de quais trabalhos desse autor podem ser consultados para embasar a prática e a discussão acadêmica sobre temas correlatos ao congresso.

Ao categorizar os artigos de Kapucu conforme os eixos temáticos do evento, buscou-se evidenciar a riqueza de sua contribuição acadêmica em diversas frentes de RRD – desde a coordenação interorganizacional e políticas públicas até a comunicação de riscos e o engajamento comunitário. O resultado é um panorama formado pela listagem sistematizada de artigos de alto impacto acadêmico, publicados por um pesquisador reconhecido internacionalmente, em alinhamento com diversos assuntos de interesse da comunidade acadêmica e profissional do VI SRA-LA 2025.

Contudo, é importante reconhecer as limitações deste artigo. Primeiramente, o escopo do estudo inclui deliberadamente um único autor; nesse sentido, por mais prolífica e relevante que seja a obra de Kapucu, ela representa apenas uma parcela do conhecimento disponível em gestão integrada de RRD. Portanto, este artigo deve ser considerado como um ponto de partida para o acesso a conhecimento científico de alta qualidade sobre a área e não como uma revisão de literatura nos moldes tradicionalmente aceitos pela academia.

Apesar dessas limitações, acredita-se na contribuição deste esforço acadêmico. Ao navegar pelas tabelas de resultados, um pesquisador pode rapidamente identificar, por exemplo, quais publicações de Kapucu são as mais relevantes para entender governança intergovernamental em desastres ou para conhecer estratégias de comunicação via redes sociais em contextos de crises.

Para profissionais e formuladores de políticas públicas, este estudo assinala pesquisas aplicadas que trazem recomendações práticas, pois muitos artigos de Kapucu apresentam seções sobre implicações gerenciais, as quais podem inspirar melhorias em

planos de contingência, treinamento de pessoal ou desenho de políticas públicas de proteção e defesa civil, por exemplo.

5 CONCLUSÃO

Este artigo buscou fornecer um panorama metodologicamente consistente da obra de Naim Kapucu aos participantes do VI SRA-LA 2025. A partir de uma abordagem possivelmente inovadora — a curadoria bibliográfica sistematizada — foram selecionadas e categorizadas as publicações desse autor que se alinham aos eixos temáticos do congresso, permitindo a acadêmicos e profissionais um acesso rápido e direcionado à literatura científica de qualidade reconhecida internacionalmente na área de gestão integrada de riscos e desastres. Ao destacar as contribuições de um pesquisador, cuja trajetória acadêmica converge com os desafios desse campo, espera-se enriquecer futuros debates e fomentar a disseminação de conhecimentos entre pesquisadores e profissionais.

Trabalhos futuros podem estender abordagens similares a outros autores influentes, contribuindo para a construção coletiva do conhecimento em análise de riscos na América Latina.

6 REFERÊNCIAS

ABBASI, Alireza; KAPUCU, Naim. Structural dynamics of organizations during the evolution of interorganizational networks in disaster response. **Journal Of Homeland Security And Emergency Management**, [s.l.], v. 9, n. 1, p. 1-19, 27 jan. 2012. Walter de Gruyter GmbH. Disponível em: https://doi.org/10.1515/1547-7355.1975. Acesso em: 22 fev. 2025.

ABBASI, Alireza; KAPUCU, Naim. A longitudinal study of evolving networks in response to natural disaster. **Computational And Mathematical Organization Theory**, [s.l.], v. 22, n. 1, p. 47-70, 3 out. 2015. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/s10588-015-9196-7. Acesso em: 22 fev. 2025.

CAMPOS, Elaine Aparecida Regiani de; PAGANI, Regina Negri; RESENDE, Luis Mauricio; PONTES, Joseane. Construction and qualitative assessment of a bibliographic portfolio using the methodology Methodi Ordinatio. **Scientometrics**, [s.l.], v. 116, n. 2, p. 815-842, 8 jun. 2018. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/s11192-018-2798-3. Acesso em: 18 jan. 2025.

CEPED/PR. VI Congresso da Sociedade de Análise de Risco Latino-Americana – SRA-LA 2025. Curitiba: Centro de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED/PR), 2025. Disponível em: https://www.even3.com.br/vi-congreso-de-la-sociedade-de-analisis-de-riesgo-latinoamericana-313973/. Acesso em: 20 fev. 2025.

COLLINS, Matthew L.; KAPUCU, Naim. Early warning systems and disaster preparedness and response in local government. **Disaster Prevention And Management**: An International Journal, [s.l.], v. 17, n. 5, p. 587-600, 7 nov. 2008. Emerald. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1108/09653560810918621. Acesso em: 22 fev. 2025.

COMFORT, Louise K.; KAPUCU, Naim. Inter-organizational coordination in extreme events: the World Trade Center attacks, september 11, 2001. **Natural Hazards**, [s.l.], v. 39, n. 2, p. 309-327, out. 2006. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/s11069-006-0030-x. Acesso em: 22 fev. 2025.

CORBACIOGLU, Sitki; KAPUCU, Naim. Organisational learning and self-adaptation in dynamic disaster environments. **Disasters**, [s.l.], v. 30, n. 2, p. 212-233, 10 maio 2006. Wiley. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.0361-3666.2006.00316.x. Acesso em: 22 fev. 2025.

DEMIROZ, Fatih; KAPUCU, Naim. The role of leadership in managing emergencies and disasters. **European Journal Of Economic And Political Studies**, [s.l.], v. 1, n. 5, p. 91-101, 2012. Disponível em: https://arastirmax.com/en/system/files/dergiler/25821/makaleler/5/1/arastirmax-role-leadership-managing-emergencies-and-disasters.pdf. Acesso em: 22 fev. 2025.

GUO, Xuesong; KAPUCU, Naim. Network performance assessment for collaborative disaster response. **Disaster Prevention And Management**, [s.l.], v. 24, n. 2, p. 201-220, 7 abr. 2015a. Emerald. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1108/dpm-10-2014-0209. Acesso em: 22 fev. 2025.

GUO, Xuesong; KAPUCU, Naim. Examining collaborative disaster response in China: network perspectives. **Natural Hazards**, [s.l.], v. 79, n. 3, p. 1773-1789, 8 ago. 2015b. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11069-015-1925-1. Acesso em: 22 fev. 2025.

GUO, Xuesong; KAPUCU, Naim. Examining coordination in disaster response using simulation methods. **Journal Of Homeland Security And Emergency Management**, [s.l.], v. 12, n. 4, p. 891-914, 1 dez. 2015c. Walter de Gruyter GmbH. Disponível em: https://doi.org/10.1515/jhsem-2014-0092. Acesso em: 22 fev. 2025.

GUO, Xuesong; KAPUCU, Naim. Examining the impacts of disaster resettlement from a livelihood perspective: a case study of Qinling Mountains, China. **Disasters**, [s.l.], v. 42, n. 2, p. 251-274, 10 jul. 2017a. Wiley. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1111/disa.12242. Acesso em: 22 fev. 2025.

GUO, Xuesong; KAPUCU, Naim. Examining livelihood risk perceptions in disaster resettlement. **Disaster Prevention And Management**, [s.l.], v. 26, n. 5, p. 565-581, 6 nov. 2017b. Emerald. Disponível em: https://doi.org/10.1108/DPM-06-2017-0121. Acesso em: 22 fev. 2025.

GUO, Xuesong; KAPUCU, Naim. Engaging stakeholders for collaborative decision making in humanitarian logistics using system dynamics. **Journal Of Homeland Security And Emergency Management**, [s.l.], v. 17, n. 1, p. 1-13, 23 nov. 2019. Walter de Gruyter GmbH. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1515/jhsem-2018-0061. Acesso em: 22 fev. 2025.

GUO, Xuesong; KAPUCU, Naim. Assessing social vulnerability to earthquake disaster using rough analytic hierarchy process method: a case study of Hanzhong city, China. **Safety Science**, [s.l.], v. 125, p. 104625, maio 2020. Elsevier BV. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104625. Acesso em: 22 fev. 2025.

GUO, Xuesong; KAPUCU, Naim; HUANG, Jixin. Examining resilience of disaster response system in response to COVID-19. **International Journal Of Disaster Risk Reduction**, [s.l.], v. 59, p. 2212-4209, jun. 2021. Elsevier BV. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102239. Acesso em: 22 fev. 2025.

HU, Qian; KAPUCU, Naim. Information communication technology utilization for effective emergency management networks. **Public Management Review**, [s.l.], v. 18, n. 3, p. 323-348, 20 out. 2014. Informa UK Limited. Disponível em: https://doi.org/10.1080/14719037.2014.969762. Acesso em: 22 fev. 2025.

HU, Qian; KNOX, Claire Connolly; KAPUCU, Naim. What have we learned since september 11, 2001? A network study of the Boston marathon bombings response. **Public Administration Review**, [s.l.], v. 74, n. 6, p. 698-712, 23 set. 2014. Wiley. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1111/puar.12284. Acesso em: 22 fev. 2025.

HU, Qian; SADIQ, Abdul-Akeem; KAPUCU, Naim. Multiplexity in conceptualizing network effectiveness in emergency management. **Journal Of Homeland Security And Emergency Management**, [s.l.], v. 19, n. 3, p. 257-279, 1 set. 2022. Walter de Gruyter GmbH. Disponível em: https://doi.org/10.1515/jhsem-2021-0089. Acesso em: 22 fev. 2025.

HU, Qian; YEO, Jungwon; KAPUCU, Naim. A systematic review of empirical emergency management network research: formation and development, properties, and performance. **The American Review Of Public Administration**, [s.l.], v. 52, n. 4, p. 280-297, 8 fev. 2022. SAGE Publications. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1177/02750740221077348. Acesso em: 22 fev. 2025.

HU, Xiangnan; KAPUCU, Naim; JIA, Shi; ZHENGWEI, Zhu. Disaster policy and emergency management reforms in China: from Wenchuan earthquake to Jiuzhaigou earthquake. **International Journal Of Disaster Risk Reduction**, [s.l.], v. 52, p. 1-27, jan. 2021. Elsevier BV. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101964. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim. **Curriculum Vitae**. Orlando: University of Central Florida, 12 dez. 2024. Disponível em: https://ccie.ucf.edu/wp-content/uploads/sites/12/2018/05/NKapucu.pdf. Acesso em: 13 abr. 2025.

KAPUCU, Naim. Interorganizational coordination in dynamic context: networks in emergency response management. **Connections**, [s.l.], v. 26, n. 2, p. 33-48, 10 set. 2005. INSNA. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/253380196_Interorganizational_Coordination_in_Dynamic_Context_Networks_in_Emergency_Response_Management1. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim. Interagency communication networks during emergencies: boundary spanners in multiagency coordination. **The American Review Of Public Administration**, [s.l.], v. 36, n. 2, p. 207-225, jun. 2006. SAGE Publications. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1177/0275074005280605. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim. Non-profit response to catastrophic disasters. **Disaster Prevention And Management**: An International Journal, [s.l.], v. 16, n. 4, p. 551-561, 4 set. 2007. Emerald. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1108/09653560710817039. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim. Collaborative emergency management: better community organising, better public preparedness and response. **Disasters**, [s.l.], v. 32, n. 2, p. 239-262, 8 fev. 2008a. Wiley. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1467-7717.2008.01037.x. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim. Culture of preparedness: household disaster preparedness. **Disaster Prevention And Management**: An International Journal, [s.l.], v. 17, n. 4, p. 526-535, 29 ago. 2008b. Emerald. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1108/09653560810901773. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim. Interorganizational coordination in complex environments of disasters: the evolution of intergovernmental disaster response systems. **Journal Of Homeland Security And Emergency Management**, [s.l.], v. 6, n. 1, p. 1-26, 10 jan. 2009a. Walter de Gruyter GmbH. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2202/1547-7355.1498. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim. Leadership under stress: presidential roles in emergency and crisis management in the United States. **International Journal Of Public Administration**, [s.l.], v. 32, n. 9, p. 767-772, 20 jul. 2009b. Informa UK Limited. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1080/01900690903017025. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim. Why are we all “looking for the FEMA guy”? **Administration & Society**, [s.l.], v. 41, n. 6, p. 773-779, out. 2009c. SAGE Publications. Disponível em: https://doi.org/10.1177/0095399709346018. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim. Public administrators and cross-sector governance in response to and recovery from disasters. **Administration & Society**, [s.l.], v. 41, n. 7, p. 910-914, 26 out. 2009d. SAGE Publications. Disponível em: https://doi.org/10.1177/0095399709348881. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim; BRYER, Thomas; GARAYEV, Vener; ARSLAN, Tolga. Interorganizational network coordination under stress caused by repeated threats of disasters. **Journal Of Homeland Security And Emergency Management**, [s.l.], v. 7, n. 1, p. 1-30, 30 jan. 2010. Walter de Gruyter GmbH. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2202/1547-7355.1629. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim; VAN WART, Montgomery; SYLVES, Richard; YULDASHEV, Farhod. U.S. presidents and their roles in emergency management and disaster policy 1950-2009. **Risk, Hazards & Crisis In Public Policy**, [s.l.], v. 2, n. 3, p. 1-34, out. 2011. Wiley. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2202/1944-4079.1065. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim. Collaborative governance in international disasters: Nargis cyclone in Myanmar and Sichuan earthquake in China cases. **International Journal Of Emergency Management**, [s.l.], v. 8, n. 1, p. 1-25, 2011a. Inderscience Publishers. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1504/IJEM.2011.040395. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim. Developing competency-based emergency management degree programs in public affairs and administration. **Journal Of Public Affairs Education**, [s.l.], v. 17, n. 4, p. 501-521, dez. 2011b. Informa UK Limited. Disponível em: https://doi.org/10.1080/15236803.2011.12001659. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim. Disaster and emergency management systems in urban areas. **Cities**, [s.l.], v. 29, p. 41-49, mar. 2012a. Elsevier BV. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.cities.2011.11.009. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim; HAUPT, Brittany; YUKSEL, Murat; GUVENC, Ismail; SAAD, Walid. On the evolution of wireless communication technologies and spectrum sharing for public safety: policies and practice. **Risk, Hazards & Crisis In Public Policy**, [s.l.], v. 7, n. 3, p. 129-145, set. 2016. Wiley. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1002/rhc3.12098. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim; HU, Qian; HARMON, Mitchel; TORO, Parker. Coordinating non-established disaster relief groups: a case study of hurricane Irma in Florida, United States. **Disasters**, [s.l.], v. 45, n. 3, p. 717-737, 27 abr. 2020. Wiley. Disponível em: https://doi.org/10.1111/disa.12439. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim; DOUGHERTY, Ratna B.; GE, Yue; ZOBEL, Chris. The use of documentary data for network analysis in emergency and crisis management. **Natural Hazards**, [s.l.], v. 116, n. 1, p. 425-445, 26 out. 2022. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/s11069-022-05681-5. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim; PARKIN, Andrew; LUMB, Miriam; DIPPY, Russell. Crisis coordination in complex intergovernmental systems: the case of Australia. **Public Administration Review**, [s.l.], v. 84, n. 3, p. 389-399, 18 abr. 2024. Wiley. Disponível em: https://doi.org/10.1111/puar.13830. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim; ARSLAN, Tolga; COLLINS, Matthew Lloyd. Examining intergovernmental and interorganizational response to catastrophic disasters: toward a network-centered approach. **Administration & Society**, [s.l.], v. 42, n. 2, p. 222-247, 5 fev. 2010. SAGE Publications. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1177/0095399710362517. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim; ARSLAN, Tolga; DEMIROZ, Fatih. Collaborative emergency management and national emergency management network. **Disaster Prevention And Management**: An International Journal, [s.l.], v. 19, n. 4, p. 452-468, 31 ago. 2010. Emerald. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1108/09653561011070376. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim; GARAYEV, Vener. Collaborative decision-making in emergency and disaster management. **International Journal Of Public Administration**, [s.l.], v. 34, n. 6, p. 366-375, maio 2011. Informa UK Limited. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1080/01900692.2011.561477. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim; GARAYEV, Vener. Designing, managing, and sustaining functionally collaborative emergency management networks. **The American Review Of Public Administration**, [s.l.], v. 43, n. 3, p. 312-330, 3 maio 2012. SAGE Publications. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1177/0275074012444719. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim; GARAYEV, Vener. Structure and network performance: horizontal and vertical networks in emergency management. **Administration & Society**, [s.l.], v. 48, n. 8, p. 931-961, 27 jul. 2016. SAGE Publications. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1177/0095399714541270. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim; GARAYEV, Vener; WANG, Xiaohu. Sustaining networks in emergency management: a study of counties in the United States. **Public Performance & Management Review**, [s.l.], v. 37, n. 1, p. 104-133, 1 set. 2013. Informa UK Limited. Disponível em: https://doi.org/10.2753/PMR1530-9576370105. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim; HAUPT, Brittany. Information communication technology use for public safety in the United States. **Frontiers In Communication**, [s.l.], v. 1, p. 1-9, 14 out. 2016. Frontiers Media SA. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fcomm.2016.00008. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim; HAUPT, Brittany; YUKSEL, Murat. Spectrum sharing policy: interoperable communication and information sharing for public safety. **Risk, Hazards & Crisis In Public Policy**, [s.l.], v. 9, n. 1, p. 39-59, 7 nov. 2017.Disponível em: http://dx.doi.org/10.1002/rhc3.12129. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim; HAWKINS, Christopher V.; RIVERA, Fernando I. Disaster preparedness and resilience for rural communities. **Risk, Hazards & Crisis In Public Policy**, [s.l.], v. 4, n. 4, p. 215-233, dez. 2013. Wiley. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1002/rhc3.12043. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim; HU, Qian. Understanding multiplexity of collaborative emergency management networks. **The American Review Of Public Administration**, [s.l.], v. 46, n. 4, p. 399-417, 23 out. 2014. SAGE Publications. Disponível em: https://doi.org/10.1177/0275074014555645. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim; HU, Qian. An old puzzle and unprecedented challenges: coordination in response to the Covid-19 pandemic in the U.S. **Public Performance & Management Review**, [s.l.], v. 45, n. 4, p. 773-798, 19 fev. 2022. Informa UK Limited. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1080/15309576.2022.2040039. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim; KHOSA, Sana. Disaster resiliency and culture of preparedness for university and college campuses. **Administration & Society**, [s.l.], v. 45, n. 1, p. 3-37, jan. 2013. SAGE Publications. Disponível em: https://doi.org/10.1177/0095399712471626. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim; LAWTHER, Wendell C.; PATTISON, Sommer. Logistics and staging areas in managing disasters and emergencies. **Journal Of Homeland Security And Emergency Management**, [s.l.], v. 4, n. 2, p. 1-17, 26 jan. 2007. Walter de Gruyter GmbH. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2202/1547-7355.1249. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim; MOYNIHAN, Donald. Trump's (mis)management of the Covid-19 pandemic in the U.S. **Policy Studies**, [s.l.], v. 42, n. 5-6, p. 592-610, 26 maio 2021. Informa UK Limited. Disponível em: https://doi.org/10.1080/01442872.2021.1931671. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Nairn; DOUGHERTY, Ratna B.; HU, Qian. Network governance for coordinated disaster response. **Public Administration Quarterly**, [s.l.], v. 46, n. 4, p. 309-333, dez. 2022. SAGE Publications. Disponível em: https://doi.org/10.37808/paq.46.4.2. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim; USTUN, Yusuf. Collaborative crisis management and leadership in the public sector. **International Journal Of Public Administration**, [s.l.], v. 41, n. 7, p. 548-561, 7 fev. 2017. Informa UK Limited. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1080/01900692.2017.1280819. Acesso em: 22 fev. 2025.

KAPUCU, Naim; VAN WART, Montgomery. Making matters worse: an anatomy of leadership failures in managing catastrophic events. **Administration & Society**, [s.l.], v. 40, n. 7, p. 711-740, nov. 2008. SAGE Publications. Disponível em: https://doi.org/10.1177/0095399708323143. Acesso em: 22 fev. 2025.

KARACA, Hasan; KAPUCU, Naim; VAN WART, Montgomery. Examining the role of transformational leadership in emergency management: the case of FEMA. **Risk, Hazards & Crisis In Public Policy**, [s.l.], v. 3, n. 3, p. 19-37, 25 jan. 2013. Wiley. Disponível em: https://doi.org/10.1002/rhc3.10. Acesso em: 22 fev. 2025.

LI, Yiran; KAPUCU, Naim. Determinants of the use of social media in crisis communication: an analysis of microblogging by chinese local government. **International Journal Of Public Administration**, [s.l.], v. 48, n. 2, p. 100-114, 20 fev. 2024. Informa UK Limited. Disponível em: https://doi.org/10.1080/01900692.2024.2316130. Acesso em: 22 fev. 2025.

NOOR, Naiyara; OKHAI, Ratna; JAMAL, Tasnuba Binte; KAPUCU, Naim; GE, Yue Gurt; HASAN, Samiul. Social-media-based crisis communication: assessing the engagement of local agencies in Twitter during Hurricane Irma. **International Journal Of Information Management Data Insights**, [s.l.], v. 4, n. 2, p. 1-17, nov. 2024. Elsevier BV. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jjimei.2024.100236. Acesso em: 22 fev. 2025.

PAGANI, Regina Negri; PEDROSO, Bruno; SANTOS, Celso Bilynkievycz dos; PICININ, Claudia Tania; KOVALESKI, João Luiz. Methodi ordinatio 2.0: revisited under statistical estimation, and presenting Finder and Rankin. **Quality & Quantity**, [s.l.], v. 57, n. 5, p. 4563-4602, 12 nov. 2022. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11135-022-01562-y. Acesso em: 22 fev. 2025.

PAGANI, Regina Negri; KOVALESKI, João Luiz; RESENDE, Luis Mauricio. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. **Scientometrics**, [s.l.], v. 105, n. 3, p. 2109-2135, 12 set. 2015. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11192-015-1744-x. Acesso em: 01 jul. 2024.

PAGANI, Regina Negri; KOVALESKI, João Luiz; RESENDE, Luis Mauricio Martins de. Avanços na composição da Methodi Ordinatio para revisão sistemática de literatura. **Ciência da Informação**, [s.l.], v. 46, n. 2, p. 161-187, 6 jun. 2018. IBICT. Disponível em: https://doi.org/10.18225/ci.inf.v46i2.1886. Acesso em: 22 fev. 2025.

SHI, Jia; KAPUCU, Naim; ZHU, Zhengwei; GUO, Xuesong; HAUPT, Brittany. Assessing risk communication in social media for crisis prevention: a social network analysis of microblog. **Journal Of Homeland Security And Emergency Management**, [s.l.], v. 14, n. 1, p. 1-16, 1 abr. 2017. Walter de Gruyter GmbH. Disponível em: https://doi.org/10.1515/jhsem-2016-0058. Acesso em: 22 fev. 2025.

UNIVERSITY OF CENTRAL FLORIDA. **Profile:** Naim Kapucu. Orlando: College of Community Innovation and Education, 2025. Disponível em: https://ccie.ucf.edu/person/naim-kapucu/. Acesso em: 14 abr. 2025.

UNLU, Ali; KAPUCU, Naim; SAHIN, Bahadir. Disaster and crisis management in Turkey: a need for a unified crisis management system. **Disaster Prevention And Management**: An International Journal, [s.l.], v. 19, n. 2, p. 155-174, 27 abr. 2010. Emerald. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1108/09653561011037977. Acesso em: 22 fev. 2025.

VAN WART, Montgomery; KAPUCU, Naim. Crisis management competencies: the case of emergency managers in the USA. **Public Management Review**, [s.l.], v. 13, n. 4, p. 489-511, maio 2011. Informa UK Limited. Disponível em: https://doi.org/10.1080/14719037.2010.525034. Acesso em: 22 fev. 2025.

WANG, XiaoHu; KAPUCU, Naim. Public complacency under repeated emergency threats: some empirical evidence. **Journal Of Public Administration Research And Theory**, [s.l.], v. 18, n. 1, p. 57-78, 02 fev. 2007. Oxford University Press (OUP). Disponível em: https://doi.org/10.1093/jopart/mum001. Acesso em: 22 fev. 2025.

YEO, Jungwon; HAUPT, Brittany; KAPUCU, Naim. Alignment between disaster policies and practice: characteristics of interorganizational response coordination following 2016 Hurricane Matthew in Florida. **Natural Hazards Review**, [s.l.], v. 22, n. 1, p. 04020052, fev. 2021. American Society of Civil Engineers (ASCE). Disponível em: https://doi.org/10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000427. Acesso em: 22 fev. 2025.

YUKSEL, Murat; GUVENC, Ismail; SAAD, Walid; KAPUCU, Naim. Pervasive spectrum sharing for public safety communications. **IEEE Communications Magazine**, [s.l.], v. 54, n. 3, p. 22-29, mar. 2016. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Disponível em: http://dx.doi.org/10.1109/MCOM.2016.7432143. Acesso em: 22 fev. 2025.

ZHONG, Wei; HU, Qian; KAPUCU, Naim. Robust crisis communication in turbulent times: conceptualization and empirical evidence from the United States. **Public Administration**, [s.l.], v. 101, n. 1, p. 158-181, 18 maio 2022. Wiley. Disponível em: https://doi.org/10.1111/padm.12855. Acesso em: 22 fev. 2025.

ZHU, Zhe; LIU, Yingying; KAPUCU, Naim; PENG, Zongchao. Online media and trust in government during crisis: the moderating role of sense of security. **International Journal Of Disaster Risk Reduction**, [s.l.], v. 50, p. 101717, nov. 2020. Elsevier BV. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101717. Acesso em: 22 fev. 2025.

ZHU, Zhe; ZHANG, Meilian; LIU, Helen K.; KAPUCU, Naim. The impact of dual-track system of employment on emergency decision making. **International Journal Of Disaster Risk Reduction**, [s.l.], v. 110, p. 104624, ago. 2024. Elsevier BV. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104624. Acesso em: 22 fev. 2025.

ARTIGO - 04 - GESTÃO DO RISCO, GOVERNANÇA E POLÍTICAS PÚBLICAS NA REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

UMA BREVE ANÁLISE SOCIOLÓGICA DA GESTÃO DE RISCO EM CURITIBA

Carolina Efing (carol.efing@gmail.com)

Rodolfo Lobato (rodolfolobato@ufpr.br)

O artigo em questão realiza uma análise sociológica da gestão de riscos em Curitiba, com base em referenciais teóricos da sociologia dos desastres e em documentos oficiais, tanto no âmbito municipal quanto nacional. O objetivo é compreender como a cidade estrutura sua política de prevenção e resposta a eventos extremos, especialmente diante da intensificação das mudanças climáticas. Para isso, são analisadas a Lei nº 12.608/2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), a legislação municipal pertinente e documentos como a Avaliação de Riscos Climáticos de Curitiba. Além disso, foram consideradas informações obtidas por meio da Lei de Acesso à Informação (LAI), que permitem maior transparência na análise da estrutura institucional.

A pesquisa revela que, embora existam avanços normativos e institucionais na cidade, como a produção de diagnósticos técnicos e a formalização de planos de ação, ainda persistem fragilidades significativas. Entre elas, destacam-se a desarticulação entre os diferentes níveis de governo, a baixa integração entre os saberes técnicos e os conhecimentos das populações locais, bem como a ausência de mecanismos eficazes para garantir justiça socioambiental. Essas falhas tornam a gestão de risco seletiva, beneficiando áreas mais centrais e estruturadas em detrimento das periferias mais vulneráveis.

A análise é fundamentada nos trabalhos de autores como Norma Valencio, Marcos Mattedi e Robert Bullard, cujas contribuições são centrais para compreender os desastres não apenas como eventos naturais, mas como processos sociais marcados por desigualdades históricas, institucionais e territoriais. Com base nesses aportes, argumenta-se que a gestão de risco em Curitiba carece de uma abordagem mais integrada e democrática, que considere os contextos locais e enfrente as desigualdades socioambientais de forma mais incisiva.

Em suma, o artigo propõe uma leitura crítica da política de gestão de riscos na cidade de Curitiba, evidenciando tanto os avanços quanto as limitações de suas ações diante da crescente complexidade dos eventos climáticos extremos. Ao trazer para o centro do debate questões como justiça ambiental, participação social e integração de saberes, a pesquisa contribui para repensar as estratégias de enfrentamento de riscos, apontando caminhos para uma política pública mais justa, inclusiva e eficaz.

Palavras-chave: sociologia dos desastres; mudança climática; curitiba; defesa civil; desigualdade socioambiental.

EIXO TEMÁTICO 5

COMUNICAÇÃO EM REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

RESUMOS

RESUMO - 05 - COMUNICAÇÃO EM REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

AMPLIFICAÇÃO SOCIAL DO RISCO RELATIVO À IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA DE CAPTURA E ARMAZENAMENTO DE CARBONO (CCS) NO BRASIL

Guilherme Porfirio Baccari (guibaccari@hotmail.com)

Karen Mascarenhas (karenmascarenhas@usp.br)

Sigmar Malvezzi (sigmar@usp.br)

Introdução: Com o agravamento das mudanças climáticas, as tecnologias de captura e armazenamento de carbono (CCS) mostram-se cada vez mais uma necessidade para se alcançar a neutralidade de carbono. Contudo, a implementação da CCS enfrenta diversos desafios, dentre os quais a aceitação das comunidades e stakeholders parceiros. Nesse sentido, a percepção dos riscos associados à tecnologia de CCS em geral e às especificidades do projeto são determinantes. Uma vez que tal percepção é construída a partir de associações e comparações com outras experiências e tecnologias, espera-se que projetos bem sucedidos de CCS favoreçam a aceitação em projetos futuros. O Brasil, contudo, carece de um amplo histórico com a tecnologia, de modo que outros elementos e experiências são relevantes para a formação da percepção de risco da população. Objetivos: O objetivo principal é identificar os elementos que influem na percepção de risco da população brasileira em relação à implementação do CCS no país, assim como identificar os elementos cognitivos associados. Além disso, é objetivo secundário analisar os tipos de relação que tais elementos possuem com tal percepção, ou seja, se a amplificam ou atenuam. Metodologia: Consiste na análise secundária de um conjunto de 16 entrevistas, individuais ou em grupo, com total de 23 participantes obtidas no contexto do estudo sobre a aceitação do CCS comparada entre especialistas e não especialistas. O método foi uma análise de conteúdo temática

realizada sob a ótica da teoria da ampliação social do risco (TASR) e da literatura atual sobre aceitação de CCS. Resultados: A partir da análise de conteúdo foram obtidos 22 trechos cuja relação com a percepção de risco do CCS era de atenuação ou ampliação, além de 20 trechos associados à tecnologia, porém de caráter neutro ou comparativo. Os temas mais salientes foram associações a) com a indústria do petróleo e gás, de forma ambivalente em relação à percepção de risco, b) com os desastres socioambientais de Mariana e Brumadinho, de forma a amplificar os riscos percebidos, e c) com as tecnologias de energia renovável, especialmente eólica, de forma a atenuar os riscos percebidos. Conclusão: O estudo mostrou as associações mais salientes dos brasileiros acerca de CCS no que concerne seus riscos, além de quais relações estabelecem. Embora sejam necessários estudos mais amplos, em virtude da pequena amostra, assim como estudos sobre a relação da percepção de risco e outros fatores como, por exemplo, confiança e conhecimento, os resultados obtidos mostram-se relevantes para a indústria e o governo. Tais resultados contribuem para a elaboração de uma comunicação de risco mais efetiva, um melhor engajamento com as comunidades parceiras e a formulação de diretrizes e protocolos que considerem a percepção da população sobre a implementação da CCS.

Palavras-chave: aceitação social; ampliação social do risco; captura e armazenamento de carbono (ccs); percepção de risco; percepção social.

RESUMO - 05 - COMUNICAÇÃO EM REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

EXPLORANDO O VAZIO ACADÊMICO: DESAFIOS E OPORTUNIDADES DE CONTRIBUIÇÃO SOBRE GESTÃO DE RISCOS NA PECUÁRIA NO SEMIÁRIDO

Francisco Matheus Barros Das Chagas (fmbchagas@hotmail.com)

INTRODUÇÃO: A gestão de riscos na pecuária é um tema de grande relevância, especialmente em regiões áridas e semiáridas, onde os desafios são intensificados pela escassez de recursos hídricos e condições climáticas adversas. Apesar da importância desse tema, há uma lacuna significativa na literatura acadêmica que aborda a gestão de riscos na pecuária no semiárido brasileiro.

OBJETIVOS: Este estudo tem como objetivo principal identificar e analisar a lacuna acadêmica existente sobre os desafios e oportunidades na gestão de riscos na pecuária no semiárido. Os objetivos específicos são: (1) realizar uma revisão da literatura utilizando os descritores “Gestão de Risco”, “Pecuária” e “Semiárido”; (2) analisar os principais trabalhos acadêmicos encontrados com esses descritores; e (3) apresentar uma análise crítica sobre a amplitude dos resultados encontrados.

METODOLOGIA: A pesquisa adotou uma abordagem mista, combinando métodos qualitativos e quantitativos. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica abrangente em bases de dados como Periódicos Capes, EMBRAPA, Google Scholar, ResearchGate e SciELO, utilizando os descritores selecionados. Os trabalhos encontrados foram analisados quanto à sua relevância e aderência ao tema proposto.

RESULTADOS: A pesquisa revelou que os principais riscos enfrentados pelos produtores pecuários no semiárido incluem a escassez de água, mudanças climáticas, doenças do gado e instabilidade de mercado. As estratégias atualmente

Empregadas pelos produtores incluem o uso de sistemas de irrigação eficientes, diversificação de atividades agrícolas, adoção de práticas de conservação do solo e água, e acesso a programas de seguro agrícola. No entanto, a pesquisa identificou uma carência significativa de estudos específicos sobre a gestão de riscos na pecuária no semiárido, o que resulta em variações na eficácia dessas estratégias e desafios contínuos para a sustentabilidade das operações pecuárias.

CONCLUSÃO: Este estudo destaca a importância da gestão de riscos na pecuária no semiárido e a necessidade de abordagens integradas e eficazes para enfrentar os desafios enfrentados pelos pecuaristas na região. A pesquisa contribui para a exposição da lacuna existente na literatura sobre o tema e oferece insights valiosos para a formulação de futuras pesquisas. Além disso, promove a aproximação e colaboração entre a academia e a sociedade pecuarista do semiárido, visando o desenvolvimento de soluções sustentáveis e eficazes para a gestão de riscos na região.

Palavras-chave: carência; gestão de risco; oportunidade; pecuária; semiárido.

RESUMO - 05 - COMUNICAÇÃO EM REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

CEMADEN EDUCAÇÃO DIGITAL: CAMINHOS DE (IN)FORMAÇÃO TEÓRICO-PRÁTICO PARA PERCEPÇÃO E PREVENÇÃO DE RISCOS DE DESASTRES

Antonio Fernando Silveira Guerra (afguerraea@gmail.com)

Jeniffer De Souza Faria (jeniffer.faria@cemaden.gov.br)

Carolina Franco Esteves (carolina.esteves@cemaden.gov.br)

Rachel Trajber (rachel.trajber@cemaden.gov.br)

O cenário atual de emergência climática exige ações estruturantes envolvendo educação, ciência e tecnologia, voltadas ao exercício da cidadania, sustentabilidade, adaptação e resiliência da população mais vulnerável aos eventos extremos. O Cemaden Educação (CEd - https://educacao.cemaden.gov.br/), um programa do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, vinculado ao Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (Cemaden/MCTI), atua desde 2014 na interface entre a Educação em Redução de Riscos de Desastres (ERRD) e a Educação Ambiental (EA) Climática. O Programa envolve instituições públicas e da sociedade civil com o objetivo de contribuir para a geração de uma cultura de percepção e prevenção de riscos de desastres. A fim de ampliar a abrangência de sua rede de escolas e comunidades, o CEd utiliza recursos tecnológicos da educação digital, que permitem compartilhar nas plataformas das mídias sociais diversos conteúdos e linguagens. Para a formação de jovens estudantes e educadores/as, agentes de defesa civil e aos demais interessados, o Programa oferece um banco de práticas educativas, um cardápio de Jornadas Pedagógicas com atividades de pesquisa científica e materiais educativos (livros, vídeos, jogos) disponíveis em uma midiateca. O caminho formativo de aprendizagem do CEd se dá em três cursos EaD com teoria e prática em RRD e EA Climática. Os cursos

Abordam conhecimentos de ciência, locais e tradicionais voltados à percepção e prevenção dos riscos e impactos dos desastres socioambientais, para despertar o sentimento de pertencimento e a resiliência das pessoas e comunidades em seus territórios. Os cursos abordam as Jornadas Pedagógicas como atividades práticas de Ciência Cidadã incentivando a pesquisa biofísica: monitoramento participativo de chuvas, compartilhamento de dados, uso e ocupação do solo, observação de sinais geo e hidrometeorológicos no território das bacias hidrográficas, bem como a pesquisa sociocultural: literatura, história oral, educomunicação. Os resultados dos processos formativos são disponibilizados na rede de escolas e comunidades, enriquecendo a construção de saberes e práticas educativas inovadoras. A expectativa é de alcançar, em todas as regiões do país, pessoas capazes de conhecer, refletir e agir na prevenção de riscos de desastres, construindo capacidade adaptativa ao novo regime climático.

Palavras-chave: educação; ciência-cidadã; prática educativa; desastres socioambientais.

Proposta de Aprimoramento do Eixo de Comunicação no Sistema Brasileiro de Alerta Antecipado de Desastres

1º Fernando Pereira Silva
[1]Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho UNESP & Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais CEMADEN; fernando.p.silva@unesp.br
2º Osvaldo Luiz Leal de Moraes
[2]Physics Department, Federal University of Santa Maria, Santa Maria, RS, Brazil.

RESUMO

A comunicação eficaz constitui um pilar essencial na Redução do Risco de Desastres (RRD) e no bom funcionamento do Sistema Brasileiro de Alerta Antecipado (EWS), articulando o fluxo informacional entre o monitoramento, resposta e evolução situacional. Embora o sistema nacional tenha demonstrado notável evolução desde a fragmentação observada no cenário pré-desastre de 2011 (FERRAREZI; OLIVEIRA, 2011; BRASIL CPI, 2011), até superando parte das desconexões anteriores, ainda persistem ineficiências significativas. Destaca-se a morosidade na divulgação oficial de impactos e um fluxo comunicacional ainda predominantemente unidirecional, o que dificulta a incorporação de *feedback* comunitário e a compreensão rápida do contexto local (MORAES, 2023). A iniciativa global *Early Warnings for All* (ONU/WMO) ecoa essa preocupação, conclamando por avanços substanciais e orientando para EWS mais inclusivos, que fortaleçam a comunicação bidirecional e empreguem tecnologias como Inteligência Artificial (IA) – particularmente modelos de linguagem (LLMs) – para análise e disseminação, além da criação de *dashboards* interativos e acessíveis (WMO, 2023). Ainda neste cenário, a capacidade da imprensa em detalhar vulnerabilidades e impactos complexos está comprovada (MORAES; SILVA, 2024). Propõe-se então, explorar notícias em tempo real para superar a latência informacional crítica do sistema atual. Face à latência identificada, que impacta diretamente a agilidade das ações de socorro, assistência, e a necessidade de maior dinamismo comunicacional, o objetivo geral é fortalecer as capacidades do EWS brasileiro. Isso se desenrolará pelo desenvolvimento e validação de um agente de IA (LLM) para automatizar o reconhecimento de impactos adversos em tempo quase real. Os objetivos específicos visam treinar este agente para: a) Detectar e extrair automaticamente elementos chave de risco e impacto (danos específicos, vítimas, áreas afetadas, necessidades emergentes) de fontes noticiosas diversas; b) Classificar semanticamente os eventos conforme a padronização oficial (COBRADE & Terminology) e estimar um nível preliminar de severidade, agregando valor analítico; c) Gerar *insights* acionáveis, contextualizados e geoespacializados que efetivamente complementem os dados formais, como a ferramenta S2iD, oferecendo uma visão aprimorada, granular e imediata da situação para subsidiar decisões operacionais informadas. A abordagem metodológica proposta combina coleta de dados web, PLN avançado e visualização interativa: 1) Coleta automatizada e contínua de notícias via *web-scraping*, com filtragem inteligente assistida por LLM para assegurar pertinência temática; 2) Processamento das notícias por um LLM *fine-tuned* especificamente para o domínio de desastres no contexto brasileiro, garantindo compreensão de terminologias e nuances locais, e enriquecido pela arquitetura *Retrieval-Augmented Generation* (RAG) para consulta a bases de conhecimento externas relevantes; 3) Extração estruturada e classificação semântica dos dados guiadas por técnicas de *prompt engineering*; 4) Validação semântica rigorosa, comparando termos extraídos com glossários oficiais via similaridade vetorial (cosseno), e georreferenciamento

preciso das localizações; 5) Armazenamento eficiente dos dados processados em banco de dados SQL, adequado para informações textuais e geoespaciais; 6) Desenvolvimento de um protótipo de *dashboard* interativo, permitindo visualização dinâmica (mapas de calor de impacto, gráficos temporais, filtros) e análise exploratória pelos usuários, com design voltado ao aprendizado contínuo do sistema. A pertinência desta proposta é reforçada por resultados preliminares concretos: uma análise de dados reais do S2iD identificou uma defasagem média crítica de 14 dias entre a ocorrência do evento e a homologação oficial do desastre. Este dado quantifica objetivamente a janela temporal que a presente metodologia busca reduzir drasticamente, viabilizando ações mais tempestivas. Adicionalmente, um estudo prévio (MORAES; SILVA et al. 2024) confirmou empiricamente a valiosa capacidade da imprensa em detalhar vulnerabilidades e impactos complexos, muitas vezes não capturados pelos relatórios oficiais, validando as notícias como fonte rica e relevante. O resultado direto esperado deste projeto é a entrega de um protótipo funcional e validado do agente de IA. Este protótipo servirá como prova de conceito, demonstrando a viabilidade técnica de gerar classificações orientadas, no estilo COBRADE, e extrair informações chave (incluindo potenciais *hotspots* de dano), fornecer *insights* geoespaciais e alertas preliminares derivados de notícias, operando em uma escala temporal de horas ou minutos, em contraste com os dias atualmente necessários. Em resposta direta à necessidade de modernização dos EWS, alinhado às diretrizes da iniciativa *Early Warnings for All* que enfatizam abordagens centradas nas pessoas, este projeto oferece uma solução tecnológica inovadora via IA para aprimorar a comunicação de risco no Brasil. Ao transformar o fluxo massivo e contínuo de notícias em inteligência situacional acionável e disponível em tempo quase real, a ferramenta proposta visa diretamente superar a latência dos sistemas atuais. Reitera-se que o objetivo não é substituir as plataformas oficiais, mas sim complementá-las estrategicamente, agregando dados contextuais ricos e dinâmicos. Espera-se que essa capacidade otimizada de monitoramento fomente um ecossistema de gestão de desastres mais ágil, adaptativo, informado – apoiando uma melhor alocação de recursos e priorização de ações – e potencialmente mais bidirecional, refletindo rapidamente a situação no terreno e apoiando processos decisórios mais eficazes, contribuindo assim para a Redução do Risco de Desastres (RRD) e para a resiliência das comunidades brasileiras.

Palavras-chave: Sistema de Alerta Antecipado; Comunicação de Risco; Inteligência Artificial; Monitoramento de Desastres; Notícias Jornalísticas.

RESUMO - 05 - COMUNICAÇÃO EM REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

CIÊNCIA CLIMÁTICA E POLÍTICAS PÚBLICAS: BARREIRAS E ESTRATÉGIAS PARA A PROMOÇÃO DA ADAPTAÇÃO CLIMÁTICA

Rafael Decio Souza (rafaeldeciosouza@gmail.com)

Rafael Metri (rafael.metri@unespar.edu.br)

Fernando Henrique Lermen (fernando.lermen@unespar.edu.br)

Sandro Deretti (sandro.deretti@unespar.edu.br)

A recorrência de desastres climáticos ao redor do mundo, associados às projeções de agravamento das mudanças climáticas, tem encontrado eco nas análises divulgadas pela comunidade científica. Entretanto, além dos acordos climáticos não apresentarem a devida ambição em relação à redução de emissões de carbono, as alterações climáticas em curso têm exigido, por parte de instâncias de governança local, a adoção de estratégias com vistas à adaptação climática de seus territórios, frente aos novos cenários climáticos projetados. Isso exige maior atenção ao aprimoramento da governança no processo de elaboração e execução de políticas para o enfrentamento às mudanças do clima. Este artigo apresenta uma Revisão Sistemática de Literatura acerca da produção científica sobre adaptação climática e governança democrática, estabelecendo um panorama dos diferentes desafios e estratégias adotadas para melhorar a relação ciência climática e governança, a fim de promover ações de prevenção e resposta às mudanças climáticas. Para isto, realizou-se uma revisão e análise de conteúdo de 55 artigos publicados na plataforma SCOPUS entre 2010 e 2024. A sistematização do conteúdo foi realizada usando o software Excell® e a análise do conteúdo foi realizada por meio do pacote Iramuteq. Dentre os resultados apresentados, destacam-se os impactos da desinformação, bem como a importância da percepção sobre a usabilidade da pesquisa climática. A incerteza inerente às projeções do clima e suas respostas econômicas, bem como a acessibilidade a novas tecnologias e a complexidade de fatores envolvidos na resposta às mudanças climáticas também são identificados

como dificuldades na elaboração de políticas. A criação de programas que auxiliem no relacionamento da comunidade acadêmica com atores de governo e a adoção de novas de novas abordagens políticas, mais inclusivas, focando na confiança pública na ciência e nos formuladores de políticas públicas, se apresentam como estratégias importantes para que a ciência climática tenha maior aderência em processos de tomada de decisão sobre adaptação climática em contextos locais. Os resultados indicam que a comunicação científica, noção de usabilidade da pesquisa científica, bem como a representatividade em processos decisórios, associada a fatores político-ideológicos, são elementos críticos na relação entre a ciência climática e instâncias de governança local. As descobertas do estudo oferecem contribuições para a adoção de estratégias por parte de diferentes stakeholders para a superação de desafios relacionados à comunicação científica, gestão integrada, falta de representatividade, enfrentamento ao negacionismo climático entre outros.

Palavras-chave: palavras-chave: comunicação científica; governança; mudanças climáticas; adaptação climática.

RESUMO - 05 - COMUNICAÇÃO EM REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

ENTRE RISCOS E DESIGUALDADES: CAMINHOS PARA UM JORNALISMO CLIMÁTICO COMPROMETIDO COM A RESILIÊNCIA COMUNITÁRIA

Leandro Barbosa (comunicacao.leo@gmail.com)

O agravamento da crise climática tem provocado desastres recorrentes na América Latina, com impactos acentuados sobre populações historicamente vulnerabilizadas. Enchentes, secas, deslizamentos de terra e ondas de calor afetam de forma desproporcional comunidades indígenas, quilombolas e moradores de periferias urbanas. Nesse contexto, o jornalismo assume um papel central na mediação das informações, na mobilização social e na construção de narrativas capazes de promover justiça climática. Este estudo investiga como práticas jornalísticas sensíveis às realidades locais podem contribuir para fortalecer a resiliência comunitária e a participação cidadã, especialmente em contextos marcados por desigualdades estruturais e vulnerabilidades acumuladas. A pesquisa, em fase inicial, adota uma abordagem metodológica que combina revisão bibliográfica, análise de conteúdo jornalístico e entrevistas com lideranças comunitárias. O objetivo é compreender os limites do modelo factual tradicional, ainda hegemônico em boa parte da mídia, e identificar estratégias que valorizem vozes historicamente marginalizadas. O referencial teórico articula contribuições de autores como Stuart Hall, Manuel Castells e Zygmunt Bauman para discutir as dinâmicas de identidade, pertencimento e redes de comunicação, mas se fortalece ao incorporar as contribuições de autores latino-americanos, como Cecília Peruzzo, Jesús Martín-Barbero, Juan Díaz Bordenave, Ailton Krenak, Cilene Victor, Marcia Franz Amaral e Eloisa Beling Loose, referências na reflexão sobre comunicação popular e comunitária, comunicação como prática de cidadania e transformação social e no rompimento da visão antropocêntrica dominante para a construção de uma cosmovisão que valoriza a interdependência entre seres humanos e natureza, e nos estudos da comunicação de riscos. Ao enfatizar abordagens interculturais, o estudo considera que a comunicação pode ser vetor de mudança e instrumento de justiça

social, sobretudo se ancorada nas experiências concretas dos sujeitos que vivem cotidianamente os efeitos da emergência climática. Entre os resultados esperados estão as pistas para mapear como iniciativas de jornalismo comunitário, independente ou colaborativo têm atuado na visibilização de conflitos ambientais, na denúncia de omissões do poder público e na proposição de soluções territorializadas. A proposta reforça a ideia de que a comunicação, quando comprometida com a justiça e a dignidade humana, pode se tornar uma aliada na construção de caminhos de resistência e reconstrução no contexto da emergência climática. Esta proposta faz parte de pesquisa de mestrado desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Comunicação Social da Universidade Metodista de São Paulo, sob a orientação da Profa. Dra. Cilene Victor, e no escopo do grupo de pesquisa Jornalismo Humanitário e Media Interventions (HumanizaCom). O pesquisador é bolsista CAPES.

Palavras-chave: jornalismo climático; justiça climática; comunicação de riscos; narrativas locais; resiliência.

RESUMO - 05 - COMUNICAÇÃO EM REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

VISAGISMO CRÍTICO COMO LINGUAGEM DE RESISTÊNCIA NA EMERGÊNCIA CLIMÁTICA: REPRESENTAÇÃO, IDENTIDADE E CUIDADO

Lilian Moreira De Lima (lilimolima21@gmail.com)

As representações midiáticas de vítimas de desastres frequentemente reproduzem padrões visuais estigmatizantes, cuja exposição dos corpos vulnerabilizados, segundo Cilene Victor, contribui para perpetuar a violação da dignidade da pessoa humana, quando a função deveria ser combater e denunciar tal violação. Essas imagens, na sua maioria, provocam o que Stanley Cohen denominou de pânico moral, quando determinados grupos passam a ser associados a narrativas de desordem ou como objetos passivos de compaixão. Com a repetição desses enquadramentos, instala-se um processo de dessensibilização social que contribui para a chamada fadiga da compaixão e, como aponta Zygmunt Bauman, para a naturalização do sofrimento alheio sob o "véu da normalidade". Nesse contexto, torna-se urgente refletir sobre formas de comunicação que não apenas informem sobre o desastre, mas também reconstruam simbolicamente a dignidade e garantam a presença das populações afetadas na gestão do problema. Atento a essa lacuna, o presente trabalho tem o objetivo de analisar o visagismo crítico como linguagem estética, política e pedagógica capaz de restituir o pertencimento, a memória e a subjetividade em meio à emergência climática. A pesquisa parte da hipótese de que o visagismo crítico, ao valorizar a identidade, a memória e o pertencimento, pode operar como prática de resistência simbólica diante de representações midiáticas que reforçam estigmas históricos. A metodologia combina revisão bibliográfica interdisciplinar com análise de experiências comunitárias em territórios afetados por desastres. A análise tem como foco as ações de cuidado e reconstrução simbólicas realizadas na e pela comunidade do Montanhão, localizada no município de São Bernardo do Campo, no estado de São Paulo. O referencial teórico articula os campos da comunicação de riscos, justiça ambiental, pedagogias de coloniais, visagismo e estéticas contra-hegemônicas. Os resultados parciais indicam que

ações voltadas ao cuidado e resistência à representação midiática dos corpos vulnerabilizados em situações de desastre, violando a dignidade humana, contribuem para reverter estigmas visuais, ampliar a escuta simbólica e fortalecer a presença de sujeitos historicamente invisibilizados. O trabalho traz pistas para ampliar o campo da comunicação de riscos por meio da incorporação de práticas estéticas críticas, capazes de tensionar representações hegemônicas e produzir sentidos alternativos para os corpos afetados pelas mudanças climáticas. Trata-se de reconhecer a imagem como lugar político e pedagógico, e a representação estética, sem estigmas, como gesto de resistência e reexistência diante dos desastres. A pesquisa é desenvolvida no escopo do projeto de pesquisa e extensão Montanhão-Território de Luta e Resiliência Climática, iniciado em 2023, na Universidade Metodista de São Paulo, sob a responsabilidade da Profa. Dra. Cilene Victor.

Palavras-chave: visagismo crítico; representação midiática; pânico moral; comunicação de riscos; montanhão.

EIXO TEMÁTICO 5

COMUNICAÇÃO EM REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

ARTIGOS COMPLETOS

COMUNICAÇÃO DE RISCO: ESTRATÉGIAS DE MOBILIZAÇÃO E PARTICIPAÇÃO SOCIAL NO PROJETO PERIFERIA SEM RISCO COLOMBO-PR

RISK COMMUNICATION: MOBILIZATION AND SOCIAL PARTICIPATION STRATEGIES IN THE PERIFERIA SEM RISCO COLOMBO-PR PROJECT

Pedro Vilhena Bartolome
Universidade Federal do Paraná (UFPR), pedrovilhena@ufpr.br

RESUMO
Este estudo analisa as estratégias de comunicação do projeto Colombo Sem Risco, responsável pela elaboração do Plano Municipal de Redução de Risco do município. O objetivo é evidenciar os processos de mobilização e participação social frente às políticas públicas de enfrentamento das desigualdades e redução das vulnerabilidades relativas a riscos. Baseado em documentos institucionais e conceitos em torno de comunicação de risco e comunicação pública, busca-se aprofundar teoricamente a sua relação com as dinâmicas de comunicação. Para isso, foi escolhida a metodologia de análise documental na coleta e análise de dados. Por se tratar de um projeto em fase de desenvolvimento, encontram-se resultados parciais sobre o enfrentamento das desigualdades e redução das vulnerabilidades relativas a riscos. A conclusão, indica direcionamentos para futuros estudos, enfatizando a importância de incentivos governamentais para a participação ativa da comunidade nos espaços públicos e de soluções a problemas socioeconômicos preliminares.

Palavras-Chave: comunicação de risco; participação social; mobilização; deliberação pública.

ABSTRACT
This study analyzes the communication strategies of the Colombo Sem Risco project, which is responsible for creating the Municipal Risk Reduction Plan for Colombo. The objective is to understand the processes of mobilization and social participation in the context of public policies aimed at addressing inequalities and reducing vulnerabilities related to risks.. Based on institutional documents and concepts related to risk communication and public communication, the study seeks to theoretically deepen the relationship between these concepts and communication dynamics. To achieve this, the methodology of document analysis was chosen for data collection and analysis. The project is in the development phase, thus partial results have been found regarding addressing inequalities and reducing vulnerabilities related to risks. The conclusion points to directions for future studies, emphasizing the importance of government incentives for active community participation in public spaces and in solutions to preliminary socioeconomic problems.

Keywords: risk communication; social participation; mobilization; public deliberation.

Sociedade que comunica, comunica risco

Frente às consequências da degradação ambiental no centro da sociedade moderna, há uma nova realidade histórica que pressiona instituições a se adaptarem para as possibilidades de riscos causados pelos sistemas de (super)produção. Autores como Ulrich Beck e Anthony Giddens já indicavam na década de 1990 o surgimento de uma nova fase da modernidade, caracterizada pela "sociedade de risco", na qual o foco não está apenas na distribuição de bens, mas também na distribuição dos riscos, especialmente os ecológicos (Beck, 1986; Giddens, 1997). Tratando-se desta fase como um estágio intermediário entre a segurança e a destruição, a percepção dos riscos contribui para determinar o pensamento e a ação de respostas, em que se tem uma sociedade industrial que produz as situações de ameaça e o próprio potencial político da sociedade de risco (Beck, 1986). A consciência dos impactos climáticos e de desastres ambientais ressalta este potencial político de catástrofes iminentes, contribuindo com que os instrumentos de definição dos riscos tornem-se posições-chaves para uma oportunidade de transformação social. Para Yvette Veyret, o risco é socialmente construído sobre a percepção de uma possível catástrofe, segundo ela, o risco "existe apenas em relação a um indivíduo e a um grupo social ou profissional, uma comunidade, uma sociedade que o apreende por meio de representações mentais e com ele convive por meio de práticas específicas" (Veyret, 2007). Para pesquisadores do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE USP), a partir da percepção do perigo, é possível adotar ações para reduzir, controlar ou eliminar uma ameaça, tratando-se de uma gestão de riscos (Sulaiman e Jacobi, 2018). Nesse sentido, há alguns anos o Brasil procura investimentos em soluções para problemas estruturais e ambientais frequentes em seu território. Com a finalidade de tratar da política de desenvolvimento urbano, e contemplando a ausência de marcos institucionais para as políticas setoriais urbanas, foi sancionada em 2001 a lei No 10.257, que oficializa o Estatuto das Cidades, que tem como órgão central executor o Ministério das Cidades. Por meio deste Ministério, enfatizou-se o planejamento de ações de prevenção a desastres de forma a tornar efetiva a implantação de instrumentos de gestão municipal. O Ministério das Cidades conta com uma secretaria para fortalecer as comunidades urbanas das periferias do Brasil, a Secretaria Nacional de Periferias (SNP), com a missão de trabalhar com as comunidades periféricas na organização e engajamento para a melhoria da qualidade de vida local. Como uma de suas competências, desenvolve-se a proposta e implementação de políticas públicas de prevenção e mitigação de riscos e desastres associados a extremos climáticos, nas periferias urbanas. Uma dessas ações consiste na elaboração de planos locais de redução de risco, tendo a participação social como norteadora da resiliência comunitária (Decreto nº 11.468, de 5 de abril de 2023). Desse modo, a SNP lançou, entre outras iniciativas, a cartilha do Periferia Viva, que busca promover a estruturação e integração de uma matriz ampla de políticas públicas articuladas em torno dos eixos: Infraestrutura Urbana;

Equipamentos Sociais; Inovação, Tecnologia e Oportunidades; e Fortalecimento Social e Comunitário (Guia do Plano de Ação PERIFERIA VIVA, 2024). Essa e outras entrega visam orientar o desenvolvimento de planos de ação para o enfrentamento de riscos existentes no território municipal e sobre as áreas prioritárias que deverão ser objeto de investimentos com intervenções estruturais e não estruturais para redução dos riscos identificados. Uma das instituições responsáveis pela elaboração desses planos é o Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Ambientais (Lageamb) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), que está na frente do estudo e construção dos Planos Municipais de Redução de Riscos (PMRR) no Paraná, tratando-se dos municípios de Colombo e Paranaguá. Os Planos estabelecem aos municípios a responsabilidade no estudo de áreas de risco, de forma a mapear os pontos mais críticos e apontar quais problemas podem acontecer em cada local (Lei Federal 12.608/2012). Como etapa na busca por uma solução desses cenários, e repensando a lógica de progresso, o desenvolvimento de gestão de crise ganha uma dimensão mais técnica, voltada para a governabilidade organizacional, que incorpora questões da comunicação (Rinaldi e Barreiros, 2007) responsável, primordialmente, pela definição de estratégias essenciais no processo de democratização da informação e da mobilização em torno de uma causa em específico. Enquanto apto a direcionar o conhecimento teórico acerca dos métodos e técnicas comunicacionais, em destaque aquelas fundamentais na mediação da opinião pública e do fortalecimento das relações entre entidades e comunidades, o profissional da comunicação se vê no compromisso de estimular a participação social e direcionar forças para a deliberação e solução de entraves na esfera pública. Para elucidar essas questões da comunicação, propõem-se construir uma resposta em torno de como as estratégias de comunicação, adotadas pelo programa Periferia Sem Risco de Colombo (PR), buscam fortalecer o desenvolvimento da participação social para o enfrentamento das desigualdades e redução das vulnerabilidades relativas a riscos nas periferias. Assim, o objeto de pesquisa refere-se ao conjunto de estratégias de comunicação adotadas no processo de mobilização social e participação social do Periferia Sem Risco, de Colombo. Em vista disso, será analisado seu terceiro eixo estratégico (Comunicação e Participação Social), que envolve produtos como cartilhas, posts em redes sociais, publicações técnicas para informação pública e apoio técnico; parceria com universidades e governos municipais; e visitas sociotécnicas a comunidades periféricas. Para isso, objetiva-se um recorte mais preciso das aplicações dessas estratégias, para além das ações de comunicação a nível nacional, focando no planejamento parcial dos produtos de comunicação desenvolvido para o município de Colombo (PR). Além disso, foi traçado um panorama histórico de políticas de enfrentamento a risco e desastres no Brasil e no mundo, a fim de contextualizar o nível de desenvolvimento ao longo dos anos para compreensão deste estudo. Como metodologia para esta investigação, partiu-se de uma revisão bibliográfica para aprofundar a base conceitual das temáticas de comunicação de risco, mobilização social e deliberação pública relacionadas com as dinâmicas de estratégias desenvolvidas no projeto. Por meio de uma pesquisa documental, foram

definidos documentos técnicos e relatos dos profissionais envolvidos na elaboração das estratégias do PMRR de Colombo a serem analisados. A praticabilidade de investigar essa relação e a escolha da metodologia muito se deve ao relacionamento do autor com o laboratório responsável pela elaboração do PMRR de Colombo, o Lageamb, sendo delimitado a escolha do município por questões de viabilidade da pesquisa. Na posição de bolsista de iniciação científica na equipe transversal de Comunicação e Divulgação Científica, foi possível estabelecer contato direto com a equipe do programa Periferia Sem Risco. O fornecimento de informações por meio de relatos, relatórios e demais sistemas de dados dos envolvidos permitiu a condensação de conhecimentos necessários a respeito dos processos e dos fenômenos que atravessam o tema de pesquisa.

Complexidade x Tempo

Diante do desenvolvimento do plano, expõe-se as percepções sobre os principais desafios que a equipe técnica do projeto apresentou na aplicação das metodologias. A elaboração de um plano que envolve inúmeros fatores de risco necessita de uma estruturação de métodos e equipe para aplicação, além de tudo, dada a complexidade do tema, é preciso planejamento e tempo para acompanhar todos esses processos. Para isso, a organização do Colombo Sem Risco segue um cronograma ciente dos possíveis fatores externos que podem ocorrer durante a elaboração do plano.

FIGURA 1 - FORMAÇÕES E ÁREAS DE ESPECIALIZAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO DA EQUIPE COLOMBO SEM RISCO

Formações	Especializações e pós-Graduação
Arquitetura e Urbanismo	Mudança do clima, AbE e SbN
Biologia	Ordenamento Territorial
Ciências Ambientais	Geotecnia
Comunicação Social	Gestão Pública Municipal
Engenharia Ambiental e Sanitária	Desenvolvimento territorial sustentável
Engenharia Ambiental e Urbana	Ciência Tecnologia e Sociedade
Engenharia Civil	Planejamento Urbano
Geografia	Gestão da Informação
Geologia	Políticas Públicas
Gestão Ambiental	
Jornalismo	
Publicidade e Propaganda	
Serviço Social	

FONTE: Relatório 1 do PMRR de Colombo (2024)

FIGURA 2 - EIXOS DE ATIVIDADES DA EQUIPE COLOMBO SEM RISCO

FONTE: Relatório 1 do PMRR de Colombo (2024)

É possível ver esse planejamento dentre os pontos expostos nos arquivos de relatório até o momento, sendo válido pontuar a capacidade de aplicar metodologias próprias para cada equipe distribuída pelo projeto. Esse nível de detalhamento na organização de métodos e técnicas expõem a complexidade em torno de estudos em torno dos riscos e que, no entanto, se vê em contraponto com outras demandas. Por se tratar de uma instrumentalização financiada pelo Ministério das Cidades, por meio do Termo de Execução Descentralizado entre a SNP e a Fiocruz, existe uma verticalidade na entrega de materiais, em que os resultados, maduros ou não, têm de ser colhidos para apresentação à sociedade civil e ao Comitê Gestor. O prazo estimado para devolutivas, não só das entregas parciais, se apresenta curto para atender todos os aspectos pontuados pela gestão. Dentro de uma realidade de 18 meses de projeto, se mostra de difícil execução os 12 eixos de atividades apresentados para os 22 integrantes que compõem a equipe. No sentido de não haver espaço para muitas reformulações, dado uma agenda que migra entre planejamento em escritório, reuniões com atores envolvidos, trabalho de campo e processamento de dados, onde qualquer eventualidade pode afetar as demais etapas. A questão de prazo se agrava pelo fato de alguns bolsistas que compõem o quadro de equipe técnica não estarem dedicados exclusivamente ao Colombo Sem Risco, devido ao envolvimento com outras demandas correlatas no laboratório responsável. Percebe-se isso por grande parte da equipe também estar relacionada com a elaboração do PMRR de Paranaguá, que apesar de estar no mesmo programa apresenta cenários e abordagens singulares. Diante deste aspecto, se mostra imprescindível o planejamento adequado para execução e revisão de alguns pontos dentro

de um tempo ideal. Pensando nisso, a equipe buscou uma solução provisória, de apresentação dessas principais dificuldades nos relatórios, destacando os pontos que limitam a elaboração adequada do PMRR. Da mesma forma, aprofundar as relações dos fatores investigados exige comprometimento com o tempo, principalmente porque se faz preciso um amadurecimento das informações que residem nas decisões do Governo e dos moradores afetados pelo projeto. As principais críticas e sínteses referentes às dinâmicas de comunicação de risco, e de mobilização e participação social, encontram-se resumidas no tópico seguinte.

Abrangência na Comunicação de Risco

Em um primeiro momento, constata-se que as premissas no planejamento para a elaboração do PMMR de Colombo cumprem os principais objetivos da comunicação de risco. Esse cenário é dado pela complexidade de fatores que envolvem riscos e que, consequentemente, exigem uma organização dos elementos investigados para a compreensão de seus efeitos. Devido ao complexo conjunto dos elementos dispostos, o conhecimento técnico não se mostra o suficiente para compreendê-los em sua totalidade, da mesma forma que o saber tradicional sobre o espaço de origem dos moradores não garante uma formulação efetiva ao problema de risco. A gestão de riscos e desastres trabalha com etapas de planejamento, prevenção e recuperação, levando em consideração seu contexto histórico e as causas da produção social dos riscos (Colombo Sem Risco, 2024). O entendimento em torno da gestão de riscos e desastres no projeto parte de um conhecimento científico e comunitário, com premissas que visam a continuidade de adequações metodológicas. Assim, como exposto no relatório do projeto, seu planejamento leva em consideração essa relação de complexidade e estabelece como um de seus postulados a busca por estratégias de coordenação, monitoramento e controle para capacitar a população, fomentar a auto-organização e torná-la mais resiliente, materializando as diretrizes e objetivos da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Colombo Sem Risco, 2024). Nesse sentido, a comunicação dentro do Colombo Sem Risco é preparada para estabelecer condições de diálogo entre especialistas e a comunidade, visando a tomada de decisão da melhor forma possível. Diante de um planejamento que segue objetivamente metodologias específicas para cada área de atuação, é justificável notar um comprometimento com a proposição de solucionar uma realidade de forma integrada. Essa percepção sobre a comunicação de risco é evidenciada em outros dois pontos, pela diversidade de formação dos integrantes e através dos produtos técnicos de comunicação no projeto. Diante dos 22 bolsistas que fazem parte da equipe, existe uma diversidade de formação distribuída em todas as oitos áreas dos saberes: Ciências Exatas e da Terra; Ciências Biológicas; Engenharias; Ciências da Saúde; Ciências Agrárias; Ciências Sociais; Ciências Humanas; Linguística, Letras e Artes (Conselho Nacional de

Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 2022). Conforme o levantamento de informações sobre os 33 PMRRs disponibilizados no site do Ministério do Desenvolvimento Regional, foi evidenciado uma presença predominante de profissionais das ciências exatas e da terra frente aos das áreas de humanas e sociais na elaboração dos planos (Mendonça, Di Gregorio, Alfradique, 2023). Uma amplitude das áreas de conhecimento favorece a disposição de experiências técnicas específicas para suprir a demanda de cada um dos eixos das atividades estruturantes do PMRR. Da mesma forma, é possível destacar essa abrangência no desenvolvimento dos materiais de comunicação do projeto, que planejam alcançar a população em vários meios. Conforme ressalta no Guia metodológico para elaboração dos PMRRs: “[...] aprimoramento dos processos de participação social e comunitária nas diversas etapas de elaboração do PMRR, bem como para a apropriação do conteúdo por parte dos usuários dos mapeamentos públicos e comunitários.” (Brasil, 2024, p.13). O conhecimento integrado passa pelo envolvimento do cidadão na elaboração do PMRR e, para isso, se faz necessário a transparência nos canais de comunicação e disposição de materiais informativos. Sobretudo, porque existem desconhecimento e pressupostos sobre o trabalho sendo desenvolvido por instituições vinculadas ao Estado, que podem comprometer o serviço desempenhado pelos profissionais. Exemplo disso se dá pela pré-concepção averiguada pela equipe técnica na localidade, de que vão retirar as pessoas de suas moradias das áreas de risco, sendo que o objetivo do projeto é justamente o oposto, retirar o risco dos espaços de moradias sem que precise ser feita a remoção de suas casas. Além disso, os materiais de comunicação ainda buscam estruturar conhecimentos técnicos numa linguagem acessível, para que os próprios moradores que se encontram nas áreas de risco possam estar capacitados diante de um risco de desastre, como pode ser visto nas cartilhas, guias e história em quadrinhos sobre o assunto. Essa característica participativa e adaptativa ao cenário de riscos é uma das competências do MCID, que possui o compromisso com a resiliência da população (Decreto nº 11.468, de 5 de abril de 2023). A Organização Mundial da Saúde (OMS) detalha que durante o processo de comunicação de risco ocorre a troca em tempo real de informações, conselhos e opiniões entre especialistas, líderes comunitários ou autoridades e as pessoas que estão em risco, parte integral de qualquer resposta a emergências. Segundo a organização, o objetivo da comunicação de risco é que todos os indivíduos que se encontram em situações de risco possam tomar decisões para mitigar os efeitos da ameaça, como um surto de doença ou desastres ambientais, e tomar medidas preventivas e de proteção. Nesse aspecto, é fundamental comunicar os riscos de maneira planejada para que a população se integre e participe do processo de gestão de riscos juntamente com autoridades e peritos. Logo, o planejamento prévio da comunicação de risco alcança uma dimensão estratégica, de forma a aproximar os conhecimentos que existem entres as diferentes entidades participantes, dada a origem dos atores sociais e seus interesses envolvidos. Logo, pela ciência dos fatos esclarecidos nos materiais de comunicação é possível perceber a tentativa de alavancar a auto-organização da comunidade. Essa realidade possibilita a preparação de informações que integram uma cultura de prevenção, redução das vulnerabilidades e preparação qualificada para o desastre. Assim, o desenvolvimento de produtos comunicacionais colabora com o planejamento de uma amplitude participativa consistente com os princípios

que se propõem, e com os objetivos de resolução expostos no conceito de comunicação de risco e do programa Periferia Sem Risco a nível nacional e municipal.

Etapas para a construção participativa

É importante perceber a forma como se estrutura o relacionamento das entidades no projeto, para se estabelecer o entendimento a respeito da participação de cada um dos atores inseridos na construção do Plano. Numa escala macro, delimita-se essa relação em uma tríade composta por gestores públicos, pelos cidadãos de Colombo e pela universidade pública. Esses três tipos de atores estão comprometidos com a elaboração do PMRR do município, e possuem corresponsabilidade no papel ativo da gestão e redução de riscos.

FIGURA 3 - ATORES SOCIAIS ENVOLVIDOS NO PMRR COLOMBO

FONTE: Relatório 1 do PMRR de Colombo (2024)

Por meio da retroalimentação, cada entidade fornece o próprio ponto de vista para constituir a discussão e, dessa forma, avançar com os processos mobilizadores que fazem parte. Para isso, se faz necessário que todas as partes sejam ouvidas, o que desperta dois questionamentos: em quais etapas se mostra importante a participação da comunidade e em que medida a proposta do outro é validada. De acordo com Simeone (2005), a mobilização social só é possível quando se conhece e respeita o processo de ação coletiva em questão. No caso do Colombo Sem Risco, a interação entre os agentes ocorre nesse sentido, trata-se de um processo fundamentalmente dialógico, construído com o conhecimento das três partes. A princípio, o primeiro contato da população com o projeto se deu através da apresentação da Conferência Municipal da Cidade de Colombo, com a presença do Lageamb e do Comitê Gestor. O objetivo era escutar as instituições e a comunidade local quanto aos processos perigosos identificados no município, e sobre as contribuições para o planejamento do mapeamento. Após esta etapa, a comunidade de Jd. Nova Tereza, Roça Grande, Jardim Marambaia, Rio Verde e Campo Alto foi mobilizada para

um campo de Reconhecimento, para que a equipe compreendesse melhor a respeito de obras, estruturas e formas de organização já existentes ou em construção. Espera-se que essa medida possa promover medidas elaboradas conforme as características locais e o perfil das famílias residentes, além de poder auxiliar na verificação dos riscos, se são áreas ocupadas e definir se serão objeto de mapeamento técnico. Assim, estrutura-se a partir da fase de Reconhecimento a definição de localidades a serem mapeadas e a definição de canais com a população, constituindo secretarias de educação, movimentos sociais, agentes sociais do governo, lideranças comunitárias, representantes de bairros e demais fontes. Após este momento, a participação da população se deu por meio de uma roda de conversa na Igreja Sagrada Família de Colombo, especificamente para os moradores da Vila Nova entenderem sobre o projeto Periferia Sem Risco e, principalmente, para ouvir seus conhecimentos sobre as ameaças de deslizamento e inundação, e como tem afetado a vida e a moradia deles. A troca de experiência facilita, também, o entendimento dos materiais a serem desenvolvidos, aproximando tanto a linguagem quanto a abordagem a serem feitas, além de evitar desentendimentos, como possíveis trocas de nomes de localidades. Na próxima etapa participativa, ocorreram as Oficinas Comunitárias nas comunidades Vila Zumbi dos Palmares, Vila Liberdade, Guaraituba (Campo do Tenente), Jd. das Graças e São Dimas. Nesta etapa, ocorre o Mapeamento Participativo do PMRR de Colombo para identificação de ameaças de inundação, enchentes e deslizamentos das áreas mais ameaçadas, a partir da escuta das memórias e relatos. Este também é um momento para identificar as famílias mais vulneráveis, o que permite que o mapeamento seja mais preciso e possibilita propor medidas mais efetivas para a prevenção e redução de riscos. Até o momento, estas foram as etapas participativas executadas, priorizando casas em condições de maior vulnerabilidade e incentivando a participação da comunidade. Esse incentivo é perceptível através da disponibilização de materiais informativos impressos e digitais que visam alcançar o maior número de moradores possíveis. E do acolhimento nas reuniões por meio de espaços inclusivos em escolas e igrejas, pensando em comportar famílias com crianças e disponibilizando lanche para os participantes dentro do planejamento das reuniões. Dessa forma, é evidenciado como a mobilização da população, com todas essas estratégias, contribui com a promoção de uma gestão participativa, em que as contribuições sobre as percepções dos moradores detêm um grande valor para compor a análise de risco para o PMRR. Comparado com os PMRRs de outros municípios, o plano de Colombo evidencia uma participação mais presente da sociedade, visto que a contribuição da população vinha apenas nas etapas de Audiência Pública, limitando muito os processos de construção colaborativa e dando uma importância secundária das comunidades (Mendonça, Di Gregorio, Alfradique, 2023). O planejamento das macro etapas para a elaboração é voltado para constituir espaços de participação que levam em consideração o risco como um fator socialmente construído.

Avaliação dos espaços de deliberação

As etapas participativas, além de apoiarem o processo de aproximação das comunidades com o Poder Público e a sensibilização no assunto de risco de desastres,

contribuem para o enriquecimento dos espaços de deliberação. Diferentemente da maioria dos demais PMRRs elaborados até hoje, o Colombo Sem Risco desenvolve o papel de integrar a sociedade nos espaços de discussão do Plano. De acordo com Alfradique (2023), a população, principalmente a moradora de áreas de risco, é equivocadamente desprezada na concepção de planos governamentais. Esta colocação reforça a importância da construção de espaços que valorizam o diálogo e a escuta, responsável por uma interação simbolicamente mediada. Para Habermas (1989), essa ação comunicativa se orienta segundo normas de vigência obrigatória que definem as expectativas recíprocas de comportamento e que têm de ser entendidas e reconhecidas, pelo menos, por dois sujeitos agentes. Nesse sentido, existem expectativas pré-estabelecidas no imaginário coletivo que possam dificultar o desenvolvimento da deliberação pública sobre a ação de riscos e desastres nas comunidades mais vulneráveis. Durante os processos de participação do Colombo Sem Risco, a equipe buscou mobilizar os moradores a integrarem os espaços de deliberação, no objetivo de contribuir com o planejamento do PMRR e apontar as percepções individuais sobre as localidades de mapeamento. A preparação do ambiente para que ele se mostrasse acolhedor com a comunidade, se deu através da acessibilidade dos espaços das oficinas em locais conhecidos, por meio da disponibilização de lanche, adequação das datas fora do horário comercial e acolhimento às famílias com crianças. Segundo impressões da equipe técnica do Lageamb, apesar desses esforços, a taxa de adesão dos moradores se mostrou em sua maioria baixa. As estratégias adotadas cumprem a adequação do público com a proposta, que somado com o papel dos materiais informativos impressos e digitais, fomentam um espaço participativo e inclusivo, visando todos os moradores. Entre as hipóteses levantadas para explicar essa lacuna de participantes, destaca-se o desconhecimento a respeito da prática de gestão de riscos e desastres, que podem favorecer o receio de comprometimento com instituições do governo e o baixo critério de prioridade da população sobre o assunto. Isso se apresenta conforme uma das experiências expostas em um dos encontros fechados da equipe técnica responsável pelo PMRR de Paranaguá, onde foram apresentados os principais relatos das etapas de participação. Segundo os integrantes da equipe, a oficina com maior taxa de participação ocorreu devido a uma desinformação que circulou nos canais de comunicação, sobretudo Whatsapp, que a equipe estaria convocando a população para comparecer na reunião para comprovação de documentos. A confusão a respeito do objetivo da oficina levou a um expressivo volume de participação, que sugere ter sido despertada por um receio coletivo de expulsão das casas, em que quem não apresentasse todos os documentos pessoais e do imóvel estaria sujeito à remoção de sua residência. Muito desse processo encontra-se numa rede de informações não oficiais, que podem gerar o efeito escalonado da desinformação, sobre a desconfiança de um sistema incapaz de fornecer o devido apoio igualmente a todos. Dentro desta hipótese, cabe apontar para o papel de poder do Estado, e como ele se apresenta para a população, destacando a importância de acompanhar um estudo a respeito da opinião pública para compreender o relacionamento político que os moradores possuem com o município. Dessa forma, mostra-se um processo dificultoso a construção de um relacionamento com o Estado que defende princípios contrários ao que se defende no projeto, como por meio de práticas liberais de exploração à

moradia, por exemplo. Dentro desta lógica, entende-se o distanciamento para estabelecer ações deliberativas, que exigem a confrontação de razões que são atenuadas por entraves políticos, gerando como um de seus fatores o medo de exposição. Apesar desses pressupostos, a equipe técnica cumpriu com os princípios estabelecidos de construção participativa e apresentou incentivos para contornar essa situação. Dentro dos espaços de discussão, foram elaboradas fichas específicas para identificação de ameaças e coleta da percepção de riscos, considerando aspectos como recordação de eventos de explosão, incêndio e vazamento de gás em uma determinada área atingida. Assim, tratando de indicadores visuais, olfativos, de insegurança, conferindo se os moradores já passaram por alguma ação preventiva de risco, se foram consultadas ou se já sofreram alguma pressão frente à expansão das empresas. Desse jeito, por se tratar de um dos primeiros projetos a desenvolverem um PMRR estrategicamente participativo com a comunidade, se mostra compreensível ocorrer certo estranhamento por parte da população. Esse cenário sugere que este tipo de relacionamento trata-se de um processo contínuo e gradual, que envolve a manutenção do diálogo e a transparência de informações. Portanto, nota-se que o distanciamento entre a população e as instituições públicas ainda é presente apesar de todas as estratégias de comunicação direcionadas a uma tentativa de aproximação.

Conclusão

Diante do exposto, percebe-se a construção de alternativas ao enfrentamento do risco de desastres dentro do território, que caminham gradativamente por princípios de inclusão e participação da sociedade na gestão de políticas públicas. O planejamento técnico desenvolvido para a elaboração do PMRR, como o próprio plano em si, abre caminhos para novas metodologias de sistemas adaptativos que lidam com a complexidade de eventos. Além de afirmar princípios fundamentais do Marco de Sendai (UNISDR, 2015) que promovem o engajamento e cooperação de toda a sociedade na concepção e implementação de políticas, planos e normas para a redução de riscos de desastres. Sobretudo, num cenário de emergências climáticas, que coloca o protagonismo das comunidades afetadas na gestão de risco como um ponto crucial para a elaboração de soluções participativas, ao integrar os saberes locais com o conhecimento científico para a resolução de medidas governamentais. Segundo o caderno técnico de gestão integrada da Defesa Civil, existe um modelo de progressão da vulnerabilidade que compõe riscos e desastres, e por mais que registrem-se esforços para o combate às condições inseguras e de pressões dinâmicas, não é possível solucionar as causas mais profundas. Frente a condições de crescimento econômico com exclusão social e desigualdade de classe, gênero e raça, não há como planos que mobilizem soluções de forma isolada ao assunto serem efetivos neste cenário. Segundo um levantamento avaliado pelo MapBiomas, os anos de maior crescimento do número de desastres, de 1999 a 2003, coincidem com picos de desigualdade de renda. Esse panorama mostra a necessidade de integração de vários setores públicos com a população, visando a reformulação de políticas públicas que

combatam a raiz dos problemas em questão e aproxime a distância existente entre atores do governo com a periferia, de forma a promover uma maior pressão social para redução das desigualdades. Logo, por mais que o projeto Colombo Sem Risco estabeleça uma mudança na elaboração de políticas de combate a risco e desastres, com aumento do número de profissionais das áreas de ciências humanas, com o avanço de medidas participativas da comunidade atingida e com o fortalecimento de capacidades locais de infraestrutura, planejamento, informação e participação social, não há como provocar uma mudança definitiva nas causas produtoras dessas mazelas preliminares. Assim, por se tratar de cenários tão recentes e com uma complexidade muito abrangente, ainda é preciso de um acompanhamento a longo prazo para medir seus impactos e confirmar a temporariedade dos fatos.

Referências

ALFRADIQUE, Christine. *Planos Municipais De Redução De Risco: Uma Análise De Conteúdos E Metodologias Aplicadas No Brasil*. 2019.

BECK, Ulrich. *Sociedade de risco: Rumo a uma outra modernidade*. 1986.

BECK, Ulrich; GIDDENS, Anthony; LASH, Scott. *Modernização reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna*. São Paulo: Editora Unesp; 1997.

BRASIL. Lei No 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2001.

BRASIL. Lei Nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências.. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2012.

BRASIL. DECRETO Nº 11.468, DE 5 DE ABRIL DE 2023. Aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções de Confiança do Ministério das Cidades e remaneja e transforma cargos em comissão e funções de confiança. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2023.

BRASIL DE FATO. *Municípios brasileiros crescem mais em áreas de risco*. 2024. Disponível em: https://www.brasildefato.com.br/2024/11/08/municipios-brasileiros-crescem-mais-em-areas-de-risco.

COORDENADORIA ESTADUAL DA DEFESA CIVIL. *Marco de Sendai para Redução de Riscos e Desastres*. Disponível https://www.defesacivil.pr.gov.br/Pagina/Marco-de-Sendai-para-Reducao-de-Riscos-e-Desastres.

GOVERNO FEDERAL. *Guia do Plano de Ação PERIFERIA VIVA*. Ministério das Cidades. 1ª Edição: 2024.

HENRIQUES, Márcio S. (Org.) *Comunicação e estratégia de mobilização social*. Belo Horizonte: Autêntica, 2007.

HABERMAS, Jürgen. *Consciência moral e agir comunicativo*. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1989.

PREFEITURA MUNICIPAL DE COLOMBO. Relatório 1- Plano de Trabalho. 2024. Disponível em: https://prefeitura.colombo.pr.gov.br/wp-content/uploads/2024/08/Relatorio1_PMRR_PlanoTrabalho_Colombo_j ul2024.pdf

PERIFERIA SEM RISCO. *Guia para planos municipais de elaboração de riscos*. Ministério das Cidades. 2024. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/assuntos/publicacoes/arquivos/arquivos/GuiaparaplanosmunicipaisdereduoderiscosVFINAL.pdf.

RINALDI, Alexandra; BARREIROS, Dorival. *A importância da Comunicação de Riscos para as organizações*. Revista ORGANICOM: Revista Brasileira de Comunicação Organizacional e Relações Públicas, São Paulo, n. 6, v.4, 1° semestre, 2007.

SILVA, Vanessa. *A ciência e suas mais diversas formas*. UFRJ. Disponível em: https://conexao.ufrj.br/2022/07/a-ciencia-e-suas-mais-diversas-formas/#:~:text=O%20Conselho%20Nacional%20de%20Desenvolvimento,%3B%20Lingu%C3%ADstica%2C%20Letras%20e%20Artes.

VEYRET, Yvette (org.). *Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente*. São Paulo: Contexto, 2007.

VICTOR, Cilene. In: SULAIMAN, Samia; JACOBI, Pedro (org.). *Melhor prevenir: olhares e saberes para a redução de risco de desastres*. 2018.

RÉS DO CHÃO FRACO E ATIVO: SEGURANÇA ESTRUTURAL VS. ATIVAÇÃO ECONÓMICA NA CIDADE DO MÉXICO

WEAK AND ACTIVE GROUND FLOOR: STRUCTURAL SAFETY VS. ECONOMIC ACTIVATION IN MEXICO CITY

José Manuel Arroyo Moreno
Mestre em Planejamento Urbano, UNAM, josemanuelarroyo125@gmail.com

RESUMO
O estudo aborda a coexistência de pisos térreos ativos e de pisos térreos fracos em edifícios de uso misto no distrito de Benito Juárez, na Cidade do México, destacando o seu impacto no aumento do risco estrutural em eventos sísmicos. Este problema é agravado por certas tendências no desenho urbano. A abertura de pisos térreos para incentivar espaços ativos, sem considerar as implicações estruturais, aumenta a probabilidade de vulnerabilidades significativas, como a formação de pisos térreos fracos, especialmente em áreas com elevada atividade sísmica. Em resposta a este problema, foi desenvolvida uma base de dados com 45.935 registos para analisar os usos do solo, principalmente comerciais e residenciais, utilizando uma metodologia concebida para identificar edifícios com coexistência de pisos térreos ativos e fracos. Os resultados revelaram que 74% dos edifícios comerciais e 76% dos edifícios residenciais apresentam esta condição. Para além disso, os edifícios identificados têm, em média, três pisos e uma idade próxima dos 50 anos, o que reforça a necessidade de considerar estes fatores nas estratégias de mitigação do risco.
Palavras-Chave: Coexistência, risco estrutural, modificações arquitetônicas, resiliência urbana, interação social.

ABSTRACT
The study addresses the coexistence of active first floors and weak first floors in mixed-use buildings in the Benito Juárez district of Mexico City, highlighting their impact on increasing structural risk in seismic events. This problem is exacerbated by certain trends in urban design. Opening up first floors to encourage active spaces, without considering the structural implications, increases the likelihood of significant vulnerabilities, such as the formation of weak first floors, especially in areas with high seismic activity. In response to this problem, a database of 45,935 records was developed to analyze land uses, mainly commercial and residential, using a methodology designed to identify buildings with coexisting active and weak first floors. The results revealed that 74% of commercial buildings and 76% of residential buildings have this condition. In addition, the buildings identified have, on average, three floors and are close to 50 years old, which reinforces the need to consider these factors in risk mitigation strategies.
Keywords: Coexistence, structural risk, architectural modifications, urban resilience, social interaction.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Rés do chão com espaços abertos

A ideia de um rés do chão caracterizado por amplos espaços abertos em edifícios residenciais e multifamiliares tem as suas raízes nos princípios da arquitetura moderna desenvolvidos por Charles Édouard Jeanneret, conhecido como Le Corbusier, em 1926. Através do seu conceito inovador de pilotis, Le Corbusier reconfigurou a conceção do rés do chão, libertando espaço através de colunas que elevam os níveis superiores, eliminando as paredes estruturais convencionais e permitindo uma disposição arquitetônica flexível e um ambiente mais bem ventilado e iluminado.

De acordo com OECHSLIN E WANG (1987), Le Corbusier desenvolveu os princípios estabelecidos nos seus "*Cinco Pontos de uma Nova Arquitetura*" (p. 86), três dos quais se destacam por se referirem diretamente aos benefícios de um piso térreo com espaço amplo:

- As pilhas: através de pilares que elevam o edifício, o desenho permite o contacto direto com o espaço exterior e facilita a iluminação natural.
- A planta livre: a estrutura de pilares em vez de paredes estruturais permite uma disposição flexível dos espaços interiores, adaptável às necessidades específicas de cada piso.
- A fachada livre: a conceção estrutural com postes e vigas liberta a fachada de restrições, permitindo ao arquiteto determinar livremente a disposição e a dimensão dos vãos de acordo com critérios estéticos e funcionais.

Nesta perspectiva arquitetônica, os pilotis permitem não só uma melhor ventilação e iluminação nos pisos térreos, mas também uma maior integração com o ambiente envolvente. No entanto, Le Corbusier não especificou um critério estrutural para a disposição destes pilares, deixando ao critério do arquiteto a sua localização e a dimensão dos vãos.

1.2 Rés do chão ativo

Os princípios arquitetônicos de Le Corbusier (nomeadamente a planta livre, a fachada livre e os pilotis) abriram caminho para a utilização multifuncional dos pisos térreos com espaços abertos. Esta disposição permite satisfazer várias necessidades num mesmo edifício, podendo o espaço inferior ser utilizado para funções práticas como estacionamento, lojas ou serviços. Esta flexibilidade arquitetônica dá origem ao conceito de rés do chão ativo, que responde às exigências económicas e urbanas através da otimização da utilização do espaço.

O termo rés do chão ativo, também conhecido como rés do chão vivo, é definido no campo do desenho urbano e da arquitetura como uma configuração em que as rés do chão de um edifício integram espaços comerciais, serviços ou outras áreas de interação pública. Esta conceção procura dinamizar a rua, criando uma frente de rua ativa e atrativa para quem passa, criando um ambiente seguro e animado (ver figura 1). Os pisos térreos ativos promovem a interação diária entre residentes e visitantes, conferindo uma dimensão económica e social aos edifícios.

Figura 1. Pisos térreos ativos na Av. Universidad, Col. Del Valle Centro, Benito Juárez, 03100, CDMX.

Fonte: GOOGLE MAPS, (2019).

De uma perspectiva económica e social, os pisos térreos ativos desempenham um papel fundamental no desenvolvimento urbano, estimulando o comércio local e melhorando a segurança nas ruas. Gehl (2014) destaca a relevância da implementação de políticas de 'fachada ativa' para assegurar o dinamismo contínuo nas áreas urbanas, particularmente em áreas recentemente desenvolvidas (p. 81). De acordo com Gehl, a conceção do rés do chão tem um impacto decisivo na vitalidade urbana: um rés do chão ativo cria uma ligação visual e física entre o espaço interior e a rua, aumentando a segurança e a atratividade das estradas.

GEHL (2014) salienta que um rés do chão ativo é definido pela percepção do peão que passa em frente a um edifício (p. 77). Além disso, quando os pisos térreos albergam lojas e os pisos superiores são utilizados para habitação ou escritórios, a articulação visual e funcional da fachada enriquece a experiência do peão. Os projetos que incorporam fachadas ativas e pormenores verticais, em vez de elementos predominantemente horizontais, contribuem para encurtar as distâncias percorridas, tornando o percurso mais atrativo e menos monótono (p. 79).

A importância dos pisos térreos ativos no desenho urbano não se limita apenas à criação de espaços que encorajam o dinamismo e a interação social; também foi explorada a forma como a qualidade e o nível de atividade destas fachadas afetam a percepção e a utilização do espaço público. Um exemplo disso foi o desenvolvimento de uma escala de avaliação em Estocolmo, na Suécia, durante um grande projeto de renovação urbana em 1990. A escala de cinco níveis permitiu classificar as fachadas do rés do chão em categorias que refletiam o seu grau de atividade e atratividade visual, constituindo uma base útil para intervenções em ruas e zonas estratégicas.

Esta escala classificou as fachadas de A a E, sendo que a categoria A representava o nível mais ativo, com caraterísticas como um elevado número de portas (15 a 20 por 100 metros), variedade de funções, fachadas detalhadas e verticalmente bem articuladas e a ausência de espaços vazios ou fachadas cegas. Estas caraterísticas encorajam a interação dos peões, tornando as fachadas ativas um recurso valioso para o desenvolvimento urbano.

Em contrapartida, a categoria E, ou inativa, caracterizava-se por grandes unidades, poucas portas (0 a 2 por 100 metros), falta de diversidade funcional e fachadas planas e uniformes sem pormenores atrativos (p. 41). Estas fachadas limitam significativamente o potencial de interação, tornando as zonas menos dinâmicas e atrativas para o tráfego pedonal (GEHL et al., 2006).

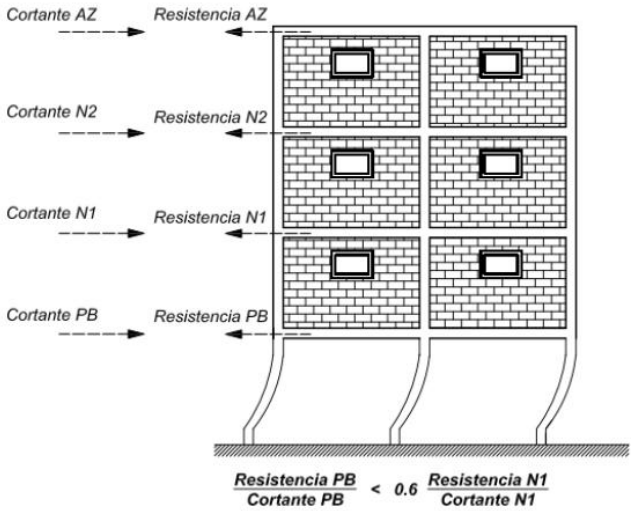
1.3 Piso térreo fraco

O piso térreo fraco é um fenómeno estrutural que compromete de forma crítica a estabilidade dos edifícios durante eventos sísmicos. De acordo com as Normas Técnicas Complementares para o Projeto Sísmico da Cidade do México (CDMX), um edifício é classificado como tendo um piso térreo fraco quando: “o rácio entre a capacidade resistente e a força de corte de projeto para o primeiro piso é inferior a 60 por cento deste mesmo rácio para o segundo piso e para mais de metade dos restantes pisos” (SMIE, 2020, p. 63).

Isto implica que o primeiro andar tem uma rigidez consideravelmente mais baixa em comparação com os andares superiores, o que se traduz numa elevada vulnerabilidade a sismos (ver Figura 2). O piso térreo fraco é frequentemente encontrado em edifícios onde o projeto arquitetônico dá prioridade a grandes espaços abertos no primeiro nível, muitas vezes para funções comerciais, estacionamento ou serviços.

Este tipo de configuração é particularmente suscetível de colapso parcial ou total durante sismos de alta intensidade devido à insuficiente resistência e rigidez no nível mais baixo da estrutura. Em áreas sismicamente ativas, como a Cidade do México, este problema estrutural tem sido amplamente documentado e representa um desafio crítico para a engenharia civil, ao equilibrar a funcionalidade dos espaços abertos com a segurança estrutural do edifício.

Figura 2. Piso térreo fraco.



Fonte: modificado de SMIE, (2020).

2 OBJETIVO

Analisar a coexistência de pisos térreos ativos e fracos em edifícios de uso misto no distrito de Benito Juárez, na Cidade do México, avaliando seu impacto na vulnerabilidade estrutural diante de eventos sísmicos. A pesquisa busca identificar padrões urbanos e estruturais que contribuem para essa condição, utilizando uma base de dados detalhada, a fim de fornecer subsídios para estratégias de mitigação de risco e planejamento urbano mais resiliente.

3 METODOLOGIA

O objetivo desta secção é explicar a abordagem metodológica utilizada para analisar a coexistência de piso térreo ativo e piso térreo fraco, avaliando o seu impacto na segurança estrutural e no desenho urbano. A análise centrou-se na prefeitura de Benito Juárez da Cidade do México, uma área representativa devido à elevada incidência de danos estruturais após o terramoto de 19 de setembro de 2017.

A metodologia combinou a revisão teórica e a análise de dados quantitativos para fornecer uma avaliação abrangente do problema. Esta abordagem permitiu a identificação dos riscos associados à coexistência de pisos térreos fracos e ativos e facilitou a formulação de recomendações de prevenção de riscos que podem contribuir para a segurança urbana e a resiliência na Cidade do México.

O primeiro passo na análise foi estabelecer uma Base de Dados Única, que inclui informação sobre lotes no município de Benito Juárez. Para o efeito, utilizou-se a base de dados do Cadastro da Cidade do México para obter os seguintes dados: rua, número exterior, colónia, código postal, câmara municipal, área do terreno, área de construção e ano de construção. Por outro lado, graças à base de dados SEDUVI, foi possível obter: descrição do uso do solo e número de pisos. Ambas as bases de dados foram publicadas pela AGÊNCIA DIGITAL PARA INOVAÇÃO PÚBLICA, (2021).

A criação da Base de Dados Única centrou-se nos edifícios com uso misto do solo, ou seja, aqueles com usos residenciais e comerciais (residencial com comercial, residencial com comercial no rés do chão e residencial misto). Uma vez filtrados estes registos, examinou-se a idade dos edifícios e identificou-se a presença de pisos térreos fracos através de uma análise estrutural de cada edifício, seguindo a metodologia das Normas Técnicas Complementares para o Projeto Sísmico da Cidade do México. A informação recolhida foi processada e georreferenciada utilizando Sistemas de Informação Geográfica (SIG), o que permitiu a visualização e o mapeamento dos edifícios no distrito de Benito Juárez.

Esta visualização espacial permitiu a sobreposição de dados de localização de pisos térreos ativos com dados estruturais de edifícios com patologia fraca no piso térreo. Esta abordagem de análise espacial facilitou a identificação de áreas de alto risco e permitiu a observação de padrões e correlações geográficas entre pisos térreos ativos e vulnerabilidades estruturais, destacando edifícios predispostos a danos futuros.

Finalmente, métodos estatísticos e técnicas de análise espacial foram aplicados para avaliar a correlação entre os dados de plantas inferiores ativas e plantas inferiores fracas. Esta abordagem analítica permitiu uma compreensão profunda do impacto da coexistência destas características na segurança estrutural de edifícios num ambiente urbano denso e com elevada atividade sísmica como a Cidade do México.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A criação do Banco de Dados Único foi essencial para filtrar e classificar 45.935 registros de propriedades na Prefeitura de Benito Juárez de acordo com seu uso do solo e características estruturais. Este processo permitiu identificar 27.314 edifícios que combinam pisos térreos ativos com características de fragilidade estrutural. A análise geoespacial por meio de SIG permitiu mapear a localização dessas propriedades, revelando concentrações significativas em áreas específicas da prefeitura. Esta abordagem facilitou a identificação de áreas de alto risco e forneceu uma base para priorizar intervenções estruturais e de planeamento urbano.

Uma vez aplicada a metodologia descrita na seção anterior, os resultados obtidos revelam constatações preocupantes em relação à coexistência de térreos fracos e ativos na prefeitura de Benito Juárez, Cidade do México. Esta análise permitiu-nos identificar padrões-chave e avaliar a magnitude do problema.

Dos 45.935 registros analisados no Banco de Dados Único, foram filtrados três principais tipos de uso do solo: comercial, residencial e outros; revelar quais atendem à condição de térreo ativo com térreo fraco. Os resultados são os seguintes:

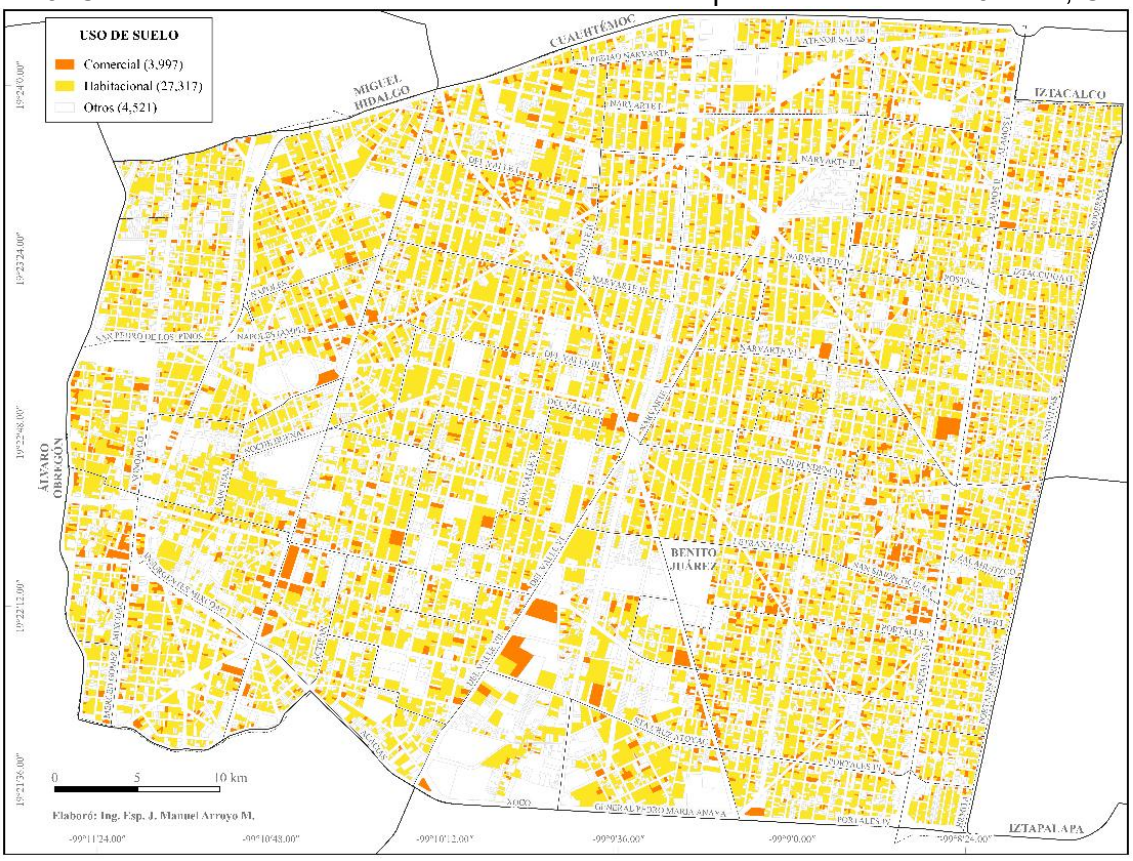
- Uso comercial de terrenos: dos 5.421 registos correspondentes a este uso, 1.424 registos não cumprem; Porém, 3.997 registros apresentam essa condição.
- Uso do solo residencial: do total de 35.993 registros, 8.676 registros não atendem à condição, enquanto 23.317 registros a atendem.
- Outros usos do solo: os 4.521 registros classificados nesta categoria não foram analisados nesta condição, pois correspondem a atividades não relacionadas às características avaliadas.

O mapeamento georreferenciado utilizando SIG mostrou padrões críticos na distribuição de imóveis com coexistência de térreos ativos e fracos. As áreas com maior concentração destas condições localizavam-se principalmente nos bairros Del Valle, Narvarte e Nápoles. Estas zonas destacam-se não só pela densidade de edifícios vulneráveis, mas também pela elevada atividade comercial, o que aumenta a exposição ao risco em caso de evento sísmico.

A análise revelou também que os edifícios com este problema tendem a aglomerar-se perto dos principais eixos rodoviários, como a Avenida Insurgentes e a Avenida Universidad. Estas correlações indicam que as intervenções prioritárias devem centrar-se nestes pontos críticos para mitigar os riscos estruturais e urbanos, garantindo a segurança da população e a continuidade das atividades económicas essenciais.

Os registros foram georreferenciados em Sistemas de Informações Geográficas (ver figura 3). Verificou-se que o nível médio dos edifícios que atendem à condição de térreo ativo com térreo fraco é de três níveis, tanto de uso comercial quanto residencial. Da mesma forma, o ano médio de construção destes edifícios é 1975 para registros comerciais e 1978 para residenciais.

Figura 3. Coexistência do térreo ativo e do térreo fraco na prefeitura de Benito Juárez, CDMX.



Fonte: elaboração própria com dados da ADIP, (2021).

Estes resultados destacam um problema fundamental na integração do desenho urbano e da segurança estrutural. A tendência de modificar os pisos térreos para incluir usos comerciais ou serviços sem considerar as necessidades estruturais levou à criação de pontos críticos de falha. Intervenções comuns, como a eliminação de paredes estruturais, a ampliação dos acessos ou a instalação de grandes vitrinas, converteram pisos térreos ativos em pisos térreos fracos, aumentando significativamente o risco de desabamento em caso de sismo.

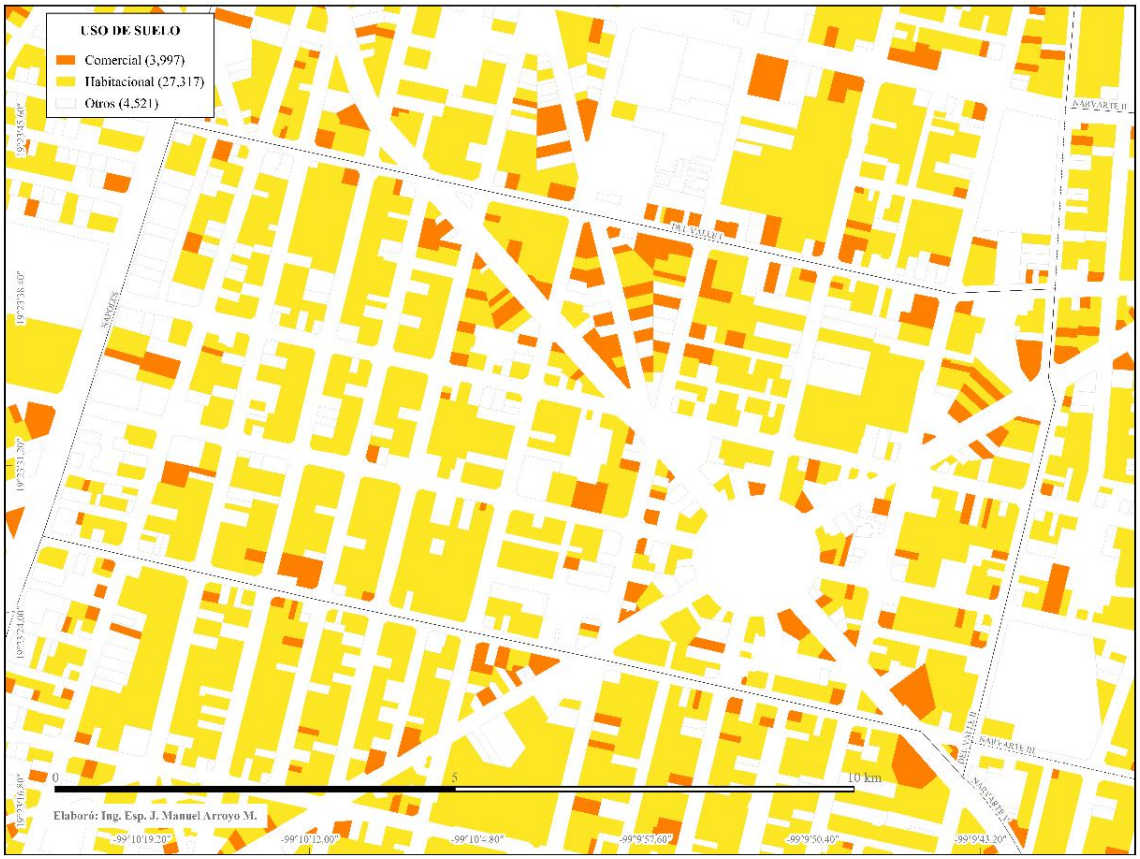
Os métodos estatísticos aplicados na análise permitiram validar as correlações entre as plantas inferiores ativas e fracas. Foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson, que obteve valor de 0,82, indicando uma relação positiva significativa entre a presença de atividades comerciais ou de serviços nos andares térreos e a fragilidade estrutural observada. Além disso, foi realizada uma análise de regressão linear para avaliar como fatores como ano

de construção e uso do solo influenciam a probabilidade de coexistência de ambas as condições.

Os resultados mostraram que os edifícios construídos antes de 1980 têm 65% mais probabilidade de ter pisos térreos ativos fracos em comparação com aqueles construídos posteriormente. Da mesma forma, identificou-se que edifícios com três ou mais níveis apresentam maior predisposição a essas vulnerabilidades, reforçando a necessidade de priorizar intervenções em imóveis com essas características.

A Figura 4 ilustra uma abordagem ao bairro Del Valle II, onde 90% dos edifícios multifamiliares apresentam a condição de térreo ativo e fraco. Este caso mostra que as intervenções estruturais realizadas sem considerar a regulamentação em vigor e o contexto sísmico local agravam os riscos, sublinhando a importância de supervisões técnicas especializadas.

Figura 4. Coexistência do térreo ativo e do térreo fraco, Col. Del Valle II, Benito Juárez, CDMX.



Fonte: elaboração própria com dados da ADIP, (2021).

As médias obtidas durante a análise revelam padrões significativos que sublinham a importância de abordar os edifícios vulneráveis. A média de construção dos edifícios identificados como críticos, correspondente aos anos de 1975 para uso comercial e 1978 para uso residencial, reflete uma idade considerável. Este período coincide com regulamentações estruturais e limitações técnicas menos robustas para enfrentar riscos sísmicos. Além disso, a

modificação destes edifícios para incluir usos comerciais sem reforço adequado aumentou a sua vulnerabilidade.

A média dos três níveis nas edificações analisadas é igualmente relevante, uma vez que estruturas desta altura têm maior probabilidade de sofrer colapsos parciais ou totais caso apresentem irregularidades no térreo. Estas conclusões reforçam a necessidade de implementar programas específicos de reabilitação estrutural para edifícios antigos e médios, particularmente em ambientes urbanos altamente sísmicos.

A metodologia aplicada foi fundamental para a obtenção de resultados abrangentes apoiados em múltiplas abordagens analíticas. A criação da Base de Dados Única permitiu classificar e filtrar os imóveis de acordo com o uso do solo e características estruturais, garantindo um enfoque direcionado para pisos térreos ativos e frágeis. A análise estrutural, baseada nas Normas Técnicas Complementares para Projeto Sísmico, possibilitou identificar imóveis com condições críticas em termos de segurança.

A utilização de Sistemas de Informação Geográfica foi fundamental para mapear a distribuição desses edifícios na prefeitura de Benito Juárez, permitindo observar padrões espaciais e concentrações de riscos. Por último, os métodos estatísticos aplicados corroboraram a correlação entre as características estruturais e de uso do solo, validando os resultados quantitativos e facilitando a identificação de áreas prioritárias para intervenção.

A coexistência de pisos térreos fracos e ativos coloca um dilema: incentivar o desenvolvimento urbano que promova a interação social e a atividade económica sem comprometer a estabilidade dos edifícios. Este desafio agrava-se num contexto sísmico como o da Cidade do México, onde qualquer irregularidade estrutural aumenta o risco de perdas humanas e materiais. Para evitar estes riscos, é fundamental que as intervenções nos pisos térreos sejam avaliadas por engenheiros estruturais qualificados e cumpram as normas técnicas em vigor. A coordenação entre o desenho urbano e a engenharia estrutural deve ser reforçada, promovendo práticas que permitam pisos térreos ativos seguros e funcionais.

A aplicação combinada de análises estruturais, estatísticas e geoespaciais permitiu identificar áreas críticas na prefeitura de Benito Juárez, onde a coexistência de pisos térreos ativos e fracos aumenta significativamente o risco sísmico. Em particular, os resultados destacaram um total de 27.314 edifícios críticos, concentrados em áreas específicas com elevada densidade urbana e atividade comercial. Estas estruturas, construídas em média nos anos de 1975 e 1978, apresentam uma vulnerabilidade associada à sua idade, modificações não regulamentadas e alturas médias de três níveis. Este diagnóstico reforça a urgência de implementar programas de regulação e reabilitação estrutural mais rigorosos, que visem mitigar o risco e proteger as comunidades em contextos de elevada exposição sísmica.

5 CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo destacam a urgência de resolver o problema dos pisos térreos ativos que, devido a modificações inadequadas, tornam-se pisos térreos fracos,

aumentando significativamente os riscos estruturais em edifícios na Cidade do México. Esta situação representa uma irregularidade crítica que compromete a capacidade de resistência dos edifícios aos movimentos sísmicos, particularmente numa zona com elevada atividade tectónica.

Um número significativo de edifícios de uso comercial (3.997 registros) e residencial (23.317 registros) apresentam a condição de térreo ativo com térreo fraco. Além disso, identificou-se que a maioria destes edifícios tem em média três níveis e foram construídos antes da atualização da regulamentação sísmica moderna (1975 e 1978, respetivamente).

As alterações nos pisos térreos, como a remoção de paredes estruturais ou a instalação de grandes vitrinas, são muitas vezes realizadas sem avaliações estruturais, enfraquecendo a resistência dos edifícios e criando pontos críticos de falha. Além do acima exposto, existe um conflito entre a promoção do desenvolvimento urbano que promove a atividade económica e social e a garantia da estabilidade estrutural dos edifícios. Esse equilíbrio é essencial para minimizar riscos. Embora os pisos térreos ativos ofereçam benefícios significativos, tais como o aumento da interação social e da atividade económica, estes não devem ser priorizados em relação à segurança estrutural. O planeamento urbano deve ser apoiado por avaliações rigorosas que garantam a resiliência dos edifícios contra movimentos sísmicos.

5.1 RECOMENDAÇÕES

A integração segura de pisos térreos ativos em áreas urbanas deve ser uma prioridade tanto para os planeadores urbanos como para os reguladores. É essencial equilibrar a inovação arquitetônica com princípios robustos de concepção estrutural, garantindo que a resiliência sísmica dos edifícios não seja comprometida. Esta abordagem não só mitigará os riscos, mas contribuirá para o desenvolvimento de cidades mais seguras e sustentáveis. Para alcançar uma cidade resiliente contra sismos, é essencial a participação de engenheiros estruturais em todas as fases de concepção, construção e modificação de edifícios. Só através da implementação de práticas abrangentes e de regulamentações sólidas é que a estabilidade estrutural e o bem-estar das comunidades urbanas podem ser assegurados. Recomenda-se especificamente refletir sobre o seguinte:

- Implementar avaliações estruturais obrigatórias antes de fazer alterações nos pisos térreos.
- Promover a colaboração interdisciplinar entre planejadores urbanos e engenheiros desde os estágios iniciais de projeto e desenvolvimento.
- Estabelecer diretrizes claras para a modificação segura de pisos térreos ativos, incluindo sanções por incumprimento.
- Desenvolver programas de sensibilização dirigidos a proprietários e promotores, enfatizando a importância de manter a integridade estrutural em edifícios localizados em zonas sísmicas.
- Promover o desenvolvimento de materiais sustentáveis e técnicas de construção sustentáveis que reforcem a estabilidade dos pisos térreos ativos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DIGITAL PARA INOVAÇÃO PÚBLICA. Sistema Aberto de Informação Geográfica (SIGCDMX). Disponível em: https://sig.cdmx.gob.mx.

GEHL, J. Cidades para as pessoas. Tradução de J. Décima. São Paulo: Edições Infinitas, 2014.

GEHL, J.; KAEFER, L. J.; REIGSTAD, S. Encontros próximos com edifícios. Urban Design International, v. 11, n. 1, 2006, p. 29-47. Disponível em: https://doi.org/10.1057/palgrave.udi.9000162.

GOOGLE. Cidade do México. Google Maps México, 2019. Disponível em: https://www.google.com/maps/@19.3602408,-99.0826565,12z?authuser=0&entry=ttu&g_ep=EgoyMDI0MTExMy4xIKXMDSoASAFQAw%3D%3D.

OECHSLIN, W.; WANG, W. Les Cinq Points d'une Architecture Nouvelle. Montagem, n. 4, 1987, p. 82-93. Disponível em: https://doi.org/10.2307/3171037.

SOCIEDADE MEXICANA DE ENGENHARIA ESTRUTURAL. Normas Técnicas Complementares para Projetos Sísmicos. Cidade do México, 2020.

COMUNICAÇÃO DE RISCO EM DESASTRES NATURAIS: REFLEXÕES SOBRE A RESPOSTA ÀS ENCHENTES DE MAIO DE 2024 NO SUL DO BRASIL

RISK COMMUNICATION IN NATURAL DISASTERS: REFLECTIONS ON THE RESPONSE TO THE MAY 2024 FLOODING IN SOUTHERN BRAZIL

Ana Karin Nunes[1], Laura Valentina da Conceição Oliveira Dias[2]
1 Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), ana.karin@ufrgs.br
2 Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), lauravalentinaoliveiradias@gmail.com

RESUMO

O estudo tem como tema a comunicação de risco em desastres naturais. O objeto de reflexão é a comunicação de risco utilizada na fase de resposta da gestão do maior desastre climático já registrado no extremo sul do Brasil, registrado no mês de maio de 2024. Tem como objetivos apresentar pressupostos teóricos sobre a comunicação de risco; e discutir dados sobre como a população da cidade de Canoas, uma das mais atingidas pelo desastre natural no sul do Brasil, manteve-se informada e interagiu com a comunicação de risco veiculada pela Prefeitura Municipal na fase de resposta ao evento. Trata-se de um estudo de objetivo exploratório, o qual utilizou-se de procedimentos de levantamento bibliográfico e documental e pesquisa de opinião. Concluiu-se que as redes sociais foram os canais de comunicação mais acionados pela população, embora aquelas ligadas a órgãos oficiais não tenham se configurado como principais fontes de informação, especialmente pela falta de agilidade na atualização e resposta. O desastre natural registrado no extremo sul do Brasil no mês de maio de 2024 deixa importantes reflexões sobre a necessidade do aprofundamento dos estudos sobre comunicação de riscos no Brasil, a profissionalização da área e o desenvolvimento da gestão de risco como uma prática permanente frente à reorganização climática.
Palavras-Chave: Comunicação de Risco. Gestão de Risco. Desastre Natural.

ABSTRACT

The study focuses on risk communication in natural disasters. The object of reflection is the risk communication used in the response phase of the management of the largest climate disaster ever recorded in the extreme south of Brazil, registered in May 2024. Its objectives are to present theoretical assumptions about risk communication; and to discuss data on how the population of the city of Canoas, one of the most affected by the natural disaster in the south of Brazil, remained informed and interacted with the risk communication conveyed by the City Hall in the response phase to the event. This is an exploratory study, which used bibliographic and documentary research and opinion poll procedures. It was concluded that social networks were the communication channels most used by the population, although those linked to official bodies were not configured as the main sources of information, especially due to the lack of agility in updating and responding. The natural disaster recorded in the extreme south of Brazil in May 2024 leaves important reflections on the need for in-depth studies on risk communication in Brazil, the professionalization of the area and the development of risk management as a permanent practice in the face of climate reorganization.
Keywords: Risk Communication. Risk Management. Natural Disaster.

1 INTRODUÇÃO

O Estado do Rio Grande do Sul (RS), localizado no extremo sul do Brasil, tem sentido os efeitos da reorganização climática de forma intensa na última década. Eventos como ciclones extratropicais, altos volumes de chuva, períodos longos de estiagem e temperaturas extremas impõem um novo ritmo de vida aos mais de 11 milhões de habitantes, espalhados nas 497 cidades que compõem o Estado. No ano de 2024, entre os dias 27 de abril e 02 de maio, um volume expressivo de chuvas atingiu o RS. Em poucos dias, os índices de chuva foram equivalentes a um terço da média histórica de precipitação para todo um ano (entre 500 mm e 700 mm) na região. O sobrecarregamento de rios e bacias deu origem ao maior desastre climático da história, na região. No dia 05 de maio o Governo Federal decretou estado de calamidade pública. Estima-se que 478 cidades (96% do total) foram atingidas por inundações, quedas de barreiras e/ou deslizamentos de terra. Cerca de 2,3 milhões de pessoas foram afetadas pelos efeitos das chuvas, das quais mais de 442 mil tiveram que deixar suas residências. Um dos municípios mais impactados e que registrou o maior número de mortes foi Canoas, situado na região metropolitana de Porto Alegre, capital do Estado do RS.

> O desastre ocorrido no Rio grande do Sul entre o final de abril e começo de maio de 2024 foi considerado a pior catástrofe do Brasil em relação ao número de afetados e muito provavelmente aos impactos econômicos de infraestrutura, especialmente de residências. Essa tragédia climática foi caracterizada por uma combinação de eventos extremos de precipitação crescente e mudanças nos padrões regionais de circulação. Extremos de chuva na região Sul do Brasil estão aumentando em intensidade e frequência desde 1950, e os aumentos de eventos de chuva projetados no médio e longo prazos servem de alerta em relação à intensidade e frequência de eventos extremos de chuva. Fortes chuvas podem deflagrar inundações bruscas, enchentes e deslizamentos de terra que podem afetar regiões vulneráveis e populações expostas. (Marengo et.al., 2024, 221-222)

Segundo a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade), instituída pela Instrução Normativa Nº 01, de agosto de 2012 (Brasil, 2012a), o desastre ocorrido no RS pertence à categoria natural, manifestado nos grupos geológico (movimentos de massa, erosão), meteorológico (tempestades, temperaturas extremas) e hidrológico (inundações, enxurradas e alagamentos). Durante este evento de grandes proporções, a comunicação de risco, etapa do processo de gestão de risco, foi um tema que ganhou protagonismo em dois sentidos. De um lado expôs a ineficiência de sistemas de gestão integrada de riscos e desastres e de outro desvelou as dificuldades que um país sem tradição em formação, pesquisa e produção técnico científica em comunicação de risco enfrenta em situações de emergência. A comunicação de risco como uma das áreas da Ciência da Comunicação Social ainda é um tema pouco explorado no Brasil, o que já foi constato por estudos anteriores (Nunes e Oliveira, 2024). Com isso, gera-se muita confusão e pouca profissionalização em cenários tais como o desastre natural registrado no RS.

Este artigo tem por objetivos apresentar alguns pressupostos teóricos sobre a comunicação de risco; e discutir dados sobre como a população da cidade de Canoas, uma das mais atingidas pelo desastre natural no sul do Brasil, manteve-se informada e interagiu

com a comunicação de risco veiculada pela Prefeitura Municipal na fase de resposta ao evento. Trata-se de um estudo de objetivo exploratório (Gil, 2006). Quanto aos procedimentos, lançou-se mão de levantamento bibliográfico, levantamento documental e pesquisa de opinião. Os dados trazidos para discussão neste espaço buscam alertar sobre a necessidade de avançar nas discussões em torno da comunicação de risco na fase de resposta a desastres naturais, com olhar especial para os canais de comunicação pública e a precisão das mensagens que visam proteção e segurança de pessoas na fase de resposta a desastres naturais.

2 OBJETIVOS E METODOLOGIA

No mês de julho de 2024, dois meses após o maior desastre natural já registrado no extremo sul do Brasil, o Grupo de Pesquisa Risco, Crise e Comunicação – RCCom, por meio de pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), decidiu investigar como a população do município de Canoas/RS, uma das mais atingidas pelo evento climático, manteve-se informada e interagiu com informações sobre o desastre. Destaca-se que a priorização da cidade de Canoas/RS se deu pelo fato de que foi uma das mais afetadas pelas inundações resultantes de níveis históricos de chuva na região Sul e do rompimento de um dique do seu sistema de proteção, em maio de 2024.

Conforme Gonçalves et.al. (2024), Canoas é uma cidade que está rodeada por água em todos os quadrantes. Trata-se de uma região vulnerável a enchentes, a qual já tem em seus registros históricos vários eventos marcados por inundações. No evento de 2024, entre os bairros mais afetados estão também alguns dos mais populosos, como Mathias Velho e Rio Branco. Estima-se que 60% do território do município foi alagado, deixando desabrigada a metade da população do município, que, à época, era de 348 mil habitantes (Portal ZGH, 2024).

A investigação junto à população de Canoas/RS se deu por meio de uma pesquisa de opinião, através da ferramenta *Google Forms*, com base em um questionário com perguntas de respostas objetivas e descritivas. Foi realizado um pré-teste do instrumento, durante os dias 08 e 09 de julho, com residentes da cidade de Canoas. Após a validação, a pesquisa foi divulgada em grupos de mensagens instantâneas e redes sociais, na perspectiva de amostra aleatória por conveniência. Foram registradas 126 respostas válidas no período de 11 a 25 de julho.

Em paralelo a isso, a fim de analisar como a população interagiu com a comunicação de risco veiculada na página oficial da Prefeitura Municipal no Instagram, foram selecionadas publicações do período imediatamente anterior ao desastre até seu ponto mais crítico (25 de abril a 4 de maio de 2024) para análise frente às características das mensagens e engajamento gerado. Buscou-se identificar se as mensagens de comunicação de risco veiculadas pela Prefeitura atendiam às características de serem oportunas, compreensíveis e concisas, baseadas em fatos verdadeiros, previamente verificados, possibilitando a tomada de decisão visando à proteção e segurança individual e coletiva. Ao todo foram registradas 85 postagens, entre reels e cards, no período considerado pelo estudo.

Para este artigo são trazidos dados que permitam responder como a população da cidade de Canoas/RS manteve-se informada e interagiu com a comunicação de risco veiculada pela Prefeitura Municipal na fase de resposta ao evento. Para atender aos objetivos propostos, foram utilizados como procedimentos: levantamento bibliográfico (Stumpf, 2012), levantamento documental (Gil, 2006) e pesquisa de opinião (Novelli, 2012).

Por meio do levantamento bibliográfico, as autoras buscaram bases para sustentar a ideia de que a comunicação de risco é um processo ativo de compartilhamento de informações na fase de resposta a desastres naturais. Nesse aspecto, deve fornecer informações claras e precisas sobre os riscos, por meio da atuação integrada de especialistas, órgãos públicos, imprensa e sociedade. A seguir, discutem-se alguns referenciais teóricos de suporte ao estudo e alguns dados da pesquisa de opinião com a população de Canoas/RS.

3 REFLEXÕES SOBRE COMUNICAÇÃO DE RISCO

A sociedade de riscos, tal como denomina Beck (2010), é resultado da interação do homem com o meio ambiente, de forma ampla, complexa e irreversível. Os riscos como construção social são sentidos e distribuídos de forma distinta ao longo da história e da condição socioeconômica da humanidade. Conceituar riscos passou a ser uma necessidade na medida em que o ser humano compreendeu que não pode excluí-los, mas pode criar estratégicas de prevenção e mitigação.

A Estratégia Internacional para Redução de Desastres (EIRD) da Organização das Nações Unidas (ONU, 2009) compreende que “o risco é a probabilidade de que ocorram consequências prejudiciais e/ou danos (como, por exemplo, morte, lesões, prejuízos econômicos, interrupção de serviços, entre outros), resultado da interação entre as ameaças e a vulnerabilidade” (CEPED RS, 2016). Nessa perspectiva, se convenciona que o risco é resultado da interação entre ameaça e vulnerabilidade.

O termo gestão de riscos em desastres, segundo a EIRD, é entendido como um conjunto de decisões administrativas, de organização e de conhecimentos operacionais desenvolvidos por sociedades e comunidades para implementar políticas, estratégias e fortalecer suas capacidades a fim de reduzir os impactos de ameaças naturais e de desastres ambientais e tecnológicos consequentes (ONU, 2019). Compõem este cenário todas as atividades, medidas estruturais e não estruturais para prevenir, mitigar e preparar efeitos adversos dos desastres. Nessa perspectiva, importante destacar, ainda, que os desastres são conceituados como “séria interrupção do funcionamento de uma comunidade ou sociedade que causa perdas humanas e/ou importantes perdas materiais, econômicas ou ambientais” (ONU, 2009, p.08).

Entendidos os termos riscos, gestão de riscos e desastres, tem-se a comunicação como parte do processo. Nesse tocante, importa dizer que a Comunicação Social, como ciência, ocupa-se da comunicação risco, embora este seja um tema interdisciplinar que dialoga com outros saberes, tais quais a Sociologia, a Antropologia, a Psicologia, a Saúde, as Engenharias. A comunicação de risco, conforme destaca Nunes (2024, s.p.), diz respeito a:

> Processo de mão-dupla que envolve tanto o compartilhamento de informações quanto a coleta de opiniões e percepções em situações que ameaçam a saúde, segurança e bem-estar em sociedade. Sua finalidade é proporcionar a tomada de decisão. Está presente em todas as fases da gestão de riscos e do gerenciamento de desastres, auxiliando na educação para riscos, prevenção, preparação e resposta a emergências. Pressupõe a construção de protocolos de comunicação que integrem a visão de especialistas/técnicos, gestores e sociedade.

Segundo a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), instituída pela Lei Federal Nº 12.608/2012 (Brasil, 2012b), diz que o processo de Gestão de Risco e Gerenciamento de Desastres envolve cinco grandes fases: prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação. Enquanto as três primeiras fases estão associadas à gestão de risco, as duas últimas tratam do gerenciamento do desastre. A comunicação de risco, está presente em todas estas etapas.

> Nas fases de prevenção, mitigação e preparação, a comunicação de riscos atua por meio da escuta ativa das partes interessadas no risco, na identificação, mapeamento e monitoramento de ameaças e vulnerabilidades, no modelo de comunicação de mão-dupla. Também atua na educação para riscos, auxiliando em simulações, capacitações e treinamentos junto à população e partes interessadas como autoridades, gestores e imprensa. Na fase de preparação, contribui para o desenvolvimento de sistemas de alerta e monitoramento precoce, em canais efetivos de interação com a população, que permitam agilidade na entrega de dados e no retorno sobre o que está acontecendo nas comunidades que interagem com os riscos. Na fase de resposta em situações de desastre, os sistemas de comunicação precisam fornecer informações claras e precisas sobre os riscos. Um trabalho que requer atuação em rede de especialistas, órgãos públicos, imprensa e sociedade. (Nunes e Dias, 2024, p.211)

Contudo, há que se destacar que a comunicação de risco não tem um papel puramente técnico. Ocupa, de maneira singular, uma dimensão político-social também na constituição do que é risco. Gonzalo-Iglesia e Farré (2011) alertam que a transformação tanto dos mecanismos e sistemas de comunicação, quanto das dinâmicas de circulação da informação, nas últimas duas décadas, rearticularam as relações em sociedade, tanto em nível individual quanto coletivo. Paralelamente, os riscos também se modificaram. “A comunicação e o risco coexistem num espaço conceitual de interpelação mútuo” (Gonzalo-Iglesia e Farré, 2011, p.21, tradução nossa). Há que se compreender, portanto, quem comunica sobre riscos, como, o que e por que comunica. A comunicação de risco também é uma lente através da qual se pode estudar e analisar a gestão do risco.

A comunicação de risco também carrega uma forte dimensão educacional, de preparar pessoas e sistemas complexos para lidar com ameaças e vulnerabilidades. Neste aspecto, especialmente em situações de resposta a desastres, espera-se que os órgãos públicos estabeleçam um relacionamento de confiança com a sociedade por meio de uma comunicação de risco que vise à proteção e segurança das pessoas. A gestão da comunicação de risco é, portanto, um processo permanente, de longo prazo, que requer planejamento por parte de órgãos públicos, integrando-se às dinâmicas de gestão de risco características de um determinado território.

4 A COMUNICAÇÃO DURANTE O DESASTRE NATURAL DE 2024 EM CANOAS/RS

A pesquisa de opinião realizada junto a uma amostra da população de Canoas/RS dois meses após o maior desastre natural do Estado contou com 126 respondentes. Deste total, 63,1% residiam em bairros bastante afetados pelas inundações, tais como Rio Branco, Niterói, Fátima, Mato Grande, Central Park, Cinco Colônias, Harmonia, Mathias Velho e São Luís. Os

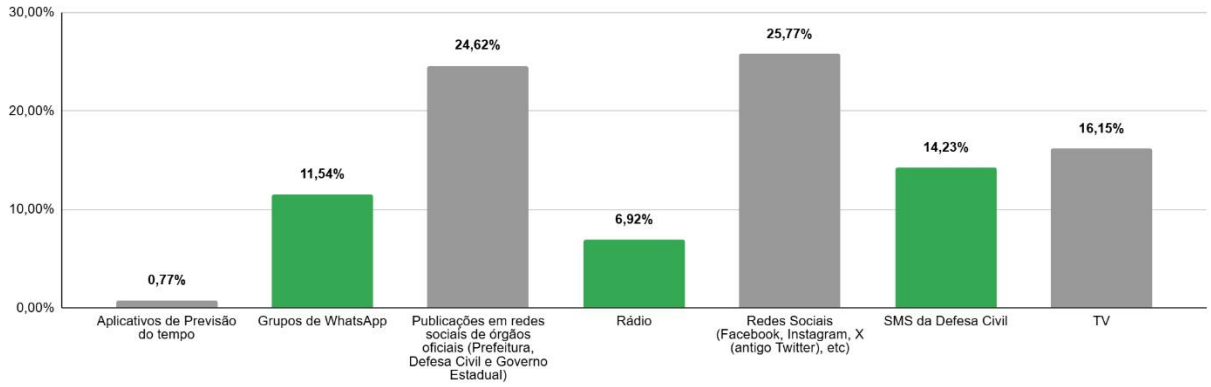
demais 36,9% dos respondentes residiam em Canoas, mas em bairros não afetados pelas inundações.

No que diz respeito ao perfil dos respondentes da pesquisa, 51,2% possuem 49 anos ou mais, 30,1% entre 25 e 39 anos, 18,7% possuem entre 18 e 24 anos. Quanto à escolaridade, 36,6% têm ensino superior completo, 25,2% estão cursando ensino superior, 24,4% têm ensino médio completo, 4,1% têm ensino médio incompleto e os demais possuem ensino fundamental completo ou incompleto.

Sobre a situação durante o período das inundações, 44,7% dos respondentes afirmaram que tiveram que deixar a residência porque ela foi inundada, 32,5% tiveram que deixar a residência, mas ela não foi inundada, e 22,8% afirmaram não ter deixado a residência, pois ela não foi inundada. Não foram registrados, entre as pessoas que responderam à pesquisa, casos de pessoas que permaneceram na residência, mesmo com ela inundada, fato que foi recorrente no Estado durante as cheias. Ao se relacionarem as respostas entre a situação das pessoas durante as inundações e a faixa etária, identificou-se que as situações de abandono de residência por motivo de inundação foram predominantes entre a faixa etária superior a 50 anos. Essa situação, de forma geral, também foi recorrente em boa parte do território do Estado afetado pelo desastre natural.

Quando questionados sobre os serviços/fontes de alerta que eram de uso comum, antes do desastre natural, 25,77% dos respondentes citaram as redes sociais, sem especificação de fonte, 24,6% citaram as publicações em redes sociais dos órgãos oficiais (Prefeitura, Defesa Civil e Governo Estadual) e 14,2% citaram o sistema de alerta por SMS da Defesa Civil do Estado. As redes sociais dos órgãos oficiais, aliadas ao sistema de alerta por SMS, eram acionadas pela população de Canoas como fonte de informação antes do desastre, o que pode indicar certo grau de confiabilidade. Além disso, destaca-se o percentual significativo de uso das redes sociais digitais como canal de informação, de forma ampla – Figura 1.

Figura 1: Antes das inundações de maio de 2024, quais dos serviços/fontes de alerta listados abaixo você costumava usar para se informar sobre a situação do clima na sua cidade:



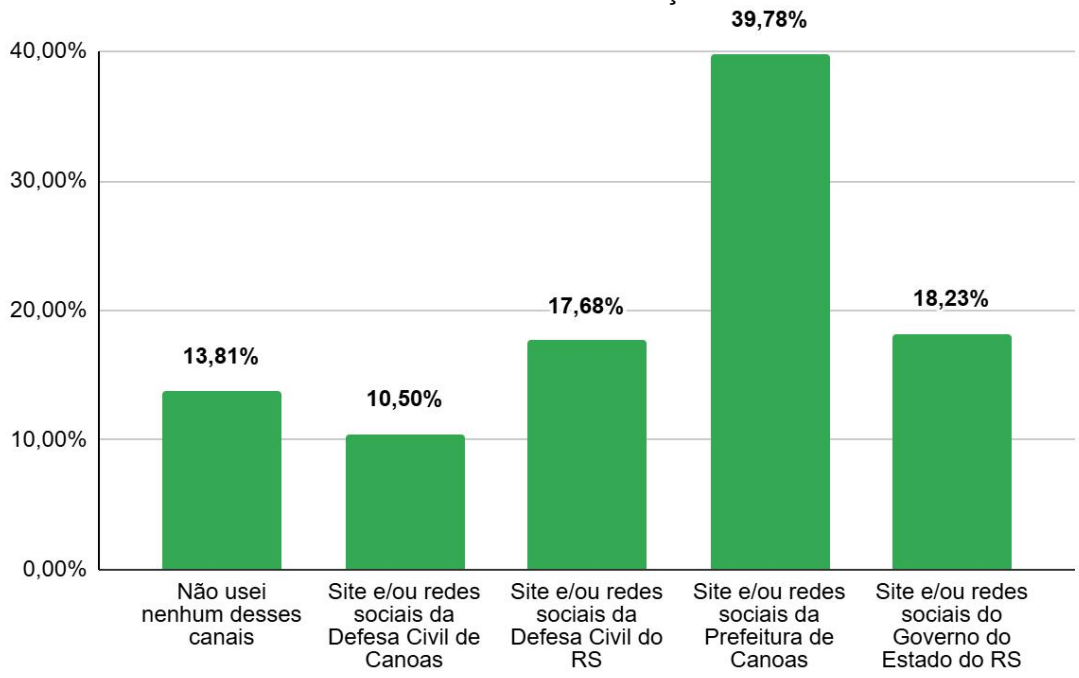
Fonte: as Autoras (2025)

Quando questionados sobre a forma como tomaram conhecimento das inundações na cidade de Canoas, 33,6% dos respondentes citaram as redes sociais, 19,7% citaram Grupos de WhatsApp (parentes, amigos, familiares), 13,9% citaram conversas pessoais com amigos, familiares, colegas e vizinhos e 10,7% citaram os órgãos de imprensa (jornais, telejornais,

programas de rádio). Quanto aos canais de comunicação utilizados para se informar sobre os riscos decorrentes das inundações, redes sociais, grupos de WhatsApp e conversas foram as opções mais citadas pelos respondentes.

Os participantes da pesquisa foram perguntados sobre os canais de comunicação pública mais utilizados como fonte de informação durante as inundações. O site e/ou redes sociais da Prefeitura Municipal de Canoas foi citado por 39,78% dos respondentes. A Figura 2 traz os resultados da questão.

Figura 2: Dos canais de informação pública oficial abaixo relacionados, quais você usou para se informar durante as inundações?



Fonte: as Autoras (2025).

O Quadro 1 apresenta as respostas à pergunta Quais canais publicaram/divulgaram informações mais confiáveis durante as inundações?. Como a questão, permitia múltiplas respostas, observa-se que as opções mais citadas foram redes sociais, grupos de WhatsApp e conversas com amigos, familiares, colegas e vizinhos.

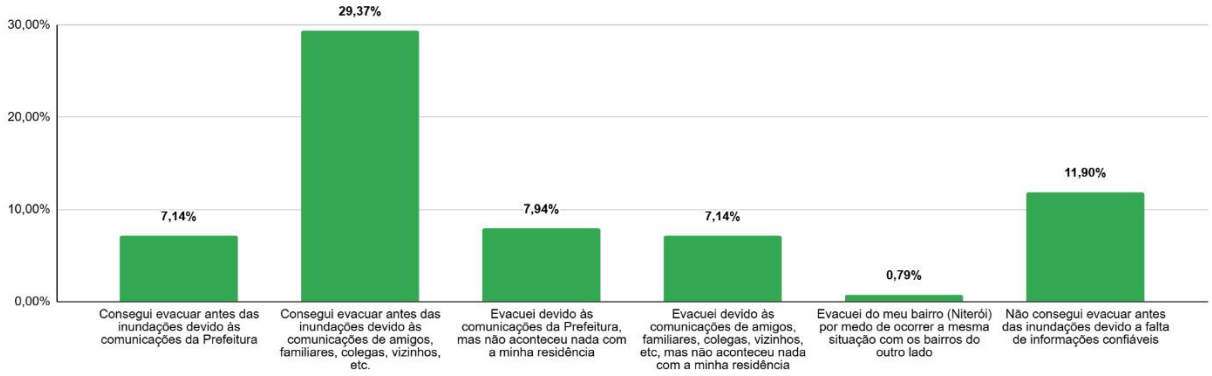
Quadro 1: Na sua opinião, que canais publicaram/divulgaram informações mais confiáveis durante as inundações?

Opção de resposta	n.º	porcentual
Redes Sociais (Facebook, Instagram, X (antigo Twitter), etc)	47	19,75%
Grupos de WhatsApp com amigos, familiares, colegas, vizinhos, etc.	43	18,07%
Conversas pessoais com amigos, familiares, colegas, vizinhos, etc.	42	17,65%
Site e/ou redes sociais da Defesa Civil do RS	26	10,92%
Imprensa em geral (jornais, TV, rádio)	33	13,87%
Site e/ou redes sociais do Governo do Estado do RS	19	7,98%
Site e/ou redes sociais da Prefeitura de Canoas	17	7,14%
Site e/ou redes sociais da Defesa Civil de Canoas	11	4,62%

Fonte: as Autoras (2025).

Especificamente às pessoas que responderam que precisaram sair de suas casas em virtude das inundações, foi questionado como se deu o processo de recebimento de mensagens de alerta sobre evacuação de residências durante a enchente. A Figura 3 mostra que as mensagens vindas de amigos, familiares, colegas e vizinhos foram determinantes para 29,37% das pessoas evacuarem suas residências antes das inundações. Por outro lado, as comunicações vindas da Prefeitura concentram percentuais menores.

Figura 3: Quanto às mensagens de alerta sobre evacuação de residências, emitidas durante as enchentes, no seu caso:

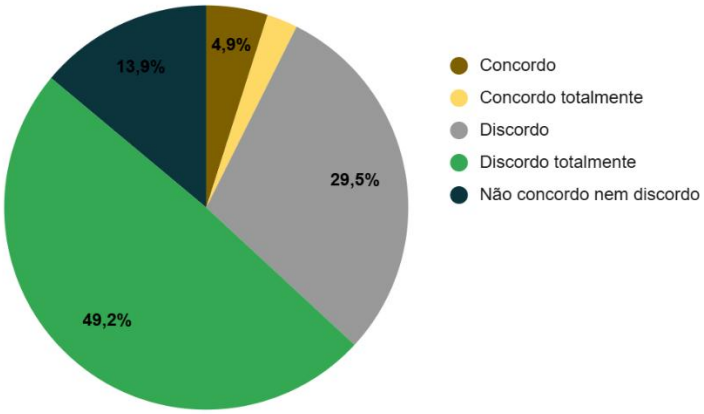


Fonte: as Autoras (2025).

Confrontando-se a opinião dos respondentes com a análise das publicações feitas pela Prefeitura de Canoas na sua conta oficial na rede social Instagram durante o período mais crítico das inundações, é possível entender melhor o panorama. Os dias 03 e 04 de maio foram os mais críticos na cidade, do ponto de vista de evacuação. Naquele período, foram feitas três postagens de comunicação de risco na rede social Instagram, as quais tinham por objetivo alertar a população para que buscasse segurança frente à emergência. Em todas elas, identificou-se um alto engajamento nos conteúdos, seja através de comentários ou de compartilhamentos. Também foi registrada uma grande interação entre as pessoas que comentavam o conteúdo, no sentido de questionarem informações sobre o desastre e situações de evacuação.

No que diz respeito à afirmação de que a Prefeitura Municipal de Canoas forneceu informações claras e confiáveis para que a população entendesse a gravidade dos riscos decorrentes das inundações, 49,2% dos respondentes discordam totalmente e 29,5% discordaram, conforme a Figura 4. Os dados indicam uma percepção majoritariamente negativa por parte da população em relação à clareza e confiabilidade das informações fornecidas pela Prefeitura durante as inundações. A alta porcentagem de discordância (78,7%) sugere que muitos moradores não se sentiram claramente informados sobre a gravidade dos riscos. Essa sensação foi reforçada em algumas falas deixadas nas questões descritivas.

Figura 4: A Prefeitura Municipal de Canoas forneceu informações claras e confiáveis para que a população entendesse a gravidade dos riscos decorrentes das inundações?



Fonte: as Autoras (2025).

Ainda no cenário das postagens feitas Prefeitura Municipal de Canoas, em sua conta oficial no Instagram, foram identificados dois problemas (Nunes e Dias, 2024): a falta de respostas da Prefeitura em relação às perguntas feitas pela população e a veracidade e confiabilidade das informações. Vários comentários reportavam dúvidas em tempo real, as quais eram respondidas pela própria população que interagia com o conteúdo, e não pelo órgão oficial.

A pesquisa de opinião realizada junto aos moradores dos bairros da cidade de Canoas mais afetados pelas inundações de abril/maio de 2024 permitiu identificar que as redes sociais digitais foram os canais de comunicação mais acionados pela população na busca por informações no contexto de riscos decorrentes do desastre natural. Verificou-se, ainda, uma tendência de busca por informação em canais oficiais de comunicação pública, ainda que não tenham se configurado como centrais e decisivos nesse processo. Investir em sistemas de alerta precoce e em canais robustos de comunicação, geridos por órgãos públicos, em parceria com especialistas, no ambiente digital, parece ser um caminho importante a longo prazo, na perspectiva de um planejamento estratégico da comunicação de risco.

A comunicação de risco veiculada pela Prefeitura Municipal de Canoas não permitiu a tomada de decisão rápida, visando proteção e segurança individual e coletiva, durante a fase de resposta ao desastre natural. A falta de interação nas postagens e a falta de exatidão em relação ao que foi divulgado expuseram falhas do processo de gestão de risco como um todo. De forma geral, as pesquisadoras inferem, pelas investigações realizadas, que não havia um planejamento da comunicação de risco para a emergência.

De todo modo, não há como discutir a comunicação de risco e julgar a sua eficiência sem antes abordar o processo da gestão de risco. Trata-se de uma questão de precedência. A Prefeitura Municipal de Canoas é apenas um exemplo entre outras milhares de cidades no Brasil que por décadas negligenciam os inúmeros avisos em torno do tema dos desastres naturais. A comunicação de risco espelha uma cultura que não concebe e enfrenta os problemas de forma articulada e estratégica. Quase um ano após o evento, percebem-se

várias iniciativas no Estado do Rio Grande do Sul, incluindo cidades da região metropolitana da capital, Porto Alegre, de integrar sistemas, pessoas e processos em torno da gestão de riscos decorrentes de desastres naturais. Contudo, quanto à comunicação, os esforços ainda estão muito restritos às questões técnicas de sistemas de avisos e alertas.

5 CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivos apresentar pressupostos teóricos sobre a comunicação de risco; e discutir dados sobre como a população da cidade de Canoas, uma das mais atingidas pelo desastre natural no sul do Brasil, manteve-se informada e interagiu com a comunicação de risco veiculada pela Prefeitura Municipal na fase de resposta ao evento. O objeto de reflexão se efetivou a partir da análise da comunicação de risco utilizada na fase de resposta da gestão do maior desastre climático já registrado no extremo sul do Brasil, registrado no mês de maio de 2024.

Quanto aos pressupostos teóricos da comunicação de risco, revela-se a necessidade de que o tema, de abordagem interdisciplinar, concentre novos estudos e pesquisas que permitam situá-lo para além de uma questão técnica. A comunicação de risco carrega uma grande responsabilidade social, de educação, de preservação de vidas. Sendo assim, precisa ser entendida a partir de sua dimensão política, para além da aparência da escolha de meios e mensagens de transmissão de informação. Por meio da comunicação de risco também é possível que os territórios percebam as intencionalidades por trás do que é ou não dito em situações de perigo e vulnerabilidade. Produzir novas pesquisas, alinhadas com o atual contexto sócio-histórico é uma tarefa urgente, tanto para que processos e sistemas sejam aperfeiçoados quanto para que se qualifique a formação de recursos humanos em comunicação de risco. A Comunicação Social, como ciência, tem esse desafio de dialogar com outros sabores e construir novas teorias.

Os eventos extremos que atingiram o Estado do RS em maio de 2024 também deixaram importantes lições quanto à necessidade do desenvolvimento de uma cultura de prevenção, ou mesmo uma cultura de resiliência frente às características geográficas e socioculturais da região. A reorganização climática impõe que se repensem as formas de ocupação dos territórios e que a gestão pública em nível municipal, estadual e federal desenvolvam políticas e práticas integradas, de longo prazo, que visem à gestão de riscos como processo permanente, que faça parte da vida cotidiana de todos os atores sociais.

Ainda no que toca a comunicação de risco, as redes sociais como canais dinâmicos, que possibilitam interação rápida e acessível à maioria da população precisam ser potencializadas. Usar esse espaço para o diálogo permanente, nas fases de prevenção e resposta a desastres climáticos pode ser muito útil no âmbito da comunicação pública. Sistemas de alerta também precisam ser mais bem dimensionados, com melhor planejamento em termos de distribuição e linguagem. Para além de informações técnicas, as pessoas precisam ser educadas sobre como e onde podem obter informação confiável sobre desastres, especialmente em um contexto onde a desinformação também configura-se como um dos principais riscos globais.

6 REFERÊNCIAS

BECK, Ulrich. **Sociedade de risco:** rumo a uma outra modernidade. Rio de Janeiro: Editora 34, 2010.

BRASIL (a). MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Instrução Normativa Nº 01, de 24 de agosto de 2012**. Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE). Disponível em: <https://cnm.org.br/cms/images/stories/Links/09062014_Instrucao_normativa_de_01_de_agosto_de_2012.pdf> Acesso em 25 jul. 2024.

BRASIL (b). CASA CIVIL DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **LEI Nº 12.608, DE 10 DE ABRIL DE 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC). Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm> Acesso em 25 jul. 2024.

CEPED RS. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Capacitação em gestão de riscos**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, 2016.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. ed.5. São Paulo; Atlas, 2006.

GONZALO-IGLESIA, J-L.; FARRE, J. **Teoría de la Comunicación de Riesgo**. Barcelona: UOC, 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/299388796_Teoria_de_la_Comunicacion_de_riesgo#fullTextFileContent> Acesso em 13 mar. 2024.

GONÇALVES, C.G.V.; TESTA, J.R.; BEM, J.S.; WAISMANN, M. Memórias e reflexões sobre as enchentes em Canoas (RS). Como superar esses traumas? **Cadernos do CEOM**, Chapecó (SC), v. 37, n. 61, p. 175-190, Dez/2024. <https://doi.org/10.22562/2024.61.12> Acesso em 13 mar. 2024.

MARENGO, J. A.; DOLIF, G.; CUARTAS, A.; CAMARINHA, P.; GONÇALVES, D.; LUIZ, R.; SILVA, L.; ALVALA, R. C. S.; SELUCHII, M. E.; MORAES, O. L.; SOARES, W. R., NOBRE, C. A. O maior desastre climático do Brasil: chuvas e inundações no estado do Rio Grande do Sul em abril-maio 2024. **Estudos Avançados**, *38*(112), 203–228. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.202438112.012> Acesso em 13 mar. 2024.

NOVELLI, Ana Lucia Romero. Pesquisa de Opinião. In: DUARTE; B.; BARROS, A. **Métodos e Técnicas de Pesquisa em Comunicação**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2012, pp. 164-179.

NUNES, Ana Karin. Comunicação de Risco. **Glossário de Crise**, UFSM, 2024. Disponível em: <https://www.ufsm.br/projetos/institucional/observatorio-crise/glossario-de-crise> Acesso em 13 mar. 2024.

NUNES , A. K. .; DIAS, L. Comunicação de risco em desastres: : reflexões a partir do caso da prefeitura municipal de Canoas, Rio Grande do Sul. **Culturas Midiáticas**, *[S. l.]*, v. 22, 2024. DOI: 10.22478/ufpb.2763-9398.2024v22n.70949. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/cm/article/view/70949> Acesso em 13 mar. 2025.

NUNES, Ana Karin; OLIVEIRA, Rosângela Florczak. F. Brazilian approaches to crisis and risk in the context of communication: A field in search of legitimation. **Journal of Contingencies and Crisis Management**, 31, pp. 780- 796. Disponível em: < https://doi.org/10.1111/1468-5973.12480> Acesso em 13 mar. 2024.

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Glossário da Estratégia Internacional para Redução de Desastres (EIRD)**. Secretaria da Estratégia Internacional para Redução de Desastres, 2009. Disponível em: <https://moodle.unasus.gov.br/vitrine29/pluginfile.php/868/mod_folder/content/0/Glossario_EIRD_em_portugues.pdf?forcedownload=1#:~:text=PARA%20REDU%C3%87%C3%83O%20DE%20DESASTRES%20(EIRD),-A%20Secretaria%20da&text=Trata%2Dse%20de%20um%20esfor%C3%A7o,reuni%C3%B5es%20internacionais%2C%20regionais%20e%20nacionais> Acesso em 13 mar. 2024.

PORTAL GZH. “Perdi tudo”: os desabafos de moradores de Canoas, cidade partida pela enchente e unida pelo voluntariado. **Portal de Notícias GZH**, maio de 2024. Disponível em: https://gauchazh.clicrbs.com.br/porto-alegre/noticia/2024/05/perdi-tudo-os-desabafos-de-moradores-de-canoas-cidade-partida-pela-enchente-e-unida-pelo-voluntariado-clw18gi2500v60152i2pyvrjm.html

STUMPF, Ida Regina C. Pesquisa Bibliográfica. In: DUARTE; B.; BARROS, A. **Métodos e Técnicas de Pesquisa em Comunicação**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2012, pp. 151-61.

DESASTRES "NATURAIS" VEICULADOS PELA MÍDIA: ANÁLISE DE DISCURSO DA SÉRIE RESISTÊNCIA E RECONSTRUÇÃO RBS TV/JORNAL NACIONAL

"NATURAL" DISASTERS BROADCASTED BY THE MEDIA: DISCOURSE ANALYSIS OF THE SERIES RESISTANCE AND RECONSTRUCTION

1º Isabely Mariana Ramos da Silva[1], 2º Reginaldo Moreira[2], 3º Caroline de Araujo Haluch [3], 4º Danyelle Stringari [4]

1 Universidade Estadual de Londrina – UEL, Centro de Estudo e Pesquisa sobre Desastres – CEPED/PR, Universidade Estadual do Paraná - Unespar, isabely.mariana@uel.br

2 Universidade Estatual de Londrina - UEL, regismoreiraregis@gmail.com

3 Centro de estudo e Pesquisa sobre Desastres – CEPED/PR, Universidade Estadual do Paraná – Unespar, araujo898@gmail.com

4 Centro de estudo e Pesquisa sobre Desastres – CEPED/PR, Universidade Estadual do Paraná - Unespar, danyelle.stringari@unespar.edu.br

RESUMO

Os desastres naturais são eventos extremos em locais com presença humana, resultando em mortes, sequelas, traumas psicológicos e grandes perdas econômicas. As consequências afetam as pessoas de forma desigual, sendo as populações de baixa renda as mais atingidas, agravando-se pela interseccionalidade de gênero, raça, classe e idade. Porém, a mídia hegemônica não esclarece o tema adequadamente, omitindo tanto as causas quanto os impactos sobre os mais vulneráveis. Este artigo analisa a série de reportagens *Resistência e Reconstrução*, da RBS TV, exibida no *Jornal Nacional* entre 1 e 5 de julho de 2024, sobre a reconstrução do Rio Grande do Sul após sua maior tragédia. Através da Análise de Conteúdo e Análise de Discurso, constatou-se a falta de representatividade: foram entrevistados 24 homens brancos, 17 mulheres brancas e apenas três mulheres negras, além da adoção de uma abordagem superficial e simplista.

Palavras-Chave: Desastre natural. Cobertura jornalística. Rio Grande do Sul. Análise de Conteúdo. Desigualdade socioeconômica.

ABSTRACT

Natural disasters are extreme events in places with human presence, resulting in deaths, after-effects, psychological trauma and major economic losses. The consequences affect people unequally, with low-income populations being the most affected, aggravated by the intersectionality of gender, race, class and age. However, the mainstream media does not clarify the topic adequately, omitting both the causes and the impacts on the most vulnerable. This article analyzes the series of reports Resistance and Reconstruction, by RBS TV, broadcast on Jornal Nacional between July 1 and 5, 2024, about the reconstruction of Rio Grande do Sul after its greatest tragedy. Through Content Analysis, a lack of representation

was found: 24 white men, 17 white women and only three black women were interviewed, in addition to the adoption of a superficial and simplistic approach.

Keywords: Natural disaster. Journalism coverage. Rio Grande do Sul. Content Analysis. Socioeconomic inequality.

1 INTRODUÇÃO

Em maio de 2024, o Estado do Rio Grande do Sul enfrentou eventos devastadores, com o alagamento de 469 municípios, o que corresponde a cerca de 85% do território gaúcho. Essa tragédia, considerada a maior da história do Estado, foi resultado de uma combinação de fatores ambientais, políticos e econômicos. Entre esses fatores, destacam-se aspectos técnicos relacionados ao solo, como a impermeabilização excessiva, desmatamento e ocupação irregular em áreas de risco, além de aspectos como uma histórica exploração da natureza, especulação imobiliária descontrolada e a falha das instituições públicas em garantir um planejamento urbano e ambiental adequado. Um fator que agravou esse cenário foi a flexibilização das políticas ambientais.

Em 2019, o governador Eduardo Leite alterou ou suprimiu 480 pontos do Código Ambiental do Estado, mesmo sob forte oposição de ambientalistas e sem passar pela Comissão de Saúde e Meio Ambiente da Assembleia Legislativa. Em resposta, um grupo de Analistas Ambientais da Fundação Estadual de Proteção Ambiental (Fepam) elaborou uma Nota Técnica questionando as alterações substanciais, apontando erros conceituais e imprecisões no novo projeto. Apesar disso, Leite defendeu a mudança como uma "modernização do Código Ambiental", comemorando sua aprovação na Assembleia Legislativa:

"Quero cumprimentar os 37 deputados que votaram a favor de uma reforma do nosso Código Ambiental, para que possamos, protegendo o ambiente, colocar o Estado para crescer." (LEITE, 2019, 0min34s - 0min48s).

Diante dessa conjuntura, a tragédia no Rio Grande do Sul mobilizou uma ampla cobertura midiática, envolvendo veículos hegemônicos, contra-hegemônicos, populares, comunitários e alternativos. Dois meses após o desastre, a afiliada da Rede Globo no Estado, a RBS TV, em parceria com o Jornal Nacional (JN), exibiu entre os dias 1 e 5 de julho de 2024 a série de reportagens "Resistência e Reconstrução", abordando o processo de reconstrução do Estado.

O Jornal Nacional, maior telejornal hegemônico do Brasil, tem um papel estratégico na formação da opinião pública. Como destaca Vito Giannotti (2014), o conceito de hegemonia está ligado à construção de uma visão de mundo dominante, que influencia a percepção da sociedade sobre diversos temas, incluindo desastres ambientais. Ao selecionar fontes, enquadrar acontecimentos e definir os aspectos que devem ser destacados, o JN contribui para a construção da memória coletiva sobre a tragédia.

É fundamental, portanto, analisar se a cobertura reforça discursos dominantes, como a responsabilização individual em detrimento de uma análise estrutural, ou se há espaço para visões contra-hegemônicas que desafiem o status quo.

Os desastres ambientais impactam a população de maneira desigual, atingindo mais severamente grupos vulneráveis, como mulheres, crianças, idosos, pessoas trans, negras e indígenas. Essa vulnerabilidade está diretamente ligada a fatores socioeconômicos e, em muitos casos, é agravada por uma limitada percepção de risco, decorrente de lacunas educacionais.

Diante desse contexto, este estudo tem como objetivos analisar como a série de reportagens "Resistência e Reconstrução", exibida pela RBS TV no Jornal Nacional, retrata o processo de reconstrução no Rio Grande do Sul; avaliar a representatividade dos entrevistados, considerando gênero, raça e profissão, para identificar possíveis lacunas na diversidade de vozes; e investigar se a cobertura adota uma abordagem crítica e aprofundada ou se opta por uma narrativa superficial e simplista sobre a reconstrução do Estado.

2 OBJETIVOS

Os objetivos deste estudo são:

- Analisar a cobertura da série de reportagens "Resistência e Reconstrução". Identificar como a RBS TV e o *Jornal Nacional* retrataram o processo de reconstrução do Rio Grande do Sul após a maior tragédia ambiental do Estado.
- Avaliar a representatividade dos entrevistados – Examinar a diversidade de vozes presentes na cobertura, considerando gênero, raça e profissão, para verificar possíveis lacunas e exclusões na narrativa jornalística. Investigar a abordagem da cobertura
- Identificar se a narrativa adotada foi crítica e aprofundada, discutindo fatores estruturais, ou se prevaleceu um discurso superficial e simplista sobre a reconstrução.
- Aplicar a Análise de Conteúdo – Utilizar um método de pesquisa sistemático para examinar padrões e significados na comunicação midiática, considerando a seleção de fontes, o enquadramento dos acontecimentos e a profundidade da abordagem jornalística.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada é a Análise de Conteúdo, um método de pesquisa sistemático e objetivo que examina a comunicação midiática para identificar padrões e significados subjacentes. A abordagem segue os princípios de Berelson (1984), com foco na descrição quantitativa e qualitativa do conteúdo. Foram analisados os cinco episódios da série, considerando a distribuição dos entrevistados por gênero, raça e profissão; os temas abordados e as cidades visitadas; e a profundidade da narrativa e o enquadramento jornalístico adotado.

Além da análise de conteúdo, também foi aplicada a Análise de Discurso, que visa compreender as estratégias linguísticas e ideológicas subjacentes ao discurso midiático. Essa abordagem permite examinar como as palavras e expressões escolhidas pela

produção da série constroem significados, influenciam a percepção do público e moldam a interpretação dos eventos apresentados. A análise de discurso considera como as ideias são estruturadas e transmitidas, quem são os sujeitos de fala, como os grupos sociais são representados e quais valores e ideologias são reforçados ou desafiados ao longo da série.

Combinando essas duas metodologias, é possível obter uma visão mais abrangente sobre o conteúdo jornalístico. A Análise de Conteúdo fornece uma visão objetiva sobre o que está sendo discutido, como os temas são distribuídos e qual a frequência de determinados tópicos ou palavras-chave. Já a Análise de Discurso permite entender o contexto em que esses temas são abordados, quais são as intenções discursivas por trás das escolhas linguísticas, e como o discurso se alinha ou se desvia de narrativas dominantes. Juntas, essas abordagens oferecem uma análise tanto das mensagens explícitas quanto das mensagens implícitas, possibilitando uma compreensão mais profunda do impacto e da construção do discurso midiático.

4 RESULTADOS

A análise da série "Resistência e Reconstrução" revelou um padrão de cobertura que enfatiza a resiliência individual e o potencial econômico do Rio Grande do Sul, enquanto ignora a complexidade estrutural do desastre. Os principais achados foram:

Falta de diversidade nas fontes entrevistadas: Dos 44 entrevistados, 24 eram homens brancos, 17 eram mulheres brancas e apenas 3 eram mulheres negras. Nenhuma pessoa indígena ou quilombola foi ouvida, mesmo com a presença de 203 comunidades quilombolas no estado. Também não foram entrevistadas pessoas em situação de vulnerabilidade extrema, como os milhares de desabrigados que ainda viviam em barracas nas rodovias.

Foco na recuperação econômica: A série enfatizou a retomada do comércio e do turismo, destacando empresários e autoridades, sem discutir os impactos ambientais ou sociais de longo prazo. No segundo episódio, por exemplo, o turismo de inverno foi apontado como essencial para a recuperação, sem menção às populações que ainda sofriam com a precariedade habitacional.

Ausência de uma abordagem crítica sobre as causas do desastre: Em diversos momentos, a cobertura atribuiu os danos exclusivamente às "enchentes" ou à "fúria da água", sem aprofundar fatores estruturais como desmatamento, ocupação irregular e a flexibilização da legislação ambiental.

Uso de linguagem que naturaliza o desastre: Termos como "catástrofe natural" e "enchentes" foram empregados sem a devida problematização, reforçando a ideia de que os eventos foram inevitáveis. A falha conceitual no uso de "enchente" em vez de "alagamento" ou "inundação" demonstra um desconhecimento técnico sobre a dinâmica do desastre.

Distorção na representatividade das fontes: A maior parte dos entrevistados possuía uma condição socioeconômica estável ou já havia se restabelecido após o desastre. Indivíduos em situação crítica, como os desabrigados citados em reportagens de outros veículos, não tiveram espaço na cobertura do Jornal Nacional.

Esses resultados evidenciam a tendência da mídia hegemônica em minimizar debates estruturais e políticos, priorizando uma narrativa de superação individual e reconstrução econômica. Essa abordagem despolitiza a tragédia e impede uma reflexão crítica sobre os impactos das decisões políticas e do modelo de desenvolvimento adotado.

5 DISCUSSÃO

Tabela 1 - Tema, duração, cidades, homens brancos (profissões, mulheres brancas (profissões), mulheres negras (profissões)

Nº	Tema	Duração	Cidades	Homens Brancos (Aparições)	Mulheres Brancas (Aparições)	Mulheres Negras (aparições)
1	Série especial mostra que é tempo de reconstrução no Rio Grande do Sul	9 min	Estrela/Vale do Taquari, Porto Alegre (Centro e Sarandi) e Guaíba (Região Metro-politana)	5 homens (Sócio-diretor de padaria, feirante, comerciante, comandante de fuzileiros navais e balconista de farmácia)	8 Mulheres (Comerciante, dona de casa, floriculturista, duas professoras, mãe agradecendo as doações, psicóloga e mulher almoçando)	2 Mulheres (Supervisora de cobrança e mulher almoçando)
2	Rio Grande do Sul confia nos turistas de inverno para reconstrução pós enchente	7 min	Caxias do Sul, Canela, Gramado, Bento Gonçalves/Vale dos Vinhedos	8 Homens (Músico, secretário de turismo, advogado (turista), corretor de imóveis (turista), empresário, turista, empresário	3 Mulheres (Empresária, arquiteta, diretora executiva do SEGH)	0 Mulheres
3	Inundações afetam 9 de cada 10 fábricas gaúchas	5 min	Três Coroas, Vale do Taquari e Estrela	4 Homens (Proprietário de loja de sapatos, psicólogo, empresário, governador Eduardo Leite)	2 Mulheres (Funcionárias de empresário)	0 Mulheres
4	A retomada das famílias de	6 min	Caxias do Sul, Bairro Galópolis,	4 Homens (Secretário do Meio Ambiente,	2 Mulheres (Senhora aposentada,	0 Mulheres

	agricultores e pescadores no Rio Grande do Sul		Arroio do Ouro (Vale do Taquari), Pelotas, Lagoa dos Patos	extensionista rural, pescador agricultor)	presidente da associação de bairro)	
5	Preservação ambiental é também uma Questão de educação	6 min23s	Novo Hamburgo, Montenegro Rio Grande (Lagoa dos Patos)	3 Homens (Governador Eduardo Leite, ambientalista, estudante de biologia)	2 Mulheres (Coordenadora pedagógica, coordenadora do Centro de Recuperação de animais)	1 Mulher (Diretora de escola)
	TOTAIS	33 min23s		24 Homens	17 Mulheres	3 Mulheres

Fonte: Isabely Mariana Ramos da Silva, 2025.

5.1 Episódio 1

"Nesta semana, a maior catástrofe natural da história do Rio Grande do Sul está completando dois meses. As enchentes afetaram mais de dois milhões de pessoas e causaram 179 mortes." (Bonner, 2024, 0min02s - 0min16s).

“A equipe da nossa afiliada percorreu 2 mil quilômetros pelas regiões mais atingidas e registrou muitas provas da resistência dos gaúchos nesse recomeço, nesse momento de reconstrução” (Bonner, 2024, 0min024s - 0min39s).

"A fúria da água deixou bairros inteiros em ruínas." (RBS TV, 2024, 1min06s - 1min09s).

Repórter pergunta: "Qual a lição de tudo que passou?" Comerciante responde: "As fases ruins são curtas e elas passam para que coisas boas venham." (RBS TV, 2024, 4min06s - 4min13s).

O repórter fala com o balconista de uma farmácia de Porto Alegre que fica no bairro de Sarandi que ficou um mês fora de casa, mas já retornou, sendo assim o repórter traz um dado rápido em poucos segundos sobre ter 6.500 pessoas sem um lar, mas não entrevista ninguém nessa condição. Em seguida, entrevista uma família de Porto Alegre do bairro Santa Rita, que devido as ajudas de pessoas conhecidas já está de volta ao seu lar.

Análise de conteúdo: Bonner utiliza “catástrofe natural” e em nenhum momento aprofunda sobre a complexidade do desastre. Além disso, utiliza “as enchentes afetaram mais de dois milhões de pessoas e causaram 179 mortes” como se as enchentes fossem algo natural que tivesse afetado e matado pessoas. Também menciona que a equipe percorreu mais de 2 mil quilômetros pelas regiões afetadas, mas não mostra pessoas desabrigadas, apesar de o governo estadual indicar que havia 5.446 pessoas desabrigadas naquele momento. Além de conter erros de conceitos como enchentes, quando se trata de enchente o rio nem extravasa porque ele enche (daqui o termo enchente). O rio inunda quando extravasa. Quando é um meio urbano chama-se alagamento, pois as águas não escoam por problemas de deficiência do sistema de drenagem. Nota-se aqui um erro de conceitos. No caso do Rio Grande do Sul, o fenômeno se enquadra mais em alagamentos e inundações devido à impermeabilização excessiva e à ocupação irregular das margens dos rios.

5.2 Episódio 2

> “O turismo é uma indústria que oferece emprego, recolhe impostos e pode representar a maior fonte de riqueza de uma cidade ou até mesmo de um país. No Rio Grande do Sul, depois das enchentes, receber turistas na temporada de inverno é fundamental para a reconstrução.” (Bonner, 2024, 0min01s - 0min19s).

Análise de conteúdo: Mesmo o foco sendo o povo gaúcho e suas dificuldades, a reportagem opta por destacar o turismo, um grande motor da economia do Rio Grande do Sul. O setor movimentou R$ 2,2 bilhões na economia estadual em 2023, a matéria ignora outras questões fundamentais da reconstrução. Ademais, a expressão “depois das enchentes receber turistas” sugere que as enchentes foram as responsáveis diretas pelo impacto econômico, sem mencionar os desafios estruturais e políticos. Além disso, o Rio Grande do Sul possui diversos pontos turísticos relacionados a animais e em nenhum momento é citado os impactos ecológicos do desastre e os ecossistemas afetados e os pontos turísticos.

5.3 Episódio 3

“10 fábricas gaúchas. Hoje na terceira reportagem da série especial sobre a reconstrução do Rio Grande do Sul, nós vamos ver a mobilização dessas empresas para retomar a produção.” (Bonner, 2024, 0min00s - 0min12s).

Análise de conteúdo: A matéria culpa o Rio Paranhana pela destruição de mais de 100 mil pares de sapatos e pela invasão das fábricas. Ao não abordar fatores estruturais e erros de planejamento, reforça a narrativa de um desastre exclusivamente natural. Rios apenas existem eles não seguem uma moral para serem culpados por ações, neste caso temos um discurso ultrapassado, quando na realidade os culpados são seres humanos.

5.4 Episódio 4

“Na parte mais baixa um pequeno riacho que em maio transbordou e criou uma enxurrada.” (RBS TV, 2024, 01min08s - 01min12s)

A água destruiu os galpões e arrastou quase todo o rebanho, restou apenas uma vaca de leite. (RBS TV, 2024, 03min08s - 03min14s)

Análise de conteúdo: A matéria reforça a culpa na “água”, ignorando as responsabilidades humanas na gestão ambiental e territorial.

5.5 Episódio 5

“Preservação ambiental exige legislação, exige fiscalização e fundamentalmente é também uma questão de educação é o que mostra a quinta reportagem da série especial produzida pela RBS TV sobre a reconstrução do Rio Grande do Sul” (Bonner, 2024, 00min01s - 00min19s)

> As enchentes afetaram quase 400 mil alunos, mais de 20 mil ainda não retomaram as aulas presenciais e estão em ensino remoto. Para enfrentar as mudanças do clima, respeitar mais o meio ambiente é fundamental, investir em ciência também. Um radar meteorológico novo está sendo instalado em Montenegro e vai ajudar na emissão de alertas mais precisos. Governador Eduardo Leite “Estamos instalando um comitê científico com mais de 30 membros que tem desde meteorologistas, climatologistas, hidrólogos, geólogos, profissionais capacitados para poder acompanhar as ações do governo. orientar, sugerir, criticar, ajudar a gente a transformar esse plano robusto de sistema de proteção para a cidade, de novos planos diretores para os municípios em áreas seguras, de desassoreamento dos rios e também de sistemas de monitoramento e alerta que vão sendo implantados para que a gente tenha o mais robusto sistema de resiliência de defesa, de proteção do estado que deve ser uma referência para o Brasi. (RBS TV, 2024, 02min34s - 03min39s)

Análise de conteúdo: O episódio enfatiza apenas a importância da educação infantil para a preservação ambiental, mas não problematiza a questão em outras esferas como se fosse um problema que abrange algo bem maior. Além disso, a reportagem trata as mudanças climáticas de forma superficial, sem abordar os impactos das decisões políticas do governador Eduardo Leite, que foi até convidado para dar entrevista, mostrando o lado em que o jornal está. Profissionais que tem domínio sobre o assunto foram citados apenas uma vez na série de reportagens no episódio final, sem ter um local de fala.

5.6 Análise de palavras

Tratando-se de uma série curta, foi possível realizar a seleção e análise das palavras empregadas no contexto. Na análise das palavras presentes na série, foram observadas as seguintes frequências de ocorrência: a palavra "turismo" apareceu 9 vezes, "economia" foi mencionada 7 vezes, "reconstrução" apareceu 6 vezes, e "recomeço" foi citada 5 vezes. As expressões "seguir em frente" e "turistas" foram mencionadas 4 vezes cada uma, assim como as palavras "empresas", "esperança" e "recomeçar", que também apareceram 4 vezes. Já "reconstruindo", "impostos", "força" e "dono" foram citadas 3 vezes cada.

As palavras "reconstruir" foram registradas 2 vezes, enquanto as palavras "resistência", "catástrofe natural", "economia volte a girar", "caminho para recuperar a crise", "nova história", "sonhos", "fúria da água", "as enchentes afetaram", "guerreiros", "Deus", "vida ao normal", "vem outras coisas boas", "empresários", "alerta", "área de risco", "ciência", "pluviômetros", "geólogos", "básicas de contenção" e "turístico" apareceram 1 vez cada.

A análise das palavras revela um discurso centrado na recuperação econômica e emocional, com uma forte ênfase na individualização do problema e na superação das dificuldades, sugerindo uma visão de que os indivíduos e as empresas precisam se reerguer sozinhos, sem dar espaço para um debate mais profundo sobre as questões estruturais e coletivas envolvidas. As palavras mais recorrentes, como "turismo", "economia" e "reconstrução", indicam uma ênfase na restauração da ordem econômica e na retomada da normalidade, mas as palavras que remetem à ideia de resistência e reconstrução, como "força", "guerreiros" e "vida ao normal", enfatizam um caráter motivacional e emocional, ignorando discussões sobre o impacto de longo prazo e a responsabilidade coletiva. O discurso sugere que, para avançar, a chave está na recuperação do setor turístico, das empresas e das pessoas, sem questionar as condições mais amplas que geraram a crise ou que ainda limitam o pleno restabelecimento.

6 CONCLUSÃO

A análise da série de reportagens *"Resistência e Reconstrução"* evidencia a ausência de representatividade na cobertura da tragédia, ignorando grupos historicamente marginalizados. Em nenhum momento foram mencionadas as 203 comunidades quilombolas do Rio Grande do Sul (Atlas Socioeconômico RS, 2024) Além disso, outras identidades frequentemente vulnerabilizadas, como homens negros e mulheres trans, também foram invisibilizadas.

A escolha das fontes entrevistadas reforça essa lacuna. Dos 44 entrevistados, 24 eram homens brancos, 17 eram mulheres brancas e apenas 3 eram mulheres negras. O jornal não escolheu uma fonte quilombola, indígena ou pessoas em situação de vulnerabilidade extrema, como os milhares de desabrigados que, no mesmo período, viviam às margens de rodovias e em barracas no inverno rigoroso. De acordo com o G1 (2024), *“Mais de 200 pessoas estão às margens da rodovia esperando por uma solução definitiva em relação às suas moradias, que estão alagadas, ou em meio a lama e areia. [...] De acordo com o governo do estado, 5.446 pessoas seguem desabrigadas no RS”*

Essa situação ocorreu quase simultaneamente à série de reportagens, mas o *Jornal Nacional* optou por mostrar a realidade de empresários e pessoas que já estavam com as vidas reestabilizadas, deixando de lado aqueles que ainda enfrentavam a precariedade extrema. No entanto, a abordagem do *Jornal Nacional* priorizou a narrativa de empresários e indivíduos que já haviam restabelecido suas rotinas, deslocando o foco do impacto estrutural da tragédia para histórias de superação individuais.

Além da falta de diversidade nas vozes apresentadas, a série reforça um padrão recorrente no jornalismo televisivo brasileiro: a construção de uma narrativa que exalta a

resiliência individual e soluções econômicas, sem questionar políticas públicas e ações governamentais. Ao evitar discussões sobre mudanças climáticas, planejamento urbano e negligência do Estado, a TV Globo e sua afiliada RBS TV contribuíram para a despolitização da tragédia.

7 REFERÊNCIA

BERELSON, B**. Content analysis in communication research**. 1 ed. New York: Hafner,1984.

CENTENO, A; MARKO, K. **Eduardo Leite cortou ou alterou quase 500 pontos do Código Ambiental do RS em 2019.** Brasil de Fato, Porto Alegre/RS, 4 mai. 2024. Disponível em: https://www.brasildefato.com.br/2024/05/04/eduardo-leite-cortou-ou-alterou-quase-500-pontos-do-codigo-ambiental-do-rs-em-2019. Acesso em: 10 mar. 2025.

FEPAM**. Nota técnica.** Rio Grande do Sul, 2019. Disponível em: https://cdn.brasildefato.com.br/documents/739eb1ad036a89792462778c6d8cd57a.pdf. Acesso em: 10 mar. 2025.

GIANNOTTI, V. **Comunicação dos Trabalhadores e Hegemonia**. São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo, 2014. p.13-14.

GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL. **Atlas socioeconômico do rio grande do sul**. 2022. Disponível em: https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/comunidades-quilombolas#:~:text=Em%20rela%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A0%20popula%C3%A7%C3%A3o%20quilombola,Sul%2C%20s%C3%A3o%2017.552%20pessoas%20quilombolas. Acesso em: 10 mar. 2025.

GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL. **Os povos Indígenas do Rio Grande do Sul: conheça as ações da SDR.** Secretaria de Desenvolvimento Rural, Rio Grande do Sul, 19 abr. 2024. Disponível em: https://www.sdr.rs.gov.br/os-povos-indigenas-do-rio-grande-do-sul. Acesso em: 10 mar. 2025.

Inundações afetaram 9 de cada 10 fábricas gaúchas. RBS TV. **Jornal Nacional**, 2024. Disponível em: https://globoplay.globo.com/v/12730274/. Acesso em: 10 mar. 2025.

LEITE, E. **Meus cumprimentos aos 37 deputados que votaram a favor da modernização do Código Ambiental**. **Facebook**, 11 dez. 2019. Disponível em:https://www.facebook.com/efcleite/videos/meus-cumprimentos-aos-37-deputados-que-votaram-a-favor-da-moderniza%C3%A7%C3%A3o-do-c%C3%B3digo/1119588484910622/?locale=pt_BR. Acesso em: **10** mar. 2025.

PAGANELLA, E; LAMAS, J. **'O pouco que a gente tem faz falta': desabrigados após enchente no RS vivem em barracas no inverno com temperaturas baixas.** G1 RS e RBS TV, Rio Grande do Sul, 8 jul. 2024. Disponível em: https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2024/07/08/o-pouco-que-a-gente-tem-faz-falta-desabrigados-apos-enchente-no-rs-vivem-em-barracas-no-inverno-com-temperaturas-baixas.ghtml. Acesso em: 10 mar. 202

Preservação ambiental é também uma questão de educação. RBS TV. **Jornal Nacional**, 2024. Disponível em: https://globoplay.globo.com/v/12736450/. Acesso em: 10 mar. 2025.

Rio Grande do Sul confia nos turistas de inverno pra reconstrução pós-enchente. RBS TV. **Jornal Nacional**, 2024. Disponível em: https://globoplay.globo.com/v/12727100/. Acesso em: 10 mar. 2025.

Série especial mostra que é tempo de reconstrução no Rio Grande do Sul. RBS TV. **Jornal Nacional**, 2024. Disponível em: https://globoplay.globo.com/v/12724158/. Acesso em: 10 mar. 2025.

Série Resistência e Reconstrução: a retomada das famílias de agricultores e pescadores no RS. RBS TV. **Jornal Nacional**, 2024. Disponível em: https://globoplay.globo.com/v/12733578/. Acesso em: 10 mar. 2025.

GEOGRAFIA DOS RISCOS E GEOPOÉTICA NA CONSTRUÇÃO DE RESILIÊNCIAS POTENCIAIS

GEOGRAPHY OF RISKS AND GEOPOETICS IN THE CONSTRUCTION OF POTENTIAL RESILIENCE

Danieli Barbosa de Araujo[1], Jeani Delgado Paschoal Moura[2]

1 Universidade Estadual de Londrina- UEL, danieli.araujo@uel.br.

2 Universidade Estadual de Londrina – UEL, jeanimoura@uel.br.

RESUMO

Vivemos em uma era marcada por desafios que se entrelaçam em uma rede complexa de riscos, abrangendo desde ameaças naturais até perigos gerados pela ação humana. Esses elementos contribuem para a configuração do que é atualmente reconhecido como uma "sociedade do risco" (Beck, 1992). Neste contexto, o presente artigo busca refletir sobre uma "Educação para os Riscos" ancorada no entrelaçamento entre Geopoética e Geografia dos Riscos, duas linhas de estudos que, quando integradas, podem contribuir para a compreensão, caracterização e avaliação de riscos, em escalas locais. A abordagem metodológica, de natureza qualitativa e fundamentada na Geografia Humanista, centrou-se na análise da literatura. Como resultados, a pesquisa evidencia que a integração entre Geopoética e Geografia dos Riscos proporciona uma compreensão abrangente e enriquecedora dos desafios contemporâneos associados aos riscos, sugerindo que, em uma Educação para os Riscos, os aspectos subjetivos e simbólicos são fundamentais.

Palavras-Chave: Sociedade do risco. Educação para os riscos. Geopoética. Geografia dos riscos. Desafios contemporâneos.

ABSTRACT

We live in an era marked by challenges that intertwine in a complex network of risks, spanning from natural threats to dangers generated by human action. These elements contribute to shaping what is currently recognized as a "risk society" (Beck, 1992). In this context, the present article seeks to reflect on "Education for Risks" anchored in the intertwining of Geopoetics and Geography of Risks, two lines of study that, when integrated, can contribute to the understanding, characterization, and assessment of risks on local scales. The methodological approach, of a qualitative nature and grounded in Humanistic Geography, focused on literature analysis. As a result, the research highlights that the integration of Geopoetics and Geography of Risks provides a comprehensive and enriching understanding of contemporary challenges associated with risks, suggesting that, in Education for Risks, subjective and symbolic aspects are fundamental.

Keywords: Risk society. Education for risks. Geopoetics. Geography of risks. Contemporary challenges.

[1] A presente pesquisa faz parte das reflexões desenvolvidas durante o período de pós-doutorado em Geografia na Universidade Estadual de Londrina e foi realizada com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

1 INTRODUÇÃO

Os desafios inerentes aos riscos e perigos representam uma das questões fundamentais na contemporaneidade. Ulrich Beck (2010), sociólogo alemão, reconhecido por seu trabalho sobre a "Sociedade do Risco", argumenta que as sociedades modernas estão cada vez mais caracterizadas pela produção de riscos. Para o autor, como apresenta Moura e Marandola Jr (2016), percebe-se que os riscos não estão mais limitados a contextos espaço-temporais específicos; pelo contrário, integram-se ao próprio mecanismo de reprodução social da sociedade globalizada. Essa dinâmica, identificada como "modernidade líquida" (Bauman, 2007), confere aos riscos uma fluidez que redefine os paradigmas tradicionais na construção da segurança.

Deste modo, em uma sociedade cada vez mais marcada por riscos, a importância de estratégias pedagógicas para enfrentar tais questões torna-se fundamental. Diante de inseguranças contínuas caracterizadas por riscos - sejam eles naturais, como terremotos e inundações, ou provocados pelo homem, como a poluição, insegurança - a educação desempenha um papel crucial na formação de cidadãos capazes de entender, mitigar e adaptar-se a esses riscos. Eis, neste sentido, a importância de uma “Educação para os Riscos”, que visa cultivar competências e habilidades essenciais para enfrentar desafios, fortalecendo, assim, a participação ativa da sociedade na efetiva gestão de riscos.

Nesse contexto, o presente artigo propõe uma reflexão sobre a "Educação para os Riscos" ancorada no entrelaçamento entre Geopoética e Geografia dos Riscos. A interseção entre esses dois campos de conhecimento oferece um novo olhar sobre os riscos, possibilitando uma compreensão mais ampla e complexa dessas ameaças. A Geopoética, campo de pesquisa formalizado por Kenneth White (1989), emerge como uma abordagem pertinente diante das preocupações prementes associadas aos riscos contemporâneos. Tendo como base uma leitura crítica da realidade e apresentando-se como via para compreender e expressar a nossa relação com o mundo, a Geopoética abre possibilidades para refletirmos, por meio de uma leitura crítica e sensível, a condição atual de ser-estar no mundo.

A Geografia dos Riscos, por sua vez, é uma área de estudo que busca compreender, caracterizar e avaliar os riscos, contribuindo para a compreensão dos aspectos técnicos e científicos dos riscos, bem como das suas implicações sociais, econômicas e ambientais. A Geografia dos Riscos, neste sentido, pode ajudar na compreensão dos riscos em termos de frequência, magnitude e impacto potencial.

A concepção de uma "Educação para os Riscos", fundamentada na interligação entre Geopoética e Geografia dos Riscos, visa instigar uma visão abrangente e integradora no tocante às ameaças presentes. Essa abordagem busca não apenas fomentar a conscientização crítica e a responsabilidade individual e coletiva diante dos riscos, mas também fortalecer a resiliência e a adaptabilidade em face de situações adversas. Além disso, convida à consideração não só dos elementos tangíveis dos riscos, mas também à análise das narrativas subjacentes que moldam nossa compreensão coletiva dessas ameaças, bem como destaca a importância conferida ao conhecimento e à preparação adequada como pilares essenciais para fortalecer a segurança e viabilizar uma gestão efetiva de riscos.

O artigo desenvolve-se em dois momentos. O primeiro delineia uma contextualização da teoria geopoética e da geografia dos riscos, sublinhando suas contribuições para a implementação de uma educação orientada para a compreensão e gestão dos riscos. Esse

enfoque dual não apenas busca situar essas disciplinas no âmbito educacional, mas também enfatiza sua relevância na fomentação de uma abordagem educacional voltada para a compreensão dos riscos. No segundo momento, nas conclusões, ressaltamos como iniciativas internacionais notáveis destacam a imperatividade de investir na educação como meio de mitigar os riscos de desastres. Nesse contexto, defendemos a importância de uma abordagem educacional voltada para os riscos, fundamentada nas perspectivas geopoética e geográfica.

1.1 Metodologia

A pesquisa, de natureza qualitativa e embasada na abordagem humanista da Geografia, fundamentou sua metodologia na análise da literatura relacionada à temática proposta. O objetivo foi consolidar e fortalecer a proposta de uma Educação para os Riscos, incorporando as contribuições advindas da teoria Geopoética e da Geografia dos Riscos. Esses dois campos de estudo, embora distintos, se entrelaçam de maneira complementar, proporcionando uma compreensão abrangente para a compreensão dos desafios relacionados aos riscos contemporâneos.

A pesquisa delineou-se por meio de uma abordagem qualitativa, amparada nos fundamentos da Geografia Humanista, com foco na compreensão dos significados e vivências relacionadas aos riscos na contemporaneidade. Para embasar teoricamente o estudo, optou-se por uma revisão narrativa da literatura, o que possibilitou selecionar e analisar, de forma não exaustiva, autores e obras de referência nos campos da Geopoética e da Geografia dos Riscos.

No decorrer da revisão narrativa, foram privilegiados textos e reflexões capazes de subsidiar uma proposta de Educação para os Riscos que considerasse tanto aspectos técnicos e científicos quanto dimensões simbólicas, afetivas e imaginárias. A partir dos escritos de Ulrich Beck (2010), Zygmunt Bauman (2007) e Anthony Giddens (1991), entre outros, aprofundou-se a discussão sobre a chamada “sociedade do risco” e as transformações da vida cotidiana na modernidade. Paralelamente, o diálogo com a Geopoética, sobretudo com base nas ideias de Kenneth White (1989), contribuiu para evidenciar a importância de uma relação mais sensível e reflexiva com o mundo, enfatizando a dimensão subjetiva dos riscos e a necessidade de abordá-los para além de uma perspectiva estritamente técnica.

Durante o processo, a análise dos textos ocorreu sob uma ótica interpretativa, própria das pesquisas qualitativas, buscando identificar convergências teóricas e possibilidades de articulação entre Geografia dos Riscos e Geopoética. Essa articulação forneceu subsídios para pensar uma Educação para os Riscos mais ampla e integral, atenta às realidades locais e às narrativas que moldam a maneira como as comunidades percebem e enfrentam situações de perigo.

1.2 Resultados e Discussão:

Geopoética e Geografia: contribuições para uma Educação para os Riscos

Nossa sociedade lida de forma contínua com informações que apontam para a existência de riscos, abrangendo desde ameaças naturais até aquelas originadas pela ação humana, tornando evidente que esses riscos estão, frequentemente, interligados. Seja no contexto de ameaças ambientais, perigos associados a conflitos militares, desafios econômicos e financeiros, ameaças à saúde ou preocupações com a segurança, incluindo a

propagação global de epidemias, todos esses elementos contribuem para a configuração do que é hoje reconhecido como uma "sociedade do risco" (CNE, 2011). Além disso, a sociedade moderna, cada vez mais dependente de tecnologias, gera novos riscos, agravando ainda mais o debate em torno dos desafios e inseguranças contemporâneas.

O debate em torno das diversas facetas do risco tornou-se uma questão central na atualidade, embora o risco sempre tenha acompanhado a história da humanidade, como aponta Areosa (2016). Para o autor, embora não possamos afirmar com certeza se o mundo atual é mais perigoso do que o passado, há uma marca evidente. O avanço da tecnologia traz consigo uma série de benefícios, mas também apresenta riscos significativos. São notáveis certos indicadores que mostram melhorias em nossa qualidade de vida, como o aumento da expectativa de vida e a redução da mortalidade infantil, atribuíveis, em parte, ao avanço tecnológico. No entanto, juntamente com os benefícios da tecnologia, surgiram novos riscos, que até então, nossos antepassados não tiveram que enfrentar, como a presença de centrais nucleares, plataformas petrolíferas, engenharia genética, entre outros (Areosa, 2016).

Os perigos e riscos decorrentes das atividades nas sociedades contemporâneas atingiram, neste contexto, proporções sem precedentes na história humana, conforme destacado por Beck (1992). O que é atualmente percebido como um comportamento seguro pode rapidamente se transformar em um comportamento de risco, dada a evolução constante do conhecimento científico e do entendimento popular (Areosa, 2016). Como defende o autor, o clima de risco vivenciado nas sociedades contemporâneas torna-se inquietante para todos e não é passível de fuga para ninguém.

Em consonância, Marandola Jr. (2008), aponta que na trajetória da humanidade a convivência com a incerteza sempre foi uma constante. Todavia, adentrando na era da modernidade, essa incerteza assume uma forma singular, materializando-se como riscos e perigos que progressivamente infiltram todas as esferas da vida social. O que costumava ser um fenômeno circunscrito a contextos específicos no espaço e no tempo agora permeia profundamente o tecido da reprodução social, dando origem a uma sensação disseminada de incerteza e insegurança (Marandola Jr, 2008). Segundo o autor, o avanço da globalização tem promovido a disseminação de um estilo de vida intimamente ligado aos processos globais, trazendo para o contexto local o que antes era estritamente global.

Nesse contexto, os riscos e perigos associados aos avanços tecnológicos também se difundem, frequentemente sem a devida estrutura para que as pessoas possam proteger-se ou avaliar adequadamente sua magnitude. Vale ressaltar que, em muitos casos, essas novas ameaças são ainda desconhecidas, tornando difícil estimar seus riscos e os danos que podem causar (Marandola Jr., 2008).

A modernidade, como aponta Giddens (1991), reconfigura a natureza da vida social cotidiana e impacta profundamente os aspectos mais pessoais de nossa existência. As instituições modernas de hoje se distinguem significativamente de todas as formas anteriores de organização social. Elas interferem de maneira substancial nos hábitos e costumes tradicionais, causando um impacto global notável. De acordo com Giddens (1991), atualmente, os indivíduos enfrentam mais incertezas e dificuldades ao lidar com suas ansiedades, o que leva a uma sensação de insegurança ontológica, manifestada na constante ameaça de que nossa identidade pessoal não perdure. A experiência contemporânea, tornou-se desafiadora e desconcertante, ampliando as esferas que a compõem e restringindo nossa existência ao introduzir elementos novos, tecnológicos e funcionais (Marandola Jr., 2012).

A sociedade dos riscos, conceito protagonizado por Ulrich Beck (1992), como aponta Mendes (2015), se encaixa perfeitamente nesse cenário de modernidade descrito por Giddens (1991). A interferência das instituições modernas nos hábitos e costumes tradicionais pode ser vista como uma fonte de riscos, pois essas mudanças frequentemente envolvem a introdução de novas tecnologias e práticas que podem ter consequências imprevistas. Além disso, a sensação de insegurança ontológica que Giddens (1991) descreve é um reflexo direto da incerteza que permeia a sociedade de risco. A constante ameaça à nossa identidade pessoal pode ser vista como um subproduto da constante ameaça de riscos ambientais, econômicos e sociais que caracterizam a sociedade de risco. Portanto, pode-se dizer que a sociedade de risco é uma manifestação concreta das tensões e incertezas da modernidade.

Segundo Mendes (2015), além dos riscos ecológicos, observa-se, cada vez mais, um aumento constante na precarização das condições de vida, juntamente com uma individualização acentuada da desigualdade social e da incerteza em relação às oportunidades de emprego. Essa conjuntura resulta em uma exposição aos riscos, afetando amplas camadas da população. Os riscos, neste contexto, se tornam uma característica intrínseca da vida cotidiana, moldando a experiência pessoal e social. Nesse contexto, a necessidade de compreender e enfrentar esses riscos se torna crucial para promover uma maior estabilidade e segurança nas vidas das pessoas.

A Geopoética, campo de pesquisa formalizado por Kenneth White (1989), emerge como uma abordagem pertinente diante das preocupações prementes associadas aos riscos contemporâneos. Tendo como base uma leitura crítica da realidade e apresentando-se como via para compreender e expressar a nossa relação com o mundo, permitindo uma reflexão sobre a maneira atual de viver e, consequentemente, de melhorar a relação com os ambientes, a Geopoética abre possibilidades para refletirmos, por meio de uma leitura crítica e sensível, a condição atual de ser-estar no mundo (ARAUJO, 2022).

Ao proporcionar um enfoque que transcende as abordagens estritamente técnicas, a Geopoética convida à consideração não apenas dos aspectos tangíveis dos riscos, mas também das narrativas subjacentes que moldam a nossa compreensão coletiva dessas ameaças. Dessa maneira, a interseção entre Geopoética e Riscos oferece um terreno fértil para a exploração das complexidades inerentes à nossa interação com o ambiente, promovendo uma compreensão mais profunda e abrangente das implicações e respostas aos desafios contemporâneos.

Para lidar com os desafios apresentados pela “sociedade de risco”, é necessário adquirir novas habilidades pessoais que servirão como alicerces para uma cidadania ativa, engajada e bem informada. Segundo a perspectiva da Geopoética, isso não se restringe apenas à aquisição de competências técnicas, mas também implica na busca de um mundo habitável, constituindo um apelo a um engajamento político, ético, poético e social, ou como defende Kenneth White (1989), na busca por uma relação sensível e inteligente com a Terra. Para tanto, essas competências, devem ser cultivadas desde o início da trajetória educacional (CNE, 2011).

A importância da "Educação para os Riscos" é amplamente reconhecida em várias partes do mundo como um elemento crucial na formação de jovens, independentemente de estarem ou não sujeitos a diversos tipos de riscos. Em Portugal, por exemplo, o Conselho Nacional de Educação, por meio da recomendação n.º 5/2011, estipula que as escolas devem incorporar a "Educação para os Riscos" em seus currículos, incluindo conteúdos relacionados

a conceitos de risco diversos, bem como ações práticas relacionadas a riscos específicos (De Oliveira Souza; Da Silva, 2018).

O Conselho Nacional de Educação (CNE, 2011), propõe transformar as escolas em agentes de intervenção e em motores de mobilização da sociedade em relação à Educação para o Risco, envolvendo os alunos, suas famílias e a comunidade educativa como um todo. O mesmo defende, junto as ações da comunidade escolar, o estímulo das autarquias a adotar práticas de validação e difusão de informações locais que sejam relevantes em termos de uma Educação para o Risco. Isso inclui incentivar a participação dos cidadãos e de outros agentes nesse processo, incentivando o conhecimento e a prevenção do risco, bem como promovendo a publicação de relatórios periódicos como forma de divulgação de informações aos cidadãos (CNE, 2011).

Além disso, o Conselho Nacional de Educação (2011), defende que outros espaços podem contribuir significativamente para a efetivação de uma educação que pense nos riscos, como os museus, os centros de ciência e a própria mídia. Os mesmos desempenham um papel preponderante nesse contexto, visto que são considerados caminhos pelos quais o público pode ser “aproximado”, desde cedo, de debates, deliberações, grupos de discussão e tomada de decisões, promovendo uma cidadania ativa.

No ano de 2011, a Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) e o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), conduziram um estudo abrangendo trinta países, no qual apresentaram um mapeamento das nações que incluíram elementos de redução de risco de desastres em seu sistema de ensino. O relatório detalha as experiências nacionais, cita os principais desafios em países onde a redução de risco de desastres é menos prioritária ou onde não existe um treinamento específico para os professores. O objetivo principal do relatório foi examinar os elementos relacionados aos conteúdos, metodologias, práticas e pedagogias empregadas no processo de formação de crianças e jovens, com ênfase na integração da Redução de Risco de Desastres (De Oliveira Souza; Da Silva, 2018).

As iniciativas e ações em prol da Redução de Risco de Desastres, que foram implementadas em várias nações, têm como meta primordial aumentar a conscientização acerca dos desastres naturais e dos fenômenos associados, além de fomentar uma cultura de prevenção, especialmente entre as populações que são mais vulneráveis a riscos e catástrofes. Como aponta o relatório intitulado “Redução de risco e desastre no currículo escolar: estudo de caso de trinta países”, a abordagem da redução de riscos de desastres deve ser uma preocupação constante em todo o currículo educacional, abrangendo todos os níveis de ensino. Essa abordagem deve transcender a compreensão dos princípios científicos dos riscos e das medidas de segurança, incorporando a promoção da prevenção, mitigação, redução da vulnerabilidade e o fortalecimento da resiliência como elementos essenciais a serem considerados (Selby e Kagawa, 2012).

O relatório, ao apresentar 30 estudos de caso, de diversos países, como Armênia, Geórgia, Rússia, Turquia, França, Japão, Chile, Cuba, Peru entre muitos outros, reconhece que a educação desempenha papel importante na redução da vulnerabilidade e na formação da resiliência. O mesmo defende que a educação pode ser um instrumento de construção do conhecimento, de habilidades e atitudes necessárias para se preparar e lidar com desastres, bem como para ajudar os alunos e a comunidade a voltar a uma vida normal (Selby e Kagawa, 2012).

No Brasil, os esforços de pesquisa e as ações relacionadas à Redução de Risco de Desastres (RRD) e à "Educação para o Risco" ainda carecem de desenvolvimento, especialmente no âmbito escolar. Isso é notável, apesar da existência da Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, que estabelece a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Brasil, 2012). A lei estabelece que é dever da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios adotar as medidas necessárias à redução dos riscos de desastre. Essas medidas podem ser adotadas com a colaboração de entidades públicas ou privadas e da sociedade em geral.

A Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, faz uma alteração importante na Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Especificamente, o artigo 29 da Lei nº 12.608 adiciona o parágrafo 7º ao artigo 26 da Lei nº 9.394. Este novo parágrafo estipula que os currículos do ensino fundamental e médio devem incluir os princípios da proteção e defesa civil e a educação ambiental de forma integrada aos conteúdos obrigatórios.

Isso significa que a educação em proteção e defesa civil, bem como a educação ambiental, são agora componentes curriculares obrigatórios nos níveis fundamental e médio de educação no Brasil. Essa inclusão tem o objetivo de sensibilizar os estudantes sobre a importância da proteção e defesa civil e do respeito ao meio ambiente desde cedo, preparando-os para serem cidadãos responsáveis e informados. Em uma sociedade cada vez mais caracterizada por riscos, a importância de estratégias educacionais para enfrentar essas questões é inegável. Assim, diante de inseguranças contínuas caracterizadas por riscos - sejam eles naturais, como terremotos e inundações, ou provocados pelo homem, como a poluição, insegurança - a educação desempenha um papel crucial na formação de cidadãos capazes de entender, mitigar e adaptar-se a esses riscos.

Em uma pesquisa anterior, exploramos o papel da Geopoética e da Geografia na compreensão dos riscos. No artigo intitulado “Lectura Geopoética del Paisaje de Bento Rodrigues, Minas Gerais – Brasil”, realizamos uma análise geopoética da paisagem de Bento Rodrigues, subdistrito brasileiro de Mariana, estado de Minas Gerais. Esse local foi palco de um dos maiores desastres ambientais do mundo - o rompimento de uma barragem de rejeitos minerais, conhecida como Fundão. Desde o colapso da barragem de rejeitos, de propriedade da empresa Samarco e controlada por duas das maiores mineradoras do mundo – a brasileira Vale e a anglo-australiana BHP Billiton –, a pequena cidade de Bento Rodrigues e muitas outras comunidades situadas ao longo do curso inferior do rio viram suas territorialidades profundamente alteradas e subtraídas pela lama. Os afetados sofreram perdas que impactaram, e ainda impactam, tanto a base material quanto simbólica de suas vivências no território (Araujo; Moura; Donada, 2021).

Nossa intenção primordial foi dar voz as narrativas das pessoas afetadas, proporcionando uma visão completa de suas geograficidades (Dardel, 2011), sentimentos topofílicos (Tuan, 2012) e pensamentos paisageiros (Berque, 2009). Nesse contexto, a leitura geopoética e geográfica da paisagem de Bento Rodrigues tornou-se um exercício fundamental para compreender não apenas os riscos tangíveis resultantes do desastre, mas também as complexidades emocionais e simbólicas que acompanham a perda do ambiente natural e a conexão com o lugar. Essa comunhão, geopoética e geografia, na compreensão dos riscos ofereceu uma ferramenta valiosa para explorar as experiências dos atingidos, permitindo uma compreensão mais profunda de como as comunidades afetadas enfrentam e resistem aos desafios pós-desastre.

Uma Educação voltada para os Riscos, perpassada pelos princípios da Geopoética e da Geografia dos Riscos, estimula uma compreensão mais profunda e sensível da interação entre a humanidade e o ambiente, considerados como elementos essenciais na compreensão e na resposta aos riscos. A mesma permite acessar os simbolismos e significados inerentes à paisagem, revelando valores estéticos, místicos, sagrados e qualitativos que regem nossa existência e reconhecendo que nossa relação terrestre não pode ser plenamente compreendida por leis invariáveis e universalmente válidas (Araujo; Moura; Donada, 2021). Ao incentivar uma compreensão sensível, tal abordagem evidencia que a percepção e a experiência subjetiva das comunidades em relação aos riscos geográficos são elementos cruciais na avaliação dos desafios contemporâneos.

A Geografia dos Riscos e a abordagem Geopoética tornam-se, deste modo, primordiais para compreender a natureza multifacetada dos riscos, considerando tanto os aspectos físicos quanto os aspectos humanos. Isso inclui a compreensão de como os processos naturais e as atividades humanas interagem para criar riscos, bem como a forma como esses riscos são distribuídos no espaço e no tempo. Além disso, a Geografia dos Riscos e a Geopoética, podem promover uma maior sensibilização sobre a importância da gestão de riscos e da resiliência. Isso envolve a compreensão de como podemos reduzir nossa vulnerabilidade e riscos, e aumentar nossa capacidade de lidar com quando ocorrem.

Portanto, a Educação para os Riscos, ancorada nesses dois campos de conhecimento, pode ser uma estratégia valiosa para preparar nossos jovens para os desafios de viver em uma sociedade de risco. Ela pode equipá-los com o conhecimento e as habilidades necessárias para transitar com segurança em um mundo cada vez mais incerto e imprevisível. Defendemos, em concordância com Oliveira, Giarola e Souza (2023), que os conhecimentos geográficos e o ensino de geografia constituem um dos caminhos para pensar a espacialidade dos riscos, ao discutir os fenômenos situados no espaço, os processos perigosos e as vulnerabilidades às quais uma determinada população está exposta, em diferentes escalas espaciais e temporais.

Analisar os riscos em uma perspectiva espacial geográfica e geopoética contribui, neste sentido, para a ampliação e compreensão das diferentes noções e modos de perceber, compreender e agir frente às situações de risco e perigo, auxiliando na construção de um pensamento crítico espacial dos riscos, em contexto da Educação para Redução dos Riscos de Desastres (ERRD), (Oliveira; Giarola e Souza, 2023).

Na perspectiva da Geografia do Riscos enquanto caminho para efetivação de uma Educação para os Riscos, encontramos proximidades em Moura e Marandola Jr. (2023), que apontam que o estudo do lugar e a educação geográfica podem contribuir para reaproximar a escola da comunidade, abrindo possibilidades para o enfrentamento de riscos e perigos. Os autores afirmam que, no contexto de intensas mudanças sociais e ambientais, é importante que a escola esteja atenta aos problemas que afetam a comunidade e que os alunos sejam preparados para lidar com esses desafios. De acordo com Moura e Marandola Jr. (2023), para a constituição de comunidades resilientes no contexto das escolas, é necessário resgatar ou fortalecer o processo de autoconhecimento espacial e social dos diversos atores, favorecendo assim o conhecimento da geografia dos riscos, do lugar e de suas capacidades, promovendo o empoderamento da comunidade a partir do próprio lugar.

Giddens (1991) e Bauman (2007) discutem a importância da conscientização sobre os riscos na sociedade contemporânea. Eles argumentam que a educação deve preparar os indivíduos para navegar em uma sociedade cada vez mais complexa e incerta, onde os riscos

são uma parte inerente da vida cotidiana. Portanto, a Educação para os Riscos, pode ser uma ferramenta valiosa para preparar os alunos para enfrentar os desafios do século vigente. Ela pode ajudar a promover uma maior compreensão dos riscos e perigos presentes em nossa sociedade, bem como desenvolver habilidades para lidar com esses riscos de maneira eficaz, contribuindo para a formação de uma sociedade mais resiliente e informada, capaz de entender e responder efetivamente aos riscos e desafios que enfrentamos hoje.

1.3 Conclusão

A Educação para os Riscos, fundamentada em uma perspectiva geopoética e geográfica, possui um potencial expressivo para gerar resultados e impactos sociais significativos. O envolvimento da comunidade na compreensão e gestão de riscos, assim como a preparação para situações de emergência, e, especialmente, a consideração dos aspectos subjetivos e simbólicos que permeiam as situações de perigo (campo bem desenvolvido pela geopoética e pela geografia) constituem passos essenciais na construção de uma sociedade mais segura e resiliente.

Em uma educação para os Riscos, alicerçada nesses dois campos complementares de conhecimento, os aspectos subjetivos e simbólicos são vistos como fundamentais e indispensáveis na compreensão dos riscos. Ao lidar, por exemplo, com a perda do local de origem em situações emergenciais, dentro dessa abordagem, percebe-se que não se trata apenas da privação de elementos materiais e estratégias para evitar danos, mas também da ruptura das conexões simbólicas e afetivas estabelecidas com objetos e pessoas. Essa abordagem holística não apenas fortalece a resiliência individual, mas também promove uma compreensão mais profunda e humanizada das complexidades inerentes aos desafios enfrentados em momentos críticos.

Iniciativas internacionais de destaque, como a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, o Quadro Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030, o Acordo de Paris e a Agenda de Ação de Addis Abeba, destacam a importância de investir na resiliência para minimizar o risco de desastres. Esses marcos reconhecem o papel crucial que a educação e a ciência podem desempenhar na realização da redução de riscos (Fanchiotti; Pavlova; Torres (2018). A “Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”, reconhece que o desenvolvimento sustentável não pode ser alcançado sem a gestão eficaz dos riscos. Ela enfatiza a necessidade de construir sociedades resilientes e reduzir riscos, incluindo os relacionados à pobreza, desigualdade, clima, degradação ambiental, prosperidade, paz e justiça (Unitad Nations, 2023). O “Quadro Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030”, por sua vez, é explicitamente focado na redução do risco de desastres. Ele estabelece metas e prioridades claras para prevenir e reduzir o risco de desastres, com o objetivo de diminuir as perdas humanas e materiais causadas por desastres (Center, 2015).

O Acordo de Paris, em consonância, reconhece a necessidade urgente de abordar o risco das mudanças climáticas. Ele estabelece um objetivo global de limitar o aumento da temperatura média global, o que ajudará a mitigar os riscos associados às mudanças climáticas (UNFCCC, 2015). Da mesma forma, destacando suas preocupações com a temática dos riscos, a “Agenda de Ação de Addis Abeba”, reconhece que o financiamento adequado é crucial para a gestão eficaz dos riscos e a promoção do desenvolvimento sustentável. Ela destaca a necessidade de mobilizar recursos para apoiar a implementação da Agenda 2030 e seus Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Ghosal, 2016).

Portanto, todas essas iniciativas reconhecem a importância da gestão e mitigação de riscos, bem como o papel da educação, para alcançar seus respectivos objetivos. Neste contexto, a relevância de uma educação orientada para os riscos se faz primordial. A Educação para os Riscos tem como objetivo capacitar os indivíduos para compreender e lidar eficazmente com as inseguranças e desafios que permeiam nossa sociedade. Ela promove uma maior consciência sobre os riscos e perigos presentes em nosso mundo, além de desenvolver habilidades para gerenciar esses riscos de maneira eficiente. Adicionalmente, a Educação para os Riscos pode auxiliar na promoção da resiliência, permitindo que indivíduos e comunidades se adaptem e se recuperem de adversidades. Ao prover os indivíduos com o conhecimento e as habilidades necessárias para interpretar, avaliar e mitigar riscos, a Educação para os Riscos desempenha um papel crucial na promoção de uma sociedade mais segura e resiliente.

2 REFERÊNCIAS

ARAUJO, Danieli Barbosa de. *Geo[Grafias]Poéticas: entre educação e modos sensíveis de habitar*. 2022. 137 fls. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2022.

ARAUJO, Danieli Barbosa; MOURA, Jeani Delgado Paschoal; I DONADA, Joan Tort. LECTURA GEOPOÉTICA DEL PAISAJE DE BENTO RODRIGUES, MINAS GERAIS–BRASIL. *Biblio3W Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, v. 26, n. 1, 2021.

AREOSA, João. A Globalização dos Riscos Sociais e os Acidentes Tecnológicos**.** *Pensamiento Americano***,** v. 9, n. 17, 2016.

BAUMAN, Zygmunt. *Modernidade líquida.* Rio de Janeiro: Editora Zahar, 2001 BECK, Ulrich et al. Sociedade de risco. São Paulo: Editora, v. 34, p. 49-53, 2010.

BAUMAN, Zygmunt. *Tempos líquidos.* Rio de Janeiro: Jorge Zaar, 2007

BECK, Ulrich. *Sociedade de risco*. (Trad. Sebasti„o Nascimento) S„o Paulo: Ed. 34,2010.

BERQUE, A. *El Pensamiento Paisajero.* Biblioteca Nueva 2009.

BRASIL (2012). Congresso Nacional. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. *Política Nacional de Proteção e Defesa Civil*. Classificação dos Desastres. Brasília, DF. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm .Acesso em: 30 jan. 2024.

CENTER, *Asian Disaster Reduction*. Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030. United Nations Office for Disaster Risk Reduction: Geneva, Switzerland, 2015. Disponível em: https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030. Acesso em: 30 jan. 2024..

CNE, *Conselho Nacional de educação Portugal* (2011). Recomendação nº 5, 20 de out. 2011. Educação para o risco. Disponível em: https://www.cnedu.pt/content/antigo/files/pub/EducDesenvSustent/EducDesenvSustent10.pdf Acesso em 30 jan. 2024.

DE OLIVEIRA SOUZA, Carla Juscélia; DA SILVA, Veridiane Meire. “Educação para o risco”: conhecimento e contribuição de professores de geografia para o tema risco ambiental em escolas de Minas Gerais–Brasil. *Territorium,* n. 25 (II), p. 53-68, 2018.

FANCHIOTTI; PAVLOVA; TORRES. Science and Education for Disaster Risk Reduction. In Educação para a Redução dos Riscos. Coimbra*: Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança*, 2018.

FERREIRA A. B. R., TARÔCO, L. T., Souza, C. J. O. (2016). A concepção do risco ambiental e sua abordagem na educação básica. *Caderno de Geografia*. Belo Horizonte: PUC-MG, v. 26, n.47, p. 615-62. Disponível em:https://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/p.2318-2962.2016v26n47p615. Acesso em: 30 jan. 2024..

GHOSAL, Surajit. *Addis Ababa Action Agenda:* Fostering Sustainable Development Goals And Climate Processes. Studies, 2016, vol. 2, no 10. Disponível em:

https://sustainabledevelopment.un.org/frameworks/addisababaactionagenda. Acesso 30 jan. 2024.

GIDDENS, Anthony. *As consequências da modernidade*. São Paulo: Editora Unesp, 1991.

MARANDOLA JR, Eduardo. *Habitar em risco*: mobilidade e vulnerabilidade na experiência metropolitana. 2016.

MOURA, Jeani Delgado Paschoal; MARANDOLA JÚNIOR, Eduardo. A geografia dos riscos nos cenários da prática docente: limites e potencialidades para a educação geográfica. *Geografia*, v. 41, n. 2, p. 297-312, 2016.

HOGAN, D. J., MARANDOLA Júnior, E. M. (2007). Vulnerabilidade a Perigos Naturais nos Estudos de População e Ambiente In: Hogan, D. J. (Org.). Dinâmica populacional e mudança ambiental: cenários para o desenvolvimento brasileiro.Campinas: *Núcleo de Estudos de População-Nepo/Unicamp*, p. 73-86.

LOURENÇO, L. (2015). Referencial de educação para o risco, uma recente publicação do Ministério da Educação e Ciência*. Territorium,* Portugal, n.º 22, p. 305-311. DOI: http://dx.doi.org/10.14195/1647-7723_22_25

MARANDOLA, Júnior. E. Lugar enquanto circunstancialidade. In: MARANDOLA JR, Eduardo; HOLZER, Werther; OLIVEIRA, Lívia de (orgs.). *Qual o espaço do lugar?* São Paulo: Perspectiva, 2012.

MARANDOLA, Júnior, E., Hogan, D. J. (2004). O Risco em perspectiva: tendências e abordagens. *Geosul,* Florianópolis, v. 19, p. 25-58 Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/13431. Acesso em 30 jan. 2024.

MENDES, José Manuel. Ulrich Beck: a imanência do social e a sociedade do risco*. Análise Social,* n. 214, p. 211-215, 2015.

MOURA, Jeani D. P; MARANDOLA JR., Eduardo J. Uma geografia de mapeamento participativo de riscos e lugar na educação geográfica brasileira. Em: SOUZA, Carla J. DE O.; LOURENÇO, Luciano (Coords). Contribuições da Geografia para o Ensino dos Riscos. Coimbra: *Coimbra University Press*, 2023.

PEREIRA, Alícia de Oliveira Moreira; GIAROLA, Lucas Luan; SOUZA, Carla Juscélia de Oliveira. Contribuições da geografia para o ensino dos riscos: boletins geográficos escolares. In: Souza, Carla Juscélia de Oliveira; LOURENÇO, Luciano (coords). Contribuições da Geografia para o Ensino dos Riscos. Coimbra: *Coimbra University Press,* 2023.

SELBY, D., KAGAWA, F. (2012). Redução do Risco de Desastres no currículo escolar: estudo de casos de trinta países. Genebra: UNICEF, 218 p. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000220517. Acesso em: 30 jan. 2024.

SOUZA, C. J. O. (2013a). *Riscos, Educação e Geografia.* In: Riscos naturais, mistos e antrópicos. Livro de Homenagem ao Professor Doutor Fernando rebelo, Coimbra, Universidade de Coimbra, 174 – 194. Disponívelem:https://www.uc.pt/fluc/depgeotur/publicacoes/Livros/livro_homenagem_FRebelo/127_142.Acesso em 30 jan. 2024.

TUAN, Yi-Fu. *Topofilia:* um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente. SciELO-EDUEL, 2012.

UNFCCC. *The Paris Agreement.* Disponível em: https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement. Acesso em: 06 novembro 2023.

UNITED NATIONS. *Sustainable Development Goals*. Disponível em: https://sdgs.un.org/goals. Acesso em: 06 novembro 2023.

WHITE, kenneth. Textos fundadores. *Instituto Internacional de Geopoética*. 1989. Disponível em: https://www.institut-geopoetique.org/pt/textos-fundadores. Acesso em: 30 jan. 2024.

EIXO TEMÁTICO 6

EDUCAÇÃO, PARTICIPAÇÃO COMUNITÁRIA E REDES

RESUMOS

RESUMO - 06 - EDUCAÇÃO, PARTICIPAÇÃO COMUNITÁRIA E REDES

EDUCAÇÃO AMBIENTAL CRÍTICA E REDUÇÃO EM RISCO E DESASTRES (RRD): UM CAMINHO ESTRATÉGICO PARA A CONSTRUÇÃO DE COMUNIDADES E CIDADES RESILIENTES

Cristiana Marinho Da Costa (cristianamcosta@usp.br)

No cenário brasileiro, pesquisas na área socioambiental indicam que a Educação Ambiental pode contribuir na redução de riscos de desastres (RRD) ao promover a formação da cidadania, a partir da compreensão das condições de risco enfrentadas por comunidades historicamente marginalizadas pelo processo de desenvolvimento. Enchentes, deslizamentos de terra, secas e incêndios são eventos climáticos extremos que têm tido cada vez mais espaço nos telejornais e em nosso dia a dia devido ao agravamento das mudanças climáticas. A referida pesquisa objetiva-se: Compreender o papel da educação ambiental crítica no enfrentamento a Redução de Riscos Socioambientais (RRS) em áreas urbanas pernambucanas. A metodologia de natureza qualitativa através de um estudo de caso contemplando a defesa civil de Recife-PE. O estudo de caso é uma ferramenta metodológica baseada na observação detalhada sobre algo, e que permite fornecer informações relativas ao caso em estudo, bem como aos elementos que estão relacionados (BOGDAN & BIKLEN, 1994). No presente estudo de caso, da experiência da Cidade do Recife na Gestão de Risco de Deslizamentos de Encostas através da Coordenadoria de Defesa Civil - Programa Guarda Chuva. Em que se busca inferir possíveis reflexões de como ocorrem essas práticas ambientais de enfrentamento aos riscos e desastres numa perspectiva de eventos extremos. Os resultados apontam que as ações do Programa Guarda-Chuva, executado pela CODECIR, são integradas e adotam, portanto, uma abordagem multidisciplinar. O Programa Guarda Chuva, definiu seis eixos norteadores: Controle Urbano preventivo para ocupação em área de riscos nos morros e alagados; Defesa Civil Permanente (ação descentralizada e gestão de proximidade); Ações Integradas de Pequeno Porte; Urbanização e desenvolvimento de Política Habitacional; Ações educativas e culturais para prevenção de riscos e acidentes; Participação Popular. Nas ações educativas, a

abordagem de Educação Ambiental Crítica, é considerada em primeiro momento uma prática de sensibilização que estimula os estudantes a um pensamento crítico sobre as questões ambientais que regem a sociedade em todos os seus âmbitos. Evidenciada, nas práticas de intervenções socioambientais: O Projeto NUDEC nas comunidades de risco, atuou com jovens nas Escolas da cidade do Recife, envolvendo 3(três) escolas num trabalho conjunto com diversos órgãos da Prefeitura como as Secretarias de Planejamento Participativo, Obras, Desenvolvimento Urbano e Ambiental, Secretaria de Educação Esporte e Lazer. O intenso trabalho desenvolvido nas escolas, gerou excelentes resultados como a formação de NUDECs, diagnósticos de risco, planos preventivos, oficinas de artes cênicas e pedagógicas. Concluiu-se que atuar de forma integrada vem exigindo de todos os órgãos parceiros uma nova postura gerencial. O domínio cada vez mais amplo das áreas de risco, traz como consequência, o conhecimento e encaminhamento de demandas para todos os setores. O desafio está no trabalho preventivo, instrumentos gerenciais que permitam um monitoramento, a deflagração de alertas e a rapidez nas ações de emergência e socorro, quando inevitáveis. É imprescindível, a compreensão de que essa integração deve acontecer entre todas as esferas de governo, pois o objetivo é garantir a vida de cada cidadão e o engajamento social por parte de todos para construção de cidades mais sustentáveis e resilientes.

Palavras-chave: redução de risco e desastres (rrd); educação ambiental crítica (eac); vulnerabilidade socioambiental; engajamento social; cidadania.

RESUMO - 06 - EDUCAÇÃO, PARTICIPAÇÃO COMUNITÁRIA E REDES

MONITORANDO CHUVA NA MINHA ESCOLA: ENGAJAMENTO DA REDE PÚBLICA DE ENSINO DE NATAL COMO UMA ESTRATÉGIA DE ANÁLISE DE EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA

Cláudio Moisés Santos E Silva (claudio.silva@ufrn.br)

Thales Nunes (thales553@gmail.com)

Itauan Dayvison Gomes De Medeiros (itauan.gomes.706@ufrn.edu.br)

Thiago De Paula Nunes Mesquita (thiagomesquita@hotmail.com)

Carlos Da Hora (carlos.hora.hora@gmail.com)

Gabriel Victor Silva Do Nascimento (gabriel.victor.1409@gmail.com)

Pablo Oliveira (pablo.deoliveira@gmail.com)

Maxsuel Bezerra Do Nascimento (maxsuel10gba@hotmail.com)

O município de Natal, capital do Estado do Rio Grande do Norte, possui 751.300 habitantes e abrange uma área de 170,3 km². A cidade enfrenta desafios relacionados às mudanças climáticas, como chuvas intensas, que comprometem a infraestrutura urbana e a qualidade de vida da população. O crescimento urbano desordenado agrava esses impactos, evidenciando a necessidade de um sistema de monitoramento eficaz para antecipar e mitigar danos. Nesse contexto, foi desenvolvido um projeto de monitoramento de chuvas no Município de Natal, com o objetivo de criar uma infraestrutura integrada para acompanhar a evolução temporal da precipitação acumulada diária em diferentes pontos da cidade. O projeto visa contribui para diminuir a escassez de dados de chuva na cidade, especialmente em áreas sob riscos de alagamentos, que são comuns na cidade. A proposta estabelece uma parceria estratégica entre a Universidade Federal do Rio Grande do Norte, a Secretaria Municipal de Urbanismo e a Secretaria Municipal de Educação. Os dados são coletados diariamente em 31 escolas da rede municipal de ensino, onde foram instalados pluviômetros de operacionalização manual. As 31 escolas

Concentram cerca de 10 mil alunos, além de professores, servidores técnicos e funcionários. Os dados começaram a ser coletados em 01 de novembro de 2024 e já possui dois meses de coleta ininterrupta, incluindo dias com chuvas acima de 120 mm/dia em certos pontos da cidade. Alguns resultados revelam que a precipitação em Natal pode ocorrer de maneira muito concentrada, com bairros mais próximos à linha da costa sendo afetados de maneira mais intensa pelas chuvas (embora esses dados sejam preliminares). Os dados servem para mapear a variabilidade da precipitação, identificando a distribuição de chuva em todas as 5 zonas administrativas da cidade. Além do monitoramento contínuo, o projeto visa fortalecer a conscientização ambiental e desenvolver habilidades práticas em alunos e professores, fomentando o aprendizado sobre mudanças climáticas e meteorologia. Espera-se que os resultados gerem artigos científicos e materiais didáticos para apoiar a gestão urbana e futuras pesquisas, além de servir de auxílio à defesa civil municipal.

Palavras-chave: escolas públicas; chuvas extremas; climatologia urbana.

RESUMO - 06 - EDUCAÇÃO, PARTICIPAÇÃO COMUNITÁRIA E REDES

ANÁLISE DA PARTICIPAÇÃO COMUNITÁRIA NA GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES POR RUPTURA DE BARRAGENS DE MINÉRIO EM CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO (MG)

Daniela Martins Louzada (d.lou@poli.ufrj.br)

Marcos Barreto (mbm@poli.ufrj.br)

José Luiz Zézere (zezere@campus.ul.pt)

Os desastres resultam da interação entre eventos adversos e o sistema social. No Brasil, as rupturas de barragens de rejeitos de minério-RBRM evidenciam a necessidade de estratégias eficazes de gestão de riscos de desastres-GRD, com participação ativa das comunidades expostas a tais ameaças. A presente pesquisa busca avaliar a participação comunitária na GRD-RBRM em Conceição do Mato Dentro-CMD, Minas Gerais, visando propor estratégias mais eficazes, considerando vulnerabilidades sociais, dinâmicas de participação, práticas atuais e desafios futuros. A pesquisa se embasou em questionários e entrevistas, realizada em 2024, junto a líderes comunitários, coordenadores da defesa civil e especialistas em gestão de riscos, incluindo consultores, acadêmicos e representantes de movimentos sociais. As respostas foram categorizadas em vulnerabilidades das comunidades, da gestão pública e da empresa de mineração, adaptado da proposta de categorização de Leone (2007). Aplicou-se o método SWOT para análise das respostas e o uso do gráfico de Pareto (80/20) possibilitou identificar os aspectos críticos que afetam a participação comunitária na GRD-RBRM. Os questionários revelaram diversas dificuldades enfrentadas pelas comunidades devido às atividades minerárias, incluindo aumento de ruídos, poeira e fluxo migratório, comprometendo a qualidade de vida. Observou-se que o sentimento de insegurança quanto à ruptura da barragem é constante, se agravando no período chuvoso. Verificou-se também que a falta da participação comunitária na elaboração do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM), no reconhecimento de riscos ou em ações emergenciais. Pessoas com necessidades especiais não

foram consideradas em treinamentos e simulados. A relação entre a mineradora e as comunidades foi classificada como "ruim" ou "muito ruim" pelos entrevistados, sendo relatada a usurpação do patrimônio histórico-cultural e prejuízos ambientais, como a contaminação da água, que passou a ser suprida por caminhão-pipa. A mineradora é vista pela liderança comunitária e pelos especialistas como atuando apenas para cumprir exigências legais, sem garantir proteção socioambiental. Observa-se que o relacionamento entre empresa e comunidade segue frágil, marcado pela falta de diálogo e transparência. Conclui-se que a falta de transparência pela mineradora reforçam a desconfiança e afeta no relacionamento com as comunidades. Além disso, a infraestrutura precária, a dependência de recursos externos, sentimento de usurpação do território e a participação periférica das comunidades no GRD-RBRM agravam vulnerabilidade social destas.

Palavras-chave: barragem de rejeitos de minério; participação comunitária; vulnerabilidade; gestão de risco de desastres.

QUE CASA É ESSA? UM PROJETO DE EDUCAÇÃO PARA REDUÇÃO DE RISCOS E DESASTRES (ERRD) SOBRE HABITAÇÃO RESILIENTE

WHAT HOUSE IS THIS? AN EDUCATION PROJECT FOR DISASTER RISK REDUCTION ON RESILIENT HOUSING

1º Thiago Thielmann de Araújo[1], 2º Viviane Japiassu Viana[2]
[1] Universidade Veiga de Almeida - UVA, thiagoaraujothg2@gmail.com
[2] Universidade Veiga de Almeida (UVA) e Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ), vivijvambiental@gmail.com

RESUMO

Introdução: Eventos extremos nas habitações e suas consequências na vida das pessoas reforçam a necessidade de medidas de mitigação e adaptação climática para a redução de riscos de desastres (RRD). Moradores de favelas e comunidades urbanas ficam ainda mais vulnerabilizados diante de tais eventos, seja pela infraestrutura urbana deficiente ou inexistente, ou pela falta de acesso a recursos e informações técnicas que possibilitem melhores práticas de ocupação de áreas de risco. Diante do aumento da frequência e intensidade destes eventos devido às mudanças do clima é urgente a integração das políticas públicas setoriais com as de educação ambiental e segurança habitacional. A defesa civil alerta para a necessidade constante mobilização da população quanto à segurança das moradias. Muitos municípios promovem ações estruturadas ou pontuais de educação para a redução de riscos de desastres, sobretudo com enfoque na educação básica e junto às comunidades. No entanto, é fundamental que a temática também seja trabalhada no ensino superior, de modo a formar profissionais conscientes de seu papel na promoção de cidades mais sustentáveis e resilientes. Esta abordagem está alinhada com a recente complementação promovida na Política Nacional de Educação Ambiental - PNEA pela Lei 14.926/2024, que incluiu entre os objetivos "o estímulo à participação individual e coletiva, inclusive das escolas de todos os níveis de ensino, nas ações de prevenção, de mitigação e de adaptação relacionadas às mudanças do clima e no estancamento da perda de biodiversidade, bem como na educação direcionada à percepção de riscos e de vulnerabilidades a desastres socioambientais". **Objetivos**: O objetivo deste trabalho é apresentar as estratégias de desenvolvimento e aplicação de um protótipo de baixo custo no âmbito do projeto 'Que casa é essa?' para a promoção da Educação em Redução de Riscos e Desastres (ERRD) envolvendo estudantes de engenharia. **Metodologia**: Relato de experiência. **Resultados**: O protótipo modular em MDF foi produzido na cortada a laser do laboratório de fabricação digital (Fablab) da Universidade Veiga de Almeida (UVA). Ele permite a montagem de diferentes cenários de ocupação de encostas, podendo ser utilizado em oficinas que problematizam os cortes de talude e as intervenções em áreas de risco de deslizamento. A partir das escolhas dos participantes, ele estimula o debate sobre intervenções urbanas e habitações resilientes. O protótipo foi aplicado em oficinas realizadas em eventos técnico-científicos, despertando o interesse do público, inclusive de agentes de defesa civil. **Conclusão**: Validado como recurso educacional para a ERRD, o protótipo demonstra potencial de replicabilidade em ambientes de educação formal e informal, podendo ser adaptado para a realidade de cada localidade em que será aplicado.

Palavras-Chave: Educação para a Redução de Riscos e Desastres. Habitação resiliente. Ocupação em área de risco. Recursos educacionais. Educação ambiental.

ABSTRACT

Introduction: Extreme events affecting housing and their consequences on people's lives highlight the need for mitigation and climate adaptation measures to reduce disaster risk (DRR). Residents of informal settlements and urban communities are particularly vulnerable due to deficient or non-existent infrastructure and limited access to technical resources and information that enable better practices for occupying risk areas. Given the increasing frequency and intensity of such events due to climate change, it is urgent to integrate sectoral public policies with environmental education and housing safety measures. Civil defense agencies emphasize the need for continuous public mobilization regarding housing safety. Many municipalities implement structured or ad hoc educational actions for disaster risk reduction, particularly in basic education and community engagement. However, it is also crucial to address this issue in higher education to train professionals aware of their role in promoting more sustainable and resilient cities. This approach aligns with the recent amendment to the National Environmental Education Policy (PNEA) through Law 14.926/2024, which includes among its objectives "encouraging individual and collective participation, including schools at all levels of education, in prevention, mitigation, and adaptation actions related to climate change and biodiversity loss, as well as education focused on risk perception and vulnerabilities to socio-environmental disasters". **Objective**: This study aims to present the strategies for developing and implementing a low-cost prototype within the project "What House is This?" to promote Disaster Risk Reduction Education (DRRE) among engineering students. **Methodology**: Experience report. **Results**: The modular prototype, made of MDF and laser-cut in the digital fabrication laboratory (Fablab) at Veiga de Almeida University (UVA), allows the assembly of different slope occupation scenarios. It serves as a tool in workshops addressing slope cuts and interventions in landslide-prone areas. By enabling participants to explore different choices, it fosters discussions on urban interventions and resilient housing. The prototype was applied in workshops at technical and scientific events, attracting the interest of various audiences, including civil defense agents. **Conclusion**: Validated as an educational resource for DRRE, the prototype demonstrates strong replicability potential in both formal and informal educational settings, with the possibility of adaptation to the specific realities of different local contexts.

Keywords: Disaster Risk Reduction Education. Resilient Housing. Occupation in Risk Areas. Educational Resources. Environmental Education.

EIXO TEMÁTICO 6

EDUCAÇÃO, PARTICIPAÇÃO COMUNITÁRIA E REDES

ARTIGOS COMPLETOS

ARTIGO - 06 - EDUCAÇÃO, PARTICIPAÇÃO COMUNITÁRIA E REDES

PROJETO ESCOLAS SEGURAS - DESENVOLVENDO A RESILIÊNCIA ATRAVÉS DA EDUCAÇÃO: A EXPERIÊNCIA DA CIDADE DE NOVA IGUAÇU (RJ)

Lorena Dorigo Da Silva Cidade (lorenadorigo96@gmail.com)

Mariana Oliveira Da Costa (mari.oliveira1995@hotmail.com)

Vilson Dos Santos Nascimento Júnior (firevilson@gmail.com)

Jorge Ribeiro Lopes (jorgeribeirolopes@gmail.com)

O aumento considerável de desastres no mundo reforça a necessidade de medidas preventivas e mitigatórias. Para além, é fundamental considerar sobre os ambientes em que esses desastres acontecem, bem como as pessoas que são afetadas. A educação, nesse sentido, pode ser um importante instrumento para a promoção de uma cultura de prevenção, buscando reduzir e mitigar os riscos de desastres, além de aprimorar a percepção sobre os riscos a que a população está exposta.

Na intenção de aliar prevenção e mitigação, o Escritório das Nações Unidas para a Redução de Riscos de Desastres (UNISDR) criou a “Iniciativa Mundial para Escolas Seguras”, que além de estabelecer três pilares como referência de ações, promove a integração entre diversos países com objetivo de compartilhar experiências e multiplicar soluções. O objetivo do presente artigo consiste em apresentar o Projeto Escolas Seguras: desenvolvendo a resiliência através da educação (ES-DRAE) implementado em Nova Iguaçu, município localizado na Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, tendo como propósito, a transformação das unidades de ensino municipais em Escolas Seguras e o desenvolvimento de uma cultura de prevenção não só no âmbito escolar como em toda cidade, tendo como base os pilares estabelecidos pela ONU. Sendo assim, o artigo apresenta o Projeto ES-DRAE de forma detalhada, evidenciando a origem e os processos de formulação e aperfeiçoamento, além de descrever o desenvolvimento de suas atividades e metodologias. Ademais, o trabalho aponta também a percepção de estudantes sobre o projeto e como, para além da estatítica, as oficinas, unidas ao treinamento e exercício simulado, podem contribuir para a expansão da cultura de prevenção no município.

Palavras-chave: projeto es-drae; resiliência; riscos de desastres; nova iguaçu.

Percepción del riesgo frente a eventos climáticos extremos. El caso de los agricultores ribereños de la cuenca del río Maule.

Catherine Sepúlveda [1], Octavio Rojas [2], Katia Saez[3], Esperanza López-Vázquez[4], Marcela Salgado[5], Oscar Link[6]

1 Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, cathesepulveda@udec.cl

2 Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, ocrojas@udec.cl

3 Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Concepción, ksaez@udec.cl

4 Centro de Investigación Transdisciplinar en Psicología, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, esperanzal@uaem.mx

5 Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, msalgadov@udec.cl

6 Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepción, olink@udec.cl

RESUMEN

El Cambio Climático intensifica los fenómenos climáticos extremos, lo que, a su vez incrementa los riesgos climáticos a nivel global. En Chile, eventos como inundaciones, sequías y heladas han tenido un impacto significativo en las áreas agrícolas, resultando en pérdidas de cosechas, hectáreas de suelo cultivable y alteración en la calidad de vida de los agricultores. Esta investigación tiene como objetivo analizar la percepción del riesgo y sus factores influyentes en los agricultores ribereños de la cuenca del río Maule, Chile. Se diseñó y aplicó una encuesta en campo durante diciembre del año 2023 a un total de 206 agricultores ribereños. Los datos obtenidos fueron analizados en el Paquete estadístico para las ciencias sociales (SPSS) versión 24.0. Para evaluar la relación entre las variables de percepción del riesgo y las características sociodemográficas y de ubicación, se utilizó la prueba chi-cuadrado (prueba exacta de Fisher). Los resultados revelaron que más de la mitad de los agricultores se sienten desinformados y poco preparados para enfrentar estas amenazas climáticas, además de una baja confianza en autoridades locales para gestionar tales riesgos. La percepción del riesgo estuvo influenciada por el género, la edad, proximidad al río y tenencia de propiedad. El estudio sugiere implementar programas y capacitaciones para mejorar la preparación de los agricultores ante estas amenazas, así como generar estrategias específicas de comunicación y coordinación con autoridades locales.

Palabras Claves: Riesgo climático – Agricultores ribereños- Percepción del riesgo

1 INTRODUCCIÓN

El Cambio Climático intensifica los fenómenos climáticos extremos, lo que a su vez deriva en un aumento de los riesgos climáticos a nivel mundial, afectando especialmente a zonas agrícolas (FAO, 2021). Existen amenazas climáticas que tienen mayor impacto en la agricultura, por su frecuencia y extensión geográfica, como son las inundaciones, sequías y heladas (Menghistu et al., 2018). Los impactos más significativos de estos eventos incluyen alteración en el crecimiento y calidad de los cultivos, perdidas de cosechas, y alteración en los medios de subsistencia de los agricultores (Ali et al., 2020; Matheswaran et al., 2019). De ellos, los agricultores ribereños son especialmente vulnerables, debido a su localización en las zonas transicionales entre los cursos fluvial y la zona terrestre de la llanura de inundación.

En este contexto, la percepción del riesgo emerge como un factor clave en la preparación, respuesta y adaptación de los agricultores frente a eventos climáticos extremos (Mase et al., 2017). La percepción del riesgo se define como el resultado de la evaluación que los sujetos hacen de los peligros percibidos, los cuales son cambiantes y relativos a un contexto (Slovic, 2000). Esta percepción influye en el comportamiento y actitudes de una persona y se asocia con los elementos cognitivos (creencias), afectivos (sentimientos) y disposiciones socioculturales frente a la valoración de una amenaza (Lechowska, 2018; Marván, 2018).

Diversos estudios han identificado que factores como la experiencia previa, la probabilidad percibida de ocurrencia, la conciencia, la preparación y la preocupación determinan la percepción del riesgo (Chereni et al., 2024; Lechowska, 2018). Además, variables socioeconómicas y demográficas, como la edad, la tenencia de la propiedad, el nivel educativo y la distancia a las fuentes de agua, influyen significativamente en la percepción de los agricultores frente a amenazas climáticas como las inundaciones (Kogo et al., 2021; Liu et al., 2018).

En Chile la agricultura es un pilar fundamental para la economía local y de exportación, sin embargo eventos climáticos extremos han afectado gravemente al sector y medio rural (Aldunce & González, 2009), especialmente en el área mediterránea del país. Por ejemplo, la mega sequía que afecta al país desde el año 2010, ha generado déficit de precipitación superiores al 25%, provocando estrés hídrico que ha afectado el desarrollo de los cultivos en la zona. Además, entre 1981-2019 se reportaron 378 eventos de heladas que impactaron en la producción agrícola. Sin embargo, el evento extremo que presenta mayor porcentaje de ocurrencia a nivel nacional (24.9%), entre los años 1906-2019, corresponde a inundaciones (SINIA, 2021), las cuales se concentran en el dominio mediterráneo de la zona central (Rojas et al., 2014).

Destaca las inundaciones fluviales ocurridas el año 2023 en la Región del Maule, zona agrícola principal del país, donde se registraron 4.792 agricultores afectados y pérdidas económicas superiores a 26.218 millones de USD. A pesar de la importancia de estos eventos, si bien existen estúdios sobre la percepción del Cambio Climático en agricultores (Roco et al., 2015), la percepción del riesgo ante amenazas climáticas como inundaciones fluviales, sequía y heladas no ha sido abordada. A partir de la problemática planteada, surgen las siguientes preguntas de investigación: ¿Cómo perciben el riesgo de amenazas climáticas los agricultores ribereños? ¿Cuáles son los factores que influyen en su percepción?

2 OBJETIVOS

El objetivo de la investigación corresponde a analizar los factores que conforman la percepción del riesgo de los agricultores ribereños frente a eventos climáticos extremos.

3 AREA DE ESTUDIO

El estudio se realiza en la región del Maule en Chile central, cuya superficie rural según la Política Nacional de Desarrollo Rural es del 90%, compuesta por comunas con alta ruralidad, las que concentran el 56% de la población rural regional (Yañez, 2024) . En esta región se encuentra la cuenca del río Maule (35°S- 36’°S; 20.300 km2), sistema andino de régimen nivo-pluvial. El clima de la cuenca es de tipo mediterráneo, con una temperatura media anual de 14,9° C y precipitación media anual de 735 mm. Sus principales tributarios en el valle central los ríos Maule, Longaví, Loncomilla y el río Claro.

Asimismo, la cuenca presenta 577.130 ha, de superficie categorizada como terrenos agrícolas de los cuales el 91% se encuentra en la depresión central. El tipo de cultivo que desarrollan los agricultores ribereños en estas áreas corresponden a hortalizas, tubérculos y frutales, destacando cultivos como, papa, tomate, maíz y poroto. Los agricultores ribereños de la cuenca se definieron como aquellos que se encuentran ubicados en zonas transicionales entre el curso fluvial y la zona terrestre dentro de la llanura de inundación de los ríos Maule, Claro y Loncomilla. Son principalmente pequeños agricultores de subsistencia, de composición etaria adulta, con bajos índices de escolaridad. Este territorio agrario presenta una vinculación entre los grupos de agricultores (tradicional y modernizado), determinado por fuertes raíces locales culturales y asociatividad.

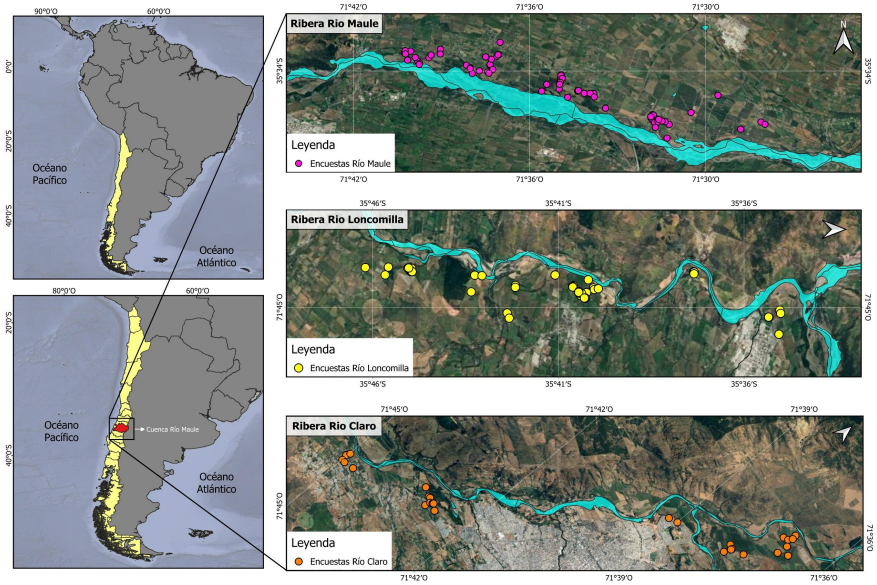


Figura 1. Localización del área de estudio.

4 METODOLOGÍA

Se diseñó un cuestionario semiestructurado, basado en una revisión bibliográfica de variables clave en estudios de percepción de riesgo. El cuestionario incluye seis variables para la percepción del riesgo (experiencia, conocimiento, conocimiento tradicional, emociones, confianza en autoridades y aprendizaje) y nueve factores sociodemográficos y de ubicación (genero, edad, años de residencia, escolaridad, tenencia de tierra, tamaño de propiedad, distancia al río, organización social y creencia religiosa). Se empleó una escala de Likert de 5 puntos, siendo esta escala una de las más utilizadas en investigaciones psicosociales.

Se seleccionaron como sitios de muestra tres zonas ribereñas de los principales tributarios de la cuenca, correspondientes a los ríos Maule, Claro y Loncomilla. La delimitación de la ribera del río Maule se obtuvo mediante imágenes aéreas del vuelo en Dron Matrice 300 RTK, procesadas en los softwares Trimble business center (TBC), Agisotf y ArcGIS 10.4. El tamaño de muestra se determinó usando la fórmula de Yamane (1967), obteniendo un total de 206 encuestas con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%.

La encuesta se aplicó presencialmente a los agricultores ribereños en diciembre de 2023. El personal de apoyo fue capacitado sobre los objetivos del estudio, formato y forma de aplicación del instrumento y ética del trabajo de campo. La encuesta incluyó un consentimiento informado, explicando el carácter voluntario del estudio, sus objetivos, custodia y confidencialidad de los datos.

Los datos recolectados se analizaron en el Paquete estadístico para las ciencias sociales (SPSS) versión 24.0. En primer lugar, se efectuó un análisis estadístico descriptivo de los datos, a través de tablas de frecuencia y gráficos. La prueba chi-cuadrado (prueba exacta de Fisher) se aplicó para determinar si las variables estaban relacionadas entre sí. Se consideró un nivel de significancia del 0.05, esto es, cada vez que el valor p asociado a una prueba fue menor o igual que 0.05, se consideró estadísticamente significativo.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Perfil socio demográfico de los agricultores ribereños

El estudio reveló que el 78.6% de los agricultores eran hombres, con una edad promedio de 56 años y un nivel de escolaridad básico en el 57.8% de los casos. El 62.6% de agricultores llevaba más de 30 años de residencia en el sector y la tenencia de los predios agrícolas era propia con un 45.6%. Predominaron los pequeños agricultores de subsistencia (83%), con terrenos de 0-20 ha. El 83.6% de los agricultores realizaban sus actividades agrícolas a menos de 1 km de distancia de los ríos. El 17% de los agricultores pertenece a una organización social y el 87.4% tiene alguna creencia espiritual o religión.

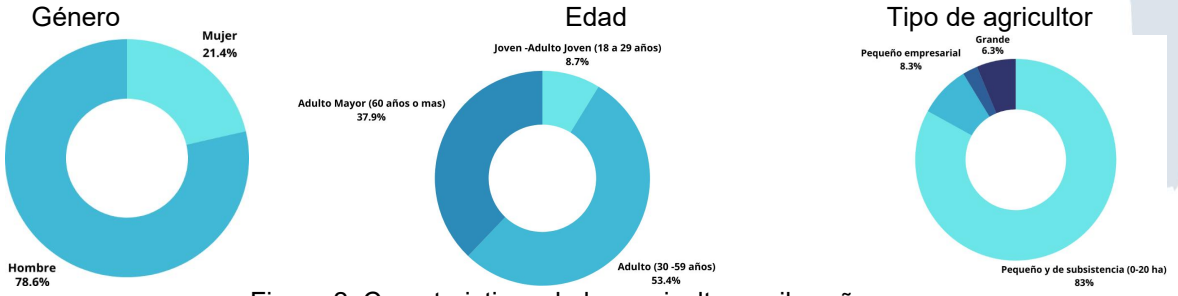


Figura 2. Caracteristicas de los agricultores ribereños.

Percepción del riesgo y sus factores influyentes

La experiencia previa de los agricultores frente a eventos climáticos extremos resulta determinante en la percepción del riesgo. Un 90.3% de los agricultores indicó que ha experimentado una inundación. El 77.7% ha experimentado una helada y un 60.2% reportó haber enfrentado una sequía. Según (Kellens et al., 2013) las experiencias previas con peligros aumentan las percepciones de riesgo. En concordancia Qasim et al., (2015) sostienen que las personas que han experimentado inundaciones en el pasado están más preocupadas por las inundaciones y tienen una mayor percepción del riesgo. Sin embargo(Burn, (1999) afirma que la experiencia previa con eventos de inundación parece ser más útil cuando es reciente y relevante para el evento actual. Esta situación se refleja en los recientes eventos de inundación ocurridos en junio y agosto del 2023, los cuales reactivaron la percepción del riesgo de los agricultores tras una década de mega sequía en la zona.

En torno a la gravedad de los eventos que recuerda, la inundación se identificó como la amenaza climática de mayor gravedad, por el 79.1% de los agricultores. Este porcentaje supera ampliamente las calificaciones otorgadas a otros eventos como heladas (42.2%) y sequías (35.4%). Además, cuando se les preguntó por la tendencia de estas amenazas en los últimos 20 años, la mayoría predijo un aumento en su frecuencia. Específicamente, el 73.3% de los agricultores percibe un incremento en las inundaciones, el 64.1% en las sequías y el 47.1% en las heladas. Respecto al futuro de las amenazas climáticas, la mayoría predice un aumento en inundaciones (79.6%), sequías (71.8%) y heladas (57.3%).

En cuanto al conocimiento sobre la causa de los desastres climáticos en la zona, el 34.5% de los agricultores lo atribuyó al Cambio Climático y el 34% a la actividad humana. Autores como (Działek et al., 2013) indicaron que aquellos que tienen poco conocimiento sobre las causas de las inundaciones, tienen una menor percepción del riesgo. Aunque el 53.9% reconoce que su predio se encuentra en una zona de amenaza climática, el 50.5% se siente “desinformado o poco informado” sobre cómo enfrentar una amenaza climática. Asimismo, el 58.3% de los agricultores se siente “poco o nada preparado” para hacer frente a estas amenazas. En este sentido, Lechowska, (2018), menciona que la preocupación y la conciencia determinan el nivel de percepción del riesgo, en el caso de la inundación.

Con respecto a las emociones, el 71.8% de los agricultores se encuentra “bastante o altamente preocupado” por enfrentar una amenaza y el 87.4% teme perder su producción o bienes agrícolas. Autores como (Kraus & Slovic, 1988) indican que las respuestas

emocionales a los riesgos influyen directamente en cómo se perciben, en donde a mayor es el nivel de temor, mayor es el riesgo percibido. Para complementar, el 92.2% de los agricultores menciona que siente tristeza cuando ve a su mi familia, amigos o comunidad afectados por una amenaza climática y el 72.3% cree que las amenazas climáticas han dejado consecuencias emocionales negativas en su vida y trabajo agrícola. En este sentido, (Terpstra, 2011) destacan que, si se experimenta afecto negativo al hacer juicios de riesgo, el riesgo percibido debería aumentar.

En relación con la confianza en autoridades locales para hacer frente a las amenazas climáticas (Fig. 3), el 71.8% de los agricultores señala que la información dada por las autoridades respecto a las amenazas climáticas que pueden afectar al campo es “Nada o poco confiable” y el 77.2% indican que las autoridades locales garantizan “poca o muy poca” seguridad de la producción agrícola frente a estas amenazas. La confianza social en expertos y autoridades es un factor que impacta la percepción de riesgo, ya que las personas pueden sentirse más en riesgo si su confianza en los expertos y autoridades es baja (Wachinger et al., 2013) , como es el caso de los agricultores ribereños de la cuenca del Maule.

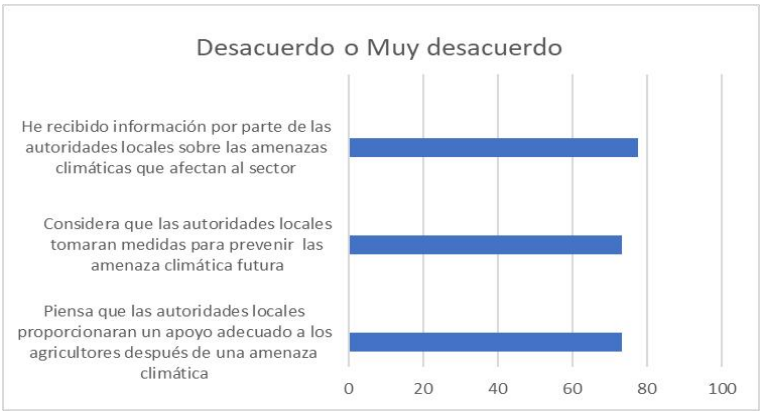


Figura 3. Confianza de los agricultores ribereños en las autoridades locales para gestión del riesgo.

Con respecto al componente aprendizaje, el 80.1% de los agricultores menciona que nunca ha participado en programas de educación relacionados con la preparación frente a amenazas climáticas. Sin embargo, el 57.3% está dispuesto a invertir tiempo y esfuerzo en la participación de capacitaciones y el 52.9% se encuentra abierto a utilizar tecnología e invertir dinero para aprender más sobre amenazas climáticas. Evidenciamos que factores como la edad, años de residencia y tenencia de propiedad se asocia de manera significativa con el aprendizaje de los agricultores, vinculado con la disposición al uso de tecnología, invertir dinero o capacitaciones para aprender más sobre amenazas climáticas y su prevención en la agricultura.

Por otra parte, encontramos que el género tiene una relación significativa (Tabla 1) con el conocimiento sobre residir en una zona de amenaza, en donde los hombres tienen una mayor percepción a diferencia de las mujeres. Estudios como los de (Botzen et al., 2009) reafirman esta asociación. Asimismo, identificamos que el género está relacionado con el temor a perder la producción agrícola producto de una amenaza climática.

La edad, tiene una relación significativa con la percepción del riesgo asociado al conocimiento de estar una zona de amenaza. Agricultores adultos (30-59 años) tenían

mayor conocimiento a diferencia de los jóvenes y adultos mayores. Estudios como (Kellens et al., 2011; Kogo et al., 2021) confirmaron esta asociación, sin embargo, también existen estudios que identifican que la edad no tiene una relación significativa en la percepción del riesgo (Armas et al., 2015; Miceli et al., 2008)

La tenencia de propiedad, se relaciona en forma significativa con el conocimiento de estar en una zona de amenaza. Agricultores que eran propietarios, tenian mayor conocimiento de que su predio agrícola se encuentra en una zona de amenaza a diferencia de los cuidadores y arrendatarios. Este hallazgo, coincide con el estudio de (Qasim et al., 2015)en donde la tenencia de la propiedad es un factor significativo. Igualmente, identificamos que la tenencia de propiedad se asocia al nivel de preparacion frente a una amenaza. Autores como (Lechowska, 2018) han identificado esta asociación.

Tabla 1 – Significancia estadística de factores explicativos de la percepción del riesgo climático en agricultores.

Componentes	Ubicación río	Genero	Edad	Años residencia	Tenencia tierra	Tamaño propiedad
Conocimiento zona amenaza	**0,011****	**0,009****	**0,008****	0,323	**0,030****	**0,029****
Información enfrentar	**0,024****	0,851	0,118	0,163	0,057	0,394
Con tra hablaron amenazas	0,866	0,611	**0,014****	0,910	**0,006****	0,607
Con tra como enfrentar	0,081	0,075	0,092	0,449	**0,003****	0,487
Emoción temor	0,681	**0,011****	0,442	0,066	0,150	0,199
Emoción tristeza	0,981	0,124	0,355	**0,022****	0,521	0,880
Confianza autoridades	0,839	0,172	0,288	0,921	**0,006****	0,914
Confianza medidas preventivas	0,088	**0,001****	**0,034****	0,255	0,228	0,844
Preparación	0,058	0,321	0,806	0,684	**0,001****	0,669
Aprendizaje - Capacitacion	0,375	0,289	**0,013****	0,113	0,467	0,414
Aprendizaje - uso de tecnología	0,934	0,130	**0,036****	**0,038****	**0,016****	0,278

*La relación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral)

En relación a la distancia al río, se encontró una relación significativa con la percepción del riesgo de inundación, asociados con la gravedad de impacto (p=0.001) y con el conocimiento de si su predio se encuentra en una zona de amenaza, ya que los agricultores que se encontraban más cerca de los ríos (<1km), poseían una percepción mayor que los más lejanos (< 1km). Esto también lo confirman los estudios de (Ge et al., 2021; Liu et al., 2018) quienes encontraron que la proximidad del río tiene un efecto significativo en la percepción del riesgo, en donde existe heterogeneidad espacial incluso en la misma llanura aluvial.

6 CONCLUSIONES

El estudio analizó la percepción del riesgo de los agricultores ribereños, asociado a las amenazas climáticas que afectan la cuenca del río Maule. Los resultados mostraron que aspectos como la experiencia previa de los agricultores frente a estos eventos climáticos influye significativamente en su percepción del riesgo, especialmente cuando los eventos son recientes y de mayor gravedad, como es el caso de las inundaciones fluviales del año 2023. Por otra parte, aunque los agricultores atribuyen los desastres climáticos al Cambio

Climático y actividad humana, más de la mitad de ellos se siente desinformado y poco preparado frente a estas amenazas, situación que resalta la necesidad de mejorar el nivel de preparación a través de capacitaciones y talleres que les permitan profundizar las acciones y estrategias necesarias para abordar estos eventos en el futuro.

El género, la edad y la tenencia de propiedad están significativamente relacionados con la percepción del riesgo y el conocimiento sobre las amenazas climáticas. Los agricultores adultos y propietarios de tierras presentaron una mayor conciencia sobre vivir en zonas de riesgo y temen más la pérdida de producción agrícola. De igual manera, la proximidad al río está significativamente relacionada con una mayor percepción del riesgo de inundación, los agricultores ubicados a menos de 1 km de los ríos presentan una mayor percepción de gravedad producto de las inundaciones.

Incorporar elementos emocionales dentro de los análisis de percepción resulta fundamental, ya que la mayoría de los agricultores evidenciaron una alta preocupación y temor ante las amenazas climáticas, destacando la importancia de abordar tanto aspectos informativos, como emocionales en la gestión del riesgo climático. Elementos como la confianza en autoridades locales, refuerza la necesidad de mejorar la comunicación y apoyo institucional frente a los desafíos climáticos en el sector, siendo esencial ampliar la información y coordinación preventiva, elaborando estrategias específicas de gestión del riesgo en zonas rurales.

AGRADECIMIENTOS
Beca Doctorado Nacional ANID Nº 21221238. Fondecyt. Regular 1212032. Anillo ATE220021.

7 REFERENCIAS

Aldunce, Pa., & González, Meli. (2009). *DESASTRES ASOCIADOS AL CLIMA*.

Ali, E., Egbendewe, A. Y. G., Abdoulaye, T., & Sarpong, D. B. (2020). Willingness to pay for weather index-based insurance in semi-subsistence agriculture: Evidence from northern Togo. *Climate Policy*, *20*(5), 534-547. https://doi.org/10.1080/14693062.2020.1745742

Armas, I., Ionescu, R., & Posner, C. N. (2015). Flood risk perception along the Lower Danube river, Romania. *Natural Hazards*, *79*(3), 1913-1931. https://doi.org/10.1007/s11069-015-1939-8

Botzen, W. J. W., Aerts, J. C. J. H., & Van Den Bergh, J. C. J. M. (2009). Dependence of flood risk perceptions on socioeconomic and objective risk factors. *Water Resources Research*, *45*(10), 2009WR007743. https://doi.org/10.1029/2009WR007743

Burn, D. H. (1999). Perceptions of flood risk: A case study of the Red River Flood of 1997. *Water Resources Research*, *35*(11), 3451-3458. https://doi.org/10.1029/1999WR900215

Chereni, S., Sliuzas, R. V., Flacke, J., & Maarseveen, M. V. (2024). Influence of hazard-related and cognitive factors of households' flood risk perceptions in Kampala, Uganda. *Environmental Science & Policy*, *160*, 103852. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.103852

Działek, J., Biernacki, W., & Bokwa, A. (2013). Challenges to social capacity building in flood-affected areas of southern Poland. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, *13*(10), 2555-2566. https://doi.org/10.5194/nhess-13-2555-2013

FAO. (2021). *The impact of disasters and crises on agriculture and food security: 2021*. FAO. https://doi.org/10.4060/cb3673en

Ge, Y., Yang, G., Wang, X., Dou, W., Lu, X., & Mao, J. (2021). Understanding risk perception from floods: A case study from China. *Natural Hazards*, *105*(3), 3119-3140. https://doi.org/10.1007/s11069-020-04458-y

Kellens, W., Terpstra, T., & De Maeyer, P. (2013). Perception and Communication of Flood Risks: A Systematic Review of Empirical Research. *Risk Analysis*, *33*(1), 24-49. https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2012.01844.x

Kellens, W., Zaalberg, R., Neutens, T., Vanneuville, W., & De Maeyer, P. (2011). An Analysis of the Public Perception of Flood Risk on the Belgian Coast. *Risk Analysis*, *31*(7), 1055-1068. https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2010.01571.x

Kogo, B. K., Kumar, L., Koech, R., & Hasan, K. (2021). Climatic and non-climatic risks in rainfed crop production systems: Insights from maize farmers of western Kenya. *Climate and Development*, *13*(10), 869-878. https://doi.org/10.1080/17565529.2020.1867043

Kraus, N. N., & Slovic, P. (1988). Taxonomic Analysis of Perceived Risk: Modeling Individual and Group Perceptions Within Homogeneous Hazard Domains. *Risk Analysis*, *8*(3), 435-455. https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1988.tb00508.x

Lechowska, E. (2018). What determines flood risk perception? A review of factors of flood risk perception and relations between its basic elements. *Natural Hazards*, *94*(3), 1341-1366. https://doi.org/10.1007/s11069-018-3480-z

Liu, D., Li, Y., Shen, X., Xie, Y., & Zhang, Y. (2018). Flood risk perception of rural households in western mountainous regions of Henan Province, China. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *27*, 155-160. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.09.051

Marván, M. L. (with López-Vázquez, E.). (2018). *Preventing Health and Environmental Risks in Latin America*. Springer.

Mase, A. S., Gramig, B. M., & Prokopy, L. S. (2017). Climate change beliefs, risk perceptions, and adaptation behavior among Midwestern U.S. crop farmers. *Climate Risk Management*, *15*, 8-17. https://doi.org/10.1016/j.crm.2016.11.004

Matheswaran, K., Alahacoon, N., Pandey, R., & Amarnath, G. (2019). Flood risk assessment in South Asia to prioritize flood index insurance applications in Bihar, India. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, *10*(1), 26-48. https://doi.org/10.1080/19475705.2018.1500495

Menghistu, H. T., Mersha, T. T., & Abraha, A. Z. (2018). Farmers' perception of drought and its socioeconomic impact: The case of Tigray and Afar regions of Ethiopia. *Journal of Applied Animal Research*, *46*(1), 1023-1031. https://doi.org/10.1080/09712119.2018.1450752

Miceli, R., Sotgiu, I., & Settanni, M. (2008). Disaster preparedness and perception of flood risk: A study in an alpine valley in Italy. *Journal of Environmental Psychology*, *28*(2), 164-173. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2007.10.006

Qasim, S., Nawaz Khan, A., Prasad Shrestha, R., & Qasim, M. (2015). Risk perception of the people in the flood prone Khyber Pukhthunkhwa province of Pakistan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *14*, 373-378. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2015.09.001

Roco, L., Engler, A., Bravo-Ureta, B. E., & Jara-Rojas, R. (2015). Farmers' perception of climate change in mediterranean Chile. *Regional Environmental Change*, *15*(5), 867-879. https://doi.org/10.1007/s10113-014-0669-x

Rojas, O., Mardones, M., Arumí, J. L., & Aguayo, M. (2014). Una revisión de inundaciones fluviales en Chile, período 1574-2012: Causas, recurrencia y efectos geográficos. *Revista de geografía Norte Grande*, *57*, 177-192. https://doi.org/10.4067/S0718-34022014000100012

SINIA. (2021). *Informe del Estado del Medio Ambiente. Eventos extremos y desastres*.

Slovic, P. (2000). *Perception of risk.*

Terpstra, T. (2011). Emotions, Trust, and Perceived Risk: Affective and Cognitive Routes to Flood Preparedness Behavior. *Risk Analysis*, *31*(10), 1658-1675. https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2011.01616.x

Wachinger, G., Renn, O., Begg, C., & Kuhlicke, C. (2013). The Risk Perception Paradox—Implications for Governance and Communication of Natural Hazards. *Risk Analysis*, *33*(6), 1049-1065. https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2012.01942.x

Yañez, L. (2024, noviembre). *Regiòn del Maule*. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (Odepa). https://www.sidalc.net/search/Record/dig-odepa-20.500.12650-8961/Description

EDUCAÇÃO STEM E APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS NA PROMOÇÃO DA EDUCAÇÃO CLIMÁTICA

STEM EDUCATION AND PROJECT BASED LEARNING TO PROMOTE CLIMATE EDUCATION

1º Viviane Japiassú Viana[1], 2º Joice Rodrigues Manso Esteves[2] e 3º Mariana Albuquerque de Souza[3], Bárbara Luciana Duarte do Nascimento[4], Márcia Magalhães Monteiro da Fonte[5], Luciana Fernandes Dias[6], Esthefani Maciel Chaves[7]

[1] Universidade Veiga de Almeida (UVA) e Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ), vivijvambiental@gmail.com; [2] Secretaria Municipal de Educação do Rio de Janeiro (SME-RJ), joiceesteves@gmail.com; [3] Secretaria Municipal de Educação do Rio de Janeiro (SME-RJ), barbaradonascimento@yahoo.com.br; [4] Secretaria Municipal de Educação do Rio de Janeiro (SME-RJ), marianazuos@gmail.com; [5] Secretaria Municipal de Educação do Rio de Janeiro (SME-RJ), prof.marciabio@gmail.com; [6] Secretaria Municipal de Educação do Rio de Janeiro (SME-RJ), lucianaferdi@gmail.com; [7] Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ), esthefanic95@gmail.com.

RESUMO

No Brasil, os desastres socio naturais ocasionaram nas últimas décadas milhares de óbitos e bilhões de reais em prejuízos. As mudanças climáticas intensificam a ocorrência de desastres no mundo todo e tendem a impactar desproporcionalmente as populações mais vulneráveis. Neste contexto, a educação climática tem sido incluída nos currículos escolares de modo a preparar os jovens para serem agentes de transformação e adaptação a essa nova realidade. Este artigo apresenta a experiência de um projeto de pesquisa e extensão desenvolvido com cinco escolas municipais cariocas durante três ciclos anuais utilizando recursos tecnológicos e aprendizagem baseada em projetos para desenvolver a educação climática articulada com a educação STEM. Os resultados alcançados mostram que é possível realizar atividades com material de baixo custo e plataformas gratuitas no desenvolvimento de habilidades dos jovens nas áreas STEM (ciência, tecnologia, engenharia e matemática) trabalhando temas como meio ambiente, mudanças do clima, desigualdades e riscos de desastres.

Palavras-Chave: Educação climática. Educação STEM. Educação para a Redução de Riscos e Desastres. Mudanças Climáticas.

ABSTRACT

In Brazil, socio-natural disasters have caused thousands of deaths and billions of reais in losses in recent decades. Climate change intensifies the occurrence of disasters worldwide and tends to disproportionately impact the most vulnerable populations. In this context, climate education has been incorporated into school curricula to prepare young people to be agents of transformation and adaptation to this new reality. This article presents the experience of a

research and extension project developed with five municipal schools in Rio de Janeiro over three annual cycles, using technological resources and project-based learning to develop climate education integrated with STEM education. The results show that it is possible to carry out activities with low-cost materials and free platforms to develop young people's skills in STEM areas (science, technology, engineering, and mathematics) while addressing topics such as the environment, climate change, inequalities, and disaster risks.

Keywords: Climate education. STEM education. Education for Disaster Risk Reduction. Climate change.

1 INTRODUÇÃO

Os riscos de desastres socio naturais, são deflagrados por fenômenos naturais, mas configurados como desastres devido à dimensão de seus danos socioeconômicos. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC (2024), em 2020 o aquecimento global atingiu 1,1°C acima do nível pré-industrial e apesar dos esforços mundiais para limitar esse aumento contínuo da temperatura média do planeta, os últimos anos têm apresentado aumentos consecutivos nessa temperatura, de modo que o ano de 2024 foi considerado o mais quente da história com valores mais altos no continente americano do que nos demais lugares do mundo (MCTI, 2025). Este aquecimento, causado sobretudo pelo aumento do aporte de gases de efeito estufa – GEE decorrentes da queima de combustíveis fósseis nas últimas 5 décadas, resultou em eventos climáticos extremos mais frequentes e intensos afetando ecossistemas, pessoas e cidades em todas as regiões do mundo. Com os padrões de consumo atuais, espera-se que os impactos se intensifiquem ainda mais nos próximos anos, atingindo principalmente pessoas e comunidades mais vulneráveis (IPCC, 2024).

No Brasil, os principais riscos de desastres estão associados a enchentes, deslizamentos de terra, secas e incêndios florestais, intensificados por fatores climáticos e pela ocupação desordenada do solo. Entre 1991 e 2023, estes desastres resultaram no país em 5.142 óbitos, 9.640 desalojados e desabrigados e mais de 232 milhões de afetados, além provocarem R$132 bilhões em danos materiais, R$61,94 bilhões em prejuízos aos cofres públicos e R$508,71 bilhões de prejuízo ao setor privados (BRASIL, 2024).

Na cidade do Rio de Janeiro, os deslizamentos de encostas representam uma ameaça significativa, especialmente em áreas de morro com construções irregulares, onde chuvas intensas podem causar tragédias com perdas humanas e materiais. Além disso, enchentes e inundações são comuns devido à precariedade do sistema de drenagem urbana e à impermeabilização do solo. O crescimento populacional em áreas de risco, aliado à falta de infraestrutura adequada, amplia a vulnerabilidade da cidade, exigindo medidas urgentes de prevenção e adaptação para minimizar os impactos desses desastres.

Este cenário tem levado nos últimos anos à aprovação de leis que incluem a educação climática no currículo escolar como a Lei Federal n. 14.926/2024 que alterou a Política Nacional de Educação Ambiental para “assegurar atenção às mudanças do clima, à proteção da biodiversidade e aos riscos e vulnerabilidades a desastres socioambientais”, em escolas de todos os níveis de ensino contemplando também percepção de riscos e de vulnerabilidades a desastres socioambientais (BRASIL, 2024). No estado (Lei n. 9.949/2023) e na cidade do Rio de Janeiro (Lei n. 7.526/2022), a educação climática foi incluída como conteúdo transversal e multidisciplinar que pode ser trabalhado por meio de atividades externas que proporcionem maior contato com o meio ambiente, ou com palestras e ações de especialistas convidados.

A educação STEM é uma abordagem interdisciplinar que busca integrar, de forma prática e aplicada, as áreas de ciência, tecnologia, engenharia e matemática, preparando os estudantes para os desafios do século XXI. Quando combinada com a aprendizagem baseada em projetos, essa metodologia se torna ainda mais eficaz, pois permite que os alunos desenvolvam habilidades como pensamento crítico, criatividade, colaboração e resolução de

problemas ao trabalharem em desafios reais. Essa abordagem ativa incentiva a experimentação e o aprendizado por meio da prática, tornando o ensino mais envolvente e significativo. Além disso, fortalece a conexão entre teoria e aplicação, preparando os estudantes para o mercado de trabalho e estimulando o interesse por carreiras científicas e tecnológicas.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) destaca a computação e a programação como ferramentas essenciais para o desenvolvimento de habilidades como raciocínio lógico, criatividade e resolução de problemas, além de favorecer a interação social no aprendizado. O ensino dessas habilidades, especialmente na criação de produtos e soluções, pode despertar o interesse de meninas e mulheres pela tecnologia, ampliando seu acesso a carreiras STEM, tradicionalmente dominadas por homens. Ao garantir um ambiente de aprendizagem seguro e inclusivo, essa formação contribui para a equidade de gênero, melhora as oportunidades de remuneração e reduz vulnerabilidades sociais, profissionais e até em contextos de desastres. Dessa forma, iniciativas educacionais voltadas para a participação feminina na tecnologia desempenham um papel crucial na construção de uma sociedade mais justa e igualitária.

Em alinhamento com a BNCC, a atual gestão municipal do Rio de Janeiro, Brasil, implementou espaços maker em algumas escolas de sua rede, as quais se tornaram Ginásios Experimentais Tecnológicos[1] - GET (RIO DE JANEIRO, 2022). Isso representa um avanço significativo na educação ao alinhar a abordagem STEM com a cultura do “faça você mesmo”, pois esses espaços oferecem um ambiente de aprendizado dinâmico, onde os estudantes podem desenvolver projetos práticos utilizando tecnologias como impressão 3D, robótica e programação. Essa iniciativa torna o conhecimento conectado à realidade e fortalece a formação dos estudantes para o mundo digital e para profissões do futuro, além de democratizar o acesso à tecnologia e fomentar o protagonismo estudantil.

A educação STEM, portanto, pode desempenhar um papel fundamental na educação climática e na redução de riscos de desastres, ao proporcionar aos estudantes conhecimentos científicos e tecnológicos para compreender e mitigar os impactos das mudanças climáticas e eventos extremos, além de preparar os estudantes para carreiras que figuram entre as mais bem remuneradas no Brasil (FORBES, 2023). Por meio de abordagens práticas e interdisciplinares, os alunos podem desenvolver soluções inovadoras, como estratégias sustentáveis para a ocupação do solo. Além disso, a aprendizagem baseada em projetos permite que os estudantes analisem dados reais, simulem cenários de risco e proponham ações preventivas para suas comunidades. Essa abordagem não apenas fortalece a consciência ambiental, mas também capacita futuras gerações a atuarem ativamente na construção de sociedades mais resilientes e preparadas para enfrentar desafios climáticos e desastres naturais.

[1] Os Ginásios Experimentais Tecnológicos foram estabelecidos na cidade do Rio de Janeiro pelo Decreto Rio nº 50.434, de 23 de março de 2022, alterado pelo Decreto nº 53.939/2024.

1.1 Objetivo

O objetivo deste artigo é apresentar relatos de experiências atividades aplicadas no âmbito do Projeto Meninas e Mulheres na Redução de Riscos de Desastres e Desigualdades (MMRRD) nas quais a aprendizagem baseada em projetos e a educação STEM foram aplicadas na promoção da educação para redução de riscos de desastres articulada com a educação climática.

1.2 Metodologia

O presente estudo adota método descritivo e exploratório, com base em dados primários obtidos na aplicação de oficinas semanais desenvolvidas com 5 escolas municipais cariocas no período de 2022 a 2024 no âmbito do projeto Meninas e Mulheres na RRD: Ciência, tecnologia e educação para a redução de riscos de desastres e desigualdades.

2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.1 Projeto Meninas e Mulheres na RRD

O Projeto Meninas e Mulheres na RRD: Ciências, Tecnologia, Artes e Educação para a Redução de Riscos de Desastres e Desigualdades busca desenvolver o interesse de meninas do ensino básico nas áreas de ciência, tecnologia, engenharias e matemática, com aprendizagem baseada em projeto abordando temas relativos a: riscos de desastres, igualdade de gênero, meio ambiente, ciência e tecnologia. Vinculado à Universidade Veiga de Almeida – UVA e ao Instituto Federal do Rio de Janeiro - IFRJ, na cidade do Rio de Janeiro, desde 2019 o projeto desenvolveu três ciclos de 12 meses com atividades semanais envolvendo 5 escolas municipais cariocas: E.M. Acre, E.M. Bento Ribeiro, E.M. Benevenuta Ribeiro (ciclo 1), E.M. República do Peru, E.M. Rio Grande do Sul e E.M. Thomas Mann (ciclos 2 e 3). Além do fomento para aquisição de materiais e insumos, o projeto também contou com bolsas para cerca de 23 participantes em cada ciclo: 5 professoras da rede municipal de ensino carioca habilitadas para o ensino de ciências naturais ou matemática, de 13 a 15 meninas do 7° ao 9° ano do ensino fundamental com idade entre 12 e 15 anos (2 ou 3 de cada escola, dependendo do ciclo) e 3 bolsistas de iniciação científica. Esses recursos foram oriundos de editais dedicados a projetos voltados para o incentivo de meninas nas áreas de STEM do CNPq (2018) e da FAPERJ (2021). Importante salientar que a equipe de professoras se manteve a mesma, enquanto as alunas do ensino fundamental e as bolsistas de iniciação científica foram substituídas a cada ciclo de 12 meses.

Em ciclos de 12 meses, a metodologia do projeto o Projeto MMRRD capacita as participantes no uso de recursos tecnológicos utilizando o temas como riscos de desastres, mudanças climáticas, desigualdades sociais e de gênero. Assim, busca-se despertar o interesse delas pelas carreiras STEM (ciências, tecnologia, engenharia e matemática)

contribuindo para a promoção da equidade de gênero e da igualdade de oportunidades nessas áreas onde as mulheres ainda são sub representadas (UNESCO, 2018).

2.2 Produção de animações Stop motion sobre mudanças do clima

No primeiro semestre de 2023, no contexto do debate sobre o ODS 13 da Agenda 2030 da ONU - Ação contra a Mudança Global do Clima, o projeto Meninas e Mulheres na RRD realizou uma série de oficinas de animação com Stop Motion, a fim de promover, entre suas participantes, um profunda reflexão sobre o atual cenário de emergência climática.

As oficinas foram estruturadas em etapas. Na primeira etapa, as alunas aprenderam a utilizar um aplicativo de stop motion, criando suas próprias animações ao explorar temas relacionados ao projeto, como eletrônica básica e robótica, fotografando com o aplicativo cada alteração no cenário para dar vida à animação.

Na segunda etapa, elas elaboraram o roteiro e definiram os materiais necessários para a confecção dos protótipos, priorizando o uso de materiais de baixo custo. Uma vez de posse desses materiais, elas prepararam os cenários e os personagens, criando diferentes protótipos que problematizam diferentes consequências do aquecimento global.

A Escola Municipal Rio Grande do Sul exemplificou o derretimento das calotas polares, construindo um cenário simulando o gelo e trazendo uma família de pinguins como personagens. A Escola Municipal Bento Ribeiro apresentou o branqueamento de corais, utilizando personagens construídos com massinha de modelar e um cenário de EVA e pedrinhas de aquário.

A Escola Municipal República do Peru representou os incêndios florestais que impactam os povos indígenas, com um cenário montado com papéis de diferentes tipos e cores e palitos de sorvete. Já os personagens foram bonequinhos indígenas feitos com massa adesiva epóxi. A Escola Municipal Thomas Mann exemplificou as secas e a escassez hídrica, construindo um cenário com papelão e papéis de diferentes tipos e cores, além de usar um cavalo feito com massa adesiva epóxi. Já a Escola Municipal Acre representou as inundações urbanas com um cenário feito com papelão e tinta guache para a construção das casas, além de confeccionar um rato de massinha de modelar como personagem.

Uma vez construídos os protótipos, a próxima etapa foi a captação das cenas com smartphones fixados em tripés e mesas escolares como suporte para os cenários. As alunas posicionaram os personagens e ajustaram seus movimentos quadro a quadro, fotografando cada alteração com o aplicativo para dar vida à animação.

A edição do material foi realizada pela coordenação do projeto, que reuniu as produções das cinco escolas participantes na animação intitulada ‘O que muda com a mudança do clima?’. O produto gerado foi uma animação que alerta sobre os riscos ambientais, sociais e emocionais do aquecimento global e que está disponível no canal no

YouTube[2] do projeto Meninas e Mulheres na RRD para a divulgação científica e educação climática. Inclusive, a exibição desta animação serviu como introdução ao tema das mudanças climáticas para as alunas de um ciclo posterior do projeto, preparando-as para a oficina de criação de protótipos interativos sobre os impactos desse fenômeno.

2.3 Produção de protótipos sobre riscos e desastres

Em um ano, cerca de 200 milhões de pessoas são afetadas por desastres como secas, inundações, incêndios florestais e terremotos, segundo a Estratégia Internacional para Redução de Desastres (2025). Esses dados foram apresentados para as participantes do projeto, para que entendam as causas e consequências das mudanças do clima. A fim de ensinar de forma assertiva, a coordenadora do projeto apresentou a animação stop motion criada por integrantes do ciclo anterior do projeto 'O que muda com as mudanças do clima?' na qual são apresentados parte dos efeitos da crise climática e como serão sentidos pela população e ecossistemas. Além disso, foi apresentado o portal do Climate Central em que é possível analisar no mapa onde ocorrerá inundação com o aumento do nível do mar, de acordo com as projeções previstas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) para o aumento de 1º a 4ºC da temperatura global. A partir disso, as meninas debateram sobre seus hábitos e como eles podem mitigar ou intensificar essa problemática.

As meninas também participaram de oficinas de eletrônica básica para que montassem circuitos com materiais de baixo custo como leds, fios, baterias, resistores, entre outros. Ao longo da produção dos cinco protótipos interativos (figura 1), os conhecimentos sobre mudanças climáticas e redução de riscos de desastres tornaram-se sólidos, dado que a educação lúdica simplifica o entendimento.

A Escola Municipal Acre (figura 1a) fez um protótipo estruturado com isopor exemplificando como inundações podem afetar populações ribeirinhas que descartam seus resíduos no rio. Foi colocado um buzzer representando uma sirene de alerta em caso de chuva forte, representada com celofane azul e transparente. A Escola Municipal Bento Ribeiro (figura 1b) buscou retratar as consequências do derretimento das geleiras, exemplificando como o aumento do nível do mar afeta as construções das áreas costeiras. Foi utilizado um buzzer com intuito de alertar a população em caso de maré alta, para que procurem um local seguro. Já a Escola Municipal Thomas Mann (figura 1c) criou um produto buscando conscientizar sobre os efeitos dos incêndios florestais para a fauna e a flora. Como recurso de eletrônica básica foram utilizados leds verde, amarelo e vermelho para representar árvores saudáveis, queimando e completamente queimadas, respectivamente. Além disso, foi inserido um painel informativo sobre o intuito do protótipo, que era exposto através da movimentação de palitos de churrasco. A Escola Municipal República do Peru

[2] A animação 'O que muda com as mudanças do clima" está disponível no canal do projeto no youtube em: https://www.youtube.com/watch?v=B3IIy2fIiQ.

(figura 1d) realizou uma maquete interativa sobre a desertificação. Com uma base de caixa de pizza, as meninas separaram três estágios da desertificação, sendo área verde, área com árvores secas e uma área com solo completamente seco e infértil. Foram utilizados leds vermelhos para mostrar que as árvores estavam queimadas e que a situação estava crítica. A Escola Municipal Rio Grande do Sul (figura 1e) reproduziu um cenário de deslizamento. As meninas representaram a chuva com barbantes pintados com tinta guache que eram desenrolados gradativamente e, consequentemente, colocaram uma casa descendo a encosta. Utilizaram um led vermelho para alertar a comunidade em caso de volume alto de chuva e um buzzer para sinalizar a necessidade de evacuação do local.

Figura 1. Protótipos interativos desenvolvidos

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2023.

Com os protótipos finalizados, as meninas tiveram a oportunidade de realizar o processo de divulgação científica na Feira Maker (figura 2) da Universidade Veiga de Almeida no Campus Tijuca, um espaço de graduação e pós-graduação, mas que sempre está aberto para estudantes de todas as idades. Também apresentaram na Ler-Festival do Leitor (figura 3) no Píer Mauá no Rio de Janeiro, uma feira que recebe desde alunos da educação infantil até pessoas já graduadas. Além disso, as meninas foram encorajadas a apresentar os protótipos nas escolas, oferecendo um retorno para as unidades escolares integrantes do projeto. Diante do exposto, as meninas estruturaram seus conhecimentos sobre educação climática e desenvolveram a comunicação a partir da explicação de seus produtos para o público.

Figura 2. Apresentação na Feira Maker UVA - Tijuca

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2023.

Figura 3. Apresentação na Ler - Festival do Leitor

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2023.

As meninas também apresentaram os protótipos para seus colegas de turma em algumas das escolas municipais participantes, tornando-se multiplicadoras da educação climática (figura 4). Ao longo do processo ficou nítida a evolução do conhecimento crítico das meninas sobre a crise climática e seus impactos. Todas aprenderam sobre os processos envolvidos em cada protótipo, trocando experiências e habilidades. Elas também aprenderam a buscar informações em sites confiáveis e inúmeras possibilidades com a eletrônica básica. Certamente, essa sequência didática é válida e eficaz para a educação climática e a educação para a redução de riscos de desastres. Sendo assim, é imprescindível que todos saibam os efeitos das mudanças climáticas, como mitigar seus impactos e como agir em caso de desastres.

Figura 4. Multiplicação da educação climática com apresentação do protótipo na escola

Fonte: Elaborada pelas autoras, 2024

2.4 Desenvolvimento de jogos digitais para educação climática

No projeto Meninas e Mulheres na RRD, as carreiras STEM são constantemente destacadas nos debates e oficinas tecnológicas, reforçando sua relevância na educação climática. Dentre as oficinas tecnológicas trabalhadas no âmbito do projeto, a introdução à programação é realizada por meio do aplicativo Scratch, uma plataforma gratuita de programação em blocos criada pelo MIT e que permite o aprendizado do pensamento computacional de maneira lúdica e acessível. Ele se destaca como uma opção eficaz para inserir a programação e seu uso estimula o interesse pelos recursos computacionais, despertando a curiosidade das meninas e facilitando uma futura transição para linguagens de programação mais avançadas.

No Scratch, a programação ocorre por meio do encaixe de blocos de comandos, semelhante a peças de LEGO, a fim de criar programas sintaticamente corretos sem que os usuários precisem se preocupar com uma linguagem de programação complexa. Esse design facilita a compreensão da linguagem de programação durante o desenvolvimento de jogos e projetos interativos e permitiu que as meninas focassem apenas na lógica do projeto, desenvolvendo habilidades de resolução de problemas e criação de sistemas.

A primeira etapa do ciclo de oficinas foi dedicada à programação desplugada, utilizando blocos de papelão inspirados no Scratch para introduzir conceitos de lógica de programação. Nesse desafio, as participantes foram divididas em grupos e instruídas a criar códigos que orientassem o deslocamento de uma colega para coletar bombons espalhados pela sala, desviando de obstáculos no caminho.

Na etapa seguinte, as alunas exploraram a plataforma Scratch, compreendendo suas funcionalidades, tais como conhecer os tipos de blocos e interagir nos estúdios do projeto,

remixando, incluindo e compartilhando novos produtos. Elas iniciaram a criação de jogos autorais, incluindo sons, personalizando cenários, mudando fantasias e utilizando blocos de sensores. Os personagens utilizados estavam disponíveis na própria plataforma ou eram oriundos de banco de imagens gratuitas. Esses encontros aconteceram nos laboratórios de informática da Universidade Veiga de Almeida e na Nave do Conhecimento do Engenhão, espaços parceiros do projeto, uma vez que nem as escolas participantes e nem as alunas possuem computador ou mesmo um pacote de dados de internet que permita o acesso a plataformas digitais por longos períodos. Além do aprendizado técnico, dando prosseguimento a educação climática iniciada com a construção dos protótipos sobre riscos e desastres, as alunas foram incentivadas a traduzirem essas questões em jogos autorais.

A Escola Municipal Bento Ribeiro, tendo em vista o aumento do nível do mar, elaborou um projeto abordando as causas das mudanças climáticas e seus impactos no derretimento das geleiras (figura 5A). A Escola Municipal Rio Grande do Sul, pensando em um desastre que regularmente ocorre na cidade do Rio de Janeiro, criou um jogo sobre alagamentos e a importância de desobstruir bueiros para o escoamento da água (figuras 5B e 5C). Já a Escola Municipal República do Peru, refletindo sobre os riscos enfrentados pelos biomas brasileiros por conta da ação antrópica, elaborou um projeto sobre o desmatamento e sua relação com a intensificação dos desastres ambientais e mudanças climáticas (figura 5D). A Escola Municipal Thomas Mann, pensando no aumento dos incêndios no Brasil, criou um jogo sobre os incêndios florestais e sua correlação com as mudanças climáticas (figura 5E). E, por fim, a Escola Municipal Acre elaborou um jogo sobre a necessidade de ampliar áreas verdes com o plantio de árvores para prevenir inundações, como as que acometeram o estado do Rio Grande do Sul, Brasil, em 2024 (figura 5F). Os jogos digitais desenvolvidos pelas meninas no Scratch podem ser utilizados usando as setas e a barra de espaço do teclado do computador ou com um controle produzido com materiais de baixo custo associado ao kit Makey Makey.

Figura 5. Tela inicial dos jogos digitais em desenvolvido pelas menina

Fonte: Elaborada pelas autoras, 2024

Com os jogos finalizados, as meninas tiveram a oportunidade de realizar o processo de divulgação científica em eventos como a Ler-Festival do Leitor no Píer Mauá no Rio de Janeiro, no Sábado da Ciência na Tijuca e na FECTI – Feira de Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado do Rio de Janeiro. A Ler é uma feira que recebe desde alunos da educação infantil até pessoas já graduadas. O mesmo acontece no Sábado da Ciência do Espaço Ciência Viva na Tijuca, um local de divulgação científica para todas as idades aberto ao público e gratuito. Já a FECTI é a maior feira de ciências da educação básica no estado, compreendendo projetos de pesquisa criados por estudantes de escolas públicas e privadas. Além disso, as alunas compartilharam seus jogos com seus familiares e em suas redes de convivência, contribuindo, assim, para a difusão das questões climáticas.

Figura 1. Oficina de educação climática com jogos digitais no Festival do Leitor 2024

Fonte: Elaborada pelas autoras, 2024

Certamente a educação climática fazendo uso de ferramentas lúdicas associadas a aprendizagem baseada em projetos mostrou-se eficiente no desenvolvimento do raciocínio lógico, da lógica da programação, do pensamento computacional e no aprimoramento de habilidades socioemocionais como trabalho em equipe e autogestão. Além disso, promoveu uma reflexão mais profunda sobre os riscos e desastres em seus territórios.

3 CONCLUSÃO

Os resultados alcançados demonstraram que a educação STEM com aprendizagem baseada em projetos possibilita a realização da educação climática com engajamento dos jovens. Ao passo que aprenderam conceitos sobre clima, sociedade e riscos de desastres, as participantes desenvolveram produtos de divulgação científica e atuaram junto com as professoras como multiplicadoras da educação climática em eventos culturais e científicos e em suas escolas.

Buscar alternativas para aplicar os diversos conteúdos curriculares possibilitando que os jovens explorem os recursos tecnológicos se preparando para as carreiras STEM enquanto refletem sobre a realidade de suas comunidade e desenvolvem suas habilidades de comunicação e expressão se mostrou uma estratégia importante para preparar novos líderes climáticos. É necessário também criar estratégias para atrair as meninas para as áreas das ciências e tecnologias de modo que elas enxerguem essas carreiras como possibilidades de atuação. Este tipo de projeto é especialmente importante quando envolve estudantes de escolas públicas, muitas vezes oriundos de comunidades vulneráveis aos desastres e as mudanças climáticas.

4 REFERÊNCIAS

BRASIL. *Lei nº 14.926, de 17 de julho de 2024*. Altera a Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, para assegurar atenção às mudanças do clima, à proteção da biodiversidade e aos riscos e vulnerabilidades a desastres socioambientais no âmbito da Política Nacional de Educação Ambiental.

BRASIL. *Atlas digital de desastres no Brasil*. Dashboard. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional: 2024. Disponível em: https://atlasdigital.mdr.gov.br/paginas/graficos.xhtml

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. *Chamada CNPq/MCTIC Nº 31/2018 Meninas nas Ciências Exatas, Engenharias e Computação*. Disponível em: http://resultado.cnpq.br/4717907115760502. Acesso em: 14 fev. 2025.

FAPERJ - FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Edital Faperj nº 09/2021 – Programa Meninas e Mulheres nas Ciências Exatas e da Terra, Engenharias e Computação – 2022. Disponível em: https://siteantigo.faperj.br/downloads/Edital_MENINAS_E_MULHERES_NAS_CIÊNCIAS_2021.pdf. Acesso em: 14 fev. 2025.

FORBES. *Médicos, matemáticos, geólogos: veja as profissões mais bem pagas no Brasil*. Publicada em: 2 out. 2023. Disponível em: https://forbes.com.br/carreira/2023/10/medicos-matematicos-geologos-veja-as-profissoes-mais-bem-remuneradas-no-brasil/. Acesso em: 14 fev. 2025.

IPCC. *About Seventh Assessment Report (AR7) of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Disponível em: https://www.ipcc.ch/2024/ .

MCTI. *Temperatura média do planeta rompe limite de 1.5°C em 2024, apontam centros meteorológicos*. Brasil: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2025. Publicado em: 10/01/2025. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2025/01/temperatura-media-do-planeta-rompe-limite-de-1-5degc-em-2024-apontam-centros-meteorologicos

MENINAS E MULHERES NA RRD. *Estúdio do Projeto Meninas e Mulheres na RRD na plataforma Scratch*. Criado em: 9 jul. 2020. Atualizado em: jul. 2024. Disponível em: https://scratch.mit.edu/studios/27129441/. Publicado em: Acesso em? 14 fev. 2025.

MENINAS E MULHERES NA RRD. *O que muda com a mudança do clima?* Publicado em: 12 mai. 2023. Disponível em: https://youtu.be/B3IIy2fliQs . Acesso em: 14 fev. 2025.

RIO DE JANEIRO. *Decreto Rio n 50.434, de 23 de março de 2022*. Cria o Programa Ginásio Educacional Tecnológico no âmbito da Secretaria Municipal de Educação e dá outras providências. (Redação dada pelo Decreto nº 53.939/2024). Rio de Janeiro: Câmara dos Vereadores da Cidade do Rio de Janeiro: 2022.

RIO DE JANEIRO. *Decreto Rio n. 7.523, de 12 de setembro de 2022*. Dispõe sobre a inclusão da temática de Educação Climática no programa de ensino das escolas da rede pública do Município e dá outras providências. Rio de Janeiro: Câmara dos Vereadores da Cidade do Rio de Janeiro: 2022.

RIO DE JANEIRO (ESTADO). *Lei nº 9.949, de 02 de janeiro de 2023*. Altera a Lei nº 7.973, de 23 de maio de 2018, que dispõe sobre a educação ambiental, institui a política estadual de educação ambiental e cria o programa estadual de educação ambiental, para incluir a educação climática nos termos da presente lei. Rio de Janeiro: Assembleia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro: 2023.

SCRATCH. *About Scratch (Scratch Documentation Site)*. Disponível em: https://scratch.mit.edu/about . Acesso em: 14 fev. 2025.

UNESCO. *Decifrar o código: educação de meninas e mulheres em ciências, tecnologia, engenharia e matemática (STEM)*. Brasília: UNESCO, 2018. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380903. Acesso em: 14 fev. 2025.

VIANA, V.J.; NASCIMENTO, B.L.D.; ESTEVES, J.R.M.; DIAS, L.F.; SOUZA, M.A.; FONTE, M.M.M. Meninas e Mulheres na RRD: Ciência, Tecnologia e Educação para a Redução de Riscos e Desastres. In: *Exatas é com elas: tecendo redes no Estado do Rio de Janeiro*. 1 ed. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2022, v.1, p. 205-234. Disponível em: https://www.cecierj.edu.br/divulgacao-cientifica/elas-nas-exatas-tecendo-rede/.

UMA ANÁLISE DO ATIVISMO VIRTUAL DA ONG SOS MATA ATLÂNTICA

AN ANALYSIS OF THE VIRTUAL ACTIVISM OF THE NGO SOS MATA ATLANTIC

Juliana Lima dos Santos[1]

[1] Escola de Sociologia e Políticas Públicas, CIES-IUL, Lisboa, Portugal

E-mail: jlssa1@iscte.pt

RESUMO

Este presente estudo analisa o ativismo digital na ONG SOS Mata Atlântica por meio da atuação no facebook. São analisadas estratégias de mobilização, o engajamento com o público e a qualidade das interações. As publicações analisadas correspondem ao período de 7 de abril a 7 de maio de 2019, avaliadas de maneira qualitativa e quantitativa, examinando métricas como reações, compartilhamentos e comentários, bem como a qualidade das interações dos seguidores. Os resultados indicam que embora a ONG possua presença digital, a participação do público tende a ser superficial, com interações limitadas e sem reverter ações concretas fora do ambiente virtual. É sugerido o aumento da percepção de risco na comunicação efetuada, visto que estratégias que tornem o risco mais tangível podem resultar em ações mais concretas. O estudo discute os desafios do ativismo digital e suas limitações na conversão do engajamento online em mobilização efetiva.

Palavras-Chave: Ativismo digital, SOS Mata Alântica, redes sociais, mobilização.

ABSTRACT

This present study analyzes digital activism in the NGO SOS Mata Atlântica through its activities on Facebook. Mobilization strategies, engagement with the public and the quality of interactions are analyzed. The publications analyzed correspond to the period from April 7th to May 7th, 2019, evaluated qualitatively and quantitatively, examining metrics such as reactions, shares and comments, as well as the quality of follower interactions. The results indicate that although the NGO has a digital presence, public participation tends to be superficial, with limited interactions and without implementing concrete actions outside the virtual environment. It is suggested to increase the perception of risk in the communication carried out, as strategies that make the risk more tangible can result in more concrete actions. The study discusses the challenges of digital activism and its limitations in converting online engagement into effective mobilization.

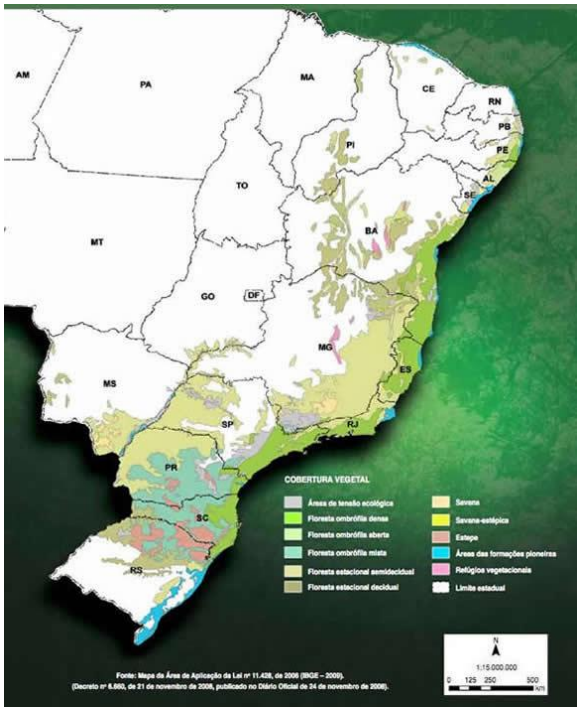
Keywords: Digital activism, SOS Mata Alântica, social networks, mobilization.

1. INTRODUÇÃO

1.1. UM RECORTE DA REALIDADE AMBIENTAL DA MATA ATLÂNTICA

A mata atlântica é uma floresta tropical que abrange a costa leste, sul e sudeste do Brasil. O bioma abrange uma área de cerca de 15% do total do território brasileiro que inclui 17 Estados (Alagoas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e Sergipe), dos quais 14 são costeiros. Essa é uma das florestas mais ricas do planeta em diversidade de espécies, porém também é uma das mais ameaçadas. Segundo Campanili e Schäffer (2010), a Mata Atlântica possui cerca de 20.000 espécies vegetais (algo entre 33% e 36% das espécies existentes no Brasil). Até se comparada com a Floresta Amazônica, a Mata Atlântica apresenta, proporcionalmente ao seu tamanho, maior diversidade biológica. A Lei nº 11.428 (Lei da Mata Atlântica), de 2006, define que a Mata Atlântica possui diferentes formações florestais os quais foram detalhados pelo Decreto nº 6.660, de 2008, e delimitados no “Mapa da Área de Aplicação da Lei nº 11.428”, de 2006, elaborado e publicado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Figura 1: Mapa da Área de Aplicação da Lei nº 11.428.
Fonte: IBGE



Porém, desde a colonização do Brasil a área que caracteriza a Mata Atlântica começou a ser devastada, fator que segundo Campanili e Schäffer (2010) contribuiu para a realidade atual, na qual inúmeras espécies, dentre elas 276 espécies vegetais estão na lista oficial de espécies ameaçadas, dentre os animais terrestres, são 185 vertebrados, dos quais

118 aves, 16 anfíbios, 38 mamíferos e 13 répteis. Quanto aos animais aquáticos, há também 59 espécies de peixes ameaçados nas bacias do Leste brasileiro, entre a foz do rio São Francisco e o norte de Santa Catarina.

Diante da situação de devastação em que a floresta se encontra, várias iniciativas de proteção à biodiversidade ainda existente se iniciaram, dentre elas iniciativas governamentais, privadas e oriundas do terceiro setor, como é o caso da ONG SOS Mata Atlântica.

1.2. SOS MATA ATLÂNTICA

A SOS Mata Atlântica foi criada em 1986 e trata-se de uma ONG privada, sem vínculos partidários ou religiosos e sem fins lucrativos. A ONG surgiu da união entre jornalistas, empresários, cientistas e defensores da questão ambiental que visavam preservar os últimos remanescentes de Mata Atlântica no Brasil.

A ONG tem como objetivo profissionalizar pessoas e partir para a geração de conhecimento sobre o bioma. A proposta representa também um passo adiante no amadurecimento do movimento ambientalista no país. Como missão, a SOS Mata Atlântica tem como intuito inspirar a sociedade na defesa da floresta e buscar reforço em uma luta que já possui mais de 30 anos. A instituição ainda visa a promoção de políticas públicas por meio do monitoramento do bioma, a produção de estudos, diálogos com os setores públicos e privados, além do aprimoramento da legislação ambiental.

Restando pouco da floresta que existia originalmente, a SOS Mata Atlântica mobiliza a sociedade em prol da preservação por meio de diversos projetos. As iniciativas abordam as seguintes causas: Recuperação da Floresta, Valorização dos Parques e Reservas, Água limpa e Proteção do mar.

Os projetos são promovidos por meio de diversas estratégias, dentre elas campanhas que envolvem a conscientização das pessoas por meio da mobilização pessoal, propagandas por meio da imprensa, parcerias e sensibilização pelas redes sociais, engajando-se em uma nova forma de ativismo: o digital.

2. A INTERNET COMO FERRAMENTA DE ATIVISMO

O atual cenário midiático tem um crescente papel na vida cotidiana, contribuindo para alterações correspondentes nos modos de comunicação e interação social. Partindo-se do pressuposto de que todos passamos a estar conectados pela mídia, essa se torna uma ferramenta incorporada no nosso dia-a-dia. Por este motivo, a mídia se apresenta como uma líder de opinião na sociedade contemporânea, influenciando estilos de vida e práticas sociais. As atividades cotidianas não só tem sido influenciadas pela mídia, mas também são alteradas pela onipresença dela ou formas particulares de comunicação (Andersen, 2017).

Mundialmente nos últimos anos observou-se o uso da internet e das redes sociais virtuais como formas inesperadas de mobilização e ativismo coletivo. Fator que fez dos media

digitais recursos cruciais para a participação política e cívica, que ficaram especialmente evidentes em tempos de crise econômica, como afirma Campos et al (2016).

> Em tempos de crise económica e turbulência social, estas novas ferramentas tecnológicas e meios de comunicação têm-se afigurado particularmente relevantes para exprimir reivindicações e organizar o protesto, favorecendo o surgimento de formas de mobilização informal(leia-se extrainstitucional)da ação política e cívica. (CAMPOS et al., 2016, p. 7).

A utilização da internet enquanto ferramenta ativista ocorre por inúmeros meios, como sites, blogs ou páginas de Facebook, até os usos mais sofisticados e transgressores, que podemos agrupar sob o epíteto de desobediência civil eletrônica (SÁDABA; ROIG, 2004).

> Em certo sentido, o espaço de protesto contemporâneo não pode deixar de ser concebido como um espaço 6 híbrido, onde a internet e as ruas se interligam de formas variadas. (CASTELLS, 2012, p. 7).

O autor ainda acrescenta que a partir de uma visão positivista do assunto, a internet possui não só um papel democratizador, como também libertador (Castells, 2012). A visão mais contestadora sobre esse cenário, indaga se de fato ocorre a participação nas manifestações e ativismos de diversas ordens, ou se este ativismo fica restrito ao campo digital e não se torna efetivo no campo real, no dia-a-dia. “As potencialidades da internet e dos média digitais podem ser encaradas de forma crítica, considerando que a sua utilização não é necessariamente geradora de mais participação” (Fuchs, 2011).

Apesar de atualmente a internet agregar as pessoas em redes e conectá-las , problematiza-se até onde poderíamos considerar que esse grupo de pessoas é capaz de fazer associações que estejam engajadas nas mesmas causas, ou se os usuários de páginas de redes sociais ativistas são apenas seguidores passivos, reunidos no meio virtual sem entender o real significado das causas e motivações por trás dos discursos publicados nos perfis das instituições.

Outra questão importante é a desigualdade gerada pelo ativismo promovido em torno das ferramentas tecnológicas. O acesso à internet e as capacidades técnicas são excludentes, considerando que nem todas as pessoas estão sujeitas as mesmas condições tecnológicas. Soma-se ainda a reflexão sobre a percepção de risco do público, a sensibilização para ameaças ambientais mais concretas podem influenciar no engajamento direto do público nas redes sociais. Porém, se a percepção dos riscos ambientais for baixa, isso pode resultar em um ativismo mais passivo, que dificilmente resultará em ações efetivas. Por isso, DI GIULIO, RIBEIRO e ASSUNÇÃO (2015), ressaltam a importância da comunicação como ferramenta para a disseminação de informações sobre o risco e o aumento desse tipo de percepção na população.

Mas, como se dá essa mobilização e ativismo pelas mídias sociais? Para problematizar o assunto autores como Castells, refletem sobre a importância do meio.

> Neste sentido, novas desigualdades e novas hierarquias internas aos próprios movimentos sociais são construídas em torno da questão tecnológica, distinguindo entre si coletivos com diferentes graus de conexão à rede e literacia digital e, no seio do próprio ativismo, atores individuais com diferentes capacidades técnicas. (SÁEZ, 2004, p. 13; TAMAYO; BURCH; ENRIQUEZ, 2004, p. 14).

Partindo-se dessa discussão, este artigo tem como objetivo analisar como o ativismo ambiental ocorre na página do facebook da SOS Mata Atlântica, uma ONG reconhecida no Brasil e que nasceu junto com a consolidação da discussão ambiental no país. A análise tem como temporalidade estabelecida o período de 7 de abril a 7 de maio de 2019.

3. OBJETIVO GERAL

Analisar como o ativismo digital ocorre na página do Facebook da ONG SOS Mata Atlântica, avaliando as interações dos seguidores e a efetividade delas para a mobilização ambiental.

3.1. Objetivos específicos:

1-Avaliar se realmente é identificado o ativismo virtual. Em caso positivo, avaliar se este tipo de ativismo se transforma em ações concretas em prol da causa ambiental.

2-Identificar as principais estratégias utilizadas no Facebook pela ONG SOS Mata Atlântica para promover o engajamento e conscientização do público.

4. METODOLOGIA

O estudo avalia a análise quantitativa e qualitativa das publicações feitas pela ONG Mata Atlântica, no período de 7 de abril a 7 de maio de 2019. No referido período, foram avaliadas métricas de engajamento, número de reações, comentários e compartilhamentos, além da qualidade das interações.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 AVALIAÇÕES QUANTITATIVAS

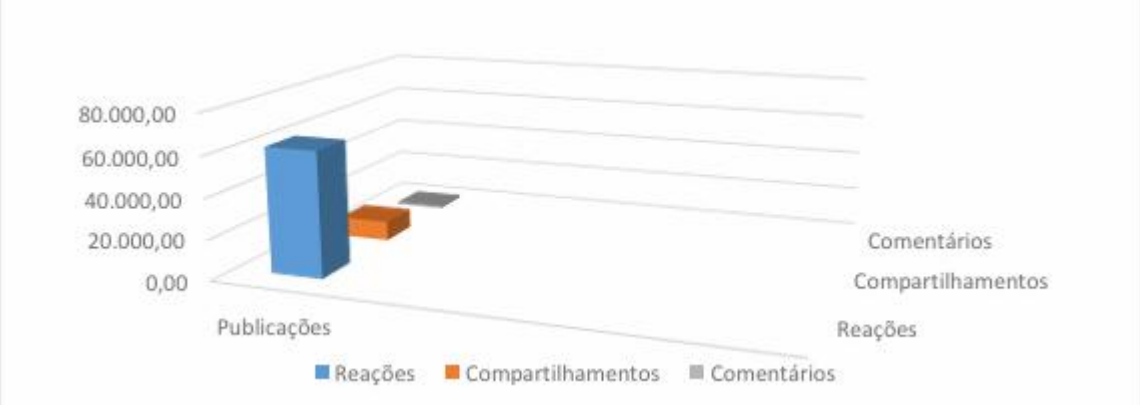
A ONG possui 3 redes sociais: Facebook, Twitter e Instagram. O Instagram é a rede social mais recente e possui 95 mil seguidores, já o Twitter possui 140 mil, e o facebook, a rede social mais antiga e interativa da ONG, soma 2 milhões de utilizadores na página.

A página no Facebook existe desde 2011, e já em 2013 alcançou o número de 100 mil seguidores. De 2013 a 2015 foi observado um crescimento exponencial da página, em que o Facebook da Ong alcançou 1 milhão de seguidores. Já de 2015 a 2019, houve um crescimento um pouco mais reduzido, comparado ao ocorrido entre 2013 e 2015.Porém, ainda assim, em 4 anos o número de seguidores dobrou, chegando a atual marca de 2 milhões.

No decorrer do período analisado foram feitas 22 publicações, em média são efetuadas 5 publicações por semana, com exceção de datas importantes para a causa ou acontecimentos extraordinários. A somatória da reação das 22 publicações é de 61.864,4,

sendo que a média de reações por publicação é de 2.812. As publicações ainda somaram 9.830 compartilhamentos no período analisado, sendo uma média de 446 compartilhamentos por publicação. Quanto as interações dos seguidores por meio de comentários, a somatória das publicações é de 1.151 comentários, com uma média de 52 comentários por postagem, como observado na Figura 2.

Figura 2: Gráfico da avaliação Quantitativa das Publicações



5.2 AVALIAÇÕES QUALITATIVAS

5.2.1. Reações Compartilhamentos Comentários

As publicações recorrentemente vêm acompanhadas de fotos, trazendo como conteúdo críticas ou reflexões socioambientais (Figura 2). As temáticas mais constantemente abordadas são: a ampliação da área marinha protegidas, a proteção da mata atlântica (fauna e flora) e a necessidade de políticas ambientais.

Figura 3: Publicação do Facebook da ONG SOS Mata Atlântica

A partir da análise dos comentários, observa-se que poucas pessoas compreendem de fato as críticas socioambientais das publicações, o que faz as interações oscilarem. O estudo ainda nos permite inferir que a percepção de risco também vai influenciar na forma como as reações do público ocorrem. Geralmente, dados mais alarmantes e com uma abordagem mais enfática, que demonstram ameaças concretas, tendem a gerar maior interação emocional e compartilhamentos. Porém, quando o risco é percebido como distante ou de forma superficial, o engajamento reduz, o que demonstra a necessidade de comunicar de forma mais efetiva para que aumente a possibilidade da preocupação digital se transformar em ação concreta e não se resuma a comentários superficiais, como demonstrados a seguir.

- **Áreas Marinhas Protegidas**

Os comentários se dão em torno de afirmativas vazias (como: “Verdade!”, “Algo precisa ser feito!”) ou uma minoria que realmente compreende e apoia a causa. Porém, em grande parte, observa-se comentários com pouca reflexão e que tem reduzida relação com o texto publicado. Observou-se ainda inúmeros comentários sobre a beleza dos animais (expostos nas fotos das publicações), porém sem reflexão nenhuma sobre a problemática que os envolvia, até os próprios utilizadores avaliam nas interações que alguns internautas apenas observam as imagens, mas não leem a nota que a acompanha e por isso não compreendem o sentido completo da publicação (Figura 3).

Figura 4: Comentário de usuários da ONG SOS Mata Atlântica

- **Proteção da Mata Atlântica**

Mais uma vez observou-se pessoas realmente engajadas na causa, mas na maioria das interações vemos comentários vazios sobre o fato da floresta estar acabando. Nota-se um recorrente posicionamento dos utilizadores sobre o fato de que algo precisa ser feito. Porém, este posicionamento se mostra de maneira passiva, como se alguém (e não eles) devessem tomar alguma atitude para minimizar o desmatamento (Figura 4).

Figura 5: Comentário de usuários da ONG SOS Mata Atlântica

- **Políticas Ambientais**

Quando esta temática era abordada nas publicações observou-se que ao invés de interações com exposições de posicionamentos que visam o bem comum, existiam verdadeiros ataques entre utilizadores partidários da esquerda e da 10 11 direita política brasileira. Além disso, essas são as publicações com maior número de compartilhamentos, reações e comentários, como vemos na publicação a seguir, que faz uma avaliação sobre os 100 dias do governo de Jair Bolsonaro e as conseqüências disso para a área socioambiental. Com uma postagem que apresenta uma avaliação contraria ao governo do presidente brasileiro, alguns dos utilizadores atacam a ONG nos comentários e põem em discussão a sua credibilidade.

Figura 6: Publicação de cunho político da ONG SOS Mata Atlântica

Figura 7: Comentários com posicionamentos políticos dos utilizadores.

Figura 8: Comentários agressivos contra a ONG.

6. CONCLUSÃO

Observa-se que o principal objetivo propagado pela ONG, a defesa da Mata Atlântica e a realização de medidas e ações para que isso aconteça, ficam minimizados nos comentários e até desvirtuados em alguns momentos. A maioria dos usuários pouco ou nada refletem de maneira ativa sobre os temas e as questões trazidas. Portanto, a mudança de comportamento em termos de preservação do meio ambiente ou envolvimento na causa, parecem acontecer apenas de forma virtual e ainda sem o engajamento que aparentemente a ONG propõe.

Os comentários sempre apontam para mudanças, porém de forma passiva. Nota-se que as pessoas não tomam a responsabilidade da causa para si, o que nos permite concluir que, não necessariamente, há uma mesma compreensão e compromisso com a causa por todos os usuários, alguns mostram interesse superficial pelo tema e contribuem para o debate em questão de maneira não significativa, porém assinalo que ainda é possível observar uma minoria a agir de forma contrária ao padrão analisado. O estudo ainda sugere que a percepção de risco pode contribuir na conversão do engajamento digital em mobilização efetiva. A forma como a ameaça é apresentada, impacta no envolvimento do público. Estratégias que reforcem a urgência dos problemas ambientais e tornem o risco mais tangível, podem resultar em uma melhor comunicação e em ações mais concretas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSEN, J. *Genre, organized knowledge, and communicative action in digital culture.* In: ANDERSEN, J.; SKOUVIG, L. (Eds.). *The Organization of Knowledge: Caught between Global Structures and Local Meaning (Studies in Information).* v. 12. Bingley: Emerald Group Publishing, 2017. p. 1–16.

CAMPANILLI, M.; SCHAUFFER, W. B. *Mata Atlântica: Manual de adequação ambiental.* Brasília: MMA/SBF, 2010.

CAMPOS, R.; PEREIRA, I.; SIMÕES, J. A. Ativismo digital em Portugal: um estudo exploratório. Disponível em: http://www.scielo.mec.pt/pdf/spp/n82/n82a02.pdf. Acesso em: 22 abr. 2019.

CASTELLS, M. *Networks of Outrage and Hope: Social Movements in the Internet Age.* Cambridge; Malden, MA: Polity Press, 2012.

DI GIULIO, G. M.; RIBEIRO, H.; ASSUNÇÃO, J. V. Percepção de risco: um campo de interesse para a interface ambiente, saúde e sustentabilidade. *Saúde e Sociedade*, v. 24, n. 4, p. 1217-1231, 2015.

FUCHS, C. *Foundations of Critical Media and Information Studies.* Nova Iorque: Routledge, 2011.

SÁDABA, I.; ROIG, G. Nodo50: território virtual para los movimientos sociales y la acción política. In: SÁEZ, V. M. (Coord.). *La Red Es de Todos. Cuando los Movimientos Sociales se Apropian de la Red.* Madrid: Editorial Popular, 2004.

SÁEZ, V. M. Communicación, redes y cambio social. In: SÁEZ, V. M. (Coord.). *La Red Es de Todos. Cuando los Movimientos Sociales se Apropian de la Red.* Madrid: Editorial Popular, 2004.

TAMAYO, E.; BURCH, S.; ENRIQUEZ, O. Internet y organiziaciones sociales: un estudio exploratório. In: SÁEZ, V. M. (Coord.). *La Red Es de Todos. Cuando los Movimientos Sociales se Apropian de la Red.* Madrid: Editorial Popular, 2004.

EDUCAÇÃO PARA REDUÇÃO DE RISCOS E DESASTRES: EXPERIÊNCIAS NO ESTADO DE SANTA CATARINA/BRASIL

EDUCATION FOR DISASTER RISK REDUCTION: EXPERIENCES IN THE STATE OF SANTA CATARINA/BRAZIL

Ariadne Farias[1], Regina Panceri[2], Masato Kobiyama[3]

1 Universidade do Vale do Itajaí, ariadne@univali.br

2 Secretaria de Estado de Proteção e Defesa Civil de Santa Catarina, gepex@defesacivil.sc.gov.br

3 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, masato.kobiyama@ufrgs.br

RESUMO

O estado de Santa Catarina (SC), Brasil, vem sendo severamente afetado pelos eventos climáticos extremos nas últimas décadas, destacando-se pelo fomento de políticas de Proteção e Defesa Civil que viabilizam ações integradas de redução de riscos e desastres. Nessa perspectiva, a Educação para Redução de Riscos e Desastres (ERRD) é fundamental na preparação às mudanças climáticas, pelo alto impacto positivo na sociedade. Este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados preliminares de uma pesquisa exploratória-descritiva sobre algumas práticas da ERRD realizadas nas instituições de SC, contemplando professores e alunos do Ensino Fundamental, além dos acadêmicos da Universidade do Vale do Itajaí. Os resultados demonstraram a importância da ERRD com base nas ações: o Programa Defesa Civil na Escola; visitas técnicas ao Centro Integrado de Gerenciamento de Riscos e Desastres; práticas realizadas em sala de aula para a criação de recursos educacionais digitais; e atividades complementares em oficinas.

Palavras-Chave: Educação para Redução de Riscos e Desastres. Recursos Educacionais Digitais. Práticas Educativas. Programa Defesa Civil na Escola. Santa Catarina.

ABSTRACT

In the last decades, Santa Catarina state (SC), Brazil, has been severely affected by extreme weather events, standing out for the promotion of Civil Protection and Defense policies that enable integrated actions to reduce risks and disasters. Then, the Education for Disaster Risk Reduction (EDRR) practices are fundamental in preparing for climate change, due to their highly-positive impact on society. This work aims to present the preliminary results of an exploratory-descriptive research about some EDRR practices implemented at SC institutions, including teachers and pupils of elementary schools, as well as students of the Universidade do Vale do Itajaí. The results demonstrated the importance of EDRR based on the actions: the Civil Defense in School Program; technical visits to the Integrated Center for Risk and Disaster Management; practices performed in the classroom to create digital educational resources; and innovative activities through workshops.

Keywords: Education for Disaster Risk Reduction. Digital Educational Resources. Educational Practices. Civil Defense Program in Schools. Santa Catarina.

1 INTRODUÇÃO

A relação entre educação e redução de riscos de desastres é tratada, mundialmente, pela Iniciativa Mundial para Escolas Seguras (*Worldwide Initiative for Safe Schools*) do Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNDRR, 2019). Conjuntamente, escolas, agências e governos devem promover a segurança escolar globalmente com enfoque na segurança de infraestrutura, preparação e inclusão de redução de riscos de desastres nos currículos escolares.

A Educação para Redução de Riscos e Desastres (ERRD) refere-se ao processo de ensinar, aprender e reaprender sobre as questões relacionadas às causas das mudanças climáticas, bem como sobre a busca por estratégias de adaptação para que se possa minimizar os impactos na sociedade, promovendo o conhecimento e incentivando a participação da comunidade (CEMADEN, 2023). As práticas de ERRD possibilitam ampliar o entendimento sobre como e de que forma as atividades humanas contribuem para a intensificação das mudanças climáticas e como é possível realizar ações de mitigação e de adaptação visando o aumento da resiliência da sociedade, para que, juntamente com o Estado, a população esteja cada vez mais preparada para enfrentar os eventos adversos a que se encontra exposta.

No Brasil, a Lei Nº 12.608/2012, que dispõe sobre a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), no Art. 9º - Compete à União, aos Estados e Municípios, em seu art. IV, indica o estabelecimento de medidas preventivas de segurança contra desastres em escolas e hospitais situados em áreas de risco. Essa Lei ainda muda o artigo 26 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação – ou Lei nº 9.394/1996, que define e regulariza a organização da educação brasileira, no parágrafo 7º que determina que “Os currículos do ensino fundamental e médio devem incluir os princípios da proteção e defesa civil e a educação ambiental de forma integrada aos conteúdos obrigatórios.” (BRASIL, 2012).

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU) também apoiam e incidem sobre a ERRD, em especial o ODS 4 - Educação de Qualidade, ao propor, dentre as suas metas, que todos os estudantes adquiram conhecimentos e habilidades necessárias para promover o desenvolvimento sustentável e estilos de vida sustentáveis, direitos humanos, igualdade de gênero, promoção de uma cultura de paz e não violência, cidadania global e valorização da diversidade cultural e da contribuição da cultura para o desenvolvimento sustentável (IPEA, 2025a).

Além disso, o ODS 13 trata sobre a Ação Contra a Mudança Global do Clima, de modo a contribuir para melhorar as estratégias de educação, aumentar o nível de conscientização e a capacidade humana e institucional sobre a mitigação, adaptação, redução de impacto e alerta precoce da mudança do clima; e, ampliar o grau em que a educação para a cidadania global e a educação para o desenvolvimento sustentável são integradas nas políticas nacionais de educação, nos currículos escolares, formação contínua de professores, bem como nos processos de avaliação de estudantes (IPEA, 2025b).

Em consonância com a legislação vigente e com os ODS acima mencionados, a ERRD compreende ações desde o ensino fundamental, médio e universitário, além de ações amplas de capacitação, de integração de conhecimentos formais e locais, desenvolvimento de políticas públicas, promoção da sustentabilidade, envolvimento comunitário e avaliação de impacto, visando aumentar a resiliência e reduzir os riscos em face de desastres e mudanças climáticas. Com esse intuito, são realizadas diversas práticas

educativas em todo o Brasil. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é demonstrar como algumas ações na ERRD vêm sendo implementadas no estado de Santa Catarina.

2 METODOLOGIA

Para tanto, foi realizada uma pesquisa de natureza exploratória-descritiva, de caráter qualitativo, para descrever as práticas educativas, de modo a fornecer informações para uma investigação mais detalhada em trabalhos futuros e demonstrar possibilidades de aplicação na ERRD. A pesquisa se deu por meio da colaboração técnico-científica entre as autoras, que representam as instituições envolvidas, e que foram responsáveis pela organização e implantação das práticas descritas, cada autora no seu campo de atuação que abrange atividades de ensino, pesquisa e extensão. Além disso, o diálogo interdisciplinar no âmbito dos Grupos de Pesquisa[1] que o(as) autor(as) encontra(m)-se inserido(as) favoreceu o processo de investigação por meio das discussões acerca da temática proposta.

A metodologia do trabalho consistiu nos seguintes procedimentos: revisão do referencial teórico; consulta ao banco de dados do Programa Defesa Civil na Escola (PDCE); organização do banco de dados das práticas de ERRD implementadas no âmbito acadêmico, entre os meses de agosto de 2024 e fevereiro de 2025; análise de documentos institucionais, legislação vigente, relatórios acadêmicos e materiais didáticos elaborados nas disciplinas contempladas dos Cursos de Graduação em Oceanografia e Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade do Vale do Itajaí (Univali); e, escrita colaborativa feita pelo(as) autor(as) deste artigo, por meio da plataforma Google Documentos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da pesquisa encontram-se relatados na sequência e demonstram as estratégias e metodologias aplicadas com foco na ERRD no estado de Santa Catarina, com a descrição das seguintes ações selecionadas: a) o Programa Defesa Civil na Escola; b) visitas técnicas ao Centro Integrado de Gerenciamento de Riscos e Desastres; c) práticas realizadas em sala de aula para a criação de recursos educacionais digitais (REDs); e, d) outras atividades acadêmicas implementadas por meio de oficinas.

3.1 Programa Defesa Civil na Escola

O Programa Defesa Civil na Escola (PDCE) é uma iniciativa da Secretaria de Estado da Proteção e Defesa Civil de Santa Catarina (SDC), desenvolvido em parceria com a Secretaria de Estado da Educação. É um programa de caráter preventivo, que prepara estudantes e professores para a autoproteção, a redução dos riscos, a resiliência e ações comunitárias, preferencialmente junto aos estudantes do 7º ou do 6º ano, que se encontram, na maioria das vezes, na faixa etária entre 11 e 14 anos de idade possibilitando que atuem como multiplicadores e protagonistas no âmbito escolar junto ao Núcleo Escolar de Proteção e Defesa Civil (GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA, 2023).

[1] Os Grupos de Pesquisa certificados pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) mencionados neste trabalho são: Laboratório de Gestão Integrada de Riscos e Desastres (CEPED/UDESC) e Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN/IPH/UFRGS).

Atualmente, o PDCE é o único programa que faz a curricularização dessa temática no Brasil, e tem como objetivo geral curricularizar a temática de proteção e defesa civil capacitando alunos e professores para atuarem de forma compartilhada e eficaz na educação e na redução de riscos e de desastres junto a comunidade e a Defesa Civil local. Os objetivos específicos do PDCE são: a) Possibilitar aos participantes e as escolas envolvidas um diferencial no processo de formação acadêmica, de forma a possibilitar que se tornem multiplicadores no âmbito escolar e comunitário; e b) Possibilitar a formação de um Núcleo Escolar de Proteção e Defesa Civil para dar continuidade às ações após a capacitação recebida.

O PDCE teve sua etapa inicial, enquanto um Projeto Piloto, realizada em 2013 em três escolas estaduais, com o 7º ano. Foram testados a metodologia, o conteúdo, a relação com a escola, a identificação de novas possibilidades e o interesse dos participantes. A partir dessa experiência, os materiais foram atualizados e deu-se continuidade ao Projeto posteriormente nos municípios interessados por meio de termo de adesão uma vez que a Secretaria de Estado de Educação ainda não tinha oficializado o termo de cooperação.

Em 2017 teve início a Capacitação dos Professores Municipais em parceria com as Secretarias Municipais de Educação, Coordenadorias Regionais de Defesa Civil e Coordenadorias Municipais de Defesa Civil interessadas na temática como uma disciplina ou conteúdo transversal. Em 2019, foi oficializado como Programa Defesa Civil na Escola por meio da Portaria nº 103 de 05/12/2019, e foi firmado Termo de Cooperação Técnica com a Secretaria Estadual de Educação, sendo que neste ano foram atendidas 29 escolas e 974 participantes. Em 2020, em função da pandemia, teve início da capacitação à distância dos professores (170 participantes) e a atuação junto ao PlanCon Edu Covid-19 (Plano de Contingência da Educação Covid 19) que impactou aproximadamente 20.170 participantes e foi um meio de divulgar o PDCE junto a comunidade escolar.

Em 2021, com a publicação do Decreto Nº 1382/2021, o PDCE foi instituído como um programa obrigatório em todo o território catarinense, para as escolas públicas e privadas, que ofertam o 6º ou o 7º ano do ensino fundamental, sendo que a adesão deveria ser feita até o ano de 2024. Neste mesmo ano, deu-se continuidade a capacitação EaD dos professores pela plataforma da SDC e com o Decreto houve um grande avanço na ERRD no âmbito estadual. Outro fator importante é que a participação das escolas está condicionada ao Acordo de Cooperação Técnica, oficializando a adesão por 5 anos, sendo que para as escolas municipais o acordo é assinado pelo prefeito e as escolas estaduais e privadas pelo diretor. A Tabela 1 apresenta os números de municípios, escolas, professores e alunos contemplados pelo PDCE desde o primeiro ano, em 2013, até o ano de 2024.

Tabela 1 – Adesão ao Programa Defesa Civil na Escola entre os anos 2013 e 2024

ANO	MUNICÍPIOS	ESCOLAS	PROFESSORES	ALUNOS
2013	3	3	15	150
2014	1	1	3	31
2015	0	15	15	1350
2016	0	22	22	1600
2017	9	9	36	1813
2018	10	19	121	2040
2019	12	24	126	858

ANO	MUNICÍPIOS	ESCOLAS	PROFESSORES	ALUNOS
2020	22	41	179	2686
2021	64	108	346	8889
2022	99	203	323	10285
2023	209	643	625	38000
2024	238	893	1730	53000

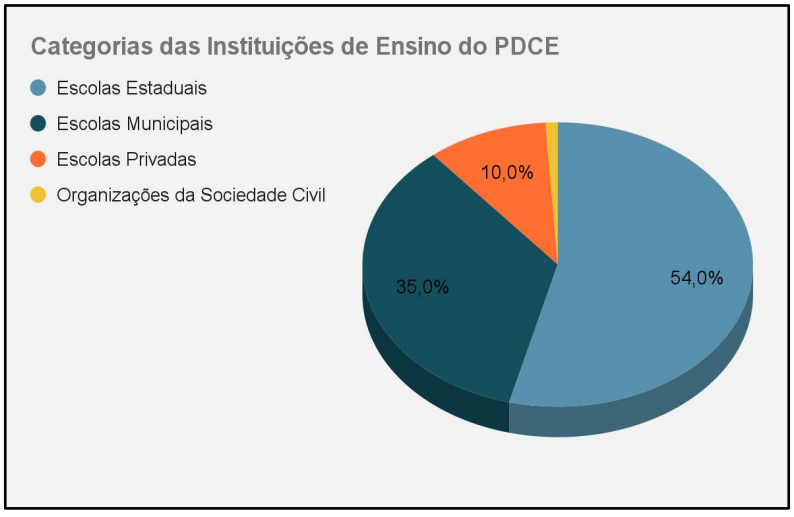
Fonte: Elaborada pelas autoras, 2025.

Observa-se na Tabela 1 que, entre os anos de 2015 e 2016, não foram estabelecidos termos de cooperação municipais **oficiais** com a SDC. No entanto, as escolas deram continuidade ao processo, sendo que, durante esse período, 37 escolas fizeram a adesão ao PDCE, e 37 professores e 2.950 alunos foram atendidos pelo Programa.

Desde o ano de implantação do PDCE, em 2013, a adesão ao Programa tem aumentado exponencialmente ao longo da última década, com um aumento significativo a partir do ano de 2021 conforme destaque na Tabela 1, momento marcado pelos desafios que as escolas enfrentaram durante os dois primeiros anos da pandemia causada pelo Coronavírus. Outra razão para o aumento significativo de escolas se deu com a publicação do Decreto 1382/2021 que institui o PDCE como obrigatório para todo o território catarinense, para as escolas das redes pública estadual, municipal e privada que ofertam o 6º ou o 7º ano do ensino fundamental.

Também é possível observar a progressão quantitativa de adesão das escolas, bem como a evolução do número de professores e alunos que participaram do PDCE no período entre os anos de 2013 a 2024, chegando-se ao total de 1.730 professores e 53 mil alunos em 2024. Do total de 893 escolas que aderiram ao PDCE no ano de 2024, o montante de 478 são escolas estaduais (54%), 312 escolas são municipais (35%), 91 escolas são privadas (10%) e 12 instituições de ensino são organizações da sociedade civil (1%), presentes nos 238 municípios contemplados pelo PDCE, o que corresponde a 80% do total de 295 municípios do estado de Santa Catarina (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Percentual das categorias institucionais de ensino que integram o Programa Defesa Civil na Escola.



Fonte: Elaborada pelas autoras, 2025.

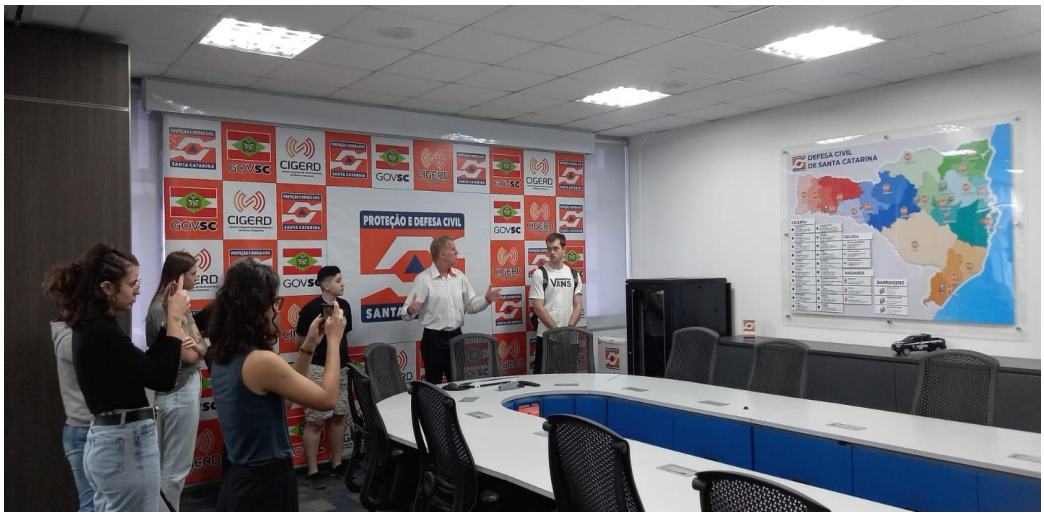
Em 2024 foi feita a atualização dos materiais e conteúdo do PDCE e, para tanto, contou-se com o apoio de professores, supervisores e gestores que já atuam no Programa há algum tempo, com especialistas vinculados à SDC e ao Comitê Técnico Científico da SDC, bem como de outros colaboradores que atuaram conjuntamente durante o período de três (03) meses de forma presencial e *on-line*. A partir de 2025, todos os materiais terão audiodescrição e linguagem de libras, ampliando a acessibilidade e a inclusão nas escolas de Santa Catarina, por meio de uma parceria estabelecida com a Fundação Catarinense de Educação Especial. Também serão incluídos os materiais didáticos produzidos pelos acadêmicos da Univali, denominados de recursos educacionais digitais (REDs), detalhados no subitem 3.3.2 deste artigo.

Conforme destaca o Projeto Político Pedagógico do PDCE (GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA, 2023), além de favorecer o desenvolvimento cognitivo do educando e de contribuir para o exercício da cidadania e do protagonismo social, a escola é um espaço coletivo de apropriação, produção, reflexão, reelaboração do conhecimento e, portanto, o espaço viável, possível e necessário para a implementação de ações de prevenção, mitigação e preparação de desastres. Com base nesse preceito, o PDCE enfatiza a construção de uma cultura de riscos no espaço escolar que se insere, e coopera com as Instituições de Ensino Superior (IES) do estado de Santa Catarina, ao receber a visita técnica dos acadêmicos e ao possibilitar espaços para a aplicação de projetos de pesquisa e extensão universitária, a exemplo das práticas descritas nos próximos itens deste artigo.

3.2 Visita técnica ao Centro Integrado de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CIGERD)

Foram realizadas duas visitas técnicas ao Centro Integrado de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CIGERD), em Florianópolis/SC. A primeira, no dia 24 de setembro de 2024, teve a participação dos acadêmicos matriculados nas disciplinas de Evolução e Proteção Costeira e Sistemas de Drenagem e Irrigação, respectivamente dos Cursos de Oceanografia e de Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade do Vale do Itajaí (Univali/Campus Itajaí). A Figura 1 registra o momento em que os acadêmicos conheceram a sala de reuniões do gabinete do Secretário da Proteção e Defesa Civil de Santa Catarina.

Figura 1 - Registro da visita técnica ao Centro Integrado de Gerenciamento de Riscos e Desastres em 24 de setembro de 2024.



Fonte: Acervo de FARIAS, 2024.

A segunda visita foi feita pelos discentes matriculados na disciplina Análise de Risco Ambiental, do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Univali/Itajaí, no dia 19 de fevereiro de 2025. Assim como na oportunidade anterior, os acadêmicos conheceram a estrutura operacional e as tecnologias disponíveis para o monitoramento das condições climáticas em Santa Catarina, por meio de quatro radares meteorológicos[2] e uma antena de captação de imagens do satélite GOES 16 (*Geostationary Operational Environmental Satellite*). A Figura 2 apresenta um exemplo no Centro Integrado de Operações.

Figura 2 - Acadêmicos conhecem as tecnologias do Centro Integrado de Operações, durante a visita técnica em 19 de fevereiro de 2025.

Fonte: Acervo de FARIAS, 2025.

[2] Informações disponibilizadas pela Secretaria de Proteção e Defesa Civil de Santa Catarina (GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA, 2025) no *link*: http://sifap.defesacivil.sc.gov.br/radarsc/.

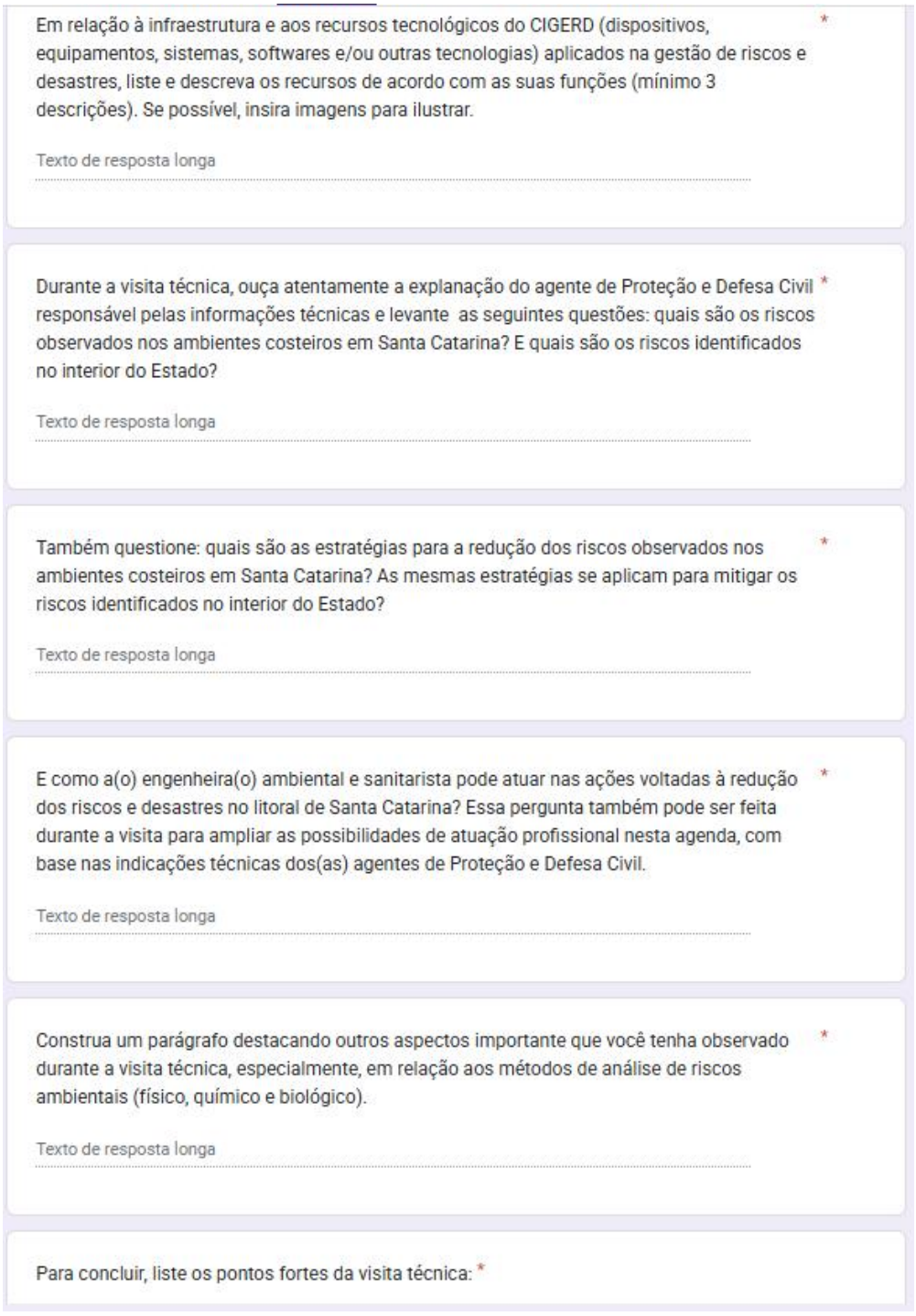
Guiados pelo agente de Proteção e Defesa Civil – Sargento Alexandre Argolo Sampaio (Figuras 1 e 2), os acadêmicos tiveram a oportunidade de construir um diálogo interdisciplinar com os especialistas das áreas que compõem o CIGERD e conheceram alguns aspectos do trabalho desenvolvido pelas equipes técnicas responsáveis pelos sistemas de Monitoramento e Alerta, Meteorologia, Hidrometeorologia, Geologia, Mapeamento de Áreas de Risco, Planos de Contingência, Planos de Ações Emergenciais, Gestão de Crise e Respostas a Desastres.

Além disso, os objetivos específicos das visitas técnicas ao CIGERD foram: a) correlacionar os conceitos e as abordagens feitas em sala e as observações *in loco* de um sistema integrado de gestão de riscos e desastres; b) observar a infraestrutura e as tecnologias e conhecer as estratégias aplicadas ao gerenciamento integrado dos riscos e desastres no âmbito das ações da Secretaria de Proteção e Defesa Civil de Santa Catarina; c) conhecer o PDCE, enquanto uma estratégia da ERRD; d) identificar possibilidades de atuação profissional nos processos que envolvem a gestão no âmbito estadual, com foco na redução de riscos e desastres, e de acordo com as atribuições das áreas de formação dos discentes; e e) estimular o engajamento nas atividades de extensão universitária, especialmente, voltadas à criação de estratégias de ERRD para o PDCE.

Na Univali a visita técnica é considerada uma saída de campo e um relatório técnico das atividades foi utilizado como instrumento de avaliação dos resultados obtidos, além de compor o processo de avaliação institucional e, portanto, utilizado na ponderação da média final das disciplinas. De modo a automatizar o processo de avaliação, a plataforma *Google Forms* serviu como recurso para a elaboração do roteiro de sentenças que orientou as observações em campo e a elaboração dos relatórios. Um *link* de acesso ao formulário do Relatório Técnico para cada disciplina foi gerado pela plataforma, e o *e-mail* automático foi encaminhado para o endereço dos discentes, anteriormente à visita ao CIGERD.

Para exemplificar o processo de avaliação e demonstrar os resultados obtidos, foi feita a análise do conteúdo dos relatórios que nortearam as visitas técnicas, nessa pesquisa foi selecionado o formulário preenchido pelos discentes matriculados na disciplina de Análise de Risco Ambiental. A Figuras 3 apresenta a terceira página da estrutura do Relatório Técnico, da visita realizada no mês de fevereiro de 2025.

Figura 3 - Estrutura do Relatório Técnico automatizado pela plataforma Google Forms (p. 3).



Fonte: Elaborada por FARIAS, 2025.

Em resposta à última sentença do formulário, alguns dos principais pontos fortes da visita técnica ao CIGERD mencionados pelos acadêmicos correspondem aos objetivos alcançados. Seguem alguns exemplos:

Resposta A: observação da infraestrutura e tecnologias avançadas; integração multidisciplinar entre diferentes profissionais; aplicação de métodos de análise de

riscos ambientais; conscientização e educação por meio do PDCE; inspiração para a atuação profissional na área de gestão de riscos e desastres.

Resposta B: o conhecimento do local de atuação, aliado à aplicação da Engenharia Ambiental e Sanitária, é essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes na gestão de riscos e desastres; o PDCE desempenha um papel fundamental na conscientização e educação da população, promovendo a cultura de prevenção desde cedo; a utilização de metodologias de análise meteorológica, combinada com a aplicação de estudos e ferramentas especializadas, possibilita a integração de um banco de dados estruturado, facilitando o compartilhamento de informações entre diferentes órgãos governamentais e aprimorando a tomada de decisões em situações emergenciais.

Ao analisar os relatórios, constatou-se que uma das discentes que participou das duas visitas técnicas – pois, estava matriculada na disciplina de Sistemas de Drenagem e Irrigação no segundo semestre de 2024 – destacou a apresentação dos resultados da Oficina Cartografia dos Riscos Socioambientais aos técnicos do CIGERD e à coordenadora do PDCE. Na Figura 4, observa-se os discentes apresentando o Mapa Colaborativo dos Riscos Socioambientais de Itajaí/SC, elaborado durante a Oficina realizada como Projeto de Extensão Universitária da disciplina, no mês de fevereiro de 2025. Essa prática segue descrita no item 3.4, no âmbito das atividades complementares.

Figura 4 - Apresentação dos acadêmicos na segunda visita técnica ao CIGERD.

Fonte: Acervo de Farias, 2025.

Esses são alguns dos resultados que repercutiram de forma direta no processo de ensino-aprendizagem e na formação acadêmico-profissional dos discentes. Além disso, as contribuições das visitas técnicas estimularam outras estratégias desenvolvidas em sala de aula e nas das atividades complementares. A exemplo disso, as práticas de ERRD, descritas no próximo item, apresentam os materiais didáticos criados pelos discentes dos Cursos de Oceanografia e Engenharia Ambiental e Sanitária da Univali, motivados pela primeira visita ao CIGERD, em setembro de 2024.

3.3 Práticas realizadas em sala de aula: recursos educacionais digitais (REDs)

3.3.1 Projeto de Piloto de Extensão aplicado na disciplina de Evolução e Proteção Costeira

Nesta prática de ERRD, os acadêmicos do Curso de Oceanografia da Univali, matriculados na disciplina de Evolução e Proteção Costeira durante o segundo semestre de 2024, tiveram uma carga horária de 10h para desenvolver uma atividade de Extensão Universitária sobre o tema "Defesa Civil na Escola e os riscos no Litoral de Santa Catarina", de acordo os seguintes objetivos: a) Identificar e listar os riscos costeiros no Litoral Catarinense, com base nas observações feitas durante a visita técnica ao CIGERD em setembro/2024; b) Investigar, selecionar e sistematizar os conteúdos para abordar a problemática proposta; c) Adequar a linguagem da comunicação de riscos e desastres para crianças do 6º e 7º ano do Ensino Fundamental; e d) Elaborar um recurso educacional digital (RED)[3] para comunicar, de forma interdisciplinar, os principais riscos identificados no litoral de SC.

Para atingir os objetivos específicos, foram definidas as trilhas de construção do Projeto Piloto de Extensão, a saber: a) Fazer a análise dos materiais de apoio, disponíveis nos *links* indicados para pesquisa e preparação; b) Participar das oficinas de estudo dirigido para a elaboração do roteiro do Projeto Piloto; e, c) Construir o Projeto Piloto, de acordo com os seguintes itens: (i) problemática (identificação do problema); (ii) objetivo; (iii) justificativa; (iv) metodologia (roteiro de desenvolvimento, materiais e recursos); (v) resultado: recurso educacional digital; e (vi) considerações/sugestões para aprimoramento.

Esta prática propiciou aos discentes a experiência da Extensão por meio da criação de um RED com potencial de ser aplicado no campo da ERRD. Como instrumento para a atividade, durante as oficinas/aulas orientou-se a construção de um roteiro temático que serviu de conteúdo para a criação de um jogo pedagógico sobre a temática "Riscos costeiros: identificar e proteger". Os resultados foram apresentados pelos acadêmicos à coordenadora do PDCE, no dia 02 de dezembro de 2024.

O jogo pedagógico, no formato de RED, criado pelos discentes recebeu o título de “Zona Segura” e está disponível para *download* na pasta da plataforma da *Microsoft OneDrive* da disciplina, pelo *link*: Recurso Educacional Digital (RED) da disciplina de Evolução e Proteção Costeira do Curso de Oceanografia da Univali - Turma 2024. Para que os resultados dessa prática de ERRD possam ser amplificados, será proposta a inclusão do jogo na MEC RED, uma plataforma do Ministério da Educação (MEC, 2025) que permite o acesso, compartilhamento e criação de REDs. A plataforma é desenvolvida de forma colaborativa por uma comunidade de professores, estudantes e bolsistas.

3.3.2 Desafio lançado na disciplina de Sistemas de Drenagem e Irrigação

Ainda no âmbito acadêmico, foi lançado um desafio aos graduandos do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Univali, matriculados na disciplina de Sistemas de Drenagem e Irrigação, também no segundo semestre de 2024, como metodologia de avaliação de Atividades Curriculares (AC) para compor a média final da disciplina. A prática de ERRD consistiu na criação de REDs voltados ao PDCE, com foco na prevenção de desastres. Como resultado, os acadêmicos criaram dois vídeos informativos sobre as orientações de como agir em situações de tempestades e inundações. A Figura 5 ilustra um

[3] De acordo com o Ministério da Educação (MEC, 2025), os Recursos Educacionais Digitais (REDs) são ferramentas, conteúdos, plataformas e equipamentos digitais que apoiam a aprendizagem.

trecho do vídeo sobre as orientações para montar um *kit* de emergência, de modo a se prevenir de eventos climáticos extremos.

Figura 5 - Imagem retirada do vídeo “Tempestades”, criado pelos acadêmicos na disciplina de Sistema de Drenagem e Irrigação, no segundo semestre de 2024.

Fonte: Acervo de Farias, 2025.

Os REDs foram apresentados pelos acadêmicos à coordenadora do PDCE, no dia 19 de novembro de 2024, momento em que receberam as sugestões de adequação e, também, foi feita a validação do conteúdo elaborado e da tecnologia utilizada, além do convite para que os vídeos fossem incorporados na atualização do material dos professores e alunos do PDCE. O desenvolvimento da atividade curricular de avaliação seguiu as mesmas estratégias metodológicas da prática anteriormente descrita e, portanto, seguiu-se as trilhas de construção por meio de oficinas realizadas em sala de aula, bem como a elaboração de um roteiro temático que serviu de conteúdo para a criação dos REDs.

Embora esta prática não esteja inserida em um Projeto de Extensão institucional da Univali - pois, a referida disciplina não continha carga horária prevista para tal, pode ser considerada uma das ações de ERRD de maior alcance dentre as práticas realizadas no âmbito acadêmico e descritas neste artigo, uma vez que poderá ser aplicada nas escolas que integram o PDCE e com potencial de chegar aos 53 mil alunos do Programa. Para tanto, o material está em fase de edição pela Fundação Catarinense de Educação Especial, conforme mencionado no subitem 3.1. Após a sua publicação no material do PDCE, a intenção é que os vídeos também sejam disponibilizados na plataforma MEC RED e, assim, se consolidem como um recurso didático para a ERRD com amplo alcance na sociedade brasileira.

3.4 Práticas realizadas no campo institucional das atividades complementares: oficina de Cartografia dos Riscos Socioambientais

A Oficina de Cartografia dos Riscos Socioambientais: metodologias e estratégias em Redução de Riscos e Desastres (RRD) faz parte de uma ação voluntária junto ao CIGERD e ao PDCE, uma parceria de trabalho voluntário realizada em setembro de 2024 junto à

Gerência de Pesquisa e Extensão da SDC, e que busca desenvolver metodologias ativas e materiais didáticos para a construção de estratégias da ERRD.

O objetivo da Oficina é possibilitar aos participantes os instrumentos (teóricos e práticos) para conhecer e aplicar metodologias de mapeamento comunitário de riscos socioambientais e desenvolver estratégias para a redução de riscos de desastres, que considerem as especificidades locais e promovam a inclusão da comunidade nesse processo de construção colaborativa. O plano de trabalho prevê a realização de Oficinas de forma orgânica e sistêmica, ao serem aplicadas em diferentes contextos de criação e convivência que configuram as esferas acadêmica, escolar, organizações públicas e privadas, comunidades locais, entre outros espaços.

Enquanto metodologia ativa, a proposta da Oficina é que todos os participantes sejam coautores desse processo e, a cada atividade realizada, possa surgir uma nova criação colaborativa dos sujeitos que passará a ser incorporada como enredo de trabalho para nortear e estimular as próximas experiências a serem compartilhadas em um outro contexto social. A prática é conduzida por uma docente de carreira universitária, com formação em Licenciatura em Geografia e conhecimento técnico-científico na área de gestão de riscos e desastres, que atua como facilitadora da construção de um conhecimento que é, ao mesmo tempo, geográfico e interdisciplinar.

Além da diversidade das áreas de formação acadêmico-profissional dos participantes, bem como das variadas áreas do conhecimento daqueles que ainda estejam nos cursos de graduação, a interdisciplinaridade ocorre por meio da abordagem socioambiental dos riscos presentes no cotidiano de diferentes realidades locais e a serem identificados por meio dos recursos da cartografia e da iconografia. Nesse contexto, a metodologia de mapeamento colaborativo passou por dois espaços de aplicação/validação:

a) No primeiro, teve a participação de 25 inscritos na Oficina de Cartografia dos Riscos Socioambientais durante o IV Seminário Catarinense de Educação em Redução de Riscos e Desastres, realizado pelo CEPED/UDESC no mês de novembro/2024, em Florianópolis. O público foi composto por acadêmicos da graduação e pós-graduação, professores da rede de ensino estadual de Santa Catarina, técnicos da Defesa Civil de Santa Catarina e Minas Gerais. Também houve a presença de um professor universitário e do especialista em Resiliência (ex-coordenador do UNISDR-CERRD). A Figura 6 apresenta o registro dos participantes durante a atividade de mapeamento colaborativo.

Figura 6 - Registro da Oficina de Cartografia dos Riscos Socioambientais, durante o IV Seminário Catarinense de Educação em Redução de Riscos e Desastres.

Fonte: Acervo de Kobiyama, 2024.

b) No segundo espaço, a metodologia contou com a colaboração dos acadêmicos do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Univali, matriculados na disciplina de Análise de Risco Ambiental, durante as práticas curriculares que contemplaram a carga horária dedicada ao Projeto de Extensão Universitária dessa disciplina.

No âmbito institucional, o Projeto de Extensão Universitária está previsto na Resolução Nº 037/CONSUN-CaEn/2021, que regulamenta as Atividades Complementares dos Cursos de Engenharia Ambiental e Sanitária, Engenharia Civil, Engenharia de Produção, Engenharia Mecânica e Engenharia Química da Univali. De acordo com o Art. 107 da Resolução, as Atividades Complementares compreendem “(...) os estudos e as atividades realizadas pelo acadêmico, vinculadas ao ensino, pesquisa, **extensão**, inovação e internacionalização” (UNIVALI, 2021, p. 55), conforme as categorias descritas no regulamento. Assim, define-se por Extensão “as atividades desenvolvidas e disseminadas junto à comunidade, a partir do conhecimento adquirido com o ensino e a pesquisa na Universidade”.

Além de cumprir o propósito da referida Resolução, enquanto Atividade Complementar, a Oficina de Cartografia dos Riscos Socioambientais também converge com alguns dos objetivos definidos pela Política Nacional de Extensão Universitária, apresentada pelo Fórum de Pró-Reitores de Extensão das Instituições Públicas de Educação Superior Brasileiras (2012). Desse modo, os resultados da Oficina podem ter alcançado, de maneira direta ou indireta, os objetivos de:

> Reafirmar a extensão universitária como processo acadêmico definido e efetivado em função das exigências da realidade, indispensável na formação do estudante, na qualificação do professor e no intercâmbio com a sociedade;
> Estimular atividades de extensão cujo desenvolvimento implique relações multi, inter e/ou transdisciplinares e interprofissionais de setores da universidade e da sociedade;
> Criar as condições para a participação da universidade na elaboração das políticas públicas voltadas para a maioria da população, bem como para se

> constituir em organismo legítimo para acompanhar e avaliar a implantação das mesmas;
> Estimular a utilização das tecnologias disponíveis para ampliar a oferta de oportunidades e melhorar a qualidade da educação em todos os níveis;
> Valorizar os programas de extensão interinstitucionais, sob a forma de consórcios, redes ou parcerias, e as atividades voltadas para o intercâmbio e a solidariedade. (FÓRUM DE PRÓ-REITORES DE EXTENSÃO DAS INSTITUIÇÕES PÚBLICAS DE EDUCAÇÃO SUPERIOR BRASILEIRAS, 2012, p. 14-16).

A metodologia vem sendo aprimorada a cada aplicação da Oficina, e será detalhada em trabalhos de pesquisa futuros, quando houver dados suficientes para a sua análise, avaliação e validação. Ademais, a Oficina pode ser considerada como uma prática de ERRD na Extensão Universitária, ao propor “novos meios e processos de produção, inovação e disponibilização de conhecimentos” para a redução de riscos e prevenção de riscos de desastres no Brasil, “permitindo a ampliação do acesso ao saber e o desenvolvimento tecnológico e social do país”, em consonância com o 7º objetivo da Política Nacional de Extensão Universitária (FÓRUM DE PRÓ-REITORES DE EXTENSÃO DAS INSTITUIÇÕES PÚBLICAS DE EDUCAÇÃO SUPERIOR BRASILEIRAS, 2012, p. 15).

Os discentes da Univali, que participaram da Oficina durante a disciplina de Análise de Risco Ambiental, apresentaram o Mapa Colaborativo dos Riscos Socioambientais de Itajaí/SC aos técnicos do CIGERD e à coordenadora do PDCE (Figura 4). Desse modo, a Oficina de Cartografia dos Riscos Socioambientais: metodologias e estratégias em RRD foi aplicada no campo da Extensão Universitária, cumprindo-se os objetivos aos quais se propôs o Projeto de Extensão.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho limitou-se à descrição de algumas práticas de ERRD realizadas no âmbito de atuação dos autores e dentro de um recorte temporal específico (agosto/2024 a fevereiro/2025), mas não exclui a importância de outras iniciativas que vêm sendo promovidas pelas instituições de ensino e órgãos gestores dos municípios catarinenses. Os resultados alcançados nesta pesquisa demonstraram o potencial das metodologias e estratégias aplicadas de forma integrada nas instituições envolvidas, por meio da implantação de políticas públicas (no caso do PDCE) e das atividades curriculares de educação. Ressalta-se, ainda, que as ações foram voltadas para o atendimento das necessidades sociais, de acordo com as linhas de atuação e os diferentes contextos locais em que foram aplicadas.

Como exemplos, o presente trabalho destacou 4 ações: o PDCE, que vem sendo realizado desde 2013; visitas técnicas realizadas pelos acadêmicos da Univali ao CIGERD; práticas realizadas pelos acadêmicos da Univali para produzir materiais educativos, isto é, REDs; e práticas como atividades complementares na Oficina de Cartografia dos Riscos Socioambientais, com participação dos acadêmicos com diferentes níveis, diferentes áreas e diferentes universidades. Todas as ações analisadas possuem relação à ERRD e demonstraram seus efeitos positivos no sentido de aumentar conhecimentos dos participantes sobre RRD. Assim sendo, todas as ações afirmaram a importância da realização das atividades no contexto da ERRD e sua continuidade permanente.

Apesar de não ser um marco da legislação educacional brasileira, a PNPDEC estabelece, nos seus objetivos e diretrizes, a importância de integrar-se às políticas de

ordenamento territorial, desenvolvimento urbano, saúde, meio ambiente, mudanças climáticas, gestão de recursos hídricos, geologia, infraestrutura, **educação**, ciência e tecnologia e às demais políticas setoriais, tendo em vista a promoção do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2012). Incentiva, portanto, a construção integrada de uma cultura de prevenção de desastres no Brasil, onde "a educação tem o potencial de atuar como um agente determinante para essa construção, uma vez que o ambiente escolar está presente na vida dos indivíduos nos principais estágios de desenvolvimento cognitivo". (RODRIGUES, MENDONÇA e SATO, 2022, p. 438).

Os resultados desta pesquisa demonstraram que a escola e a educação estão presentes na construção de uma cultura de redução de riscos e desastres no estado de Santa Catarina. Portanto, é inegável o papel que a escola e a universidade têm no desenvolvimento da percepção dos sujeitos quanto aos riscos socioambientais presentes no cotidiano da sociedade. Essa construção de percepção abrange outras escalas espaciais que vão além do *locus* em que os riscos socialmente construídos se manifestam, é também uma construção de percepção de mundo que se dá por meio das práticas de ERRD.

Além disso, a qualificação dos profissionais que cooperam para a construção dessa percepção é outro elemento de fundamental relevância. As ações de ERRD descritas neste trabalho foram realizadas com o apoio e a dedicação dos professores, pesquisadores e técnicos que atuam nas instituições envolvidas. No âmbito interinstitucional, destaca-se a cooperação entre a Univali, com o apoio da Escola Politécnica e das Coordenações dos Cursos de Oceanografia e Engenharia Ambiental e Sanitária, e o CIGERD, com o apoio dos especialistas e da gerência de Pesquisa e Extensão da SDC, responsável pelo PDCE.

REFERÊNCIAS

BRASIL. *Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC*. Diário Oficial da União: Brasília/DF, p. 1, col. 1, 11 abr. 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm. Acesso em: 14 mar. 2025.

CEMADEN - CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS. *Educação em clima de riscos de desastres*. 2 ed. São José dos Campos: Cemaden, 2023, 96 p. Disponível em: https://educacao.cemaden.gov.br/midiateca/educacao-em-clima-de-riscos-de-desastres-2/. Acesso em: 14 mar. 2025.

FÓRUM DE PRÓ-REITORES DE EXTENSÃO DAS INSTITUIÇÕES PÚBLICAS DE EDUCAÇÃO SUPERIOR BRASILEIRAS. *Política Nacional de Extensão Universitária*. XXXI Encontro Nacional FORPROEX. Porto Alegre: Gráfica da UFRGS, 2012. Disponível em: https://www.ufrgs.br/prorext/wp-content/uploads/2015/10/PNE_07.11.2012.pdf. Acesso em: 10 mar. 2025.

GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA. SECRETARIA DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL. *Radares Meteorológicos de SC*. Disponível em:: http://sifap.defesacivil.sc.gov.br/radarsc/. Acesso em 20 de março de 2025.

_____. *Projeto Pedagógico do Programa Defesa Civil na Escola*. Florianópolis: Diretoria de Gestão de Educação, 2023. Disponível em: https://www.sed.sc.gov.br/programas-e-projetos/programa-defesa-civil-na-escola/. Acesso em: 10 mar. 2025.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: 4. Educação de Qualidade*. Brasília: IPEA, 2025a. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/ods/ods4.html. Acesso em: 14 mar. 2025.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: 13. Ação Contra a Mudança Global do Clima*. Brasília: IPEA, 2025b. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/ods/ods13.html. Acesso em: 14 mar. 2025.

MEC - MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. *Plataforma MEC de Recursos Educacionais Digitais*. Disponível em: https://mecred.mec.gov.br/entrar. Acesso em 25 mar. 2025.

RODRIGUES, L.; MENDONÇA, M. B. de; SATO, A. M. Educação para redução de riscos de desastres: uma perspectiva da legislação vigente no Brasil. *Terra Livre*, ano.37, V.1, n.58, 2022, p.418- 441. Disponível em: https://publicacoes.agb.org.br/terralivre/article/view/2264. Acesso em: 23 mar. 2025.

UNDRR - UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. *Worldwide Initiative for Safe Schools*. Genebra: UNDRR, 2019. Disponível em: https://www.undrr.org/publication/worldwide-initiative-safe-schools-every-new-school-be-safe-disaster. Acesso em: 10 mar. 2025.

UNIVALI - UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ. *Resolução Nº 037/CONSUN-CaEn/2021. Regulamento das Atividades de Conclusão dos Cursos de Engenharia da Univali*. Itajaí: Escola do Mar, Ciência e Tecnologia, 10 mai. 2021.

Agentes voluntários, públicos e privados. Jurisdição e prática social das interações entre voluntariado e Estado

1º autor Vinícius Corrêa[1], 2º autor Rodolfo Bezerra de Menezes Lobato da Costa[2]
1 Universidade Federal do Paraná, vinicius.correa@ufpr.br
2 Universidade Federal do Paraná, rodolfolobato@ufpr.br

RESUMO
O artigo aborda a ação de agentes voluntários nas enchentes de 2023 e 2024 no Rio Grande do Sul, especificamente sobre sua interação com agentes públicos e privados de proteção e defesa civil. Sua metodologia é qualitativa, utilizando dados colhidos em trabalho de campo com as técnicas de entrevista aberta e observação direta, foram estudadas organizações da sociedade civil que executaram ações de proteção e defesa civil nessas inundações. Seu objetivo foi explorar as interações entre organizações da sociedade civil e o Estado nas às enchentes previamente citadas. Para isso, discute as relações sociais entre agentes voluntários, públicos e privados integrando os dados empíricos coletados, o marco regulatório brasileiro de proteção e defesa civil e o conceito de bricolagem institucional.

Palavras-Chave: Políticas de proteção e defesa civil. Interações voluntariado e Estado. Mudanças climáticas. Enchentes no Rio Grande do Sul. Organizações da sociedade civil e desastres.

ABSTRACT
The paper addresses the action of voluntary agents in the 2023 and 2024 Rio Grande do Sul floods, specifically their interaction with public and political agents of protection and civil defense. Its methodology is qualitative, resorting to data gathered through fieldwork, the techniques utilized were open-ended interview and direct observation, the study focused on civil society organizations responsible for protection and civil defense activities on the floods. The objective was to explore interaction among civil society organizations and the state in the context of the aforementioned floods. This was done discussing the social relationships between voluntary, public and political agents, integrating the empirical data, regulatory norms and laws on protection and civil defense and the concept of institutional bricolage.

Keywords: Protection and civil defense policy. Voluntary and State interaction. Climate change. Rio Grande do Sul floods. Civil society organizations and disasters.

1 INTRODUÇÃO

As enchentes são uma realidade recorrente em diversas regiões do Rio Grande do Sul, sobretudo o Vale do Taquari, desde 2023 ocorreram dois eventos climáticos extremos no estado, em setembro de 2023 e maio de 2024. A intensificação desses eventos evidencia cada vez mais o impacto humano nas mudanças climáticas e dessas na vida cotidiana das populações brasileiras.

Cidades como Muçum, cercada por dois rios, Guaporé e Taquari, sofrem com a intrusão da natureza em suas vidas (STENGERS, 2015), o município tem vivido enchentes que ultrapassam as máximas históricas recorrentemente desde 2020, colocando populações humanas e não-humanas em um cenário de convivência explícita com o risco (BECK, 1992). Esse contexto motivou agentes privados e voluntários a se mobilizarem para enfrentar os efeitos das inundações, criando respostas aos desastres.

O voluntariado frequentemente se relaciona com agentes públicos e privados de Defesa Civil, criando relações que são a um só tempo cooperativas e conflituosas, sob as quais voluntários são interpretados de forma ambígua: eles são fundamentais para preservar a vida, garantindo direitos das populações atingidas, enquanto atrapalham a ação de agentes públicos e privados, imiscuindo-se em tarefas complexas que seriam melhor administradas por profissionais da ajuda humanitária, criando riscos compreendidos como desnecessários por agentes públicos.

Diante disso, o objeto deste artigo é a ação dos voluntários nas enchentes de 2023 e 2024, especificamente como o voluntariado cria redes de relações sociais complexas, localmente situadas e circunstanciais com agentes do Estado para responder aos desastres. Para discutir essas dimensões, utilizam-se dados qualitativos coletados em campo junto a organizações da sociedade civil responsáveis por uma diversidade de ações de proteção e defesa civil, desde busca e resgate, manejo logístico de doações, alimentação da população atingida, até a reconstrução de infraestruturas públicas.

Para situar o debate sobre voluntariado e Estado, embasa-se nos marcos regulatórios de proteção e defesa civil brasileiros, inclui-se os seguintes documentos: Política Nacional de Defesa Civil (PNDC) de 2007, que instituiu uma primeira versão da referida política nacional, a lei Nº 12.608 de 10 de abril de 2012, também conhecida por Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, legislação que atualmente versa sobre a questão, os decretos Nº 5.376 de 17 de fevereiro de 2005 e Nº 7.257 de 4 de agosto de 2010 versam –, entre outras disposições –, sobre as relações entre sociedade civil e Estado regulando os chamados Núcleos Comunitários de Proteção e Defesa Civil (NUPDEC). Essas normativas permitiram compreender o cenário regulatório e as diretrizes institucionais que orientam a gestão de riscos e os desastres no Brasil.

A análise é substanciada pelo marco conceitual chamado bricolagem institucional (CLEAVER; de KONING, 2015; FAGGIN; BEHAGEL, 2018; PRADO; SEIXAS; FUTEMMA, 2021), que serve para compreender casos empíricos de interações entre instituições burocráticas e instituições sociais locais, levando em consideração as atribuições de sentido, valores, práticas e visões de mundo diferentes que conformam os mundos estatais e comunitários. Essa abordagem teórica chama atenção para as dinâmicas de poder entre os atores na construção de instituições, pois as pensa como uma obra conjunta na qual os atores estão constrangidos pelas estruturas sociais ao mesmo tempo que possuem margem de

atuação para alterá-las, por isso, Estado e agentes locais são coautores das instituições, ainda que não estejam em pé de igualdade.

O artigo é organizado em cinco partes, a primeira é essa introdução, que serve para situar o debate e definir o objeto empírico, a segunda apresenta os objetivos do artigo; a seção de metodologia detalha o percurso metodológico realizado pelos autores para chegar nos resultados que serão apresentados na seção seguinte. A quarta seção é dividida em três partes, a primeira apresenta dados empíricos sobre o voluntariado, situando as relações entre organizações da sociedade civil e Estado para responder às enchentes de 2023 e 2024 no Rio Grande do Sul, a segunda discute o marco regulatório de proteção e defesa civil no país, e é finalizada pela síntese dos debates com o conceito de bricolagem institucional. A quinta seção conclui o artigo, versando sobre as dinâmicas interativas entre agentes voluntários, públicos e privados, ressaltando a dinâmica criativa, situada e evasiva à legislação vigente.

2 OBJETIVOS

O objetivo do artigo é explorar as interações entre organizações da sociedade civil e o Estado nas respostas às enchentes de 2023 e 2024 no Rio Grande do Sul. Os objetivos específicos são:

- Explorar as dinâmicas interativas entre agentes públicos, privados e voluntários nas respostas a desastres;
- Discutir as tensões entre a legislação de proteção e defesa civil e as iniciativas voluntárias, tendo em mente o referencial teórico da bricolagem institucional;

3 METODOLOGIA

A metodologia do artigo é qualitativa, construída em um trabalho de campo prospectivo no Rio Grande do Sul em novembro de 2024, entre os dias 17 e 22. Esta visita a campo teve como objetivo de analisar respostas sociais a desastres, os atores estudados foram organizações da sociedade civil, incluindo negócios sociais, ONGs, associações comunitárias e movimentos sociais. Essa iniciativa resultou na coleta de dados pela interação direta com comunidades atingidas e organizações da sociedade civil.

O escopo da prospecção de campo abrangeu a região metropolitana de Porto Alegre e o Vale do Rio Taquari, nas cidades de Canoas, Porto Alegre, Guaíba, Encantado, Roca Sales e Muçum. As organizações incluídas neste artigo são o Movimento dos Atingidos por Barragens (MAB) responsável pela distribuição de marmitas em Canoas; um negócio social com fins lucrativos chamado Vvolunteer abrangendo suas ações nas cidades de Encantado, Roca Sales, Muçum e Porto Alegre; a comunidade da Praia do Lami composta de quatro organizações sem fins lucrativos, Amigos do Neni, Associação Nossa Senhora da Luz – uma cooperativa habitacional –, ONG Ester Mulher e Madre Tierra, essa comunidade criou vínculos sociais entre essas organizações para atender os atingidos. Outras organizações serão citadas a partir dos dados coletados com as supracitadas, pois estas foram intermediárias para produzir um conhecimento mais amplo dos agentes voluntários nas enchentes.

As técnicas de coleta de dados foram entrevista aberta, observação direta, relatos de campo, os dados foram registrados em caderno de campo individual, onde o pesquisador registrou anotações, relatos e impressões sobre as visitas e interações. Também foram

incluídas como fontes secundárias como visitas a sites, jornais virtuais e redes sociais das organizações. As normas jurídicas incluídas no *corpus* de análise foram a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei nº 12.608/2012), assim como suas antecessoras a Política Nacional de Defesa Civil, de 2007, os decretos Nº 5.376 de 17 de fevereiro de 2005 e Nº 7.257 de 4 de agosto de 2010.

A observação em campo foi utilizada sob a recomendação de Latour (2012), sob a qual o pesquisador deve "seguir os atores" procurando pistas das associações entre estes. Na prática, os agentes voluntários foram convidados a expressar suas visões de mundo, apontar seus questionamentos e indicar os elementos relevantes para a construção do objeto empírico, de forma que os pesquisadores captaram esses dados a partir de traços deixados pelas considerações dos agentes sobre seu campo de atuação nas enchentes.

Em diversos momentos, os atores apresentaram indícios de interações com agentes públicos e privados, o que foi notado pelos pesquisadores como um tema importante de reconstituição empírica das ações de proteção e defesa civil realizadas. Nesse momento foram realizadas indagações sobre a temática para jogar luz sobre esses dados, com a intenção de aprofundar as informações sobre as interações entre Estado e voluntariado, ou seja, seguir os atores não significa uma coleta de dados passiva em busca de uma mítica reconstituição pura das associações sociais dos atores, afinal o pesquisador intervém na realidade intencionalmente para construir seu objeto de estudo e traçar as linhas que conduzem o trabalho empírico de acordo com o interesse de pesquisa.

A metodologia de análise foi a descrição dos dados empíricos coletados cotejados criticamente com os marcos legais referidos, essa relação foi guiada pelo marco conceitual da bricolagem institucional, que situa as interações entre comunidades e Estado no campo da construção e implementação de instituições burocráticas, assim como sua aceitação ou rejeição por parte da comunidade. Esse referencial teórico auxiliou a compreensão da formação espontânea de interações entre Estado e organizações da sociedade civil, possibilitando debater o debate a formulação de instituições de proteção e defesa civil em relação à agência social dos atingidos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ação voluntária nas enchentes de 2023 e 2024

A realidade caótica de um desastre pode impelir a sociedade civil à ação, no caso das enchentes do Rio Grande do Sul em 2023 e 2024 surgiu uma diversidade de respostas, que ocorreram por ora paralelamente, ora em curiosos cruzamentos com o Estado, sobretudo, quando se trata da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. Este capítulo apresenta primeiramente iniciativas da sociedade civil em resposta às enchentes, em um segundo momento discute a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, por fim aborda a ideia de bricolagem institucional para compreender encaixes entre lei e as iniciativas espontâneas da sociedade civil.

O caso de Encantado é ilustrativo, uma associação originalmente criada para gerir um ponto turístico da cidade transformou seu espaço físico em um centro de distribuição de doações, enquanto isso, a Defesa Civil municipal estava desorganizada, era liderada por um indivíduo sem experiência prévia teórica ou prática em respostas à emergências. Por exemplo,

a Defesa Civil recorria a um profissional especializado em cursos de segurança do trabalho para treinar os agentes de uma Defesa Civil prospectiva, visto que ainda não estava organizada na época das enchentes de maio. Esse profissional tinha experiência tácita como voluntário em resgates, em função da recorrência de inundações no município, por isso foi contatado pela prefeitura local para auxiliar no treinamento da Defesa Civil, assim, a agência prescindia dos recursos estaduais e nacionais para preparação de seus trabalhadores.

Paralelamente, a unidade do Corpo de Bombeiros Militar da cidade de Encantado foi responsável pelos resgates e salvamentos, posicionando-se como agente público de proteção e defesa civil por excelência. A instituição do Corpo de Bombeiros do município é um caso de hibridismo público-privado, é financiada pela Associação Mantenedora do Corpo de Bombeiros da Região Alta do Vale Taquari (AMBRAVAT), uma associação privada liderada por empresários da região, no entanto, a associação capta recursos públicos das treze cidades atendidas pela unidade.

Esta unidade do Corpo de Bombeiros opera como um híbrido institucional, apesar de ser chamada popularmente de Corpo de Bombeiros de Encantado, é uma unidade do Corpo de Bombeiros Militar do Rio Grande do Sul vinculada ao 6º Batalhão de Bombeiros Militares (BBM), sediado em Santa Cruz do Sul. Cada unidade de um BBM atende múltiplas municipalidades, sem por isso se tornar uma instituição municipal vinculada a sua origem. Apesar disso, na prática cotidiana da comunidade é tratado como um corpo separado da corporação estadual, sendo financiado por vínculos locais que misturam investimentos públicos e privados. Nesse processo, uma unidade de uma corporação estadual é financiada por municípios da região do Vale do Taquari.

Em uma cidade vizinha, Muçum, foi formado um *cluster* humanitário para responder às enchentes de setembro de 2023, essa organização era composta pelo negócio social Vvolunteer (VV), propositora do *cluster*, as ONGs Gerando Falcões e Ascendendo Mentes, o Instituto Privado Moinhos de Vento e a prefeitura municipal. Segundo *The Sphere Handbook* (SPHERE ASSOCIATION, 2018, p. 16), manual que guia as ações da empresa Vvolunteer, essa técnica serve para coordenar ações para responder a crises, dividir tarefas, responsabilidades, identificar falhas na cobertura e na qualidade, estabelecer o compartilhamento de informações, instituir um planejamento conjunto e integrar atividades com o objetivo de melhorar os resultados da resposta.

Como resultado das ações do *Cluster* Humanitário, foi realizada a reconstrução da infraestrutura de duas escolas municipais, uma delas restrita às obras do telhado, noutra houve a reabilitação da maior parte da estrutura física abrangendo salas de aula, biblioteca, áreas de recreação infantil e cozinha. A abordagem do *Cluster* Humanitário instituiu uma parceria formal entre organizações da sociedade civil e o Estado com o objetivo de responder às demandas consideradas mais urgentes pela população local e a prefeitura, no caso, as reformas citadas.

A mesma empresa retornou ao Vale do Taquari em 2024, na ocasião das enchentes de maio, atuou na cidade de Encantado com a população haitiana do bairro Navegantes, levando doações, auxílios financeiros para as famílias e auxiliando na sua representação contra dispositivos de negação de direitos aos imigrantes sobre bases racistas. Na capital, a VV executou duas tarefas primordiais na fase emergencial de um desastre, resgates de pessoas e animais e a organização de abrigos, destinou oito pessoas para resgates nas regiões do bairro Arquipélago e no Corredor Humanitário do Gasômetro.

Em parceria com a Associação dos Auditores Fiscais da Receita Estadual do Rio Grande do Sul (AFISVEC) a empresa organizou um abrigo híbrido, para humanos e animais de companhia. Esse abrigo foi construído de acordo com parâmetros de qualidade do manual supracitado, tinha como objetivo se diferenciar dos abrigos temporários tradicionais. Para isso tomou uma série de iniciativas como incluir a população atingida na determinação das regras e decisões, criando um ambiente democrático; manter um ambiente de convivência familiar e privacidade dentro do espaço, incluindo a manutenção dos laços da família com seus animais de companhia; criação de uma rotina de atividades que fosse apropriada à realidade dos atingidos, incluindo crianças, adultos e mulheres; atendimento médico e psicológico aos atingidos; segurança física e mental dos atingidos, preservando o respeito à diversidade.

O abrigo foi reconhecido pelo seu padrão de qualidade pelas autoridades políticas responsáveis pela resposta às enchentes, por conta disso, a VV foi convidada a integrar o *Cluster* Humanitário de Gestão de Crises para as enchentes de maio de 2024, a mediação entre esse órgão de cooperação e a empresa foi realizada pela Secretaria de Assistência Social (SEDES) do governo estadual. A tarefa da Vvolunteer no *cluster* foi, além de receber informes sobre a resposta humanitária e cooperar com as ações de resgate e doações, elaborar um manual para estabelecimento de regras de convivência em abrigos provisórios.

Intitulado “Subsídios para Apoio à Construção de Regras de Convivência nos Alojamentos Provisórios. Calamidade Pública e Emergência: Rio Grande do Sul”, o manual estabelece boas práticas de convivência na construção de abrigos provisórios públicos e voluntários. A cartilha foi elaborada em parceria com a secretaria já citada, o Sistema Único de Assistência Social (SUAS), do Ministério de Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome (MDS), o Ministério dos Direitos Humanos e Cidadania (MDHC) e Agência da ONU para Refugiados (ACNUR) e Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF). O tom do manual é fortemente marcado pela metodologia de trabalho da Vvolunteer, repetindo as iniciativas da empresa no abrigo da AFISVEC como instruções normativas, atualmente esse manual é um dos documentos disponibilizados pelo Estado brasileiro para orientar ações sobre as enchentes no Rio Grande do Sul[1].

O negócio social também promoveu ações educativas com a população atingida, em parceria com a ONG Humus especializada em treinar agentes voluntários para agirem em situações de risco. Em colaboração, ambas as organizações realizaram três encontros do curso “Agente Capaz”, para capacitar lideranças comunitárias de áreas de risco para atuarem na resposta a emergências, o intuito era que essas lideranças comunitárias fossem agentes multiplicadores do conhecimento em suas localidades, promovendo maior resiliência da população atingida.

Organizações com menor grau de formalidade também atuaram nas enchentes. A Praia do Lami é uma região do bairro homônimo, localizada no extremo-sul da cidade de Porto Alegre, banhada pelo Lago Guaíba ela é uma área de risco bastante vulnerável, estando suscetível a enchentes mesmo em situações nas quais o Sistema de Proteção de Cheias do município é efetivo para a região central. Um mecânico náutico atingido pelas enchentes liderou os “Amigos do Lami”, organização emergente com as enchentes que visava angariar doações, construir uma cozinha solidária e defender a população atingida do bairro.

[1] Brasil. Informativos operação Rio Grande do Sul. 9 mai. 2024. On-line. Governo Eletrônico Brasileiro. Disponível em: https://www.gov.br/mds/pt-br/acoes-e-programas/calamidades-publicas-e-emergencias/informativos-operacao-rio-grande-do-sul/. Acesso em 29 mar. 2025.

A organização informal se localizava em um barracão, que se tornou uma espécie de centro de distribuição de doações, que também assumia a função de recolher demandas dos atingidos. Em torno deste barracão atuavam outras organizações, que existiam antes das enchentes de 2025, era o caso de uma cooperativa local, uma ONG e um projeto educacional ecológico.

A cooperativa local e o projeto educacional eram liderados por delegadas do orçamento participativo, a ONG, por sua vez, por uma ex-delegada. Essa ligação com o orçamento participativo criou uma rede de conhecimento mútuo que permitia a estas organizações trocarem informações, recursos e atender a população atingida, ainda que cada uma delas tivesse projetos próprios para a comunidade.

Essa comunidade conseguiu organizar a criação de uma cozinha solidária, partindo de uma ONG de atendimento à mulheres carentes a liderança da organização passou a cozinhar “viandas” para a população atingida pela Covid-19, durante as enchentes retomou as atividades a partir de doações coletadas pela comunidade, posteriormente, foi contatada pelo Movimento dos Trabalhadores Sem-Teto (MTST), sendo aprovada para o Programa federal Cozinha Solidária, garantindo que a comunidade da Praia do Lami tivesse acesso contínuo às marmitas, normalmente distribuídas no barracão supracitado.

Saindo de atividades comunitárias é possível discutir a atuação dos movimentos sociais, o Movimento dos Atingidos por Barragens é uma organização de movimento social, focada em atender atingidos de desastres socioambientais e defender os direitos dessas populações em conflitos socioambientais. A organização atua nas enchentes do Rio Grande do Sul desde 2023, quando apoiou os atingidos de Arroio do Meio e Estrela, em 2024 expandiu sua atuação para outras regiões do estado, notadamente a região metropolitana e a cidade de Canoas.

Na enchente de maio, o MAB assumiu um papel significativo de administração de cozinhas solidárias, inicialmente em parceria com a Cozinha Solidária do MTST, no bairro Azenha em Porto Alegre, posteriormente liderando sua própria cozinha em Canoas na sede de um sindicato local. A organização recebeu doações de uma série de parceiros, desde outras organizações de movimentos sociais, indivíduos aderentes ao trabalho do MAB, até mesmo de origens que inicialmente causariam estranheza – devido a base marxista da ideologia do MAB –, como uma ONG cristã e uma multinacional do ramo alimentício.

No auge das respostas às enchentes de maio o MAB distribuía de cerca de 3,300 marmitas por dia, se tornando uma das referências locais de alimentação dos atingidos, o que foi constantemente ressaltado por atores contatados em campo. Por conta disso, passou a organizar grupos de base que tinham como objetivo solidário distribuir a grande quantidade de doações angariada, e como objetivo político recrutar atingidos que entraram em contato com a organização em função da distribuição de alimentos.

Esse trabalho resultou no recrutamento de centenas de pessoas em Canoas e milhares no Vale do Taquari, consolidando o trabalho da organização no estado por conta de sua capacidade de gerir uma parte da resposta às enchentes. Após a consolidação desses grupos, o MAB pretende lutar pela inclusão dos atingidos nas políticas governamentais, sobretudo nas políticas de resposta à emergências e adaptação às mudanças climáticas, mas também avança pautas de luta como direito à moradia digna, assistência e alimentação para os atingidos.

A exposição pretérita pretendia dar um panorama das ações por agentes de proteção e defesa civil voluntários, oriundos de distintas formas de organização social. Para cumprir o

objetivo de discutir a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil se faz necessária uma exposição desta.

4.2 O voluntariado na Política Nacional de Proteção e Defesa Civil

A Lei Nº 12.608, de 10 de abril de 2012 (Brasil, 2012), institui um arcabouço jurídico que embasa a integração entre entes federados e sociedade civil em ações de proteção e defesa civil. O artigo 11 da lei define que organizações privadas com “atuação significativa” na área de proteção e defesa civil constituem o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), ademais, organizações comunitárias de caráter voluntário ou outras com “atuação significativa” nas ações de proteção e defesa civil podem participar do sistema, como embasado pelo parágrafo único do artigo 11 (BRASIL, 2012).

Posteriormente, no artigo 18 são tipificados os agentes de proteção e defesa civil, entre eles estão os voluntários, sejam eles vinculados a entidades privadas ou prestadores de serviços voluntários, esses exercem serviços de proteção e defesa civil em caráter suplementar aos agentes públicos e políticos.

O texto legal atribui funções aos diferentes órgãos federados, no artigo 8 determina que é responsabilidade dos municípios estimular a participação de entidades privadas, associações de voluntários, clubes de serviços, organizações não governamentais e associações de classe e comunitárias. O objetivo dessa participação seria a atuação conjunta com as comunidades atingidas, permitindo a integração de agentes voluntários como agentes de proteção e defesa civil.

Apesar da tipificação das atividades de resposta às enchentes ter sido realizada, incluindo ampla ação voluntária, dificilmente um observador perceberia correspondência entre as determinações da lei Nº 12.608, de 10 de abril de 2012 e a prática social. A legislação referente ao Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil não descreve precisamente as ações de resposta, quando consideradas as ações dos agentes voluntários.

Por mais que tenham havido interações contínuas entre voluntários e agentes públicos e políticos, isso não se realiza mediante estímulo dos municípios, estes tendem a ter dificuldades em coordenar ações em situações de desastres. Diversas cidades possuem estruturas reduzidas quando não inexistentes de Defesa Civil, agentes voluntários tendem a assumir responsabilidades de forma *ad hoc*, improvisando iniciativas que lhes convêm para responder às demandas que são captadas pelas redes informais de comunicação.

Isso não significa que o Estado não age em um desastre, deixando toda a responsabilidade aos voluntários, apenas que os cruzamentos, as relações entre Estado e agentes voluntários não obedece à lógica instituída na legislação. Quando os dados previamente discutidos são colocados sob análise é possível constatar que agentes voluntários e Estado cooperaram constantemente durante a emergência, a prefeitura de Muçum confirmou parceria com a sociedade civil para reconstruir escolas, os indivíduos da Praia do Lami se organizam em torno do orçamento participativo ao mesmo tempo que se organizam paralelamente com um deputado estadual para se encontrar com o Secretário da Reconstrução Maneco Hansen, e então demandar políticas específicas para o bairro; o MAB se apoia em doações de alimentos do Movimento dos Trabalhadores Sem-Terra e adquire o conhecimento de operação de uma cozinha do MTST, ambas as organizações ligadas a políticas estatais que a apoiam, ou seja, o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA),

Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) e Programa Cozinha Solidária, respectivamente.

Essas associações entre agentes voluntários e o Estado não passam por uma determinação legal, pelo contrário, a emergência produzida pelas enchentes produz uma série de oportunidades para conectar agentes voluntários, políticos e públicos. Estes o fazem sem consideração pela legislação, as maneiras pelas quais estes agentes cooperam para atingir um determinado objetivo não passa pelo crivo da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, com efeito, são criadas estruturas de resposta ao desastre a partir dos contextos locais, relações informais e objetivos comuns.

É o caso da Vvolunteer ser recrutada para o *Cluster* Humanitário de Gestão de Crises, a relação se dá diretamente com a Secretaria de Assistência Social do Rio Grande do Sul, o "estímulo" dado à participação dessa organização privada não é do município como determinado pela lei. A conformidade perante a lei é realizada apenas de forma parcial, há efetivamente uma coordenação entre agentes públicos, políticos e voluntários, no entanto, isso ocorre caso a caso, dependendo de encaixes realizados entre os voluntários e as instituições públicas.

Além disso, agentes voluntários de proteção e defesa civil tendem a agir autonomamente, ignorando protocolos de comunicação, divisão de tarefas e organização logística que situem os espaços de atuação da sociedade civil e do Estado. Nesse sentido, a lei não é realizada em uma instituição com regras, normas, valores que sejam socialmente compartilhados por aqueles que se aventuram nas águas das enchentes, por conta disso, voluntários, empresas e organizações públicas constroem associações improvisadas caso a caso para dar conta das demandas do desastre.

Por sua vez, a ideia vaga de "atuação significativa" é de difícil apreensão, o que tornaria uma organização reconhecida pela sua atuação? A lei não oferece respostas para isso, de forma que é deixada a cargo dos agentes locais a determinação de quais agentes da sociedade civil deveriam integrar o sistema. Talvez mais importante do que essa indeterminação, é o fato de que um desastre como as enchentes de 2023 e 2024 mobilizaram a sociedade civil como um todo, a despeito de uma "atuação significativa" prévia, de fato, indivíduos e organizações que nunca antes haviam atuado com busca e resgate, logística de doações, atendimento de população atingida passaram a executar essas funções.

A legislação pretende restringir os agentes voluntários e privados em desconexão com a realidade de um desastre, pois a dinâmica do voluntariado opera pela imediaticidade, pouco importando as credenciais prévias que legitimariam esses agentes a atuar. Dessa forma, a ação voluntária e privada se torna pela legislação uma atividade especializada mediante a figura da "atuação significativa", mesmo no âmbito da sociedade civil. Enquanto isso, alguns voluntários se atiram despreparadamente nas águas das enchentes, ignorando protocolos básicos de proteção e defesa civil, algo que é caracterizado pelos agentes da Defesa Civil como "síndrome do super-homem", sob a qual o voluntário se coloca em risco ao ultrapassar seus limites individuais e desconhecer boas práticas de busca e resgate.

Algumas palavras sobre os Núcleos Comunitários de Defesa Civil são imperativas, a sétima diretriz da Política Nacional de Defesa Civil (BRASIL, 2007), de 2007, ou seja, anterior à referida lei, definia que os NUPDECs seriam junto às Coordenadorias Municipais de Defesa Civil os órgãos responsáveis pela articulação e coordenação do sistema em nível municipal. O documento ainda afirma taxativamente que "o Núcleo Comunitário de Defesa Civil – é o elo mais importante do SINDEC [Sistema Nacional de Defesa Civil]" (BRASIL, 2007, p. 25), esse

postulado aparece em meio a um dos projetos do PNDC intitulado “Projetos de Mudança Cultural”, sob o qual “todos fazem parte do SINDEC” e “todos devem se perguntar: o que podemos fazer para prevenir desastres?” (Ibid, p. 25), indicando um objetivo – utópico – de tornar todos os membros da sociedade agentes de proteção e defesa civil.

Estranhamente, os núcleos comunitários saem progressivamente da regulamentação da proteção e defesa civil no país, o decreto Nº 5.376 de 17 de fevereiro de 2005 (Brasil, 2005) que instituía os NUPDECs no sistema nacional de defesa civil foi revogado pelo decreto Nº 7.257 de 4 de agosto de 2010 (Brasil, 2010). Desde então nenhuma lei descreveu especificamente essa entidade de proteção e defesa civil, tornando-se ainda mais vago na redação dada pela Lei N. 12.608/2012.

A formação de núcleos comunitários foi progressivamente abandonada pela legislação nacional, deixando o formato da interação entre sociedade civil e municípios a cargo de institucionalidades locais. Nesse ínterim foram criados núcleos comunitários, alguns dos quais podem ser consultados no site do governo eletrônico brasileiro[2], no entanto se caracterizam pela singularidade, estando longe de ser uma prática institucionalizada no país. É o caso da recente Política Estadual de Proteção e Defesa Civil do estado do Rio Grande do Sul (RIO GRANDE DO SUL, 2024), que deixa de lado a possibilidade de estimular que os municípios criem núcleos comunitários junto às suas coordenadorias municipais de Defesa Civil, nesta lei a interação entre agentes públicos e voluntárias de proteção e defesa civil se limita à estimular a participação e promover treinamentos, uma reedição do artigo 8 da política nacional.

Esse cenário demonstra uma desconexão com a norma instituída pelo SINPDEC, os atores que se engajaram nas ações de resposta às enchentes criaram práticas informais de coordenação. Isso é corroborado pela situação geral dos municípios de pequeno porte, caracterizados pela desorganização da Defesa Civil, o que cria dificuldades para a aplicação da Lei Nº 12.608, de 10 de abril de 2012, que os responsabiliza pelo engajamento das entidades privadas nas ações de resposta a desastres. Esse contexto se torna propício para que indivíduos, associações, voluntários, entidades públicas, corpos de bombeiros, prefeituras, empresas criem instituições informais locais, motivados pela ausência de protocolos institucionais de coordenação das ações de Proteção e Defesa Civil que incluam a ação voluntária.

Portanto, as modalidades de conexões entre atores são realizadas de acordo com interesses, oportunidades, recursos imediatamente disponíveis. Essa indefinição institucional favorece a construção de instituições locais de proteção e defesa civil, que podem assumir contornos mercantilizados, filantrópicos, associativos ou outros de acordo com o tipo de ator e as relações de força que se encontram nessas instituições locais.

4.3 Bricolagem institucional e a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil

A situação descrita acima é propícia para a produção de conflitos, as enchentes dão margem para que as configurações entre as ações públicas e privadas se realizem de acordo

[2] Núcleos Comunitários de Proteção e Defesa Civil. Governo Eletrônico Brasileiro. 16 out. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/boas-praticas/nucleos-comunitarios-de-protecao-e-defesa-civil-nupdec2019s. Acesso em 30 mar. 2023. A lista é certamente desatualizada, porém é indicativa falta de investimento em iniciativas desse tipo no país quando apenas nove casos são citados.

com as teias de relações locais, prescindindo das relações instituídas pela legislação. Por outro lado, as enchentes produzem reações institucionais que tendem a se produzir em políticas públicas, como o Plano Rio Grande com seu Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática e a Política Estadual de Proteção e Defesa Civil do estado do Rio Grande do Sul.

A maneira com que agentes de proteção e defesa civil atuaram conjuntamente para responder às enchentes remete ao conceito de bricolagem institucional. O conceito parte do pressuposto de que instituições burocráticas e socialmente enraizadas interagem em escala local, produzindo efeitos esperados e inesperados na governança (FAGGIN; BEHAGEL, 2018). As instituições não são um efeito do desígnio de um legislador, elas emprestam ou adaptam outras relações sociais para produzir arranjos coletivos que são informados por visões de mundo distintas, por isso são profundamente dinâmicas (CLEAVER; de KONING, 2015, p. 4).

O conceito de bricolagem institucional defende que atores sociais rejeitam, adaptam ou integram instituições novas a um conjunto de instituições já presentes nos seus contextos socioecológicos, para isso utilizam materiais e recursos imediatamente disponíveis, desligados de seu propósito original. A ideia permite pensar a criatividade social das populações que reutilizam, reformam instituições para performar novas funções. (CLEAVER; de KONING, 2015; FAGGIN; BEHAGEL, 2018).

Essa matriz conceitual é interessante ao conjugar estrutura e agência social, reconhecendo o papel criativo das populações afetadas por uma instituição burocrática, cujos valores, símbolos, significações e práticas incidem sobre sua recepção da norma legal. Por conseguinte, a população não é uma receptora inerte das designações do Estado, ela afeta a implementação de uma instituição legal, gerando uma instituição nova, que é uma combinação entre o desejo legislativo e as instituições sociais locais, que por vezes pode instalar conflitos definidos em relações de força e dinâmicas de poder (PRADO; SEIXAS; FUTEMMA, 2021).

Esses arranjos permitem enfrentar desafios cotidianos, resultando em instituições que servem para funções multifacetadas, criando híbridos de instituições burocráticas e locais. É o que ocorreu com a interação entre atores voluntários, públicos e políticos nas enchentes de 2023 e 2024, uma associação para gerir um ponto turístico vira o principal centro de distribuição de doações da cidade, um profissional da segurança do trabalho vira resgatista e instrutor da Defesa Civil municipal, um negócio social se torna coordenador dos esforços cooperativos entre prefeitura e sociedade civil, o movimento social organizado utiliza suas redes de comunicação interna para reaproveitar políticas públicas de alimentação escolar e apoio à agricultura familiar com o objetivo de abastecer cozinhas solidárias, que por sua vez são transformadas em veículos da ação de outra organização de movimento social.

Os exemplos são múltiplos, a ação da sociedade civil prescinde não do Estado, como diria o mito do “povo pelo povo” sob o qual voluntários anônimos resgataram, alimentaram, abrigaram e são os principais responsáveis pela vida dos atingidos do Rio Grande do Sul, prescinde sim da formatação particular da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, que coloca o voluntariado em uma posição secundária, e dependente da coordenação de municípios que não assumiram as responsabilidades de estimular agentes voluntários. Por conta disso, foram formadas regras, relações, associações locais que promoveram verdadeiras gambiarras sociais para lidar com as demandas imediatamente visíveis.

O conceito de bricolagem institucional permite pensar esse processo não como uma anomalia, pelo contrário, trata-se de um processo social regular, no qual a população não passa isenta pela instrução de Gaia em suas vidas (STENGERS, 2015), assim como não se

submete passivamente a instituições legais. Ademais, os próprios agentes públicos e políticos não são meramente executores da regra legal, pois buscam ativamente as associações com a sociedade civil mesmo que de forma alheia à PNPDEC.

Esses arranjos sociais se adaptam às realidades locais, servem para ligar agentes entre si produzindo capacidades adaptativas da comunidade que podem ser consideradas parte integral da resiliência comunitária. A ausência de instituições de coordenação de agentes de proteção e defesa civil que incluam voluntários permite que se formem estratégias descentralizadas baseadas nas necessidades da comunidade (MATTEDI, 2017).

Organizações previamente existentes foram aproveitadas para apoiar a comunidade atingida, algumas estenderam suas atividades para abarcar tarefas tradicionais de proteção e defesa civil como busca e resgates, organização e distribuição de doações e refeições. Outras foram criadas para responder às demandas da população, e em um caso específico catalogado um negócio social especializado em ajuda humanitária aproveitou sua estrutura expandido-a com voluntários para se tornar uma liderança na resposta ao desastre. Esse panorama aponta para as contribuições de Dynes (2005) que destaca os processos de extensão, expansão e emergência das organizações da sociedade civil em desastres, levando a seu aproveitamento para a resiliência de uma comunidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sociedade civil pode ser mobilizada em desastres de grande escala. Empresas, associações comunitárias, ONGs, movimentos sociais realizaram ações para salvar o maior número de vidas e apoiar a população atingida. O Estado, por sua vez, é o responsável legal pela coordenação entre os agentes de proteção e defesa civil, aos municípios é atribuída a função de engajar os agentes voluntários.

Na prática, porém, o Estado perde o controle sobre os agentes, que procuram à sua maneira construir relações para atender demandas imediatas, sem que as determinações postuladas pela PNPDEC sejam levadas em consideração. Interações entre o Estado e a sociedade civil desconsideram as normativas legais, isso é particularmente verdadeiro no âmbito local, onde organizações da sociedade civil e Estado hibridizam tarefas, compartilham informações e cooperam levando em consideração antes os recursos que podem ser mobilizados do que a lei.

O artigo partiu de uma série de exemplos empíricos para demonstrar como as iniciativas da sociedade civil são plurais, mais do que isso, como se misturam aos agentes públicos e políticos. Uma situação de desastre como as enchentes do Rio Grande do Sul produz uma amálgama entre entidades públicas, privadas, terceiro setor e organizações informais que é estabelecida por redes de comunicação e relações informais.

À primeira vista, esse emaranhado público e privado se conforma à PNPDEC, pois agentes voluntários parecem suplementar agentes públicos e privados em ações de proteção e defesa civil. Em uma análise comedida, logo se percebe que a lei é restritiva ao atribuir aos municípios a responsabilidade de estimular a ação voluntária, pois em geral possuem parca estrutura de defesa civil.

A lei 12.608/2012 pressupõe uma territorialidade municipal do desastre, portanto, que as ações de proteção e defesa civil se localizam neste âmbito, no entanto, fenômenos climáticos não se circunscrevem a barreiras socialmente determinadas como territórios

municipais, desastres socioclimáticos ultrapassam essa territorialidade determinada causando dificuldades para a coordenação das ações comunitárias de proteção e defesa civil. Ao remeter a ação voluntária aos municípios a PNPDEC deixa a coordenação da ação voluntária em um limbo, pois os municípios demonstram imensa dificuldade em liderar atividades de Proteção e Defesa Civil. Por sua vez, processos de bricolagem institucional ocorrem, formando associações improvisadas que se dedicam a responder aos desastres.

A legislação desconsidera a ativação de laços sociais da própria sociedade civil nas atividades de resposta ao desastre. O negócio social e os movimentos sociais estudados demonstraram uma capacidade de atuar para além de suas comunidades locais, mobilizaram recursos humanos e financeiros, estenderam suas ações de “ajuda humanitária” e “solidariedade” muito além dos limites municipais, atuando em diversas frentes ao mesmo tempo. Nesse sentido, essas organizações possuem uma capacidade de se tornar elos de comunicação e coordenação supramunicipal, conectando diversas ações locais, capacidades essas que são ignoradas pela Lei 12.608/2012.

Essas redes são ativadas imediatamente após os desastres por conta da *internet*, que não é tematizada pela legislação. No mundo contemporâneo a captação de recursos, mobilização de voluntários e a produção de vínculos solidários é muito superior a uma ou duas décadas atrás. As enchentes do Rio Grande do Sul revelaram uma potencialidade inerente aos movimentos sociais de abrangência nacional utilizarem sua comunicação interna, externa e internacional para oferecer suporte às populações atingidas. A lógica de ação de solidariedade do movimento social opera na imprecisão da lei, e, de um certo ponto de vista, é do seu interesse estar no vazio do Estado para estender seu impacto, além de atender sua base social.

As ações dos movimentos sociais em casos de desastre podem se conectar à PNPDEC via art. 11, parágrafo único (Brasil, 2012), pois de fato têm se consolidado como fomentadoras de organizações comunitárias com “atuação significativa” nas ações locais de proteção e defesa civil ao montar infraestruturas logísticas de apoio à população atingida. Essa potencialidade é ignorada pela legislação e, o que é pior, pelas práticas institucionais de proteção e defesa civil.

Sob outra perspectiva, essa indefinição institucional permite aos atores maior grau de liberdade, por exemplo, concedendo a possibilidade da formação de associações entre órgãos estaduais e organizações voluntárias, ou, do uso de políticas públicas federais para subsidiar cozinhas solidárias criadas para atender às demandas das enchentes. Essa maior flexibilidade foi usada por agentes públicos e privados de defesa civil para atender a população atingida. Em síntese, os agentes de proteção e defesa civil manipulam suas redes de contato e recursos para produzir efeitos na realidade, sem que haja grande interferência da legislação que em determinados contextos pode conflitar com o saber local, os valores e as significações das populações atingidas organizadas para atender a si mesmas.

As organizações da sociedade civil possuem uma temporalidade distinta do Estado, no que tange à resposta a desastres. Em grande parte dos casos é ela que consegue amparar os atingidos de maneira imediata, com alimento, atendimento médico e psicológico e até mesmo busca e resgate, como foi discutido anteriormente. Por conta de sua particularidade o Estado depende de trâmites burocráticos e disputas políticas para alocar recursos, diminuindo sua celeridade de resposta, apesar disso, tende a assumir a responsabilidade única pelas ações de longo prazo, quando a sociedade civil perde o interesse midiático e solidário na causa.

No entanto, é justamente essa margem de atuação ampliada que pode ser criticada. A ausência de um órgão colaborativo entre agentes públicos e privados resulta na falta de comunicação institucional, de modo que as prioridades são deixadas a cargo de cada um dos agentes, que podem utilizar seus recursos a seu bel-prazer desconsiderando a pluralidade de demandas sociais.

O conceito de bricolagem institucional não quer dizer que qualquer tentativa de instituir determinações legais sobre a interação entre os agentes de proteção e defesa civil fracassará, pelo contrário, significa que os atores manipulam criativamente – dentro de limites estruturais – as instituições para chegar a uma instituição sintética entre as determinações legais e as práticas sociais instituídas, é claro, sempre com a possibilidade de que a instituição legal seja rejeitada pela população criando conflitos.

Ademais, práticas sociais de resposta a desastres em uma região vulnerável como o Rio Grande do Sul estão se desenvolvendo enquanto as respostas se realizam. A abordagem discutida neste trabalho pensa a contribuição das comunidades locais para a regulamentação da política de proteção e defesa civil, chamando a atenção para as iniciativas espontâneas da população, tendo em mente as possibilidades de imposição a estes autores por parte da ação estatal. Portanto, a experiência prática de atuação em desastres de agentes voluntários é uma fonte rica de conhecimentos para instituir redes de colaboração entre os diversos agentes de proteção e defesa civil, como as NUPDEC.

6 REFERÊNCIAS

BECK, U. *Risk Society:* towards a new modernity. 1. ed. Londres: Sage publications, 1992, 260p.

BRASIL. Decreto Nº 5.376, de 17 de fevereiro de 2005. Brasília: DOU de 18/02/2005. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5376.htm#:~:text=DECRETO Nº 5.376 DE 17 DE FEVEREIRO DE 2005.&text=Dispõe sobre o Sistema Nacional,vista o disposto no art. Acesso em: 30 mar. 2025.

_____. Lei Nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC. Brasília: DOU de 11/04/2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm. Acesso em: 28 fev. 2025.

_____. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. *Política Nacional de Defesa Civil*. Brasília. 2007. Disponível em: https://bibliotecadigital.economia.gov.br/handle/123456789/186. Acesso em 30 mar. 2025.

_____. Decreto Nº 7.257, de 4 de agosto de 2010. Brasília: DOU de 06/08/2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7257.htm. Acesso em: 30 mar. 2025.

CLEAVER, F; de KONING, J. Furthering critical institutionalism. *International Journal of the Commons*. v. 9, n. 1. 2015, p. 1-18.

FAGGIN, J. M.; BEHAGEL, J. H. Institutional bricolage of Sustainable Forest Management implementation in rural settlements in Caatinga biome, Brazil. *International Journal of the Commons*. v. 12, n. 2. 2018, p. 275-299.

DYNES, R. R. *Community Social Capital as the Primary Basis for Resilience*. 2005. Disaster Research Center. Disponível em: <http://udspace.udel.edu/handle/19716/1621>. Acesso em: 30 mar. 2025.

LATOUR, B. *Reagregando o social:* uma introdução à teoria do Ator-Rede. 1. ed. Salvador: EDUFBA, 2012, 399p.

MATTEDI, M. Dilemas e perspectivas da abordagem sociológica dos desastres naturais. *Tempo Social*, v. 29, n. 3, 2017, p. 261–285.

PRADO, D. S.; SEIXAS, C. S.; FUTEMMA, C. R. T. From self-governance to shared governance: Institutional change and bricolage in Brazilian extractive reserves. *Environmental Science and Policy*, n. 123, 2023, p. 106-113.

RIO GRANDE DO SUL. Lei complementar Nº 16.263, de 27 de dezembro de 2024. Porto Alegre: DOE de 27/12/2024. Disponível em: https://www.defesacivil.rs.gov.br/upload/arquivos/202412/30150926-lei-complementar-n-16-263-de-27-de-dezembro-de-2024.pdf. Acesso em 30 mar. 2025.

STENGERS. I. *No tempo das catástrofes*. São Paulo: Cosac Naify, 2015.

EIXO TEMÁTICO 7

TECNOLOGIAS E INOVAÇÃO EM REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

RESUMOS

RESUMO - 07 - TECNOLOGIAS E INOVAÇÃO EM RRD

EVOLUÇÃO DA ÁREA CONSTRUÍDA EM TERRENOS DE ALTA SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA EM SANTO ANDRÉ, SP

Lucas Henrique Sandre (lucashsandre@hotmail.com)

José Alberto Quintanilha (jaquinta@usp.br)

Alessandra Cristina Corsi (accorsi@ipt.br)

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 13 destaca a urgência de ações para mitigar os impactos das mudanças climáticas. Da mesma forma, o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres enfatiza a necessidade de compreender os riscos em todas as suas dimensões, considerando exposição, vulnerabilidade e características dos fenômenos. No Brasil, a Lei Federal nº 12.608/2012, em seu artigo 3°-B, estabelece que os municípios devem adotar medidas para reduzir os riscos associados à ocupação de áreas suscetíveis a deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas e outros processos geológicos e hidrológicos. Diante desse cenário, aprofundar o conhecimento sobre áreas construídas em terrenos suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa (MGM) e inundações, além de monitorar sua evolução ao longo do tempo, é essencial para fortalecer a gestão de riscos e aprimorar a prevenção de desastres. Nesse contexto, as geotecnologias surgem como ferramentas estratégicas, permitindo análises mais precisas e eficientes para o planejamento e a tomada de decisão. Embora os mapas globais de uso e cobertura da terra apresentem limitações em termos de cobertura espacial e temporal, avanços em computação em nuvem e no acesso a imagens de satélite, como o Google Earth Engine (GEE), possibilitaram a criação de conjuntos de dados de maior resolução e atualizações frequentes. O Dynamic World (DW), disponível no GEE, fornece dados quase em tempo real sobre as dinâmicas de uso e cobertura da terra, além de permitir a elaboração de produtos personalizados. Com o intuito de avaliar a evolução anual da área construída em terrenos de alta suscetibilidade a MGM no município de Santo André, estado de São Paulo, foram utilizados mapas de

Uso e cobertura da terra do DW a partir do GEE. Os polígono de alta suscetibilidade a MGM de Santo André foram extraídos da Carta de Suscetibilidade elaborada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas para o município em 2015, e disponibilizada para download no site do Serviço Geológico do Brasil. Realizou-se o cálculo percentual da classe “área construída” dentro dos polígonos de alta suscetibilidade no período de 2016 a 2022 e a comparação desses valores com o Índice Paulista de Desenvolvimento Municipal (IPDM) de Santo André. Os resultados indicaram um aumento de 16,67% na área construída nesses terrenos durante o período analisado, sendo o maior valor registrado em 2021. Além disso, foi observada uma forte correlação positiva (r=0,99) entre o percentual de área construída e o IPDM de Santo André. Embora essa correlação não implique causalidade, sugere que o aumento da área construída em terrenos altamente suscetíveis a MGM ocorreu juntamente com a elevação no índice de desenvolvimento humano do município. Uma possível explicação para esse fenômeno é que melhorias nas condições de vida em Santo André atraíram novos moradores, e aqueles de menor poder aquisitivo se instalaram em terrenos inadequados. A metodologia utilizada se mostrou eficaz para monitorar a área construída em terrenos de alta suscetibilidade a MGM, podendo ser uma ferramenta acessível na gestão do risco geológico.

Palavras-chave: risco geológico; uso e cobertura da terra; geotecnologias; google earth engine; dynamic world.

RESUMO - 07 - TECNOLOGIAS E INOVAÇÃO EM RRD

PRECISÃO NA ESTIMATIVA DE CUSTOS PARA PMRR: UMA ABORDAGEM BASEADA EM PLANILHA PARAMÉTRICA

Raíssa Pignoni Dos Santos (pignoniraissa@gmail.com)

Gabriel R. M. B. De Araújo (grmbaraujo@ipt.br)

Alessandra Cristina Corsi (accorsi@ipt.br)

Os Planos Municipais de Redução de Risco (PMRR) são instrumentos fundamentais para a gestão e planejamento territorial brasileiro, sendo fortalecido após a promulgação da Lei n° 12.608/2012. Eles visam identificar áreas e setores de risco socioambiental associados a processos de instabilização de taludes, solapamento de margens de córregos e inundações. A etapa de elaboração de PMRRs inclui a indicação de medidas estruturais para redução de riscos altos e muito altos, detalhando localização e estimativas de custo. Contudo, a ausência de informações técnicas, como dados geológico-geotécnicos detalhados, estudos de bacia e topografia precisa, limita a precisão das estimativas, exigindo premissas simplificadoras.

Dos objetivos, este trabalho apresenta a metodologia em desenvolvimento pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), aplicada e aprimorada na elaboração de PMRRs em municípios paulistas entre 2024 e 2025, com o uso de planilhas paramétricas voltada para a estimativa de custos de intervenções estruturais aplicadas à PMRRs. A proposta visa aprimorar a precisão orçamentária e garantir coerência financeira na previsão dos investimentos necessários para a mitigação dos riscos.

A metodologia fundamenta-se em um banco de dados desenvolvido no Excel, utilizando tabelas referenciais como SINAPI (BR), SIURB (SP), DER (SP, ES, MG), SICRO, CDHU (SP) e SCO (RJ). Planilhas paramétricas foram elaboradas com códigos específicos (COMP-001, COMP-002) e unidades de medida padronizadas (m, m², un, vb). Os quantitativos foram baseados em levantamentos de campo e

Medições realizadas no QGIS e Google Earth Pro. Modelos estruturais padronizados permitem obter custos unitários aplicáveis às quantidades indicadas no PMRR, resultando em estimativas financeiras consistentes.

Para aferição do impacto da solução, foram selecionados 2 municípios que possuem estimativas de custo de PMRRs já publicadas e realizou-se a atualização dos valores para o atual modelo desenvolvido. A atualização resultou numa diferença na ordem de 3x do valor total das intervenções, sendo o novo modelo mais próximo do observado na prática diária. Além disso, foram observados ganhos na transparência e flexibilidade das composições de custos, permitindo ajustes conforme a necessidade de cada projeto.

A metodologia desenvolvida pelo IPT representa um avanço significativo na estimativa de custos para intervenções em áreas de risco, oferecendo um processo mais estruturado e previsível. Entretanto, desafios permanecem, como a inclusão de custos administrativos e estudos complementares. O contínuo aprimoramento desta abordagem pode fortalecer as políticas públicas de gestão de riscos e otimizar a alocação de recursos

Palavras-chave: estimativa de custos; planos municipais de redução de risco; planilha paramétrica; mapeamento de risco; engenharia geotécnica.

UTILIZAÇÃO DE ESTAÇÕES DE MISSÃO CRÍTICA PARA MONITORAMENTO E PREVISÃO DE EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS

1º Lucas Giacomelli, 2º Graciane Pomatti, 3º Gabriel Müller, 4º Vitor Vilbert, 5º Frederico Rudorff
[1,2,3] MKS Desenvolvimento de Sistemas, giacomelli@mkssistemas.com.br, graciane@mkssistemas.com.br, gabriel@mkssistemas.com.br, vitor@mkssistemas.com.br
[5] Secretaria de Estado da Proteção e Defesa Civil, comal@defesacivil.sc.gov.br

RESUMO

Eventos hidrológicos significativos têm se tornado cada vez mais recorrentes e com maior intensidade em todo o território brasileiro, sobretudo na região sul do Brasil, onde pode-se destacar as recentes inundações ocorridas durante outubro e novembro de 2023 em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul (GIACOMELLI et al, 2024). A maior frequência de eventos extremos requer a utilização de sistemas eficientes para subsidiar ações de curto e médio prazo em relação à gestão de risco de desastres e resposta a esses eventos (MEDEIROS et al, 2024). A disponibilidade de dados hidrometeorológicos é fundamental na gestão de recursos hídricos, estudos hidrológicos e outorgas. Para a gestão de risco de desastres, a disponibilidade de dados de missão crítica em tempo real é imprescindível para proteger vidas, infraestruturas e a economia local, permitindo a emissão de alertas antecipados, proporcionando maior tempo para ações de preparação e resposta (GIACOMELLI, 2021; NECTOUX 2021, POMATTI, 2024). O objetivo é demonstrar a relevância do uso de estações de missão crítica para o monitoramento em tempo real, através de estruturas que oferecem dados de alta frequência e baixa latência, essenciais para a emissão de alertas, resposta rápida e apoio à gestão de riscos servindo como uma referência para a expansão de redes estaduais diante dos desafios climáticos atuais. As estações hidrometeorológicas de missão crítica representam uma evolução frente às redes convencionais amplamente utilizadas no país. O resumo a seguir descreve os principais componentes técnicos para operação contínua em cenários extremos. As unidades são instaladas em conjuntos de suporte metálico com dimensões definidas conforme avaliação do cenário de criticidade, seguindo a NBR 5580, incluindo caixas de acondicionamento para a proteção de baterias, unidades de controle e sistemas de transmissão. A estrutura é projetada para resistir a impactos e vibrações, atuando como barreira para assegurar a integridade dos sensores e a precisão das medições. Plataforma de Coleta de Dados (PCD): Painel de telemetria responsável pela coleta, processamento, armazenamento e transmissão de dados à central supervisora. As PCDs integram sensores, sistemas de aquisição de dados, energia, módulos de comunicação, monitorando continuamente as variáveis hidrometeorológicas, além do estado geral dos equipamentos. Quando aplicável, também realizam captura de imagens e vídeo em tempo real. Sistemas de alimentação e autonomia energética: São projetados para operar de forma autônoma, utilizando módulos de energia solar fotovoltaica off-grid. O banco de baterias é dimensionado para garantir autonomia superior a sete dias, mesmo sem qualquer recarga, assegurando operação contínua mesmo em eventos extremos ou falhas nos painéis solares, como danos físicos ou ausência prolongada de radiação solar. Automação, transmissão e supervisão remota: Mediante a coleta de dados pelos sensores, as informações são automaticamente processadas e transmitidas por meio de sistema de telemetria redundante, que alterna entre satélite de alta performance (banda Ka) e redes secundárias, como 4G/5G, fibra óptica ou links de rádio, garantindo a disponibilidade contínua das informações. O processamento e a transmissão de dados garantem taxas de atualização inferiores a 15 segundos, com latência média inferior a 1 segundo. As estações de missão crítica diferenciam-se dos modelos telemétricos convencionais por superarem limitações como a baixa frequência de transmissão, ausência de controle remoto e restrições

estruturais, são projetadas para ter robustez, redundância de comunicação, análise embarcada de dados e compatibilidade com protocolos industriais, sendo aplicável em cenários críticos. A comunicação direta com os dispositivos permite ajustes, calibração e diagnósticos remotos em tempo real, integrando-se a sistemas supervisórios para monitoramento contínuo e detecção antecipada de falhas. A continuidade operacional das estações é assegurada por suporte técnico especializado em regime contínuo, com atuação dedicada para manutenções preventivas, corretivas e acompanhamento do desempenho dos sistemas, garantindo a disponibilidade dos dados mesmo sob condições hidrometeorológicas severas. O desenvolvimento e a operacionalização de estações hidrometeorológicas de missão crítica teve início no município de Itajaí em 2010, com um projeto pioneiro em território nacional, endereçado pela MKS Sistemas. Posteriormente, o SAMAE de Brusque e o município de Blumenau, respectivamente nos anos de 2011 e 2021, também aderiram. Em 2022, ganhou escala com a implantação de 42 estações hidrometeorológicas no Vale do Itajaí, em projeto coordenado pela Secretaria de Proteção e Defesa Civil de Santa Catarina. Durante os meses de outubro e novembro de 2023, as estações foram colocadas à prova e demonstraram excelente desempenho durante as cheias extremas registradas na região, mantendo pleno funcionamento em condições severas (GIACOMELLI, 2024; POMATTI, 2024). Devido ao sucesso do projeto e ao atendimento das necessidades de monitoramento no Vale do Itajaí, a Defesa Civil do estado buscou expandir e aprimorar a rede estadual, iniciativa viabilizada pela ATA DE REGISTRO DE PREÇOS Nº 09201/2024. Nesta mesma direção, após as cheias registradas em 2023 e 2024, o estado do Rio Grande do Sul também vem buscando expandir e qualificar sua rede de monitoramento por meio da adoção de estações de missão crítica. Um exemplo dessa iniciativa foi o lançamento do Pregão Eletrônico 9105/2025, voltado à contratação de empresa especializada para a implantação e operação de 130 estações de monitoramento hidrológico na modalidade *nowcasting* de missão crítica. A utilização de redes hidrometeorológicas de missão crítica representa uma solução e um avanço significativo em relação às redes telemétricas convencionais. Destaca-se que as redes convencionais apresentam limitações relevantes quanto ao funcionamento e à transmissão de dados durante eventos críticos, coletando informações a cada 15 minutos e transmitindo com latências superiores a 30 minutos, podendo ultrapassar 3 horas em eventos de cheia, ou até mesmo falhar em condições mais severas, sendo insuficientes para garantir alta disponibilidade de dados, especialmente em contextos emergenciais, como cheias, onde transmissões em tempo real são cruciais. Em contrapartida, as redes de missão crítica coletam dados a cada 15 segundos e transmitem com latências inferiores a 1 segundo, atendendo às exigências operacionais para respostas imediatas na gestão de riscos, servindo de modelo para que outros estados, adotem essas soluções em futuras expansões, promovendo maior capacidade de adaptação frente aos desafios climáticos.

Palavras-Chave: Hidrometeorologia, Nowcasting, Missão Crítica

STORMBOARD - FERRAMENTA WEB DE ANÁLISE, VISUALIZAÇÃO DE DADOS METEOROLÓGICOS E EMISSÃO DE ALERTAS DE TEMPO DE ALTO IMPACTO

Marco Jusevicius, Reinaldo Kneib, Ana Paula Rocha, Daniel Cordeiro, Luciane Pinheiro e Sheila Paz

1 Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná - Simepar, marco.jusevicius@simepar.br, reinaldo.kneib@simepar.br, ana.rocha@simepar.br, daniel.cordeiro@simepar.br, luciane.pinheiro@simepar.br, sheila.paz@simepar.br I

RESUMO

As tarefas de monitoramento meteorológico e de alertas de tempestade demandam total atenção e foco das equipes de meteorologistas envolvidas no trabalho por causa da velocidade, intensidade e disruptividade que os eventos meteorológicos severos podem se desenvolver e deslocar. Essas tempestades podem criar situações de tempo severo em apenas poucos minutos, que são imprescindíveis para a emissão de alertas de tempestades para que usuários possam tomar decisões críticas em tempo hábil.

Com o objetivo de otimizar o trabalho da equipe de meteorologistas do centro operacional do Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná - Simepar para essas tarefas diárias foi idealizado e desenvolvido o *StormBoard*, uma plataforma web que agrega as principais informações meteorológicas e ambientais em tempo-real numa mesma tela como radares meteorológicos, satélites meteorológicos, descargas atmosféricas, telemetria meteorológica e outras informações complementares para análises meteorológicas integradas da situação meteorológica atual e futura para até três horas. O frontend da ferramenta permite que o usuário registre as áreas de interesse de usuários diversos, os tipos e categorias de avisos ou alertas a serem enviados e, a partir dos registros efetuados pelo usuário, a ferramenta identifica com base no geoprocessamento das áreas de alerta registradas e das áreas de interesse dos clientes de alertas existentes no banco de dados deste sistema, indicar quais usuários devem ser alertados e para qual fenômeno aquele usuário tem necessidade de ser alertado. Com todas essas condições determinadas, os alertas são registrados no banco de dados dedicado desse sistema e os alertas são automaticamente enviados para os usuários por email, SMS ou Whatsapp. Todos os alertas registrados pelo *StormBoard* podem também ser disponibilizados no formato *Common Alert Protocol* - CAP para consumo em plataformas e aplicativos que utilizem informações com esta configuração. Ele pode ser utilizado por dois ou mais usuários da equipe de forma simultânea para registros de alertas para o mesmo ou para diferentes clientes.

O *StormBoard* foi concebido para utilização em centros operacionais com necessidades de monitoramento meteorológico e emissão de alertas intensivo e com necessidade de alta disponibilidade e confiabilidade da ferramenta para tomadas de decisão críticas relativas a eventos meteorológicos severos.

Palavras-Chave: (máximo 5 palavras) alertas, nowcasting, comunicação, tempestade, CAP

RESUMO - 07 - TECNOLOGIAS E INOVAÇÃO EM RRD

TOPOGRAPHIC AND GEOMORPHOLOGICAL CHANGES IN URBAN SUBDIVISIONS: A CASE STUDY IN THE MUNICIPALITY OF PASSOS (MG) USING GEOTECHNOLOGIES

Claudia Vanessa Dos Santos Corrêa (claudia.correa@unesp.br)

Milena Almeida De Paula Malaquias (milena.2139073@discente.uemg.br)

Paulo Henrique Amorim Santos (paulo.amorim@uemg.br)

As transformações urbanas têm desempenhado um papel central nas alterações ambientais, especialmente em áreas de expansão habitacional. A ocupação desordenada e a realização de obras de terraplanagem modificam significativamente a paisagem, gerando impactos notáveis sobre a topografia e a geomorfologia local. Quando tais práticas ocorrem sem um planejamento territorial adequado, impactos ambientais como erosão, inundações e a perda de biodiversidade aumentam consideravelmente. Este trabalho se concentrou na análise das mudanças topográficas e geomorfológicas resultantes da expansão urbana, utilizando como estudo de caso o Loteamento Jardim dos Lagos (Passos/ MG), considerando o período de 2021 a 2024. A incorporação de Geotecnologias, como sistemas GNSS (Global Navigation Satellite System), Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica (SIG), proporciona novas perspectivas para a coleta e interpretação de dados topográficos e geomorfológicos, permitindo uma análise mais detalhada e precisa. Assim, dados topográficos disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), imagens orbitais obtidas pelo sensor Landsat-8 e da plataforma Google Earth Explore (GEE) foram empregados para avaliar as mudanças no uso e cobertura do solo impostas pela implantação do respectivo empreendimento. Os dados topográficos foram complementados com medições realizadas em campo, utilizando o GNSS Garmin eTrex® 10, posteriormente integrados em ambiente SIG (QGIS e ArcGIS Pro). Mapas morfométricos, como declividade e o Modelo Digital do Terreno (MDT), foram

Elaborados para identificar áreas críticas que demandam intervenções ambientais prioritárias. Os resultados obtidos incluíram a criação de infográficos e produtos cartográficos que ilustraram as transformações da paisagem e os efeitos das atividades antrópicas sobre o ambiente urbano. Assim, busca-se oferecer uma base sólida para gestores públicos e profissionais da construção civil, auxiliando na formulação de estratégias mais eficientes e sustentáveis para o planejamento territorial. Não obstante, o recorte espacial e temporal permitiu uma abordagem detalhada das dinâmicas de urbanização e suas consequências para o uso e ocupação do solo. Foram identificadas alterações significativas na morfologia do loteamento, com áreas de aterro, escavação e redução da vegetação natural, decorrentes à terraplanagem e urbanização. Essas mudanças reduziram a altitude média em algumas regiões e aumentaram a inclinação em áreas adjacentes, elevando a suscetibilidade a erosão, escorregamentos pontuais e assoreamento de corpos d'água, comprometendo a estabilidade do solo e aos padrões de drenagem. É notável que o uso de geotecnologias foi essencial para compreender essas mudanças e propor soluções, como controle de erosão, reflorestamento e melhorias na drenagem.

Palavras-chave: mudanças topográficas e geomorfológicas; processos geodinâmicos; áreas loteadas; geotecnologias; planejamento urbano.

RESUMO - 07 - TECNOLOGIAS E INOVAÇÃO EM RRD

NUMERICAL MODELING OF DEBRIS-FLOW PROCESSES IN MOUNTAIN AREAS ON THE COAST OF SÃO PAULO STATE, BRAZIL

Claudia Vanessa Dos Santos Corrêa (claudia.correa@unesp.br)

Fabio Augusto Gomes Vieira Reis (fabio.reis@unesp.br)

Lucilia Do Carmo Giordano (lucilia.giordano@unesp.br)

Victor Carvalho Cabral (victor.carvalho@unesp.br)

Vinicius Queiroz Veloso (vinicius.veloso@unesp.br)

Caiubi Khun (caiubigeologia@hotmail.com)

Fluxos de detritos são processos hidrogeomorfológicos que se desenvolvem ao longo de redes de drenagem e envolvem fluidos geralmente densos, compostos por materiais de diferentes granulometrias, além de madeira e quantidades variáveis de água. Por sua capacidade de percorrer longas distâncias e atingir altas velocidades, sua ameaça e risco é maior do que outros processos geodinâmicos. Caracterizam-se por um movimento na forma de fluxo, envolvendo fluidos geralmente densos, compostos por material grosseiro e fino, além de detritos vegetais e quantidades variáveis de água, comportando-se como fluidos altamente viscosos, densos e concentrados a hiperconcentrados. Matematicamente, podem ser descritos como um fluido monofásico composto por um líquido intersticial e um fluido granular que constitui a fase sólida e possui propriedades reológicas adequadas. Devido a essas características, apresentam alta capacidade de erosão e força de impacto, o que lhes confere grande poder destrutivo, sendo, portanto, classificados como processos de alto fator de risco, podendo causar perda de vidas e danos físicos consideráveis à infraestrutura e ao meio ambiente. As áreas mais suscetíveis à ocorrência desses processos no Brasil situam-se no sopé da Serra do Mar, Serra da Mantiqueira e Serra Geral, e no litoral norte do estado de São Paulo. Em 18/03/1967, ocorreu um importante evento generalizado de escorregamentos e fluxo de detritos que afetou a

Região de Caraguatatuba e São Sebastião (SP). Diversos modelos numéricos foram elaborados nos últimos anos para mensurar, identificar, prever e monitorar processos de fluxo de detritos com maior precisão, e um deles é o RAMMS (Rapid Mass Movement Simulation), que descreve o comportamento friccional dos movimentos de fluxo de detritos usando a relação de Voellmy. Este trabalho tem como objetivo mostrar os resultados da simulação numérica com o modelo RAMMS dos eventos de fluxo de detritos que ocorreram em 1967 em uma área montanhosa na Serra do Mar na região de Caraguatatuba (SP) utilizando inputs calibrados. A área de estudo está inserida na Serra do Mar, uma região de escarpa na margem leste do planalto brasileiro, que é conhecida por ser o local mais propenso a escorregamentos e fluxos de detritos no Brasil, devido ao clima quente e úmido local e suas longas e íngremes encostas. Os inputs do modelo foram viscosidade, MDT (Modelo Digital do Terreno), cicatrizes de escorregamento como áreas de lançamento do material, densidade do material do fluxo de detritos, duração do processo de fluxo de detritos, informações relativas à erosão promovida pelo fluxo de detritos e ortofotos. As simulações dos diferentes cenários mostraram que os materiais mobilizados pelos escorregamentos nas escarpas dos tributários dos rios Santo Antônio e Guaxinduba foram canalizados nos talvegues e avançaram à jusante, onde prevalecem declividades menores que 5º. Em geral, os resultados mostraram uma boa correlação entre a área e a espessura de deposição modelada e observada, e o trabalho de campo e os estudos de retroanálise revelaram que os fluxos de detritos da Serra do Mar têm um fluxo reológico predominantemente granular.

Palavras-chave: modelagem numérica; modelo ramms; serra do mar; brasil.

EIXO TEMÁTICO 7

TECNOLOGIAS E INOVAÇÃO EM REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

ARTIGOS COMPLETOS

ARTIGO - 07 - TECNOLOGIAS E INOVAÇÃO EM RRD

GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES DA DEFESA CIVIL DE JUIZ DE FORA: USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA MONITORAMENTO DE INUNDAÇÕES

Luís Fernando Martins (fernandodefesacivilpjf@gmail.com)

Wilson Rodrigues Lourinho Netto (wilsonrlnetto@gmail.com)

Joviano Assis (jovianoassis6@gmail.com.com)

Gabriel Felipe Iranço Martins Da Silva (gabriel.felipe@engenharia.ufjf.br)

Ana Carolina Marini Magalhães De Toledo (anacarolinatoledo@gmail.com)

Maciel Vieira Da Costa (maciel72vc@gmail.com)

Francisco De Assis Gomes Bergo (francisco.bergo@gmail.com)

Amanda Rodrigues Da Silva Oliveira (amandadefesaciviljf@gmail.com)

A eficiente gestão dos riscos de desastres, visando a redução dos danos provocados por eventos hidrometeorológicos severos em áreas urbanas, é uma estratégia essencial para que as cidades se tornem mais inteligentes e resilientes. Diante a intensificação das mudanças climáticas e o aumento do processo de urbanização, os gestores municipais buscam por soluções tecnológicas para a redução das perdas sofridas pelos municípios em decorrência de eventos extremos, dentre eles as inundações, que geram impactos significativos em muitas cidades brasileiras. O objetivo do presente estudo é apresentar a gestão dos riscos de desastres desenvolvida pela Subsecretaria de Proteção e Defesa Civil do município de Juiz de Fora, em Minas Gerais, através do registro de dados que propiciou uma análise estratégica para a implantação de um sistema de videomonitoramento nos principais cursos d'água da cidade, visando o acompanhamento/monitoramento do nível d'água de rios e córregos em tempo real, com o uso de inteligência artificial. Essa tecnologia permite prever limiares críticos para as inundações e de maneira antecipada, enviar alertas à população exposta aos riscos, bem como possibilitar ações de resposta mais eficientes e eficazes. Tal medida é fundamental para redução dos riscos de desastres no município, reduzindo os danos sofridos pela

população. Como metodologia, realizou-se uma revisão bibliográfica, um levantamento de dados e análises em softwares de geoprocessamento. Os resultados apontam que o sistema de câmeras implantado é capaz de monitorar os pontos da cidade em que houve maior volume de registros ligados às inundações, aumentando a segurança da população e contribuindo para o desenvolvimento de uma cidade inteligente e preparada para lidar com as adversidades.

Palavras-chave: gestão de riscos de desastres; desastres hidrológicos; cidades inteligentes; inteligência artificial.

ARTIGO - 07 - TECNOLOGIAS E INOVAÇÃO EM RRD

GEOSIRENE: O WEBGIS PARA PREVENÇÃO DE DESASTRES

Nyelsen Fernandes De Oliveira (sergio.uerj@gmail.com)

Luiara Castro De Lana (luiaralana@gmail.com)

Felipe Limeira Da Silva (limeira.felipe94@gmail.com)

Marcelo Obraczka (obraczka@eng.uerj.br)

Sergio Orlando Antoun Netto (sergio.antoun@eng.uerj.br)

A ocupação irregular de áreas de risco é um problema persistente que está enraizado na história do Brasil, especialmente com o advento da industrialização, o aumento do êxodo rural e o rápido e desordenado crescimento nas cidades brasileiras. O rápido processo de urbanização, o aumento populacional e do valor imobiliário do solo urbano resultaram na expansão das cidades para áreas muitas vezes inadequadas para ocupação, tornando boa parte da população vulnerável a situações de perigo e risco de desastres naturais, como chuvas intensas, particularmente durante o verão. Esses eventos climáticos estão frequentemente ligados a inundações e deslizamentos de terra.

O GeoSirene se configura como uma abordagem diferenciada no contexto da prevenção de acidentes em eventos de desastres geológicos na cidade do Rio de Janeiro, sob a forma de um sistema WebGIS integrado com dados de pontos de apoio disponibilizados pela prefeitura local. Essa ferramenta combina automação, banco de dados espaciais e desenvolvimento web para oferecer aos moradores acesso rápido a informações de alternativas de abrigo em situações de maior risco. Ao utilizar a localização fornecida pelo GNSS dos dispositivos celulares, o sistema permite que os usuários identifiquem os locais de apoio oficiais mais próximos de seus endereços ou da posição atual do dispositivo, contribuindo para sua tomada de decisão mais rápida e segura em situações emergenciais. Essa plataforma visa

reduzir riscos e aumentar a segurança da população. Para isso, foram utilizados dados públicos, banco de dados espaciais, Python, SQL, JavaScript.

Tendo como foco as populações das regiões mais periféricas das aglomerações urbanas, essa plataforma facilita resposta rápida em situações emergenciais, inserindo-se ainda como um compromisso com a segurança e bem-estar desse contingente populacional em situação de maiores vulnerabilidades. A implementação desse projeto pode reduzir riscos e ajudar a salvar vidas, além de reduzir danos e fortalecer a resiliência dessas comunidades diante dos desafios impostos por eventos mais extremos que podem redundar em desastres naturais de grande magnitude.

Palavras-chave: sistema de informações geográficas ; abrigo; emergência; segurança; geoprocessamento.

PROTOTIPAÇÃO DE SISTEMA DE ALERTA ANTECIPADO DE INUNDAÇÃO PARA GESTÃO DE RISCOS

PROTOTYPING OF AN EARLY FLOOD WARNING SYSTEM FOR RISK MANAGEMENT

Larissa Warnavin[1] e Nayana Machado[2]

1 Centro Universitário Internacional Uninter, NAILA IoT, warnavin@nailaiot.com

2 PNUD Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, NAILA IoT, machado@nailaiot.com

RESUMO

Os riscos socioambientais associados a eventos de inundação, intensificados pelas mudanças climáticas, destacam a necessidade de sistemas preventivos que auxiliem a gestão de risco e desastre nos municípios, sendo este o tema deste estudo. O objetivo geral é apresentar o desenvolvimento e validação de um Sistema de Alerta Antecipado (SAA) para a gestão de riscos hidrometeorológicos em nível municipal. A metodologia baseou-se na realização de pesquisa qualitativa do estado da arte, além de abordar a metodologia para desenvolvimento de SAA e prototipação de SAA utilizando tecnologias de gerenciamento de dados e aprendizado de máquina. Os resultados demonstram que o protótipo proposto é oportuno na identificação de chuvas críticas, embora o cálculo ainda exija refinamentos. A pesquisa conclui que a ampliação de SAAs e a cooperação entre agentes públicos são cruciais para reduzir impactos humanos e econômicos causados por desastres hidrometeorológicos, promovendo maior resiliência das comunidades afetadas.

Palavras-Chave: Sistema de Alerta Antecipado (SAA). Gestão de Riscos de Desastres (GRD).

ABSTRACT

The socio-environmental risks associated with flood events, intensified by climate change, highlight the need for preventive systems that assist risk and disaster management in municipalities, which is the theme of this study. The general objective is to present the development and validation of an Early Warning System (SAA) for the management of hydrometeorological risks at the municipal level. The methodology was based on carrying out state-of-the-art qualitative research, in addition to addressing the methodology for SAA development and SAA prototyping using data management and machine learning technologies. The results demonstrate that the proposed prototype is timely in identifying critical rainfall, although the calculation still requires refinements. The research concludes that the expansion of SAAs and cooperation between public agents are crucial to reducing human and economic impacts caused by hydrometeorological disasters, promoting greater resilience in affected communities.

Keywords: Early Warning System (SAA). Disaster Risk Management (DRM).

1 INTRODUÇÃO

Os riscos socioambientais relacionados aos eventos climáticos extremos de caráter hidrometeorológico representam uma preocupação global, sendo essencial compreender tanto a natureza desses riscos quanto os mecanismos de resposta e prevenção. Em suma, esses riscos referem-se à possibilidade de ocorrência de eventos adversos relacionados ao clima, como tempestades, inundações, secas e deslizamentos de terra, que podem resultar em danos significativos à vida humana, à propriedade e ao meio ambiente (UNDRR, WMO, 2023; UNISDR, 2015).

A Organização Meteorológica Mundial (OMM) relatou que, entre 1970 e 2019, o número de desastres aumentou cinco vezes (WMO, 2021a). Globalmente, no período de 1970 a 2021, os desastres relacionados à água foram os mais frequentes, sendo os ciclones tropicais a principal causa de perdas humanas e econômicas relacionadas mundialmente (WMO, 2023b). No total, entre 1970 e 2021, foram registrados quase 12.000 desastres associados ao clima, às condições meteorológicas e à água, resultando em mais de 2 milhões de mortes e perdas econômicas superiores a US$ 4,3 trilhões (WMO, 2023b). Em 2022, as perdas econômicas decorrentes de desastres somaram bilhões de dólares (WMO, 2023a), enquanto, entre 2015 e 2022, as perdas econômicas diretas anuais superaram US$ 131 bilhões globalmente (UNDRR, 2024). Apesar do cenário alarmante, atualmente, apenas 52% da população mundial está coberta por sistemas de alerta precoce, também a crescente imprevisibilidade, complexidade e agravamento dos eventos extremos desafiam a eficácia desses sistemas (UNDRR, WMO, 2023).

Os dados da OMM (WMO, 2025) destacam a necessidade urgente de ampliar os sistemas de alerta precoce, considerando que as mudanças climáticas intensificam a frequência, a gravidade e a imprevisibilidade de eventos climáticos extremos. Esta mesma fonte relaciona a emissão de alertas com até 24 horas de antecedência com a redução em até 30% dos danos causados pelos desastres. No entanto, apenas metade dos países do mundo possui sistemas de alerta múltiplos, o que agrava a vulnerabilidade, especialmente nos pequenos países insulares em desenvolvimento e nos países menos desenvolvidos, onde o impacto das mudanças climáticas sobre a perda de vidas é mais severo (WMO, 2025).

Entre 2011 e 2012, o Brasil iniciou um esforço na gestão de riscos de desastres (GRD), resultando na criação do SINPDEC (Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil) e do Conpdec (Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil) pela Lei no 12.608/2012, além da criação da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC instituída pela Lei nº 12.983/14. Esse movimento foi motivado por desastres passados, como as enxurradas de 2008, em Santa Catarina, e de 2010, em Alagoas e Pernambuco (BRASIL, 2024). Visto o aumento quantitativo e de intensidade dos eventos de inundação ao longo dos anos, o gerenciamento de riscos e desastres assume a característica de urgência (CEMADEN, 2017; LUZ, 2018). No Brasil, como em muitos países, os desafios nesse aspecto são evidentes (CAVALCANTE, 2022; SAITO; SOUZA, 2013). De acordo com estudo da Confederação Nacional de Municípios (CNM, 2024), entre 2013 e 2023, os desastres causaram R$ 639,4 bilhões de prejuízos em todo o Brasil, sendo 5.233 municípios afetados e 18.980 eventos de chuva com ocorrência de desastres.

No contexto internacional, o uso de Sistemas de Alerta Antecipado (SAA) no gerenciamento de riscos e desastres é ampliado a partir do Marco de Sendai para a Redução

do Risco de Desastres 2015-2030 (UNISDR, 2015), que enfatiza a importância de melhorar a atuação preventiva para reduzir perdas humanas, econômicas e ambientais decorrentes de eventos extremos.

Ainda que já existam diversos protocolos de adaptação às mudanças climáticas e gerenciamento de riscos e desastres, muitos gestores municipais não têm acesso a tecnologias e ferramentas adequadas para reduzir os riscos e agir preventivamente (CAVALCANTE, 2022; LUZ, 2018). Assim, os SAAs são fundamentais para fornecer informações precisas sobre potenciais desastres com antecedência suficiente, permitindo a implementação de medidas de evacuação e prevenção (UNISDR, 2009).

Embora haja avanços em protocolos e metodologias voltadas para adaptação às mudanças climáticas e gerenciamento de desastres (PERERA *et al.* 2019), ainda existem desafios importantes para a implementação eficaz de SAA, especialmente no nível municipal. Muitos gestores precisam de acesso a ferramentas tecnológicas e dados estruturados que permitam reduzir riscos e agir preventivamente (CAVALCANTE, 2022; LUZ, 2018). Além disso, a falta de integração entre os diferentes níveis governamentais e o investimento limitado em infraestrutura tecnológica dificultam a aplicação de medidas mitigadoras. Nesse cenário, os SAAs desempenham um papel crucial ao fornecer informações precisas e antecipadas, permitindo a implementação de ações de evacuação, proteção de comunidades vulneráveis e redução dos impactos econômicos e sociais associados aos desastres.

A NAILA[1] é uma startup curitibana dedicada a desenvolver soluções tecnológicas para o gerenciamento de riscos climáticos. O objetivo é aumentar a resiliência das comunidades e melhorar a segurança e a qualidade de vida através da implementação de sistemas inovadores de monitoramento e alerta de riscos socioambientais. Em um modelo de negócio inovador, a proposta é integrar a aplicação de tecnologia, o conceito de dados abertos e ciência cidadã para potencializar o gerenciamento de riscos e desastres frente aos eventos de inundação nas defesas civis municipais. Desta forma, a NAILA desenvolveu um protótipo de um Sistema de Alerta Antecipado (SAA) que valida metodologias e aplicações de tecnologias disponíveis para monitoramento, gerenciamento e comunicação de risco.

Este estudo apresenta o desenvolvimento e a validação de um protótipo de Sistema de SAA, integrando tecnologias emergentes e análises baseadas em dados históricos de Curitiba. O trabalho detalha as etapas essenciais para a criação de sistemas de alerta, incluindo a coleta e processamento de dados hidrometeorológicos, o cálculo de risco e a comunicação de alertas para agentes da defesa civil. Além disso, destaca-se a importância da capacitação de gestores municipais e do fortalecimento da cooperação interinstitucional como elementos indispensáveis para a implementação e operação desses sistemas. Ao propor um modelo inovador que alia tecnologia, ciência cidadã e dados abertos, esta pesquisa busca promover maior resiliência comunitária e reduzir os impactos humanos e econômicos de desastres hidrometeorológicos, reforçando a urgência de ampliar o acesso a soluções tecnológicas no contexto das mudanças climáticas.

[1] https://www.nailaiot.com/

2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo é apresentar o desenvolvimento e validação de um Sistema de Alerta Antecipado (SAA) para a gestão de riscos hidrometeorológicos em nível municipal, com foco na prevenção de inundações e no fortalecimento da resiliência comunitária. Especificamente, busca-se mapear o estado da arte em tecnologias e metodologias aplicáveis a sistemas de alerta de inundações; prototipar um sistema que integra tecnologias de IoT, aprendizado de máquina e modelagem hidrológica, utilizando dados meteorológicos e históricos; aprimorar a comunicação de risco com o desenvolvimento de interfaces acessíveis para agentes de defesa civil e comunidades como ferramenta estratégica para a redução de impactos humanos e econômicos causados por desastres hidrometeorológicos.

3 METODOLOGIA

3.1 ESTADO DA ARTE

A metodologia qualitativa com base em referencial bibliográfico foi escolhida para mapeamento de publicações em plataformas indexadas de pesquisa científica, também foram consultados documentos da WMO (*World Meteorological Organization*) e UNDRR (*UN Office for Disaster Risk Reduction*), leis nacionais e documentos oficiais do CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais), além de outras referências de relevância para estudo do tema.

Para quantificar o estado da arte dos artigos científicos existentes sobre sistema de alerta antecipado de riscos de desastres, utilizou-se os seguintes procedimentos. Checagem das publicações de maior impacto no cenário mundial com dados extraídos da plataforma *OpenAlex* (plataforma de dados abertos de publicações indexadas em alternativa à *Scopus* e *Web of Science*), o termo de busca utilizado foi "*early warning system flood*" resultando em 96.280 documentos (n= 96.280), posteriormente foram filtrados por tipo de documento "*article*" (n=69.410) e por "*open access*" (n=35.550), foi realizada a classificação por resultado de "r*elevance score*"; os critérios de inclusão foram, seleção de artigos com base na aderência da proposta.

3.2 DESIGN DO SISTEMA

Determinado na PNPDEC[2] (BRASIL, 2012), o sistema de monitoramento, previsão, elaboração e transmissão de alertas e alarmes é um elemento relevante dentre as ações não-estruturais para prevenção e redução do risco de desastres, o qual visa aprimorar as ações antecipadas de mitigação, preparo e resposta por parte dos tomadores de decisão municipais e da população em áreas em risco (BRASIL, 2012). Considerando o constante avanço tecnológico das últimas décadas, foram identificadas diversas iniciativas que buscam aplicar tais avanços em sistemas que potencializam as ações mitigadoras em eventos de inundação (KRZHIZHANOVSKAYA *et al.*, 2011; CORRAL *et al.*, 2019; FERNÁNDEZ-NÓVOA *et al.*, 2020), com o uso de IoT (*Internet of Things*) (NATIVIDAD; MENDEZ, 2018; LIRATHNI *et al.*, 2020; SHARMA *et al.*, 2021; IBARRECHE *et al.*, 2020; MAER; POP, 2022), aprendizado de máquina

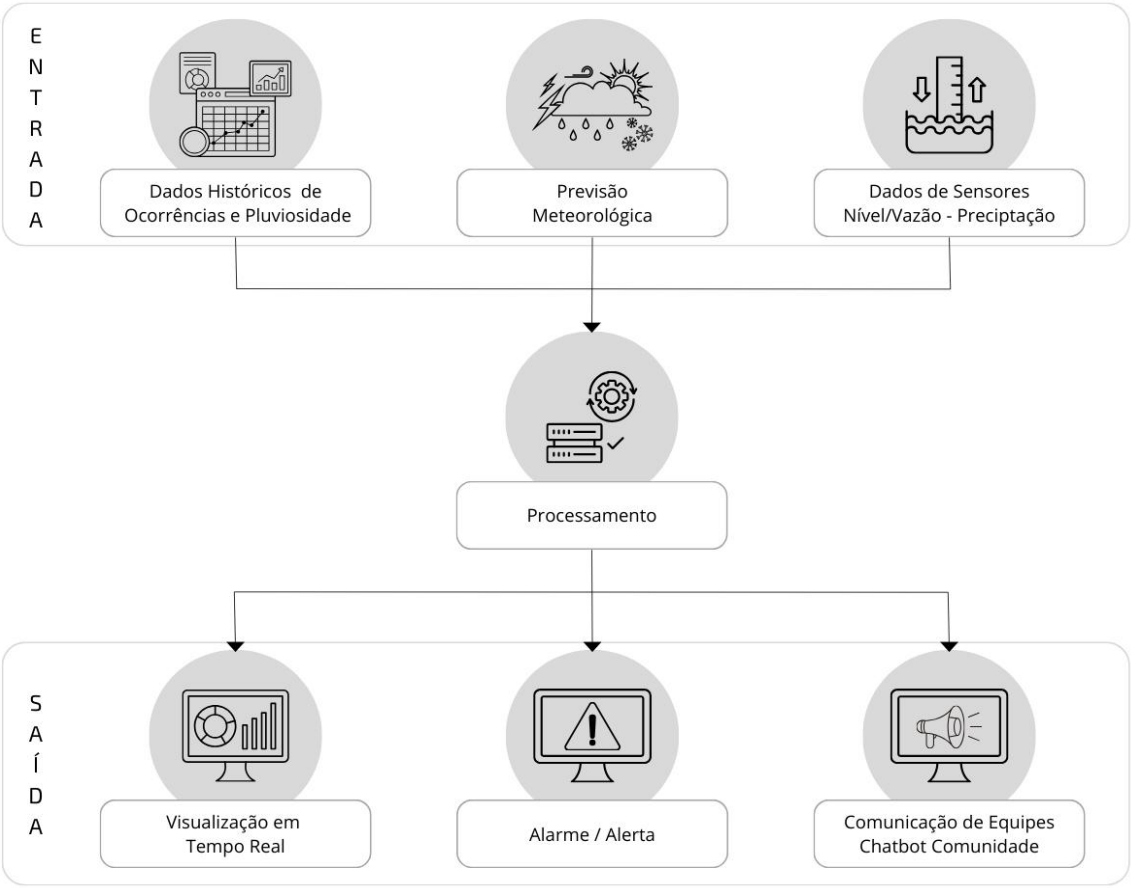
[2] Política Nacional de Proteção e Defesa Civil aprovada pela Lei nº 12.608/2012.

(CHANG *et al.*, 2018; MÜNOZ *et al.*, 2021; FARUQ *et al.*, 2022), inteligência artificial (ASWAD *et al.*, 2021; YAN; ZANG; ZANG, 2023; ZHANG *et al.*, 2023; NEARING *et al.*, 2024) e modelagem hidrológica (BÜRGER; REUSSER; KNEIS, 2009; HOEDJES *et al.*, 2014).

No âmbito nacional, o Manual Técnico de Monitoramento e Alertas de Movimentos de Massa (CEMADEN, 2018) é reconhecido como referência metodológica ao apresentar as etapas de criação de um Sistema de Alerta Antecipado (SAA), descrevendo detalhadamente as ações pertinente a cada estágio do sistema: monitoramento, previsão, elaboração e transmissão de alertas e alarmes. Uma vez que a metodologia de classificação de eventos hidrometeorológicos é a mesma tanto para desastre de movimentos de massa quanto para inundações, este manual é uma das principais metodologias utilizadas no cálculo do risco do sistema aqui apresentado.

Na primeira etapa de desenvolvimento do sistema deve ser estruturado o banco de dados hidrometeorológicos e das ocorrências de eventos de inundações em uma determinada área de monitoramento. A segunda etapa refere-se ao processamento dos dados estruturados e ao cálculo do risco desta área. E por fim a última etapa é a apresentação dos resultados e comunicação do risco para os agentes da defesa civil municipal. Uma visão geral do sistema proposto está ilustrada na Figura 1, apresentando as etapas e suas funcionalidades essenciais.

Figura 1 - Fluxograma de entradas e saídas do Sistema de Alerta Antecipado



Fonte: As autoras, 2025.

Os dados pluviométricos históricos podem ser consultados de acordo com as datas dos registros das ocorrências em bases de dados pré -existentes, como os dados disponibilizados pelo INMET[3] (Instituto Nacional de Meteorologia), ANA[4] (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico), CEMADEN[5] (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais), SIMEPAR[6] (Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná). Para classificar um evento pluviométrico devem ser observados os valores acumulados de chuva (mm) nos intervalos de 7 dias antes e 7 dias após o registro da ocorrência (CEMADEN, 2018). Os dados de previsão meteorológica podem ser obtidos em bases nacionais como no INMET e o CPTEC[7] (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos) do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e em aplicações internacionais (AccuWeather[8], OpenWeathermap[9], The Weather Channel[10]).

Os dados hidrometeorológicos de monitoramento em tempo real são obtidos localmente a partir da instalação de sensores de monitoramento de chuva e do nível da água em um determinado recurso hídrico. O acesso a estes dados pode ocorrer a partir de requisição via API ou armazenamento em um banco de dados estruturado. Os dados medidos por sensores hidrometeorológicos permitem refinar o sistema, analisando chuva/vazão e a velocidade do evento em caso de alerta e alarme.

Após a obtenção dos dados de entrada deve ser realizado o cálculo do risco da área monitorada, seguindo as orientações Manual Técnico de Monitoramento e Alertas de Movimentos de Massa (CEMADEN, 2018) foi adotado o método compartilhado para o cálculo do risco a eventos de inundações. O Método Compartilhado adota a premissa de que apenas uma parte da chuva acumulada anteriormente deve ser considerada no cálculo da chuva efetiva. Dessa forma, a chuva efetiva é determinada somando-se a chuva atual ao remanescente da chuva acumulada anterior, utilizando um fator de redução baseado no tempo decorrido desde a ocorrência da chuva anterior (esse fator é conhecido como meia-vida). Quanto mais antiga for a chuva anterior, menos impacto ela terá no valor da chuva efetiva, tanto para os índices de longo quanto de curto prazo (CEMADEN, 2018). O método utilizado classifica as chuvas em duas categorias: aquelas que causaram inundações (chuvas com evento) e aquelas que não causaram (chuvas sem evento). O limiar (ou linha crítica - LC) é estabelecido como a fronteira entre a zona segura e a zona insegura em relação à ocorrência de inundação. Além disso, fatores como topografia e geologia podem ser considerados na análise. Antes de serem aplicados, os limiares devem ser validados pelas Defesas Civis Municipais (CEMADEN, 2018).

E por fim, a etapa de saída do sistema deve incluir o compartilhamento do resultado do cálculo do risco e a transmissão dos alertas e alarmes. Esta etapa visa comunicar as equipes a serem acionadas e determinar os responsáveis pelos alertas e alarmes. Esta última etapa também prevê o treinamento e a capacitação destinados aos agentes da defesa civil para uso

[3] https://portal.inmet.gov.br/
[4] https://www.gov.br/ana/pt-br
[5] https://mapainterativo.cemaden.gov.br/
[6] https://www.simepar.br/simepar
[7] https://www.cptec.inpe.br/
[8] https://www.accuweather.com/pt/br/brazil-weather
[9] https://openweathermap.org/
[10] https://weather.com/pt-BR/clima/hoje/l/-25.42,-49.25

do SAA abordando os seguintes temas: uso dos alertas, banco de dados de eventos, avaliação da rede observacional, cálculo de limiares, avaliação e melhoria dos limiares e percepção de risco. Para validação desta etapa foi prototipada uma tela que deverá funcionar em ambiente web para compartilhamento de dados e transmissão de alertas e alarmes para os agentes da defesa civil, seguindo as orientações do Manual Técnico de Monitoramento e Alertas de Movimentos de Massa (CEMADEN, 2018).

3.2 TECNOLOGIA DO SISTEMA

A primeira prototipação código-fonte do sistema foi hospedada na plataforma GitHub[11] que permite o controle de versões e a construção colaborativa de projetos. A integração de banco de dados, previu o uso de tecnologias de acesso a banco de dados externos via API e da estruturação de dados em banco de dados com armazenados em dados em arquivos CSV (*Comma-separated values*). Os cálculos de risco são estruturados no backend do sistema (*JavaScript)*. Para estruturar e validar a comunicação do risco foi proposta uma tela desenvolvida no *software "*Figma" para testar a interface do usuário em ambiente web (*JavaScript*). Nesta tela são apresentados os dados monitorados, o cálculo de risco e dados de previsão. Futuramente serão desenvolvidas as integrações entre usuários da plataforma, para determinar os fluxos de transmissão dos alertas e alarmes seguindo as orientações do Manual Técnico de Monitoramento e Alertas de Movimentos de Massa (CEMADEN, 2018).

Nesta primeira prototipação foram sugeridos procedimentos simplificados quanto ao processamento de dados visando validar inicialmente as tecnologias selecionadas. Para isso foi realizado um teste com dados do município de Curitiba, incluindo dados de ocorrências e meteorológicos entre os anos de 2009 e 2022. Os dados de monitoramento em tempo real e de previsão foram requisitados via API do provedor OpenWeatherMap.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 SISTEMAS DE MONITORAMENTO E ALERTA ANTECIPADO DE RISCOS HIDROMETEOROLÓGICOS

De acordo com a UNISDR (2017) "um sistema integrado de monitoramento de riscos, previsão e predição, avaliação de risco de desastres, comunicação e sistemas de atividades de preparação e processos que permitem que indivíduos, comunidades, governos, empresas e outros tomem medidas oportunas para reduzir os riscos de desastres antes de eventos perigosos". A OMM (WMO, 2011) define os sistemas de previsão e alerta de inundações como "ligação entre as estruturas básicas" que "incluem o fornecimento de previsões específicas com magnitude e tempo de precipitação, estabelecimento de uma rede de estações hidrométricas, operação de software de modelo de previsão de inundações em tempo real e emissão de alertas precoces de inundações".

O Sistema de Alerta Antecipado aborda diretamente a meta 7 do Sendai Framework (UNISDR, 2015) que se concentra em "aumentar substancialmente a disponibilidade e o acesso a sistemas de alerta precoce de múltiplos riscos e informações e avaliações de risco de desastres para as pessoas".

[11] https://github.com/NailaTecnologia

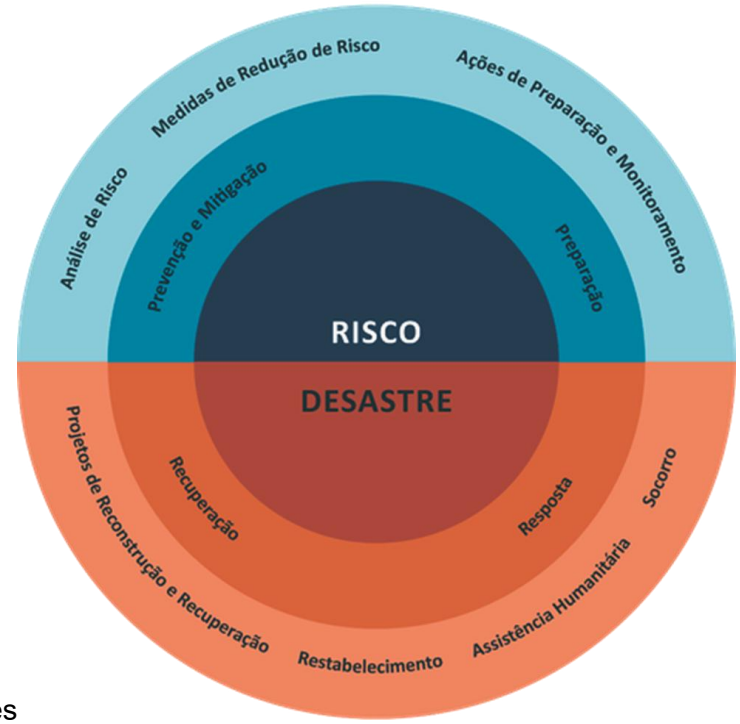
Um sistema de alerta precoce eficaz deve ser: (1) Multirriscos: são projetados para detectar diferentes perigos que podem ocorrer isoladamente, simultaneamente ou em cascata; (2) De ponta a ponta: o sistema cobre todo o alcance, desde a detecção de perigos até a ação, o que inclui o fornecimento de mensagens de alerta compreensíveis e acionáveis; (3) Centrado nas pessoas: significa projetar os sistemas com as pessoas em mente, para capacitá-las a agir a tempo e de forma apropriada para reduzir danos potenciais. (UNDRR, WMO, 2023).

Os quatro elementos do dos sistemas de alerta antecipados de desastres múltiplos de acordo com a UNDRR e WMO (2023) são altamente interrelacionados, com ligações entre todos eles sendo: (1) Conhecimento de risco; (2) detecção, observação, monitoramento, análise e previsão; (3) capacidade de preparação e resposta ao desastre; e (4) disseminação de alertas e comunicação. As atividades entre os elementos, portanto, precisam ser coordenadas em e entre setores e em diferentes níveis, incluindo local, subnacional, nacional, regional e internacional. Mecanismos de feedback eficazes também são essenciais para permitir a melhoria contínua em todo o sistema.

Como em qualquer sistema, a falha em um componente ou a falta de coordenação entre os componentes pode levar à falha de todo o sistema. De fato, um estudo recente demonstrou que “simplesmente melhorar a precisão das previsões meteorológicas não resultará em melhores resultados para pessoas vulneráveis” (COUGHLAN DE PEREZ *et al.*, 2022). Os autores observaram que a maioria dos desastres hidrometeorológicos mais mortais e custosos deste século foram previstos com antecedência. O estudo identificou que as maiores lacunas e oportunidades de melhoria estão na comunicação e na capacidade de resposta. Assim, é essencial que o design e a implementação de qualquer sistema de alerta antecipado de desastres adotem uma abordagem integrada, conforme promovido pela Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC (BRASIL, 2012).

O sistema de monitoramento, previsão, elaboração e transmissão de alertas e alarmes forma um dos principais eixos de ações não-estruturais para prevenção e redução do risco de desastres (Figura 2), o qual visa potencializar as ações antecipadas de mitigação, preparo e resposta por parte dos tomadores de decisão municipais e da população em áreas em risco.

Figura 2 - Representação do ciclo de gerenciamento de riscos e desastres



Fonte: Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC (BRASIL, 2012).

Para tal, é necessário que os parâmetros monitorados possibilitem a preparação e a efetivação da resposta à emergência, ou seja, as atividades de monitoramento, previsão e alerta (federal ou estadual) e as atividades de evacuação (municipal ou estadual) devem ser integradas e eficazes. As ações de evacuação visam à proteção das populações mais vulneráveis ao evento previsto. O sucesso de uma evacuação requer cooperação interinstitucional e deve ser executada de acordo com a legislação e com procedimentos próprios, específicos ao risco em foco. Assim, os técnicos da DCM e as populações mais vulneráveis precisam de conhecimentos e informações que permitam uma melhor compreensão da situação de risco, para si, seus entes e seu patrimônio, e de como proceder nestas ocasiões, tendo-se em mente que este componente do processo (a conscientização) é uma atividade contínua e de resultados em longo prazo e que o SAA é uma ferramenta para auxiliar na comunicação do risco. (CEMADEN, 2018).

Outro aspecto é que os desastres costumam ter um impacto amplo, afetando diretamente moradores, equipamentos e estruturas inseridos na área de risco atingida, e indiretamente as atividades econômicas. A capacitação deve ter por objetivo facilitar o processo de construção da percepção do risco, no dia a dia dos envolvidos, de como proteger-se dos riscos e de como contribuir com o SAA, de modo a tornar os gestores municipais, as comunidades em risco e a população em geral mais bem preparada para a prevenção e mais resilientes em relação aos riscos de inundação. (CEMADEN, 2018).

4.2 PROTOTIPAGEM DO SISTEMA

Nesta primeira prototipação do sistema foi possível parametrizar o volume de chuva (chuva efetiva) que ocorreu nas datas com registro de ocorrências disponibilizadas no

SiGesGuarda. Para os testes foram incluídos 59 registros de ocorrências de inundação no município de Curitiba entre os anos de 2013 e 2022, a Tabela 1 apresenta uma amostra da tabulação de dados. Consultando os registros históricos de chuva disponibilizados via API pelo *OpenWeatherMap Ltd*, para cada ocorrência foram quantificados os dias que apresentaram registro de chuva (dias precipitação) e calculado o valor acumulado da chuva ao longo de todos os dias chuvosos (precipitação de risco). Foram também tabuladas as coordenadas geográficas (long_x, lat_y) de cada ponto, e foi criado um código de identificação único para cada ocorrência (id_oc).

Tabela 1 - Exemplo tabulação de resultado cálculo da chuva efetiva

id_oc	ocorrência[a]	long_x[a]	lat_y[a]	precipitação de risco[b]	dias precipitação[b]	descrição local[a]
2	163/2018	-49.338.000	-25.557.000	10.8	4	Área 6
3	602/2013	-49.343.000	-25.464.000	136.54	7	Rua José Baggio
6	108/2015	-49.233.000	-25.444.000	99.22	7	Afetados 11.03.2015
7	163/2018	-49.245.000	-25.487.000	10.8	4	Área 8
8	178/2015	-49.341.000	-25.548.000	19.07	3	Área Vitória Régia
9	163/2018	-49.341.000	-25.545.000	10.8	4	Área 2
10	230/2016	-49.326.000	-25.449.000	17.17	5	Alagamento
11	602/2013	-49.332.000	-25.515.000	136.54	7	CIC - Alagamentos
12	602/2017	-49.222.000	-25.510.000	18.14	2	Cruzamento Bley Zorning

Fonte:[a] Portal de dados abertos de Curitiba (Dados SiGesGuarda), 2023; [b] As autoras, 2025.

Após a parametrizar o volume das precipitações de risco nos pontos onde ocorreram os registros de inundação foi realizado o teste da etapa de classificação dos dados de previsão de precipitação para os dias 27/08/2023, 28/07/2023 e 29/07/2023. A Tabela 2 apresenta uma amostra dos resultados, com as datas e a classificação de risco (status_risco) de acordo com a chuva prevista (precipitação_previsão) para o ponto onde ocorreu um registro de ocorrência no passado (id_oc). Foram gerados 96 registros de classificação de risco de locais de inundação salvos no banco de dados para este período de 3 dias.

id	data	id_oc	precipitação_previsão[a]	status_risco
177	27/07/2023	32	05.08	Perigo
186	27/07/2023	55	05.08	Perigo
140	28/07/2023	2	11.51	Perigo
142	28/07/2023	7	11.51	Perigo
144	28/07/2023	9	11.51	Perigo
148	28/07/2023	13	11.51	Alerta
150	28/07/2023	14	11.51	Alerta
153	28/07/2023	31	11.51	Perigo
155	28/07/2023	32	11.51	Perigo
157	28/07/2023	33	11.51	Perigo

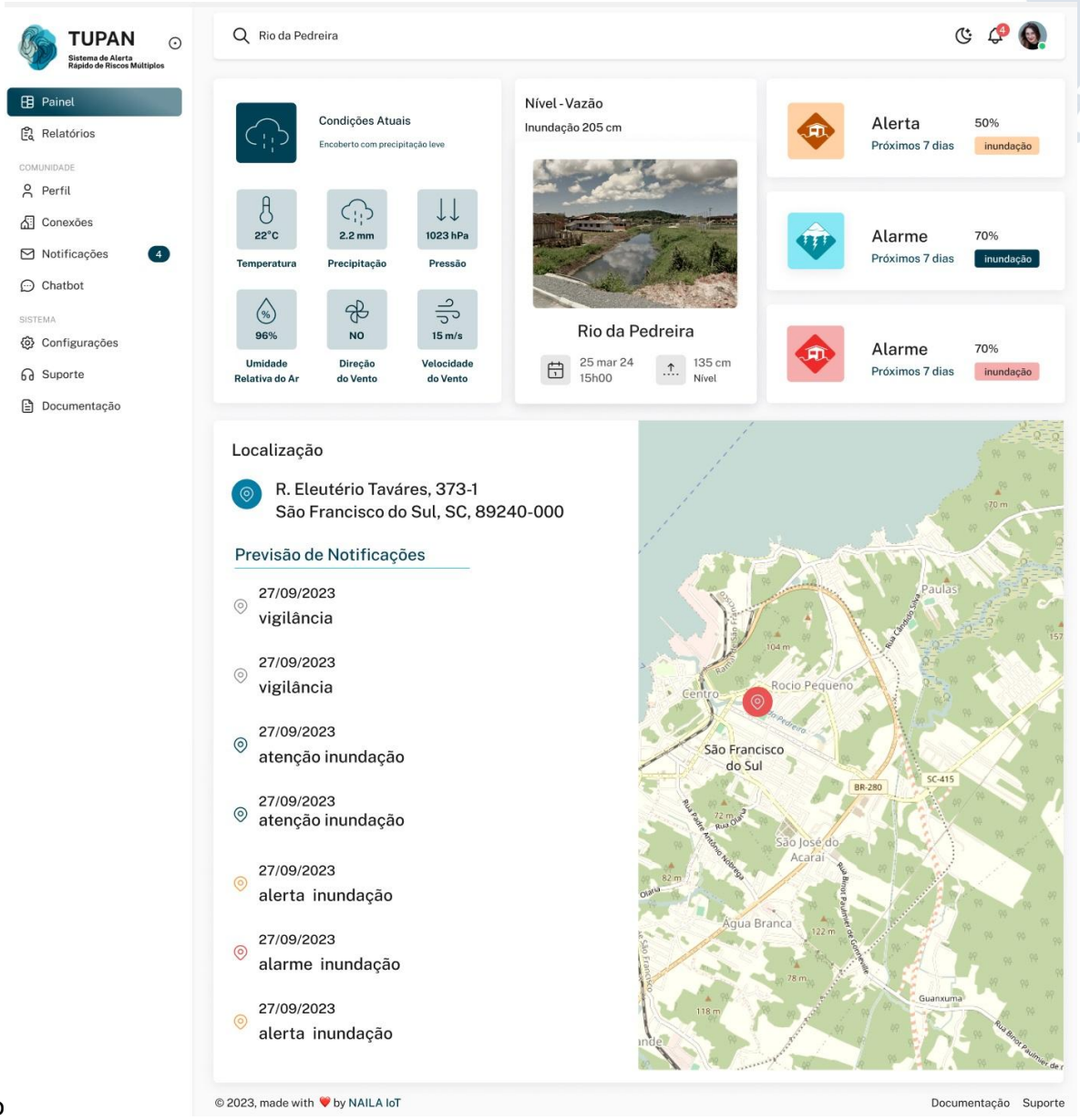
Fonte: [a] *OpenWeatherMap Ltd*, 2023; As autoras, 2025.

Tabela 2 - Exemplo tabulação de resultado cálculo do risco de inundação

Após a primeira prototipação observou-se que a escolha das tecnologias para desenvolvimento de *software* são oportunas, uma vez que foi possível realizar as etapas de cálculo da chuva efetiva e posteriormente a determinação do status de risco a partir da obtenção dos dados de previsão de chuva. Entretanto é necessário um melhor refinamento nos códigos de cálculo de risco a fim de excluir valores muito baixos de precipitação (< 20 mm) que foram incluídos na lista de precipitações que apresentam perigo, o que gera uma superestimativa de eventos de precipitação de risco ao consultar os dados de previsão de chuva. Após a etapa de prototipação é evidente a importância do compartilhamento de dados pelos órgão públicos, pois sem a disponibilização dos dados de ocorrência é muito oneroso o processo de automatizar as etapas do sistema de alerta antecipado.

Ainda que não tenha sido possível validar a etapa de transmissão de alerta, devido a falta de integração da comunicação de risco, foi possível criar uma primeira versão de como deve ser a comunicação das informações monitoradas e suas automatizações. A interface com o usuário, o modelo inicial de posicionamento de informações no *frontend* está ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Protótipo interface do usuário para comunicação e transmissão do risco



Fonte: NAILA IoT, 2025.

4.2.1 VALIDAÇÃO COM POTENCIAIS USUÁRIOS

A prototipação do sistema contou com uma etapa de validação com diferentes atores. Foram realizados contatos com 12 agentes de Defesa Civil Municipal de Curitiba e Região metropolitana, 8 empresas e 23 órgãos municipais, estaduais e federais responsáveis por pautas climáticas e de inovação. A apresentação do sistema obteve feedback favorável dos atores consultados, sobretudo no que tange a urgência de ações para adaptação às mudanças globais do clima e justiça climática. Com base nas informações coletadas houveram adaptações no sistema para atender diferentes usuários e desenvolver ferramentas para melhoria da comunicação de riscos.

5 CONCLUSÃO

As evidências continuam a sugerir que o investimento em sistemas de monitoramento e alerta traz benefícios diretos na redução do custo humano dos desastres. Quando examinados juntamente com a mortalidade relacionada a desastres, os dados mostram que os países com cobertura limitada a moderada de sistemas de alerta antecipado têm uma taxa de mortalidade relacionada a desastres quase seis vezes maior em comparação com a dos países com cobertura substancial a abrangente (4,05 mortalidade por 100.000 habitantes, em comparação com 0,71). Da mesma forma, os países com cobertura limitada a moderada de sistemas de alerta têm quase cinco vezes mais pessoas afetadas por desastres do que os países com cobertura substancial a abrangente (3.132 em comparação com 688). (UNDRR, WMO, 2023).

A prototipação do sistema apresentou resultados satisfatórios quanto a replicabilidade das etapas do sistema de monitoramento, previsão, elaboração de alertas e alarmes. As etapas de parametrizar as chuvas históricas a partir dos dados de ocorrência e verificar o risco de eventos pluviométricos futuros também foram desenvolvidas com sucesso. A etapa de transmissão ainda não foi validada pois precisa ser desenvolvida em conjunto com os agentes da defesa civil municipal. Quanto à aplicação das tecnologias disponíveis para análise, gerenciamento e processamento de dados, foi possível identificar ferramentas que contemplam as necessidades do sistema de alerta antecipado proposto. A partir do desenvolvimento desta primeira etapa de prototipação são previstas etapas de melhorias e aprimoramentos do design do sistema para revalidação do sistema junto a agentes da defesa civil municipal. De qualquer forma, esta foi apenas a primeira etapa de prototipação do sistema e uma sequência de melhorias devem ser aplicadas para certificar o funcionamento da ferramenta para uso dos agentes de defesa civil municipal.

Durante a etapa de validação foi identificado o interesse dos agentes municipais de defesa civil em dispor de ferramentas tecnológicas para aprimorar ações mitigadoras e preventivas aos eventos de inundação. Porém, infelizmente no Brasil ainda é incipiente o investimento a nível municipal em iniciativas mitigadoras a eventos de inundação, decorrente da limitação de recursos exigindo coordenação entre as esferas governamentais.

Após este trabalho identifica-se a importância do compartilhamento de dados abertos sejam eles ambientais ou sociais para que cada vez mais sejam desenvolvidas ferramentas que atendam a necessidade da sociedade quanto ao gerenciamento de risco e promoção de justiça climática.

6 REFERÊNCIAS

ASWAD, F. M.; KAREEM, A. N.; KHUDHUR, A. M.; KHALAF, B. A.; MOSTAFA, S. A. Tree-based machine learning algorithms in the Internet of Things environment for multivariate flood status prediction. *Journal of Intelligent Systems*, v. 31, n. 1, p. 1-14, 2022. https://doi.org/10.1515/jisys -2021 -0179 . Acesso em: 15 jan. 2025.

BRASIL. *Lei nº 12.608*, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC). Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm. Acesso em: 15 jan. 2025.

BRASIL. Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. *Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil*. Produto 5: atuação em prevenção, 2024. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1QTxpi84w-4m5plu96t2VnvNXQ5fiw5w6/view. Acesso em: 15 jan. 2025.

BÜRGER, G.; REUSSER, D.; KNEIS, D. Early flood warnings from empirical (expanded) downscaling of the full ECMWF Ensemble Prediction System. *Water Resources Research*, v. 45, 2009. DOI: 10.1029/2009WR007779. Acesso em: 11 jan. 2025.

CAVALCANTE, A. B. *Justiça climática nas estratégias e nos planos de adaptação às alterações climáticas: estudo de caso do Porto.* 2022. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Porto, Porto, 2022. Disponível em: https://www.proquest.com/openview/ca5dfac29bfd713212441590130035a2/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y. Acesso em: 11 jan. 2025.

CEMADEN. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. *Manual técnico de monitoramento e alertas de movimentos de massa*. São Paulo: CEMADEN, 2018. Disponível em: https://www.defesacivil.se.gov.br/wp-content/uploads/2019/05/Manual-Cemaden.pdf. Acesso em: 11 jan. 2025.

CEMADEN. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. *O alerta*. São José dos Campos: CEMADEN, 2017. Disponível em: http://www.cemaden.gov.br/o-alerta/. Acesso em: 11 jan. 2025.

CHANG, M. J.; CHANG, H. K.; CHEN, Y. C.; LIN, G. F.; CHEN, P. A.; LAI, J. S.; TAN, Y. C. . A support vector machine forecasting model for typhoon flood inundation mapping and early flood warning systems. *Water*, v. 10, n. 1734, 2018. DOI: 10.3390/w10121734. Acesso em: 11 jan. 2025.

CNM. Confederação Nacional de Municípios. *Panorama dos desastres no Brasil (2013-2023).* Brasília, 2024. Disponível em: https://cnm.org.br/storage/biblioteca/2024/Estudos_tecnicos/202405_ET_Panorama_Desastres_Brasil_2013_a_2023.pdf. Acesso em: 15 jan. 2025.

CORRAL, C.; BERENGUER, M.; SEMPERE-TORRES, D.; POLETTI, L.; SILVESTRO, F.; REBORA, N. Comparison of two early warning systems for regional flash flood hazard forecasting. *Journal of Hydrology*, v. 572, p. 603-619, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.03.026. Acesso em: 15 jan. 2025.

COUGHLAN DE PEREZ, E.; BERSE, K. B.; DEPANTE, L. A. C.; EASTON-CALABRIA, E.; EVIDENTE, E. P. R.; EZIKE, T.; HEINRICH, D.; JACK, C.; LAGMAY, A. M. F. A.; LENDELVO, S.; MARUNYE, J.; MAXWELL, D. G.; MURSHED, S. B.; ORACH, C. G.; PINTO, M.; POOLE, L. B.; RATHOD, K.; SHAMPA, C. V. S. Learning from the past in moving to the future: invest in communication and response to weather early warnings to reduce death and damage. *Climate Risk Management*, v. 38, 2022, p. 100461. DOI: 10.1016/j.crm.2022.100461. Acesso em: 11 jan. 2025.

FARUQ, A.; MOHD HUSSEIN, S. F.; MARTO, A.; ABDULLAH, S. S. Flood river water level forecasting using ensemble machine learning for early warning systems. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 9 Anais…* v. 1091, 2022. p. 012041. Disponível em: https://doi.org/10.1088/1755-1315/1091/1/012041. Acesso em: 11 jan. 2025.

FERNÁNDEZ-NÓVOA, D.; GARCÍA-FEAL, O.; GONZÁLEZ-CAO, J.; DE GONZALO, C.; RODRÍGUEZ-SUÁREZ, J.A.; RUIZ DEL PORTAL, C.; GÓMEZ-GESTEIRA, M. MIDAS: a new integrated flood early warning system for the Miño River. *Water,* v. 12, n. 2319, 2020. DOI: 10.3390/w12092319. Acesso em: 11 jan. 2025.

HOEDJES, J.C.B.; KOOIMAN, A.; MAATHUIS, B.H.P.; SAID, M.Y.; BECHT, R.; LIMO, A.; MUMO, M.; NDUHIU-MATHENGE, J.; SHAKA, A.; SU, B. A conceptual flash flood early warning system for Africa, based on terrestrial microwave links and flash flood guidance. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v. 3, n. 2, p. 584-598, 2014. DOI: 10.3390/ijgi3020584. Acesso em: 11 jan. 2025.

IBARRECHE, J.; AQUINO, R.; EDWARDS, RM; RANGEL, V.; PÉREZ, I.; MARTINEZ, M.; CASTELLANOS, E.; ÁLVAREZ, E.; JIMENEZ, S.; RENTERÍA, R.; EDWARDS, A.; ÁLVAREZ, O.. Flash flood early warning system in Colima, Mexico. *Sensors*, v. 20, n. 5231, 2020. DOI: 10.3390/s20185231. Acesso em: 11 jan. 2025.

KRZHIZHANOVSKAYA, V. V.; SHIRSHOV, G. S.; MELNIKOVA, N. B.; BELLEMAN, R. G.; RUSADI, F. I.; BROEKHUIJSEN, B. J.; GOULDBY, B. P.; LHOMME, J.; BALIS, B.; BUBAK, M.; PYAYT, A. L.; MOKHOV, I. I.; OZHIGIN, A. V.; LANG, B.; MEIJER, R. J. Flood early warning system: design, implementation and computational modules. *Procedia Computer Science*, v. 4, p. 106-115, 2011. DOI: 10.1016/j.procs.2011.04.012. Acesso em: 11 jan. 2025.

LIRATHNI, H.; ZRELLI, A.; JRIDI, MH; EZZEDINE, T. A Real-Time Flash-Floods Alerting System Based on WSN and IBM Bluemix Cloud Platform. In: *International Conference on Sciences of Electronics, Technologies of Information and Telecommunications (SETIT'18), 8 Anais…* Springer, 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-21009-0_38. Acesso em: 11 jan. 2025.

LUZ, M. B. *Sistemas de alerta de risco a desastres: aplicabilidade para o município de João Pessoa/PB*. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/24530. Acesso em: 11 jan. 2025.

MAER, E. D.; POP, A. A. Design of IoT based flood monitoring and alerting system. *IEEE International Power Electronics And Motion Control Conference (PEMC), 20 Anais…* Brașov, 2022. DOI: 10.1109/PEMC51159.2022.9962925. Acesso em: 11 jan. 2025.

MUÑOZ, P.; ORELLANA-ALVEAR, J.; BENDIX, J.; FEYEN, J.; CÉLLERI, R. Flood early warning systems using machine learning techniques: the case of the Tomebamba catchment at

the Southern Andes of Ecuador. *Hydrology*, v. 8, n. 183, 2021. DOI: 10.3390/hydrology8040183. Acesso em: 11 jan. 2025.

NATIVIDAD, J. G.; MENDEZ, J. M. Flood monitoring and early warning system using ultrasonic sensor. In: International Conference on Information Technology And digital Applications, Anais… Joguejacarta, 2017. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering,* v. 325, 2018. DOI: 10.1088/1757-899X/325/1/012020. Acesso em: 11 jan. 2025.

NEARING, G.; COHEN, D.; DUBE, V.; GAUCH, M.; GILON, O.; HARRIGAN, S.; HASSIDIM, A.; KLOTZ, D.; KRATZERT, F.; METZGER, A.; NEVO, S.; PAPPENBERGER, F.; PRUDHOMME, C.; SHALEV, G.; SHENZIS, S.; YEDNKACHW TEKALIGN, T.; WEITZNER, D.; M. Global prediction of extreme floods in ungauged watersheds. *Nature*, v. 627, p. 559–563, 2024. DOI: 10.1038/s41586-024-07145-1. Acesso em: 11 jan. 2025.

PERERA, D.; SEIDOU, O.; AGNIHOTRI, J.; RASMY, M.; SMAKHTIN, V.; COULIBALY, P.; MEHMOOD, H.. Flood early warning systems: a review of benefits, challenges and prospects. *UNU-INWEH Report Series*, n. 8. 2019. DOI: 10.13140/RG.2.2.28339.78880. Acesso em: 11 jan. 2025.

SAITO, S. M. A.; SOUZA, D. O. *Sistema de monitoramento e alerta de desastres naturais: práticas e desafios*. Porto Alegre: Evangraf, 2013. Disponível em: https://www.academia.edu/11848527. Acesso em: 11 jan. 2025.

SHARMA, A.; CHAUDHARY, A.; RANA, A.; KUMAR, A. Flood monitoring system using IoT. In: *International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization, 9 Anais…* Noida: IEEE, 2021. DOI: 10.1109/ICRITO51393.2021.9596419. Acesso em: 14 jan. 2025.

UNDRR. UN Office for Disaster Risk Reduction. *Sendai Framework Monitor*. Genebra, 2024. Disponível em: https://sendaimonitor.undrr.org/. Acesso em: 14 jan. 2025.

UNDRR. UN Office for Disaster Risk Reduction. WMO. World Meteorological Organization. *Global Status of Multi-Hazard Early Warning Systems*, Genebra, 2023. Disponível em: https://www.undrr.org/media/91954/download?startDownload=20250111. Acesso em: 11 jan. 2025.

UNISDR. United Nations International Strategy for Disaster Reduction. *UNISDR terminology on disaster risk reduction*. Genebra, 2009. Disponível em: https://www.preventionweb.net/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf. Acesso em: 14 jan. 2025.

UNISDR. United Nations International Strategy for Disaster Reduction. *Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030.* Genebra, 2015. Disponível em: https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030. Acesso em: 11 jan. 2025.

UNISDR. United Nations International Strategy for Disaster Reduction. *Report of the Open-Ended Intergovernmental Expert Working Group on Indicators and Terminology Relating to Disaster Risk Reduction,* Genebra, 2017. Disponível em: https://www.preventionweb.net/files/50683_oiewgreportenglish.pdf. Acesso em: 11 jan. 2025.

WMO. World Meteorological Organization. *Manual on Flood Forecasting and Warning.* Genebra, 2011. Disponível em:

https://www.pseau.org/outils/ouvrages/omm_manual_on_flood_forecasting_and_warning_2011.pdf. Acesso em: 11 jan. 2025.

WMO. World Meteorological Organization. *Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes (1970–2019).* Genebra, 2021a. Disponível em: https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21930. Acesso em: 11 jan. 2025.

WMO. World Meteorological Organization. *WMO Guidelines on Multi-hazard Impact-based Forecast and Warning Services: Part B Putting Multi-hazard IBFWS into Practice*. Genebra, 2021b. Disponível em: https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21994. Acesso em: 11 jan. 2025.

WMO. World Meteorological Organization. *State of the Global Climate 2022.* Genebra, 2023a. Disponível em: https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=22265. Acesso em: 11 jan. 2025.

WMO. World Meteorological Organization. *Atlas of mortality and economic losses from weather, climate and water-related hazards (2022).* Genebra, 2023b. Disponível em: https://public.wmo.int/en/resources/atlas-of-mortality. Acesso em: 11 jan. 2025.

WMO. World Meteorological Organization. *Early warning system*. 2025. Disponível em: https://wmo.int/topics/early-warning-system. Acesso em: 11 jan. 2025.

YAN, Y.; ZHANG, N.; ZHANG, H. Applications of advanced technologies in the development of urban flood models. *Water*, v. 15, n. 622, 2023. DOI: 10.3390/w15040622. Acesso em: 11 jan. 2025.

ZHANG, Y.; PAN, D.; VAN GRIENSVEN, J.; YANG, S. X.; GHARABAGHI, B. Intelligent flood forecasting and warning: a survey. *Intelligent Robotics*, v. 3, p. 190-212, 2023. DOI: 10.20517/ir.2023.12. Acesso em: 11 jan. 2025.

GERAÇÃO DE INFORMAÇÕES TOPOGRÁFICAS PARA O MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO UTILIZANDO DRONES E GNSS: UM ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE FRANCISCO MORATO

GENERATION OF TOPOGRAPHIC INFORMATION FOR MAPPING AREAS OF GEOLOGICAL RISK USING DRONES AND GNSS: A CASE STUDY IN THE CITY OF FRANCISCO MORATO

Sergio V. D. Pamboukian[1], Liliane F. Armelin[2], Alberto A. Lázaro[3] e Henrique Dinis[4]

1 Universidade Presbiteriana Mackenzie, sergio.pamboukian@mackenzie.br

2 Universidade Presbiteriana Mackenzie, liliane.armelin@mackenzie.br

3 Universidade Presbiteriana Mackenzie, alberto.alonso@mackenzie.br

4 Universidade Presbiteriana Mackenzie, henrique.dinis@mackenzie.br

RESUMO

O mapeamento de áreas de risco tem sido a principal técnica utilizada para o planejamento adequado de ações mitigadoras, porém sua execução requer dispendiosos investimentos devido as dificuldades com acesso restrito e periculosidade para a obtenção de informações topográficas e de uso do solo. A utilização de drones demonstra ser uma excelente opção para esta tarefa pela segurança, rapidez, baixo custo e qualidade de resultados. Neste trabalho é descrita uma metodologia para a geração de subsídios para o mapeamento de uma área de risco na cidade de Francisco Morato, sob risco de escorregamento, com o auxílio de drones. O procedimento é descrito em detalhes, assim como os produtos topográficos obtidos pelo levantamento.

Palavras-Chave: Drones. Mapeamento. Áreas de risco. Escorregamentos.

ABSTRACT

Mapping risk areas has been the main technique used for adequate planning of mitigating actions, but its execution requires expensive investments due to the difficulties with restricted access and dangerousness in obtaining topographic and land use information. The use of drones has proven to be an excellent option for this task due to safety, speed, low cost and quality of results. This paper describes a methodology for generating subsidies for mapping a risk area in the city of Francisco Morato, at risk of landslides, with the help of drones. The procedure is described in detail, as well as the topographic products obtained by the survey.

Keywords: Drones. Mapping. Risk areas. Slips.

1 INTRODUÇÃO

Áreas de risco trata-se de locais vulneráveis a fenômenos naturais, em decorrência de inundações, incêndios, contaminação do solo e escorregamentos de terra, por exemplo, podendo ter também como causa a ação antrópica. Diante da possibilidade de desastres naturais, encostas e fundos de vales são impróprios para o assentamento humano, tendo em vista o risco de danos às pessoas e ao patrimônio.

Apesar das áreas de risco serem locais impróprios para a urbanização, essa situação é recorrente no Brasil devido às pressões sociais por demandas habitacionais, ocorrendo ocupações irregulares. A dificuldade do poder público em efetuar um controle efetivo sobre a abertura de loteamentos irregulares, em áreas de declividade acentuadas e impróprias, faz com que sejam comercializados terrenos que não atendem às normas urbanísticas. Além disso, populações vulneráveis ocupam essas áreas por meio de invasões, realizando cortes de terreno e drenagem sem os devidos cuidados, o que aumenta ainda mais os riscos geológicos associados a esses locais.

O mapeamento e monitoramento destas áreas é muitas vezes complexo devido à dificuldade de acesso e periculosidade, fazendo do uso de drones uma opção vantajosa para a obtenção de informações do relevo e ocupação do solo.

Aeronaves controladas de forma remota têm sido utilizadas para diversas aplicações na prática, como filmagem, levantamento topográfico, inspeções prediais e industriais, acompanhamento de obras, urbanismo, agricultura de precisão, mapeamento de espécies vegetais, monitoramento ambiental, análise de uso e ocupação do solo, aplicações militares, busca e resgate, mineração, segurança, monitoramento de tráfego e entrega de encomendas, entre outras.

A tecnologia de drones tem se tornado cada vez mais acessível e popular. O levantamento topográfico com drones tem-se demonstrado eficaz para subsidiar o mapeamento e monitoramento de áreas de risco, por seus recursos técnicos que dispensam grandes recursos humanos e de investimento para sua mobilização, sendo assim, adequados a mapeamentos com informações topográficas e fotográficas, em relevo, especialmente em áreas discretas, de difícil acesso, auxiliando no controle e prevenção de tragédias. O levantamento aéreo permite capturar imagens de alta definição utilizadas para criar mapas precisos e detalhados que permitem uma análise minuciosa desses locais, auxiliando na determinação dos pontos de risco. O levantamento por drones fornece informações sobre a topografia do local permitindo, por exemplo, avaliar indícios de deslizamento de terra potenciais em encostas íngremes. A análise dessas informações pode ajudar a Defesa Civil e autoridades regionais a tomar decisões sobre o uso do solo e planejar, por exemplo, a realocação de pessoas para áreas mais seguras (Ortopixel, 2023).

Existem inúmeras vantagens no levantamento aéreo por drones como o baixo custo de operação, a rapidez no levantamento, a facilidade de operação com pouco treinamento, a facilidade de mapeamento de áreas perigosas e de difícil acesso, a geração de produtos topográficos detalhados e a precisão dos dados obtidos, entre outras.

Gramani et al. (2018) realizaram o mapeamento do Morro Santo Antônio (Caraguatatuba-SP) com drone para analisar o escorregamento ocorrido em 2017. Os autores destacaram algumas vantagens do uso de drones: alta resolução espacial, a possibilidade de

visão tridimensional do terreno, os principais produtos obtidos como o ortomosaico de fotos, o Modelo Digital de Superfície (MDS) e o Modelo Digital de Terreno (MDT).

Rodrigues e Peixoto (2022) fizeram a análise da geomorfologia de processo erosivo laminar em um sítio da cidade de Pratânia-SP utilizando imagens de drones.

Silva Júnior (2019) elaborou uma proposta metodológica e avaliou dados obtidos por drones como contribuição à cartografia geotécnica.

Simões et al. (2019) estudaram a modelagem 3D e a geovisualização aplicada a desastres naturais utilizando imagens aéreas obtidas por drones.

A Defesa Civil do município de São Paulo realizou em 2021 um mapeamento de Risco Geológico que envolveu as 32 subprefeituras da cidade utilizando informações obtidas por drones, contabilizando 489 áreas de risco. Segundo Elza Paulina de Souza, secretária municipal de Segurança Urbana, os drones são ferramentas fundamentais para potencializar o trabalho operacional dos agentes de Defesa Civil e da Guarda Civil Metropolitana (GCM), especialmente nas regiões de proteção ambiental, mananciais e no monitoramento de áreas extensas e adensadas. O levantamento aéreo permitiu definir as áreas propensas à inundação, deslizamentos e riscos tecnológicos, classificando-as em níveis que variam de 1 a 4 (1 significa risco leve e 4, muito grave). A partir disso foram feitas sugestões às secretarias municipais e às subprefeituras para a prevenção de riscos e criação de procedimentos que devem ser adotados em situações de emergência e ocorrências relacionadas a eventos naturais e/ou induzidos pela ação humana (São Paulo, 2021).

Muitas outras cidades e estados têm também utilizado drones na obtenção de informações para o mapeamento de áreas de risco: São José / SC (São José, 2024), Paraná (Corpo de Bombeiros Militar do Paraná, 2018), Espírito Santo (Instituto Jones dos Santos Neves, 2023), entre outros.

De forma geral, para a prevenção de desastres naturais podem ser adotadas inúmeras medidas, que podem ser de caráter estrutural ou não estrutural. As medidas estruturais, em geral, obras complexas e de grande porte, são mais eficientes, porém, muitas vezes possuem um alto custo e exigem estudos detalhados em sua definição e implantação, para não se tornarem inviáveis. Já as medidas não estruturais, de maior viabilidade econômica, estão ligadas ao planejamento e controle do uso do solo de acordo com as características físicas da área (declividade, tipo de solo, drenagem etc.), devendo ser avaliadas segundo estudos mais amplos com base em levantamentos com informações topográficas detalhadas, considerando a ocupação do solo, delimitações das sub-bacias de contribuição, drenagem natural, dentre outras.

Neste contexto, estuda-se utilizar levantamentos por drones para planejar o plantio de bambus, para proteção superficial de taludes ao deslizamento, decorrente de obras de terraplanagem efetuada para implantação de dois edifícios públicos na cidade de Francisco Morato. Este tipo de vegetação evita o processo de erosão e, após algum tempo de plantio, forma um sistema radicular forte e entrelaçado que dificulta a movimentação do solo.

2 OBJETIVOS

O município de Francisco Morato faz parte da Região Metropolitana de São Paulo e possui um relevo caracterizado pela ocorrência de serras, escarpas e morros, possuindo muitas áreas sujeitas ao escorregamento de terras.

A Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM), localizada na capital de São Paulo, possui uma parceria com a Prefeitura Municipal de Francisco Morato. Uma das áreas de colaboração é no desenvolvimento de metodologia para o mapeamento de áreas de risco. O levantamento topográfico é realizado pelo Laboratório de Geotecnologias (LABGEO) da Escola de Engenharia da UPM utilizando drones, Sistema Global de Navegação por Satélite (*Global Navigation Satellite System* – GNSS), Sistemas de Informações Geográficas (SIG, em inglês, *Geographic Information System* – GIS) e outras geotecnologias.

O estudo de caso descrito neste trabalho apresenta a metodologia utilizada para o mapeamento topográfico de uma área submetida a obras de terraplanagem visando a implantação de dois edifícios públicos situados à Rua Gabriel Rezende, 210, Vila Borges, Francisco Morato (Figura 1). Esta área foi adotada como estudo para adoção como possível solução padrão para a mitigação do risco de áreas de risco geológico no município, através da melhoria da estabilidade superficial do solo em desnível natural, por meio do plantio do bambu. A escolha da área se deu por pertencer a Prefeitura Municipal e apresentar risco ao deslizamento superficial devido à sua grande declividade.

Figura 1. Localização da área de estudo

Fonte: Google maps, 2025.

Para esta área de risco, os autores estão propondo a estabilização do talude utilizando o plantio de bambu. Este estudo faz parte do projeto de pesquisa CNPq “O uso do bambu na contenção de deslizamentos em áreas de risco” processo 405591/2023-3.

Este artigo tem como objetivo mostrar a metodologia para mapeamento aéreo de áreas com grande desnível, suscetível ao deslizamento do solo, com o uso de drones, visando o monitoramento e gestão destas áreas, a partir de informações aerofotogramétricas digitalizadas e imagens em relevo. Utilizou-se como estudo de caso, a área supra citada.

Os produtos topográficos que podem ser gerados pelo levantamento topográfico são:

- imagens de alta resolução da área de estudo;
- modelo 3D da área mapeada;
- ortomosaico de imagens;
- Modelo Digital de Superfície (MDS);
- Modelo Digital de Terreno (MDT);
- curvas de nível;
- perfil de elevação.

Os produtos topográficos serão utilizados para:

- identificar a topografia da área de estudo, fornecendo informações necessárias para o mapeamento de risco;
- fornecer dados de declividade e cobertura do terreno que permitam definir áreas específicas de risco;
- verificar estabilidade de taludes e determinar fatores de segurança;
- verificar a existência de ocupação humana nas áreas de risco;
- planejar a remoção de moradias irregulares presentes na área de risco;
- planejar o local de plantio de bambu;
- acompanhar a eficácia do crescimento do bambu através de mapeamentos periódicos;
- acompanhar possíveis movimentações do terreno através de mapeamentos periódicos.

3 METODOLOGIA

Em geral, os drones são divididos em 2 categorias: multirrotores e de asa fixa (Figura 2). Equipamentos multirrotores são indicados para geração de imagens, filmagem, vigilância, inspeções e mapeamento de pequenas áreas (alguns hectares), por serem mais baratos, compactos e fáceis de operar. Já os de asa fixa são mais indicados para voos de longa distância, devido à maior autonomia de voo, porém são mais difíceis de pilotar e têm um custo mais alto.

Figura 2. Drones multirrotores (a) e de asa fixa (b)

(a) (b)

Fonte: (a) https://www.centraldrone.com.br/ e (b) https://horus.global/, 2025.

Para o levantamento topográfico da área de risco em Francisco Morato foi utilizado um drone multirrotor DJI Phantom 4 Pro fornecido e operado pelo Laboratório de Geotecnologias da UPM. Este equipamento possui câmera de 20 Megapixels, estabilizador de imagens e autonomia de voo útil em torno de 15 minutos.

Para melhorar a acurácia posicional do levantamento foram utilizados pontos de apoio em solo coletados por um GNSS Stonex S800 utilizando o método *Real Time Kinematic* (RTK) em rede, também conhecido como *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol* (NTRIP), utilizando uma base do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) localizada na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Em geral, o GNSS embarcado nos drones não suporta o método de levantamento RTK e possui um erro de posicionamento em torno de 5 a 10 metros, chegando a mais de 50 metros na coordenada de altitude. Desta forma, é ideal utilizar um equipamento GNSS geodésico e um método preciso como o RTK para ter precisão centimétrica no georreferenciamento da área mapeada.

Para gerar produtos topográficos de alta qualidade é necessário realizar um voo planejado e automatizado. Em geral, voos manuais resultam em produtos de baixa qualidade. Para o mapeamento descrito neste trabalho foi utilizado o software gratuito Pix4Dcapture para elaborar e executar o plano de voo. Existem diversos software que permitem planejamento de voo como o Drone Deploy e o Drone Harmony, por exemplo. Drones mais modernos da DJI possuem seu próprio aplicativo para planejamento de voo.

Em um planejamento de voo é importante definir diversos parâmetros. Os principais são:

- altura de voo – este parâmetro determina a altura do plano horizontal utilizado pelo drone para fazer o mapeamento medida a partir do ponto de decolagem. A altura deve ser bem estimada para evitar o choque com obstáculos presentes na área de estudo como árvores e edificações, por exemplo. Voos mais altos são mais seguros, porém as imagens perdem um pouco de resolução. Neste estudo, o voo foi realizado a 30 metros de altura do ponto de decolagem, porém como o relevo da área estudada era bem acidentado, algumas imagens foram obtidas a mais de 50 metros de distância vertical. O *Ground Sample Distance* (GSD), que é o quanto de área pode ser representada em um único pixel, foi de 0,8 cm/pixel em média neste levantamento, gerando produtos topográficos de altíssima resolução. Outra vantagem de fazer voos mais altos é que a quantidade de imagens necessárias para cobrir a área de estudo é menor, facilitando e agilizando o pós-processamento. O tempo de voo também é menor em voos mais altos;
- ângulo da câmera – para levantamento topográfico, o ideal é utilizar a câmera em um ângulo de 90°, isto é, apontando para baixo exatamente na vertical. Isso ajuda a determinar com mais precisão as coordenadas do terreno, principalmente a altitude. Se o objetivo for gerar um modelo 3D de uma construção (casa, edifício, torre etc.) a câmera deve ser inclinada (a 45°, por exemplo) para que as laterais e fachadas das construções possam ser captadas de forma adequada. Neste estudo foram realizados 3 voos: o primeiro com a câmera 45°, o segundo com a câmera também a 45° porém com as linhas de

voo perpendiculares às do primeiro voo e o terceiro a 90°. Desta forma, conseguimos produtos topográficos que representam com bastante fidelidade o relevo acidentado da área de estudo;

- sobreposição de imagens – em levantamentos aéreos com drones sempre é utilizada uma grande sobreposição nas imagens capturadas, em geral em torno de 80%. Desta forma, um mesmo ponto sobre a superfície da área estudada aparece em diversas fotos. Isso é importante para que os algoritmos utilizados no processamento das imagens possam determinar através de estereoscopia a altitude desses pontos. Neste estudo utilizamos sobre posição de 80% longitudinal e 72% lateral;
- área de voo – deve ser sempre maior do que a área de interesse, pois durante o processamento das imagens, as bordas, que possuem pontos captados por uma menor quantidade de imagens, podem ser descartadas;
- direção de voo – o ajuste adequado na direção de voo pode ajudar a diminuir o percurso e o tempo de voo;
- Ponto de decolagem da aeronave – em geral é o ponto mais alto da área de estudo onde a visibilidade do operador é melhor;
- Pontos de início e fim de mapeamento – em geral o ponto final do mapeamento é escolhido próximo ao ponto de decolagem onde está o operador, pois é a fase crítica do voo onde, em geral, o nível a bateria está bem baixo. Se possível, o ponto inicial também deve ser perto do ponto de decolagem para economia de bateria.

A área mapeada foi de aproximadamente 10.000m^2 (1ha). Cada um dos 3 voos realizados durou em torno de 5 minutos. A quantidade total de imagens obtidas foi 182, com resolução de 5472 x 3648 pixels cada. Os voos foram realizados em 21/10/2024 entre 11h e 12h. Para a realização dos voos, todos os registros, autorizações e homologações foram feitos nos órgãos de controle: Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). Também foram respeitadas todas as normas vigentes.

O planejamento de um dos voos pode ser visto na Figura 3. A área destacada em vermelho é a área de estudo, porém o voo foi realizado em uma área maior, principalmente para que as bordas pudessem ser descartadas e para que o voo a 45° conseguisse pegar todos os detalhes da área de interesse.

Figura 3. Planejamento de voo

Fonte: Próprio Autor, 2025.

O processamento das imagens e a geração de produtos foram realizados utilizando os softwares Agisoft Metashape, Pix4Dmapper e OpenDroneMap (ODM).

A Figura 4 mostra uma tabela extraída do relatório de processamento gerado pelo OpenDroneMap com a acurácia do modelo 3D criado. Note que o erro médio no plano XY foi de 5 mm e no eixo Z foi de 14 mm, com desvios-padrão bem baixos.

Figura 4. Acurácia do modelo 3D

3D	Mean	Standard Deviation	RMS Error
X Error (meters)	0.005	0.007	0.009
Y Error (meters)	0.005	0.007	0.009
Z Error (meters)	0.014	0.018	0.022
Total			0.016

Fonte: Próprio Autor, 2025.

A tolerância (erro admissível) para este tipo de levantamento deve ser:

- para coordenadas X e Y, no máximo 2 vezes o GSD. Em nosso estudo, 2 x 0,8 = 1,6 cm;
- para coordenada Z, no máximo 3*GSD. Em nosso estudo 3 x 0,8 = 2,4 cm.

Como pode-se observar na Figura 4, a tolerância do mapeamento realizado está dentro do esperado.

A partir do modelo 3D gerado, foi possível obter os seguintes produtos topográficos:

- modelo 3D de superfície;
- modelo 3D do terreno;

- ortomosaico de fotos;
- Modelo Digital de Superfície (MDS);
- Modelo Digital do Terreno (MDT);
- curvas de nível;
- perfis de elevação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os produtos topográficos foram gerados com o auxílio dos softwares Agisoft Metashape, Pix4Dmapper e OpenDroneMap (ODM). O layout final foi feito no software QGIS.

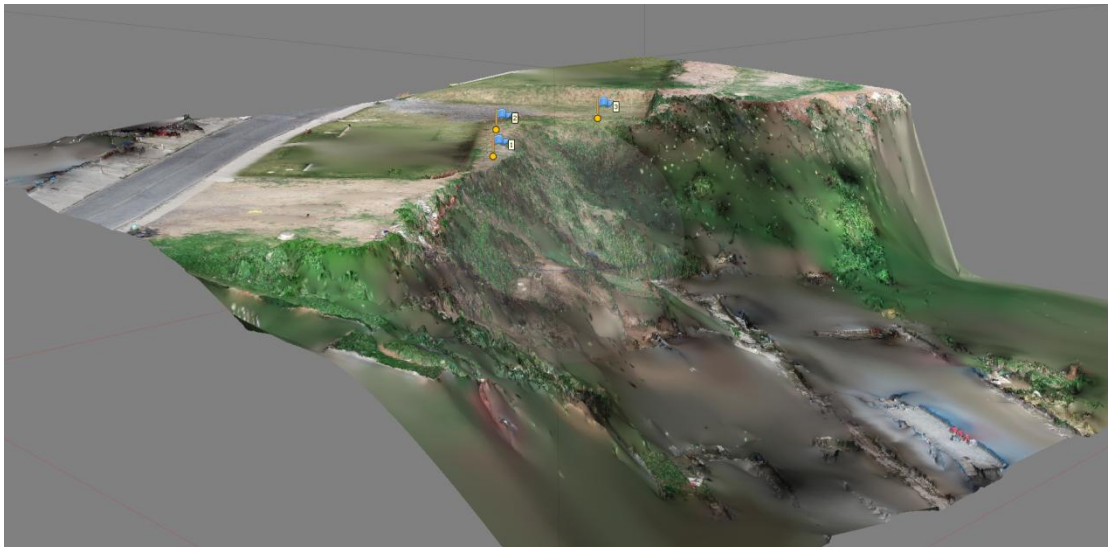
A Figura 5 mostra o modelo 3D gerado pelo software Pix4Dmapper. A área observada logo à frente dos 3 veículos estacionados e da construção ao lado (Casa da Mulher) é a área em estudo com risco de escorregamento. Note a existência de diversas construções logo abaixo da área de estudo.

Figura 5. Modelo 3D de superfície (Pix4Dmapper)

Fonte: Próprio Autor, 2025.

A Figura 6 permite uma melhor visualização do terreno devido à retirada (por processos digitais) das construções, árvores e demais elementos elevados existentes na área de estudo.

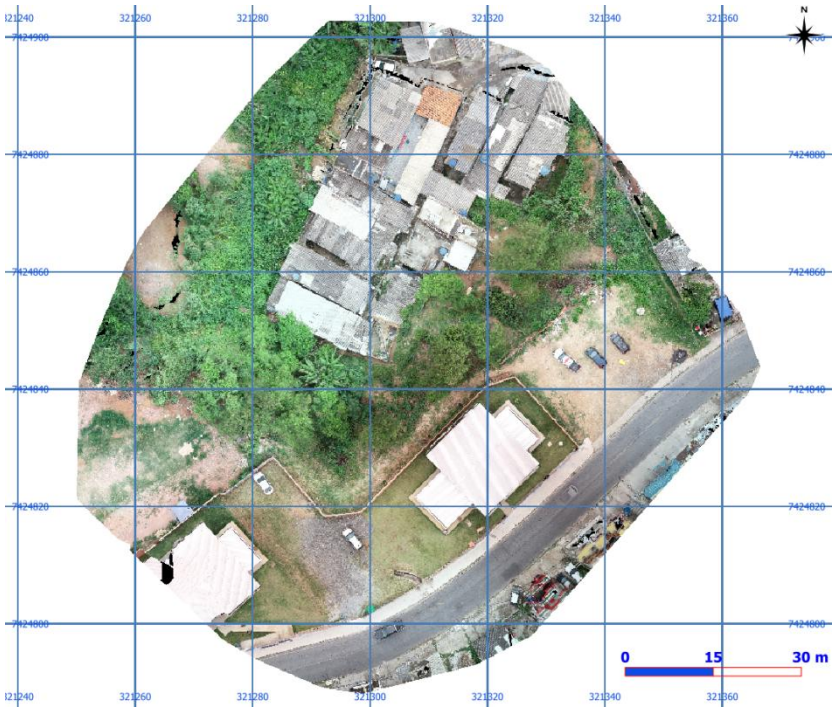
Figura 6. Modelo 3D do terreno (Metashape)



Fonte: Próprio Autor, 2025.

A composição das 182 fotos obtidas pelos 3 voos pode ser vista na Figura 7. O ortomosaico foi gerado pelo Pix4Dmapper. A grade de coordenadas e a escala gráfica foram inseridas no QGIS.

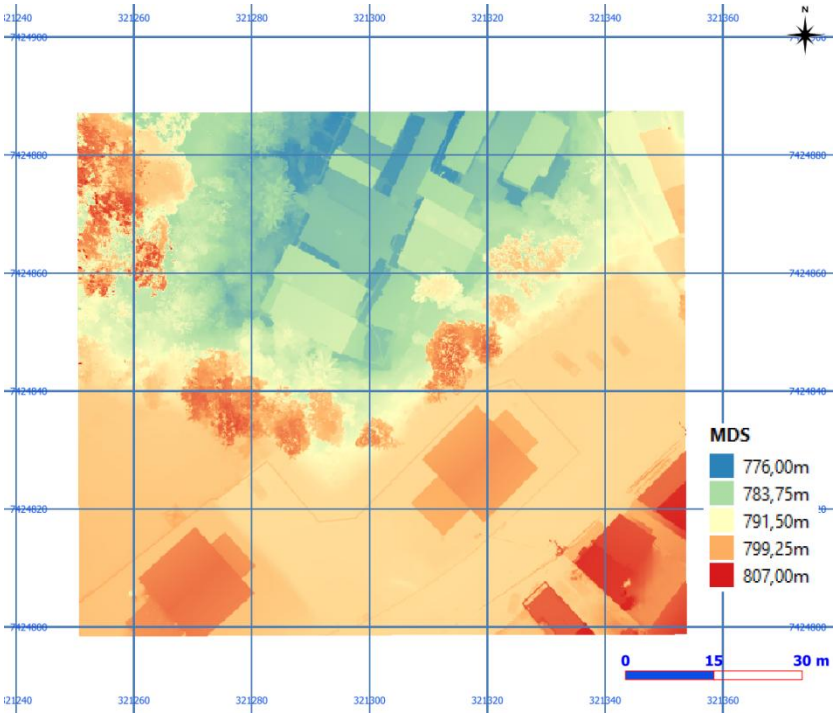
Figura 7. Ortofoto (Pix4Dmapper/QGIS)



Fonte: Próprio Autor, 2025.

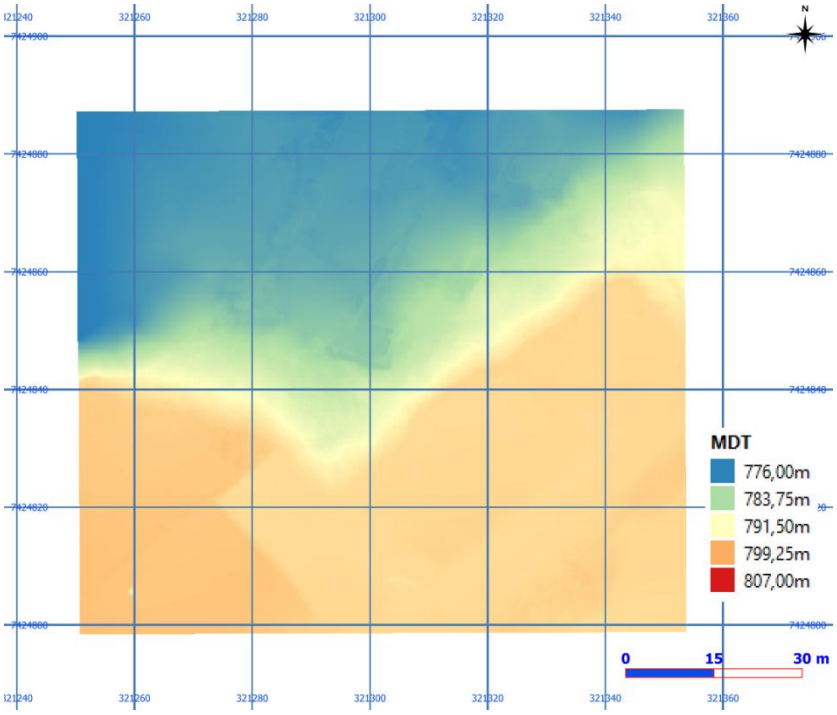
O Modelo Digital de Superfície (MDS), onde a variação de cores representa a altitude dos objetos na superfície da área de estudo, pode ser visto na Figura 8. O Modelo Digital de Terreno (MDT), sem os objetos elevados, está na Figura 9.

Figura 8. Modelo Digital de Superfície – MDS (Metashape/QGIS)



Fonte: Próprio Autor, 2025.

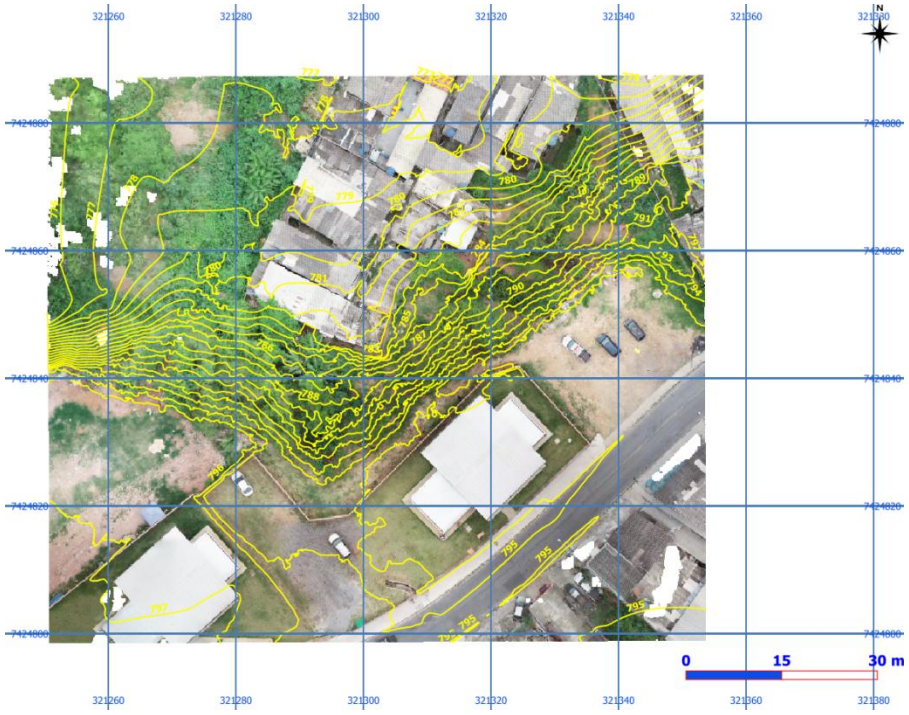
Figura 9. Modelo Digital do Terreno – MDT (Metashape/QGIS)



Fonte: Próprio Autor, 2025.

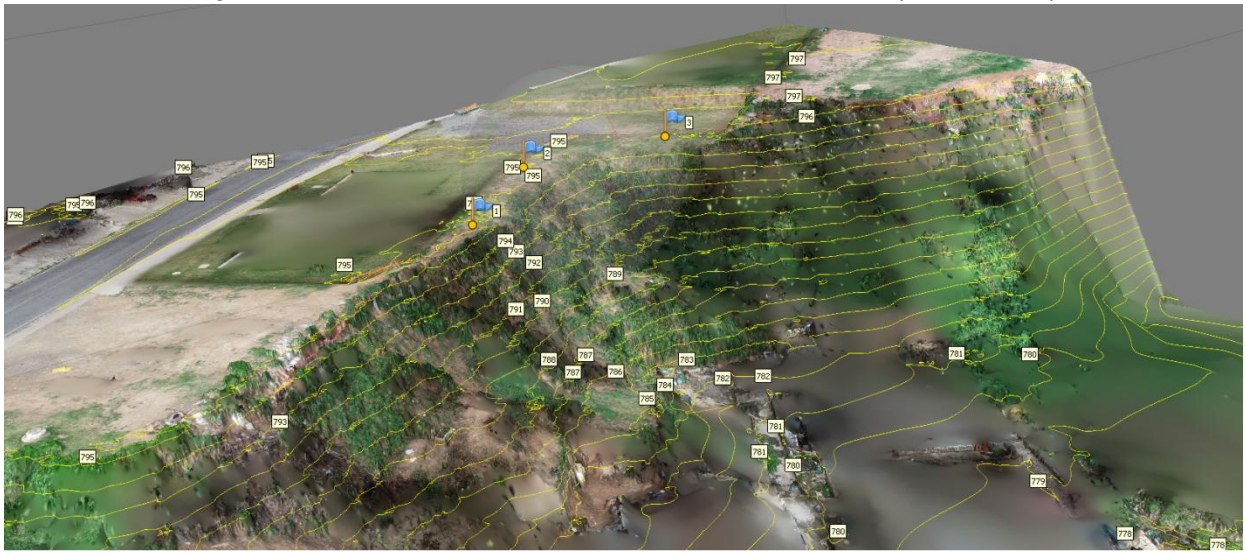
As curvas de nível, geradas pelo QGIS a partir do MDT podem ser vistas na Figura 10 sobrepostas à ortofoto e, na Figura 11, sobrepostas ao Modelo 3D de terreno.

Figura 10. Curvas de Nível (Metashape/QGIS)



Fonte: Próprio Autor, 2025.

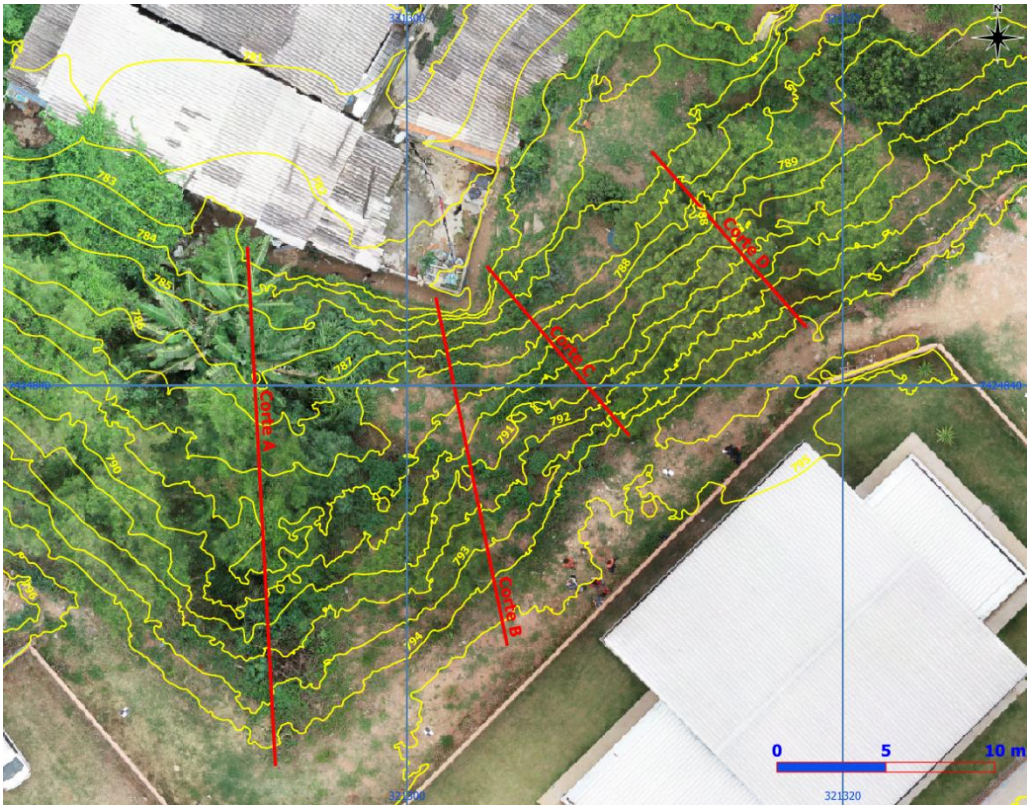
Figura 11. Modelo 3D do terreno com curvas de Nível (Metashape)



Fonte: Próprio Autor, 2025.

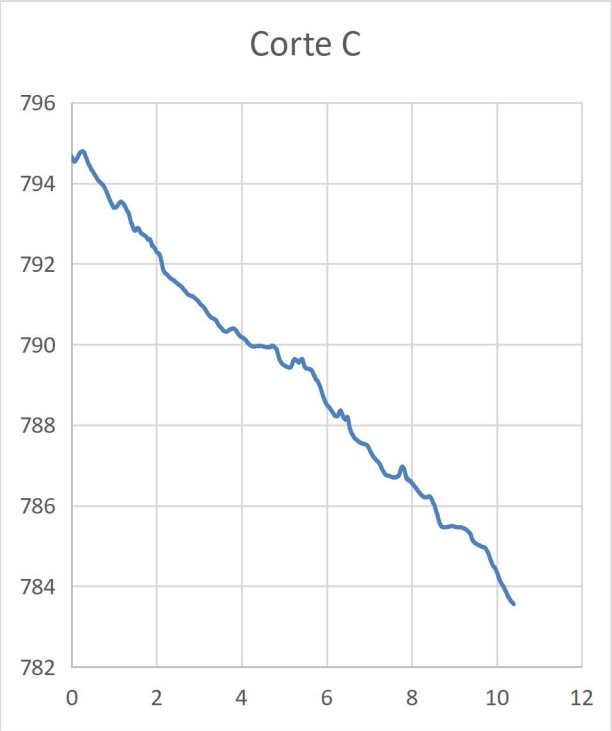
Para melhor mapear as declividades dos taludes em situação de risco de escorregamento, foram feitas linhas de corte no QGIS (Figura 12) e gerados perfis de elevação. O perfil que apresentou maior declividade (50,2° ou 120,0%) pode ser visto na Figura 13.

Figura 12. Cortes para geração de Perfis de Elevação (QGIS)



Fonte: Próprio Autor, 2025.

Figura 13. Perfil de Elevação (QGIS/Excel)



Fonte: Próprio Autor, 2025.

5 CONCLUSÃO

Áreas de risco devem ser objeto de contínuo monitoramento e gerenciamento para que ações sejam realizadas a tempo de evitar danos à população e ao patrimônio.

Neste contexto, o uso de drones tem se mostrado uma solução eficaz para a obtenção de dados topográficos e de ocupação do solo, pela rapidez para sua mobilização, facilidades operacionais e baixo custo, gerando diversos produtos topográficos de alta qualidade e resolução que permitem o mapeamento de risco, análise do problema e planejamento de ações.

No caso de áreas de risco de escorregamento, em especial, o plantio de bambus pode ser uma solução eficiente para a contenção do talude. O levantamento com drones pode auxiliar em:

- entendimento da topografia do terreno e ocupação do solo;
- detecção das áreas de risco potencial;
- planejamento de ações para remoção de construções irregulares;
- monitoramento de possíveis escorregamentos através de levantamentos topográficos periódicos;
- elaboração de planos de ação para acesso às áreas ou de planos de contingenciamento.

No caso específico desta pesquisa, o mapeamento por drones se mostrou eficaz para o levantamento de informações essenciais para o mapeamento da área em estudo, em taludes de terraplanagem, envolvendo informações que possibilitaram a identificação do caminhamento das águas pluviais e localização de edificações vizinhas situadas no pé dos taludes, submetidas aos riscos de eventual escorregamento. Foram gerados produtos de alta qualidade e resolução com grande acurácia, possibilitando, especificamente:

- análise da área e planejamento do plantio das mudas de bambu;
- acompanhamento do desenvolvimento da plantação através de levantamentos periódicos.

6 REFERÊNCIAS

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO PARANÁ. *Defesa Civil usará drones para mapear áreas de risco*. 16 maio 2018. Disponível em: https://www.bombeiros.pr.gov.br/Noticia/Defesa-Civil-usara-drones-para-mapear-areas-de-risco. Acesso em: 06 fev. 2025.

GRAMANI, M.F.; CAVALHIERI, C.P.; SILVA, A.P.S.; MANTOVANI, J.C.; CAROU, C.B. O uso de drone multirrotor de pequeno porte para diagnóstico e monitoramento de acidentes geológicos. XIX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (COBRAMSEG 2018) – 28 de agosto a 01 de setembro de 2018, Salvador, Bahia, Brasil. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Camila-Carou/publication/327546671_O_Uso_de_Drone_Multirrotor_de_Pequeno_Porte_para_Diagnostico_e_Monitoramento_de_Acidentes_Geologicos/links/5b95a87ba6fdccfd5435c71f/O-Uso-de-Drone-Multirrotor-de-Pequeno-Porte-para-Diagnostico-e-Monitoramento-de-Acidentes-Geologicos.pdf. Acesso em: 12/10/2023.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES (IJSN). *Mapeamento com drones vai ajudar na prevenção a desastres meteorológicos*. 12 abr. 2023. Disponível em: https://ijsn.es.gov.br/noticias/mapeamento-com-drones-vai-ajudar-na-prevencao-a-desastres-meteorologicos. Acesso em: 06 fev. 2025.

ORTOPIXEL. *Drones em áreas de risco*. 29 mar. 2023. Disponível em: https://ortopixel.com.br/drones-em-areas-de-risco/#:~:text=As%20%C3%A1reas%20de%20risco%20podem,determinando%20os%20pontos%20de%20risco. Acesso em: 06 fev. 2025.

RODRIGUES, R.; PEIXOTO, A.S.P. *Análise da geomorfologia de processo erosivo com base em imagens aéreas obtidas através de RPAs*. XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (COMBRAMSEG 2022), 23 a 26 de agosto de 2022, Campinas, SP, Brasil. Disponível em: https://web.archive.org/web/20221011141044id_/https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/cobramseg.2022.1013.pdf. Acesso em: 12/10/2023.

SÃO JOSÉ (Município). Prefeitura Municipal de São José (Santa Catarina). *São José inicia mapeamento de áreas de risco com drones*. 26 out. 2024. Disponível em: https://saojose.sc.gov.br/sao-jose-inicia-mapeamento-de-areas-de-risco-com-drones/69988/. Acesso em: 06 fev. 2025.

SÃO PAULO (Município). Prefeitura Municipal de São Paulo. *Novos drones adquiridos pela Secretaria de Segurança Urbana auxiliam na produção do Mapa de Risco Geológico da cidade*. 17 maio 2021. Disponível em: https://capital.sp.gov.br/w/noticia/novos-drones-adquiridos-pela-secretaria-de-seguranca-urbana-auxiliam-na-producao-do-mapa-de-risco-geologico-da-cidade. Acesso em: 04 fev. 2025.

SILVA JUNIOR, E.E.A. *Geotecnologias e Planejamento Urbano: Proposta Metodológica e Avaliação de Dados Obtidos por Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) como Contribuição à Cartografia Geotécnica*. Tese de Doutorado, Publicação G.TD – 155/19, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2019, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 272 p. Disponível em: http://www.realp.unb.br/jspui/handle/10482/37142. Acesso em: 12/10/2023.

SIMÕES, S.J.C.; Andrade, M.R.M; Mendes, T.S.G; Mendes, R.M.; Gomes, L.; Bortolozo, C.A. *Modelagem 3D e geovisualização aplicada a desastres naturais. Uma proposta de laboratório de ensino e pesquisa para monitoramento e previsão de escorregamentos*. Terræ Didatica,15, 1-9, e19024. DOI: 10.20396/td.v15i0.8654053. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8654053/21323. Acesso em: 12/10/2023.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio de:

- Prefeitura Municipal de Francisco Morato pela indicação da área de estudo e apoio operacional no mapeamento aéreo;
- CNPq pelo aporte financeiro com encargos em prol do desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação do País - Projeto de pesquisa “O uso do bambu na contenção de deslizamentos em áreas de risco” processo 405591/2023-3. Vigência: início: 23/12/2023 fim: 31/12/2026. Instituição de Execução: Universidade Presbiteriana Mackenzie. Ação: Chamada CNPq/MCTI Nº 10/2023 - Faixa A - Grupos Emergentes.

USO DE MÉTODOS NÃO CONVENCIONAIS PARA MITIGAÇÃO DE RISCO DE DESLIZAMENTO DE MASSA

USE OF UNCONVENTIONAL METHODS FOR LANDSLIDE RISK MITIGATION

1º Liliane Armelin[1], 2º Alberto A. Lázaro[2] e 3º Henrique Dinis[3]

[1, 2, 3] Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie, liliane.armelin@mackenzie.br; alberto.alonso@mackenzie.br; henrique.dinis@mackenzie.br

RESUMO

Estima-se que 4 milhões de pessoas vivam em áreas de risco no Brasil, tornando essencial a implementação de estratégias eficazes para garantir a segurança desta população, especialmente para deslizamentos de terra. Este trabalho investiga a eficácia do bambu alastrante, por meio de seu sistema radicular, na mitigação do risco geológico dessas áreas, quando utilizado como cobertura de taludes naturais de encostas que apresentam riscos de deslizamento. As características investigadas referem-se ao alastramento dos rizomas mediante a inclinação dos taludes. Por meio de pesquisa experimental, foi desenvolvido um experimento que simula diferentes declividades de terreno onde plantou-se bambus do tipo alastrante, e ao longo do tempo, observou-se o desenvolvimento de raízes e rizomas para condições adversas de plantio. A pesquisa visa demonstrar o potencial do bambu como uma alternativa viável para a redução de riscos geológicos em locais em que a execução de obras estruturais é inviável, tecnicamente ou economicamente.

Palavras-Chave: Risco geológico. *Phyllostachys aurea*. Estabilização de encostas. Ocupação irregular.

ABSTRACT

An estimated 4 million people live in at-risk areas in Brazil, making it essential to implement effective strategies to ensure the safety of this population, especially for landslides. This work investigates the efficacy of spreading bamboo, through its root, in mitigating the geological risk of these areas, when used as cover for natural slopes of slopes that present risks of landslides. The characteristics investigated refer to the spread of the rhizomes through the inclination of the slopes. Through experimental research, an experiment was developed that simulates different slopes of the terrain where sprawling bamboos were planted, and over time, the development of roots and rhizomes for adverse planting conditions was observed. The research aims to demonstrate the potential of bamboo as a viable alternative for reducing geological risks in places where the execution of structural works is unfeasible, technically or economically.

Keywords: Geological risk. *Phyllostachys aurea*. Slope stabilization. Irregular occupation.

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Um dos problemas enfrentados atualmente no Brasil é a ocupação urbana informal. Embora este tipo de ocupação, ocorra também nas várzeas dos rios, o foco deste trabalho é o estudo de técnicas para reduzir o risco geológico para a população assentada em terrenos de altas declividades. Os loteamentos informais, não regularizados, abrigam população desfavorecida que foi em busca de locais mais acessíveis financeiramente para a construção de suas moradias e por isso vulnerável por ser mais suscetível a desastres naturais. Obras de contenção têm sido realizadas para a melhoria das condições de risco geológico alto, porém, dispendiosas e de complexa execução, demandando elevadas montas de recursos financeiros para sua realização e os recursos municipais para fazer frente a estes problemas são normalmente insuficientes, dependendo muitas vezes de ajuda financeira de outras esferas para sua realização.

A Norma NBR 11682/2006 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT prescreve as condições exigíveis no estudo e controle da estabilidade de encostas naturais e taludes resultantes de cortes e aterros realizados em encostas. Ademais, abrange também as condições para projeto, execução, controle e observação de obras de estabilização. Estabelece, no âmbito do projeto executivo, ações de contenção que podem consistir desde terraplenagem com elementos de drenagem a obras estruturais, como muros de gravidade, muros de flexão, estruturas ancoradas, estruturas de solo reforçado ou estruturas para a estabilização de taludes rochosos, se este for o caso. Também faz menção às estruturas mistas que envolvem duas ou mais das soluções entre as aqui comentadas ou elementos de estabilização diversos, como cortinas de estacas, *jet grouting*, dentre outras. Estas ações de contenção, mesmo que de total eficácia, demandam elevados recursos para sua execução, limitando sua viabilidade à capacidade de investimento público dos entes envolvidos.

De forma geral, os movimentos de massa são processos naturais que podem ocorrer de forma mais frequente por diversas razões, em especial, o desmatamento e a alteração da configuração geométrica das encostas pela ocupação irregular, que pode causar sua instabilidade, seja por criar taludes muito íngremes, aumento do peso sobre os taludes, deficiências causadas à drenagem natural, infiltrações, todas contribuindo para estas ocorrências, especialmente diante de altos índices pluviométricos, como se tem registrado em várias partes do país.

Alguns fatores influenciam esse processo, como os materiais que constituem os solos dos taludes, se inconsolidados, ou a existência de rochas e outros, que caracterizam a estrutura geológica. A inclinação do talude e a sua amplitude, as características de uso e ocupação também são fatores importantes nesta equação (RASKOVISCH, 2020).

A ocupação irregular é uma prática recorrente no Brasil, sendo visadas as encostas e locais de altas declividades, áreas públicas ou margens de cursos da água, pela legislação vigente, classificadas como áreas de preservação permanente. No caso das encostas, a legislação urbana limita a ocupação em terrenos que apresentam altas declividades, porém, loteamentos e ocupação irregulares ocorreram ao longo dos anos resultando na formação das denominadas áreas de risco geológico.

Em áreas de ocupação irregular, observa-se na maior parte, como fator de fragilidade, o desmatamento e os cortes no terreno para a construção de novas moradias. Uma alternativa para a contenção e proteção dos taludes, o plantio de vegetação específica, em especial o bambu, apresenta sistema radicular resistente que pode constituir-se como uma alternativa tecnológica simples, para minimizar os riscos com escorregamentos e erosões do solo nestas áreas.

O bambu, particularmente, pode minimizar ou até conter o processo de erosão, tendo em vista que em até 3 anos, forma-se um sistema radicular forte e entrelaçado que dificulta a movimentação superficial do solo. Como exemplo, a contenção da erosão do solo a partir do bambu nativo (*Guadua ssp*), foi investigada para mudas de 1 ano em área de proteção permanente no município de Xapuri no Acre onde duas áreas foram observadas ao longo do tempo, sendo uma delas com o bambu plantado e outra não (UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE, 2018). A metodologia consistiu na utilização de réguas enterradas, realizando-se avaliações trimestrais e análises por geoprocessamento da dinâmica erosiva na área do experimento. Os resultados demonstraram que na área com o bambu plantado houve mais acúmulo de solo, enquanto na área sem o bambu, houve perda. No final do estudo, concluiu-se que a planta tem um elevado potencial de contenção de erosão e recuperação de solos.

Existe uma grande variedade de espécies no Brasil que podem ser usadas para a contenção de erosão e consequentemente reduzir o risco da área que vai receber o plantio.

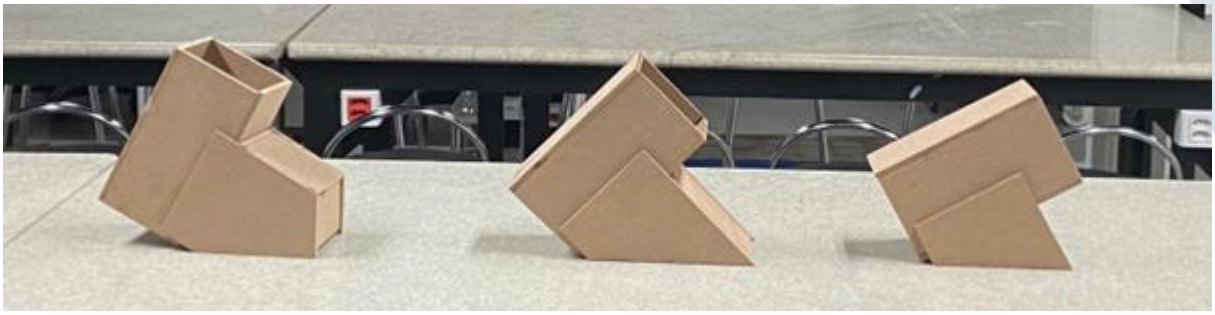
O objetivo deste trabalho é analisar o sistema radicular de uma espécie de bambu para diferentes declividades de terreno, mediante o acompanhamento do aparecimento de brotos e desenvolvimento das raízes e rizomas ao longo do tempo, buscando o entendimento do seu crescimento e entrelaçamento sob a influência de declividades variadas no seu desenvolvimento.

2 METODOLOGIA

A metodologia implantada na condução da pesquisa foi a experimental, realizada em área aberta com luz natural. Para isso foram montados 24 vasos individuais preenchidos com terra, sendo que a cada grupo de 6 destes, foram dispostos segundo uma diferente inclinação de terreno em relação ao plano horizontal: 0º, 30º, 45º e 60º.

Antes da construção do canteiro, foram previstas unidades de vasos, juntamente com os seus apoios de inclinação, de forma reduzida, para que se avaliasse a viabilidade do modelo, além de auxiliar na construção em escala real. O material utilizado na construção dos modelos (Figura 1) foi o mesmo que posteriormente foi utilizado nas dimensões reais, madeira compensada, porém em espessura mais reduzida. Para que os vasos permanecessem na inclinação estipulada, foi necessário acessórios no mesmo material, madeira compensada

Figura 1. Modelos reduzidos dos vasos e seus acessórios de inclinação para 30^0, 45^0 e 60^0.



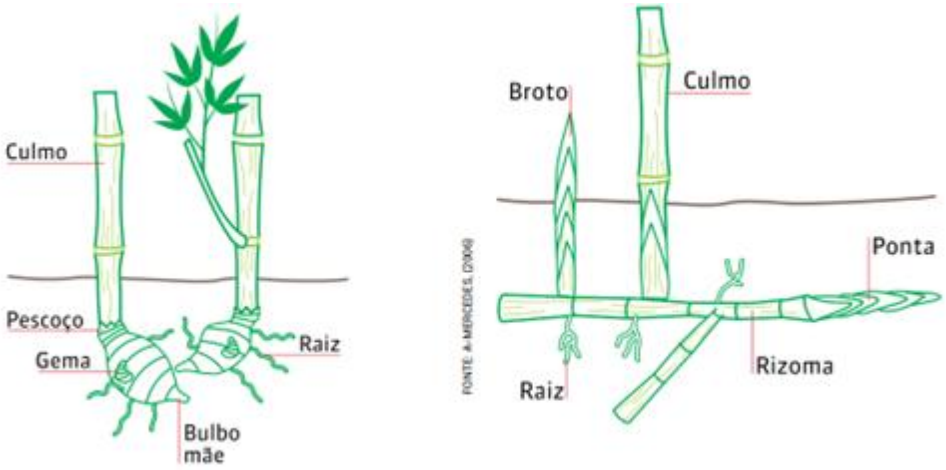
Fonte: Elaborada pelos autores (2024)

Os vasos em escala real (Figura 3) apresentam formato transversal quadrado fabricado em chapa compensada de espessura 18 mm, medindo 30 cm na lateral e profundidade 60 cm. Foram impermeabilizados parcialmente, pensando-se em uma proteção mais prolongada, levando-se em conta o período de pesquisa. As chapas foram conectadas umas às outras através de parafusos buscando permitir a abertura parcial para observação do desenvolvimento das raízes e retiradas de amostras.

A espécie escolhida para a realização do estudo foi a *Phyllostachys aurea* por ser espécie alastrante que não atinge grandes alturas e, porque seus brotos são comestíveis e bastante apreciados na culinária brasileira, característica essa favorável ao possível desenvolvimento de atividade econômica pela comercialização dos brotos. Ainda, o bambu crescido é uma alternativa útil como material estrutural em substituição ao uso da madeira convencional, apresentando grande resistência e boa trabalhabilidade, principalmente quanto à resistência à tração. O bambu é um grande fixador de carbono da atmosfera configurando-se também como um elemento de combate às mudanças climáticas.

A morfologia do bambu é bem peculiar, sendo que a planta cresce por meio de rizomas subterrâneos (caules modificados) dos quais saem as raízes e os colmos (figura 2).

Figura 2 – Morfologia do crescimento de uma planta de bambu



Fonte: Guilherme et al (2017)

Os rizomas, juntamente com as raízes, constituem o sistema subterrâneo dos bambus. O rizoma é um órgão segmentado com nós e entrenós, responsável pela produção de novos colmos e raízes, armazenamento, transporte de nutrientes e suporte da parte aérea (LUIS et al, 2017).

Para a realização da pesquisa, um canteiro experimental foi montado com o enchimento dos vasos para as várias declividades. As plantas dispostas em declividade nula foram consideradas como “testemunhas referenciais”, na observação do desenvolvimento do sistema radicular, uma vez que não estarão submetidas aos efeitos da declividade do terreno.

Seguiu-se o seguinte procedimento para o plantio: no fundo, foi colocado um dreno de brita 1, com 5 cm de espessura. Sobre essa camada, adicionou-se uma mistura de terra vegetal e areia lavada média, na proporção em peso de 1:3 (areia : terra). Essa composição foi escolhida para simular um solo com características menos favoráveis ao crescimento das plantas, evitando condições excessivamente propícias ao seu desenvolvimento.

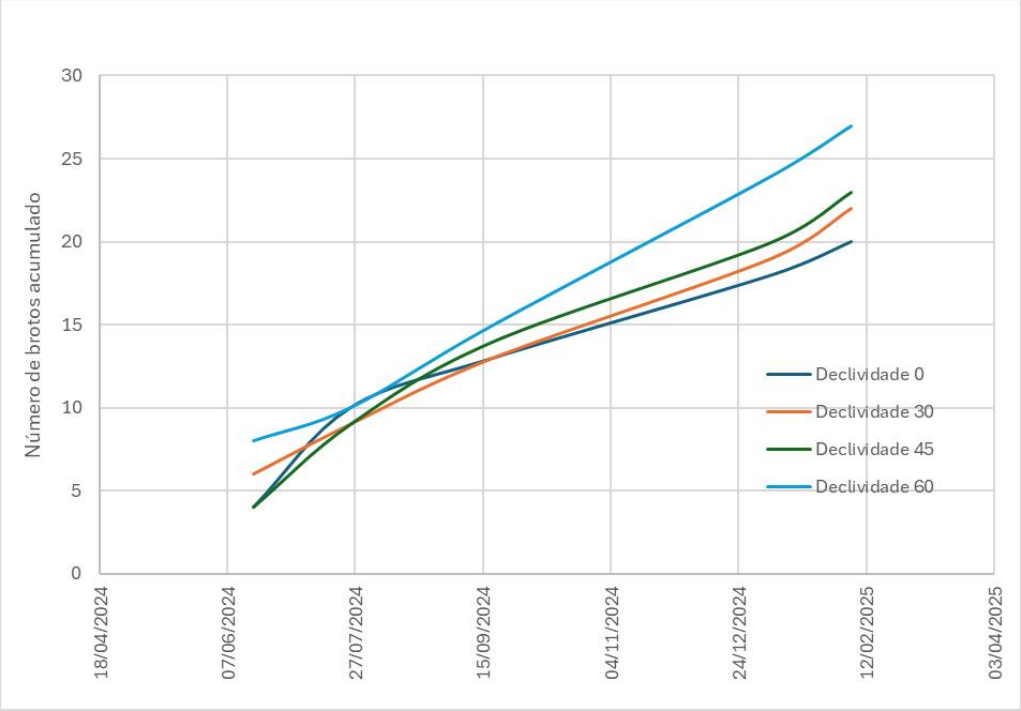
Figura 3. Disposição inicial dos vasos no canteiro experimental

Fonte: Elaborada pelos autores (2024)

Após a montagem do canteiro experimental, foi estabelecido um período de espera para a adaptação dos bambus. Algumas poucas plantas que apresentaram folhas e caules secos indicativos de sua morte, foram substituídas por novas mudas. Durante os meses secos, de junho a outubro, foram realizadas duas regas semanais na ausência de chuva. A partir de novembro, com o início do período chuvoso, a irrigação foi reduzida para uma vez por semana, sendo completamente suspensa nos meses mais úmidos, como janeiro e fevereiro.

A medição do desenvolvimento do colmo principal foi feita periodicamente desde o plantio, abrangendo parâmetros como comprimento, espessura do caule principal e surgimento de brotos. A Figura 4 apresenta a relação entre o desenvolvimento e o aparecimento de brotos nas seis plantas com a mesma declividade, sendo esta variável importante, para analisar se as plantas estão em desenvolvimento caracterizando também o desenvolvimento do sistema radicular, objeto principal desta pesquisa.

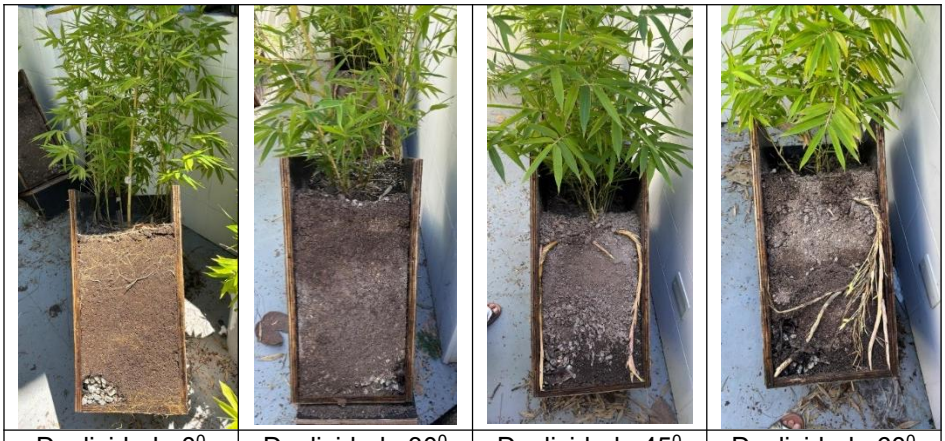
Figura 4. Aparecimento de brotos



Fonte: Elaborada pelos autores (2025)

Para permitir a observação do desenvolvimento das raízes e rizomas, um dos vasos de cada declividade estudada teve sua lateral aberta (Figura 5), suas raízes foram retiradas e lavadas para a verificação de diferenças entre as declividades estudadas (Figura 6). As raízes foram submetidas durante 3 dias, a processo de secagem em estufa a 30^0C e pesadas.

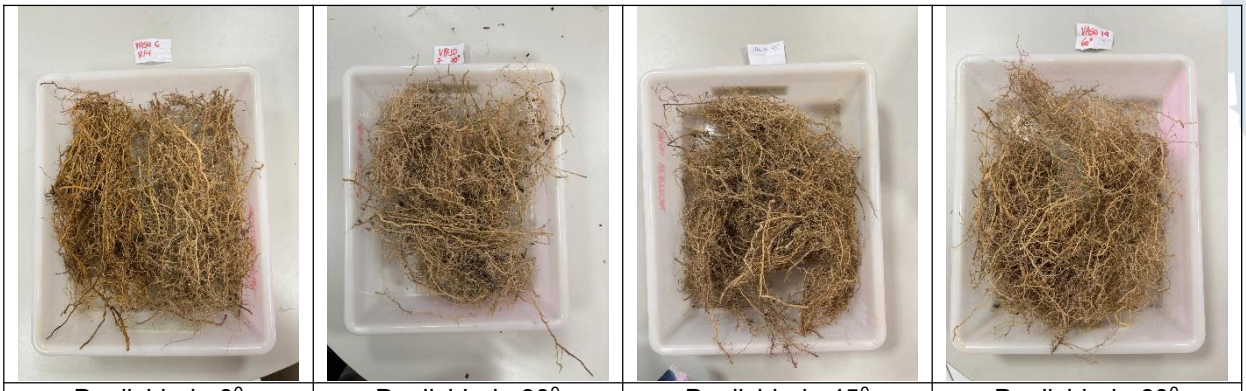
Figura 5. Vistas do sistema radicular das plantas nos vasos



Declividade 0^0	Declividade 30^0	Declividade 45^0	Declividade 60^0

Fonte: Elaborada pelos autores (2025)

Figura 6. Vistas do sistema radicular das plantas retiradas e lavadas



Declividade 0^0	Declividade 30^0	Declividade 45^0	Declividade 60^0

Fonte: Elaborada pelos autores (2025)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os primeiros resultados desta pesquisa, ao contrário do esperado, indicam um crescimento reduzido das plantas primárias (mudas), tanto em comprimento quanto em espessura do colmo principal. No entanto, observou-se o surgimento de inúmeros brotos, que cresceram de forma acelerada, em alguns casos ultrapassando, em comprimento, o colmo principal.

Os novos brotos que emergiram após o plantio apresentaram um padrão de crescimento predominantemente vertical em relação ao plano horizontal, independentemente da inclinação do vaso. Em contraste, as plantas primárias mantiveram seu crescimento na mesma orientação em que foram inicialmente dispostas, permanecendo paralelas ao plano inclinado adotado no experimento.

Quanto ao sistema radicular, depois de aproximadamente 10 meses do plantio, verificou-se um crescimento expressivo das raízes e rizomas, que chegaram a ultrapassar os limites físicos dos vasos, através de pequenas fendas. Realizando-se aberturas laterais exploratórias, através das retiradas das paredes, observou-se um emaranhado de raízes e rizomas que ocuparam toda a sua profundidade, concentrando-se mais intensamente no fundo sendo este uma barreira física que limitou a expansão, porém não limitou o crescimento. O resultado foi uma densidade maior de raízes, em relação ao volume do vaso.

A tabela 1, mostra os pesos das raízes retiradas de cada unidade, mostrando que, a princípio, a hipótese inicial de que a declividade do terreno influenciaria na densidade das raízes, não é verdadeira pois os pesos para as 4 alternativas estão muito parecidos, exceto para o vaso de 30º, que apresentou peso 20% maior. Esta diferença será mais bem investigada com a abertura dos demais vasos do experimento nos próximos meses.

Tabela 1. Pesos das raízes lavadas para os vasos de inclinação 0^0, 30^0, 45^0 e 60^0.

Inclinação	0^0	30^0	45^0	60^0
Peso (g)	39,8	48,5	39,7	41,5

Fonte: Elaborada pelos autores (2025)

A literatura aponta que o sistema radicular do bambu do tipo alastrante é caracterizado por rizomas longos e horizontais, que se espalham rapidamente pelo solo, cobrindo grandes áreas e podendo até se tornar invasivo, uma vez que emitem brotos a partir da planta-mãe. No presente estudo, devido às limitações de espaço, isso não ocorreu, observando-se o crescimento em direção ao fundo.

Publicações especializadas indicam que as raízes desse tipo de bambu se desenvolvem entre 30 e 50 cm de profundidade, podendo alcançar até 1 metro em determinadas condições. No entanto, há indícios de que, em ambientes controlados, como o desta pesquisa, esse crescimento pode ser ainda mais acentuado. Isso foi observado no presente estudo, onde o sistema radicular ultrapassou os 50 cm e continuou expandindo-se por meio das fendas dos vasos, atingindo o ambiente externo sem dificuldade.

Apesar dessa característica expansiva, o bambu é amplamente utilizado na estabilização do solo e na prevenção da erosão, tornando-se uma alternativa vantajosa para áreas de risco ocupadas, especialmente aquelas impactadas por cortes e aterros desordenados. Com o devido controle da parte aérea e a limitação de seu crescimento, é possível aproveitar os benefícios do sistema radicular sem os inconvenientes da sua natureza invasiva.

4 CONCLUSÕES

O bambu pode ser um grande aliado na estabilização de encostas e na redução do risco de deslizamentos de massa. Seu rápido crescimento, incluindo o do sistema radicular, permite que essa alternativa seja aplicada de forma ágil, contribuindo para a mitigação de desastres recorrentes no período chuvoso, que frequentemente resultam em perdas materiais e humanas.

A associação do bambu com outras espécies vegetais de raízes mais profundas pode potencializar seus benefícios, proporcionando maior estabilidade ao solo, transformando a paisagem urbana e reduzindo a aparência de degradação ambiental.

Além disso, devido ao seu crescimento acelerado, o bambu é um eficiente sequestrador de dióxido de carbono, armazenando carbono tanto em suas hastes quanto no solo. Dessa forma, apresenta-se como uma alternativa sustentável para mitigar os efeitos das mudanças climáticas.

Especialmente, por esta pesquisa, constatou-se a viabilidade de aplicação de mudas em taludes naturais em encostas com declividade, pelo experimento desenvolvido, de até 60º com relação à vertical, contradizendo a tradição cultural do conhecimento, de que somente é viável para baixas declividades relativamente à horizontal. No entanto, cabe avaliar outros fatores que não puderam ser reproduzidos em laboratórios, com a capacidade de irrigação às mudas no caso de taludes muito inclinados, cuja capacidade de absorção das águas pluviais é menor, como também, se o tempo de propagação das raízes é suficientemente rápido, para deixar exposto o solo entre mudas. Sugere-se, como continuidade à pesquisa realizada, a construção de um experimento em taludes naturais, objetivando avaliar estas questões complementares.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**.** NBR 11682: estabilidade de encostas. Rio de Janeiro, 2006.

GUILHERME, D. O.; RIBEIRO, N. P.; CEREDA, M. P. Cultivo, manejo e colheita do bambu. In: LUIS, Z. G.; NOGUEIRA, J. S.; RIBEIRO, D. G.; SCHERWINSKI-PEREIRA, J. E. (org.). **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. Rio de Janeiro, 2017. ISBN 9788589962223.

LUIS, Z. G.; NOGUEIRA, J. S.; RIBEIRO, D. G.; SCHERWINSKI-PEREIRA, J. E. Caracterização anatômica dos órgãos vegetativos de bambu (Poaceae, Bambusoideae). In: LUIS, Z. G.; NOGUEIRA, J. S.; RIBEIRO, D. G.; SCHERWINSKI-PEREIRA, J. E. (org.). **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. Rio de Janeiro, 2017. ISBN 9788589962223.

RASKOVISCH, H. C. dos S**.** Conceitos, causas, análise de estabilidade e risco com possíveis soluções para obras de contenção. *Boletim do Gerenciamento*, [s.l.], v. 16, n. 16, p. 1-9, jul. 2020. ISSN 2595-6531. Disponível em: https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/419. Acesso em: 29 jan. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE. XXVI Seminário de Iniciação Científica da UFAC. Cruzeiro do Sul, AC, 2018. *Utilização de bambu nativo (Guadua ssp) na contenção de erosão do solo no município de Xapuri/Acre, Amazônia Sul Ocidental.* Maria do Socorro Sabóia da Silva Ferreira, Sarah dos Santos Souza, Eufran Ferreira do Amaral, Lúcio Flávio Zancanela do Carmo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie e ao Fundo Mackenzie de Pesquisa e Inovação - Mackpesquisa pelo apoio a esta pesquisa.

GEOTECNOLOGIA PARA A GESTÃO DE RISCO COSTEIRO: ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA LINHA DE COSTA DE MATINHOS (PR) APÓS AS OBRAS DE PROTEÇÃO COSTEIRA

GEOTECHNOLOGY FOR COASTAL RISK MANAGEMENT: ANALYSIS OF THE VARIABILITY OF THE MATINHOS (PR) COASTLINE AFTER COASTAL PROTECTION

Vitória Daia dos Santos Zuza[1]

Universidade Federal do Paraná, vitoriazuza@ufpr.br[1]

RESUMO

As regiões litorâneas representam um dos sistemas de maior complexidade do ponto de vista ambiental por estarem localizadas em faixas limítrofes entre os continentes e os oceanos, marcada pela interconectividade e interdependência entre os agentes terrestres, oceânicos e atmosféricos, constituindo uma das áreas de maior fluxo de matéria e energia no Sistema Terra. Em decorrência da exploração de recursos naturais, bem como, do uso e ocupação desordenado do solo, configura-se uma zona de intenso estresse ambiental. O presente estudo propõe integrar geotecnologias à gestão de riscos costeiros, analisando a variabilidade da linha de costa de Matinhos (PR) após obras de proteção, por meio da ferramenta CASSIE (*Coastal Analyst System from Space Imagery Engine*). Os resultados de curto prazo indicam redução das áreas em erosão e aumento do estoque sedimentar em zonas de acresção e estabilidade. O CASSIE configura-se como uma ferramenta preliminar e de baixo custo para identificar tendências erosivas ou de acreção, apoiando o planejamento e a gestão costeira.

Palavras-Chave: Gestão de Risco. Geotecnologia. Linha de Costa. Proteção Costeira.

ABSTRACT

Coastal regions represent one of the most complex systems from an environmental point of view, as they are located on the border between the continents and the oceans, marked by the interconnectivity and interdependence between land, ocean and atmospheric agents, constituting one of the areas with the greatest flow of matter and energy in the Earth System. As a result of the exploitation of natural resources, as well as the disorderly use and occupation of the land, it is an area of intense environmental stress. This study aims to integrate geotechnologies into coastal risk management by analyzing the variability of the Matinhos (PR) coastline after protection works, using the CASSIE (Coastal Analyst System from Space Imagery Engine) tool. The short-term results indicate a reduction in eroding areas and an increase in sediment stock in areas of accretion and stability. CASSIE is a preliminary, low-cost tool for identifying erosion or accretion trends, supporting coastal planning and management.

Keywords: Risk management. Geotechnology. Coastline. Coastal Protection.

1 INTRODUÇÃO

As regiões litorâneas representam um dos sistemas de maior complexidade do ponto de vista ambiental por estarem localizadas em faixas limítrofes entre os continentes e os oceanos, marcada pela interconectividade e interdependência entre os agentes terrestres, oceânicos e atmosféricos, constituindo uma das áreas de maior fluxo de matéria e energia no Sistema Terra. Em decorrência da exploração de recursos naturais, bem como, do uso e ocupação desordenado do solo, configura-se uma zona de intenso estresse ambiental.

Já se completaram três décadas desde que as projeções globais das mudanças climáticas alertam o mundo para um aumento das vulnerabilidades das comunidades e ecossistemas costeiros frente às ameaças, como a erosão costeira e as inundações (IPCC, 1990; IPCC, 1992; IPCC, 2014). Os impactos negativos da erosão costeira não só comprometem a estabilidade do meio físico e do meio biótico, como também o meio socioeconômico. Destaca-se essencialmente que os impactos são significativos uma vez que a zona costeira é a área mais valorizada, densamente povoada e desenvolvida do planeta (Small e Nicholls, 2003).

A erosão costeira pode ser descrita como um processo natural de alteração da linha de costa, que do ponto de vista geológico é decorrente de um suprimento negativo de sedimentos (BIRD, 2008). De acordo com o segundo relatório do Panorama da erosão costeira no Brasil, publicado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e produzido pelo Programa de Geologia e Geofísica Marinha em 2018, indicaram que a erosão e o acúmulo de sedimentos afetam aproximadamente 60% do litoral brasileiro, sobretudo as regiões do norte e nordeste. Atualmente, 54,8% da população brasileira está concentrada em zonas costeiras (IBGE, 2022), isso ocorre segundo Muehe (2018) em função da valorização e exploração imobiliária da orla marítima em diversas regiões da costa brasileira, gerando uma zona de intenso estresse ambiental, com impactos econômicos e socioambientais.

As ocupações em áreas de risco, resultam no perigo e vulnerabilidade da população. Conforme Macedo (2015), a partir das concepções teóricas sobre riscos, o risco socioambiental é definido pela equação: **R** (f) = **P** x **V**. Onde: **R** = Risco; **P** = Perigo; e **V** = Vulnerabilidade. De acordo com Barcellos e Oliveira (2008) o risco ambiental e a vulnerabilidade social não possuem distribuição aleatória no espaço geográfico, são configurados a partir de uma organização de desigualdades sociais, nas quais as populações menos favorecidas habitam áreas com maiores índices de vulnerabilidade ambiental. Em um cenário crescente de eventos extremos e mudanças climáticas, os riscos à erosão costeira e os processos litorâneos, requer uma gestão integrada que considere e avalie a vulnerabilidade e os riscos em zonas de costa. Conforme Muehe (2006), uma das principais causas da erosão é apontada a intervenção do homem nos processos costeiros seguido da urbanização da orla. Contudo, o autor complementa que, a urbanização em si não provoca processos erosivos, entretanto, a construção de edificações dentro da faixa de resposta dinâmica da praia às tempestades tende à retomada pelo mar da área construída (MUEHE, 2006).

No Brasil, para auxiliar no gerenciamento costeiro foram elaborados cinco guias de ordenamento dos espaços litorâneos sob domínio da união, em uma ação integrada do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e a Secretaria do Patrimônio da União (SPU), chamado Projeto Orla (2006). Assim como, conta com o Programa Nacional para a Conservação da

Linha de Costa (PROCOSTA), instituído em 2018 pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), voltado para o planejamento e gestão permanente da zona costeira, com os seguintes projetos: a) Projeto ALT-BAT; b) Projeto Projeção de Linhas de Costa Futuras e Identificação de perigos; c) Projeto Riscos Costeiros e Estratégias de Adaptação; e d)Projeto Monitoramento e Gestão para a Conservação da Linha de Costa.

Em uma escala regional, os pontos de erosão ao longo do litoral paranaense são áreas onde os cordões dunares e outras formações sedimentares foram desgastados ou removidos, principalmente devido à ação das ondas, correntes e outros processos naturais. Em Matinhos, especificamente na Praia Brava, destacam-se dois pontos críticos, a área central e o extremo sul, cujas causas são distintas, respectivamente, construções irregulares na avenida e deslocamento de baixios de areia da Baía de Guaratuba (ANGULO, 2000). Os problemas erosivos intensificaram com o início da construção de uma rua na beira mar e pela ocupação da orla na década de 1970. Já é estudado e documentado que a ocupação e as alterações que o homem promove na linha de costa podem aumentar a vulnerabilidade e diminuir a resiliência do meio físico, mesmo que o objetivo seja a proteção costeira (COOPER e PILKEY, 2012).

Dessa forma, a fim de conter o avanço da linha costeira, historicamente foram executadas estruturas rígidas, como gabiões, muros, escadarias e enrocamentos, entretanto, com o agravamento da ressaca do mar, alinhada ao desmatamento da restinga e ações antrópicas, as obras citadas não foram suficientes para remediar os danos produzidos pela erosão. Em 2022, o Projeto de Revitalização Urbanística da Orla de Matinhos, organizado pelo Instituto Água e Terra (IAT) e executado pelo Consórcio Sambaqui, realizaram obras de engordamento da faixa de praia por meio de aterro hidráulico, estruturas marítimas semirrígidas, canais de macrodrenagem, redes de microdrenagem e revitalização urbanística da orla marítima (IAT, 2021), sendo considerada atualmente a maior obra de alargamento artificial do Brasil com 3,2 milhões de metros cúbicos de areia, o equivalente a 220 mil caminhões (IAT, 2022). A obra de engordamento da faixa de areia foi finalizada em outubro de 2022 e alargada em 100 metros com uma extensão de 6,3 quilômetros, partindo do Canal da Avenida Paraná até o Balneário Flórida, enquanto as estruturas semi-rígidas (2 guias-correntes, 2 headland e 1 espigão) foram concluídas em outubro de 2023.

Diante desse cenário, as geotecnologias são compreendidas, segundo Zaidan (2017) como o conjunto de tecnologias para coleta, armazenamento, edição, processamento, análise e disponibilização de dados e informações com referência espacial geográfica. Corroborando com Ferraz et al. (2015), a utilização desta ferramenta melhora o alcance da administração pública viabilizando a tomada de decisão em relação a programas a serem instituídos e outros já consolidados. Desse modo, pretende-se com o atual estudo promover a interseção entre o uso de geotecnologias e a gestão de riscos costeiros.

2 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo principal avaliar o uso das geotecnologias como ferramenta complementar na gestão de risco costeiro, por meio da análise da variabilidade da linha de costa de Matinhos (PR) após as obras de proteção costeira.

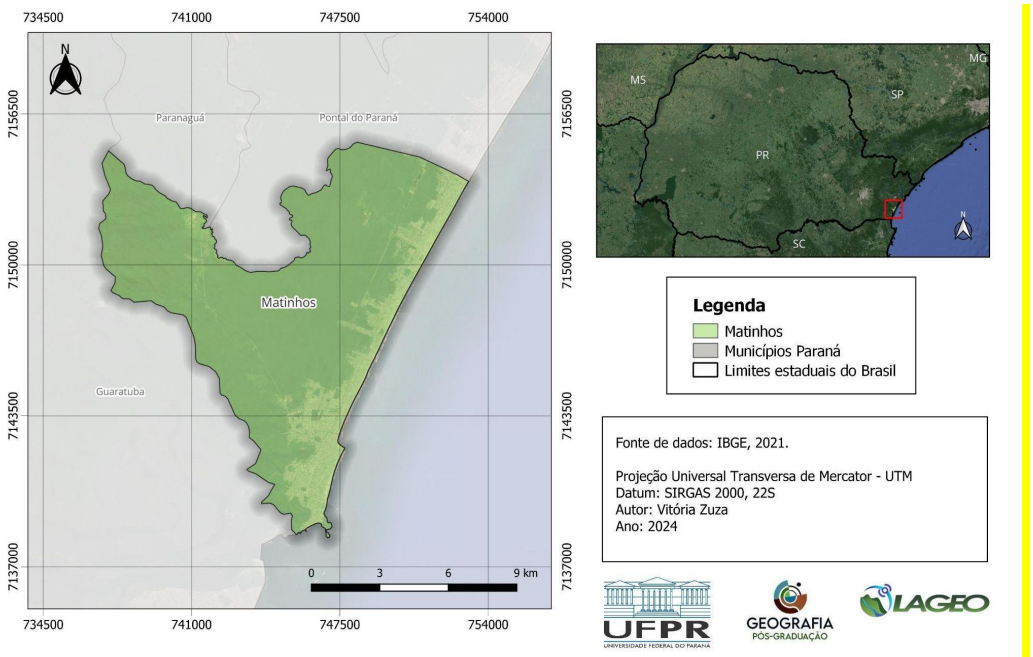
Para isso tem-se como objetivos específicos: a) Identificar e mapear as alterações na linha de costa de Matinhos (PR) antes e após as obras de proteção costeira; b) Avaliar a eficácia da geotecnologia *Coastal Analyst System from Space Imagery Engine* (CASSIE), como ferramenta no monitoramento indireto da linha de costa para a gestão de risco costeiro.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

O município de Matinhos (Figura 1) está localizado no litoral sul do Paraná, com uma área de 117,064 km², dividido em 15 balneários. Seus municípios limítrofes são Guaratuba, a sul e oeste, e Paranaguá e Pontal do Paraná, a norte, além de ser banhado pelo Oceano Atlântico a leste, com regime de micromarés (ROSSETI, 2008) semidiurnas com ocorrências frequentes de frontogêneses, principalmente nos meses de inverno (MARONE et al., 1997).

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

As praias do litoral paranaense são marcadas pela predominância de estados intermediários, cerca de 44% dos 127 km de costa oceânica identificadas por Angulo & Araújo (1996) e Angulo et al. (2016). O litoral norte (Guaraqueçaba, Ilhas do Superagüí e das Peças) apresenta características dissipativas e o perfil refletivo foi identificado na porção centro-sul do litoral, junto a desembocadura da baía de Guaratuba (COMERLATO; LAMOUR; SILVEIRA, 2019). No recorte específico do município de Matinhos:

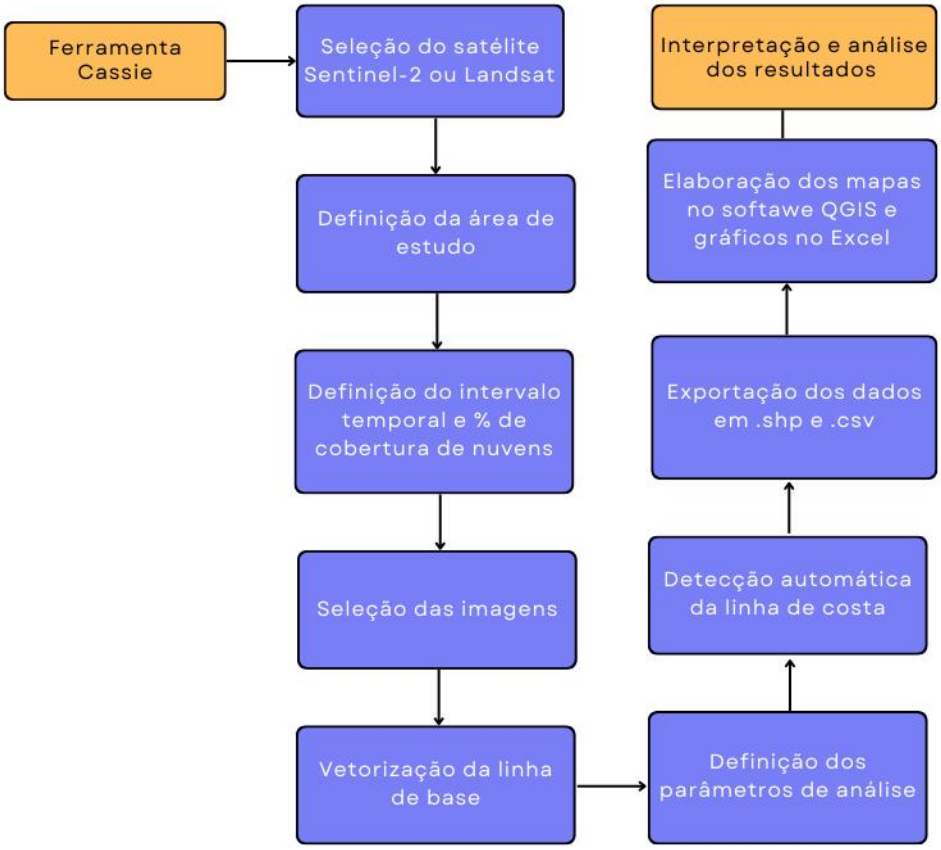
> As praias do município de Matinhos adquiriram características refletivas devido a construção da avenida Beira-Mar (década de 1990), paralela à linha de costa, e a ocupação de áreas de restinga (ANGULO et al., 2006), o que causou interferências no sistema de transporte sedimentar, desconfigurando à dinâmica praial natural. Este fato gerou consequências negativas para esta área, de modo que, nas últimas décadas tem se verificado intensificações de processos erosivos, notadamente nos balneários localizados ao norte desta área, sendo que diversas obras de contenção à erosão costeira foram realizadas (ANGULO et al., 2006). (COMERLATO; LAMOUR; SILVEIRA, 2019, p.9-10).

As obras de contenção alteram notavelmente a morfodinâmica das praias, acentuando ou alterando seus estados, sem o estudo adequado tais intervenções podem gerar impactos irreversíveis e aumentar ou desencadear novos pontos de erosão ao longo da costa.

3.2. Coastal Analyst System from Space Imagery Engine (CASSIE)

A geotecnologia empregada para o monitoramento indireto da linha de costa é a *Coastal Analyst System from Space Imagery Engine* (CASSIE), uma plataforma de código aberto integrada a tecnologia do Google Earth Engine (GEE), da qual disponibiliza o uso de imagens de satélite dos programas Landsat (National Aeronautics and Space Administration - NASA) e Copernicus (European Space Agency - ESA), executando o mapeamento automático e análise estatística da evolução da linha de costa. Segundo Almeida et al. (2021), utiliza as técnicas de detecção automática com base no índice normalizado de diferença de água (NDWI - Normalized Difference Water Index) e na classificação da imagem pelo algoritmo de limiarização de Otsu (1979), definindo-se o coeficiente de limiarização a partir das características do ambiente costeiro. Conforme as etapas estabelecidas em Almeida et al. (2021) e no manual de uso básico (Coastal Analysis via Satellite Imagery Engine, 2021), o procedimento pode ser segmentado em seis estágios, conforme a Figura 2:

Figura 2 - Fluxograma dos estágios para a análise de linha de costa utilizando o CASSIE



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

O CASSIE permite a aquisição de imagens a partir de dois satélites orbitais. Entre eles o Sentinel-2 (sensor MSI), operado pela ESA, possui resolução espacial de 10 metros, com ciclo de imageamento de cinco dias, abrangendo séries temporais de 2013 aos dias atuais. As imagens pertencentes ao Landsat, cedidas pela NASA, possuem resolução espacial de 30 metros, com ciclo de imageamento de 16 dias e séries temporais dos satélites Landsat 5 (TM), Landsat 7 (ETM+) e Landsat 8 (OLI) cobrindo o período de 1984 até os dias atuais. No contexto deste trabalho, as imagens escolhidas para realizar as análises foram as do Sentinel-2, em razão das resoluções espacial e temporal. Após essa etapa, é necessário delimitar a área de estudo na plataforma por meio de uma poligonal ou importar em formato KML. O pré-processamento das imagens empregadas na análise da variabilidade da linha de costa do arco praial de Matinhos (PR), foi organizada em dois períodos no recorte temporal, onde foram selecionadas 10 imagens de 2021 (antes das intervenções), 5 imagens de 2024 e 5 imagens de 2025 (após as intervenções), sob o critério de menor cobertura de nuvens (%) nos intervalos em questão.

A etapa posterior consiste na vetorização da linha de base, o cálculo da taxa de variação da linha de costa se baseia no método de distância da linha de base - baseline

(Leatherman & Clow, 1983), é possível inserir na própria plataforma ou importar em arquivo KML. Após a delimitação da linha de base, define-se os parâmetros de extensão e espaçamentos dos transectos, bem como, o limiar de de Otsu (Otsu, 1979) .Para a área de estudo, os parâmetros de análise definidos foram: espaçamento de 100 metros entre os transectos e extensão de 1.000 metros para cada um deles, além disso, o algoritmo de limiarização de Otsu com o coeficiente de limiarização foi ajustado para zero (0). Após a inserção dos parâmetros, ocorre a detecção automática da linha de costa da área de estudo, por meio do cálculo de *Normalized Diference Water Index* (NDWI), representado na Equação 1, onde índice NDWI varia de -1 a 1, sendo que pixel com NDWI > 0 corresponde a área com cobertura de água e NDWI < 0 área sem cobertura de água (Ji et al., 2009; McFeeters, 1996).

Equação 1:

$$NDWI = \frac{GREEN - IVP}{GREEN + IVP}$$

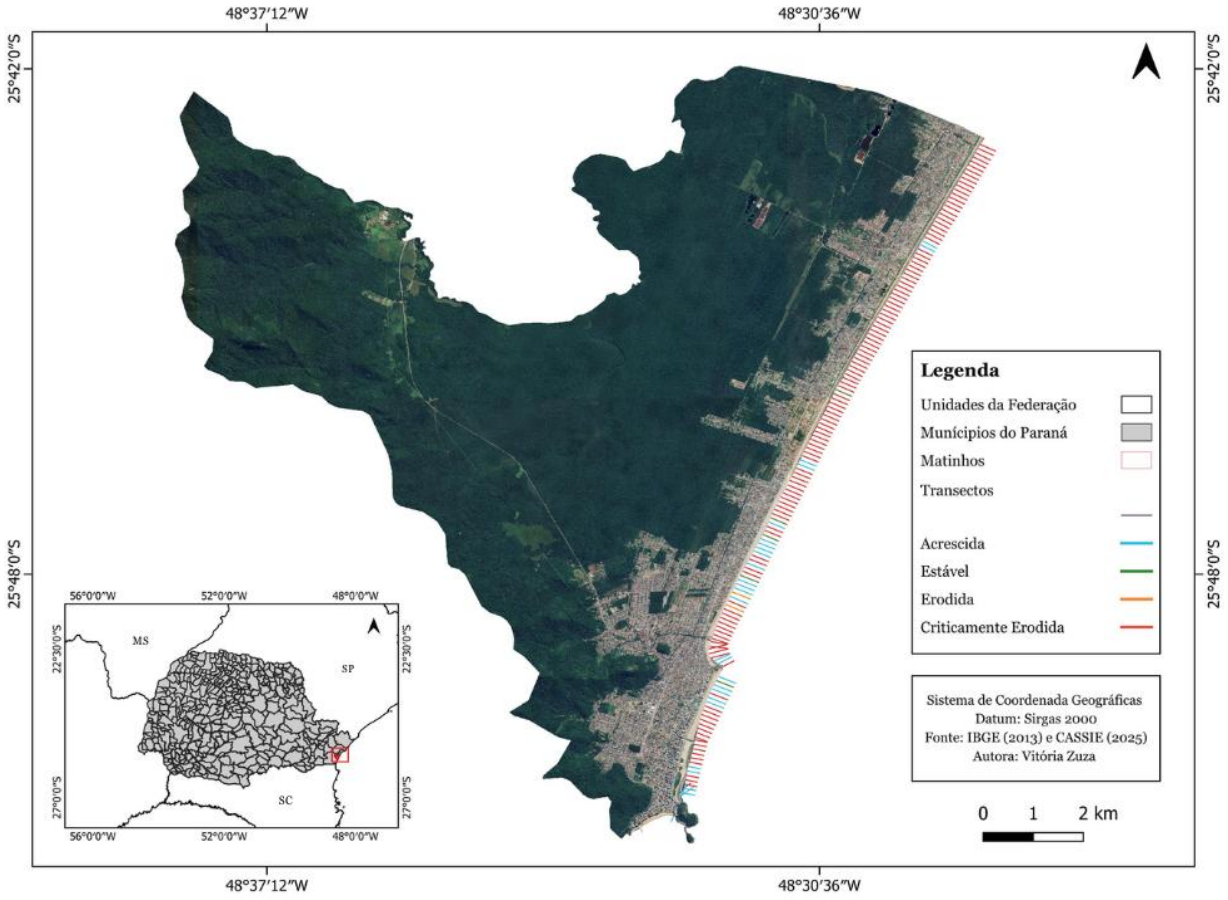
Onde:
GREEN = banda verde do visível;
IVP = banda do infravermelho próximo;

Ao final do processamento das imagens de satélite são disponibilizados dados estatísticos da taxa de variação da linha de costa, localização dos transectos e período da série temporal analisado (Almeida et al., 2021). Os transectos são classificados em ‘estável’ (cor verde), ‘acréscimo’ (cor azul), ‘erosão’ (cor amarela), e ‘criticamente erodido’ (cor vermelha), de acordo com o dado da Taxa da Regressão Linear (LRR) (Esteves et al., 1998). Em seguida, foi exportado os dados estatísticos nos formatos .csv (valores separados por vírgula) para gerar os gráficos no software Excel e a digitalização da linha de costa no formato .shp (shapefile) para gerar os mapas no software livre QGis.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da variabilidade da linha de costa do arco praial de Matinhos (PR), referente ao ano de 2021, período pretérito a implementação das estruturas semi-rígidas e a reposição artificial de sedimentos, resultou em 160 transectos advindos do processamento de dez imagens orbitais do satélite Sentinel-2 (Figura 3).

Figura 3 - Análise da linha de costa do arco praial de Matinhos (PR) no ano de 2021



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

A partir dos dados estatísticos gerados na plataforma CASSIE, com base na classificação de Esteves et al. (1998), considerando os valores de LRR (Linear Regression Rate) em metros/ano, observou-se que 75,7% da linha de costa apresentou tendências erosivas, com 20,6% classificadas como áreas acrescidas e 3,6% consideradas estáveis (Tabela 1). Corroborando com o mapa de risco à erosão produzido por Novak (2017), onde aproximadamente 80% do município de Matinhos está com alto risco à erosão. As áreas mais críticas identificadas se referem aos locais em que foram realizadas obras de proteção costeira e onde a largura da restinga é menor que 45 m. (NOVAK, 2017). Ressalta-se que a preservação e recuperação da vegetação no pós-praia são essenciais para manter um estoque sedimentar capaz de enfrentar situações de maior energia de onda, prevenindo o risco de perdas socioeconômicas para a população costeira.

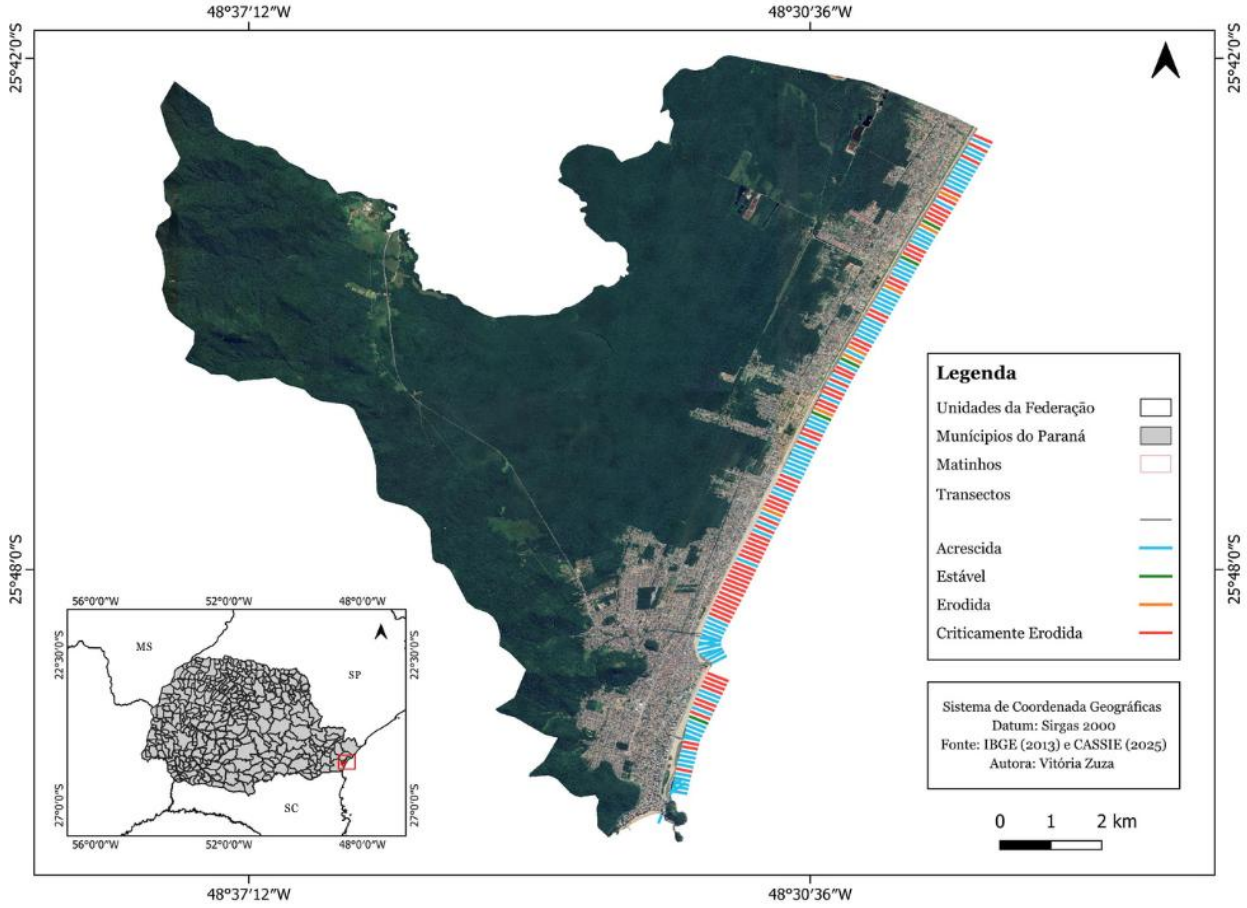
Tabela 1 - Classificação de erosão no arco praial de Matinhos

Ano	Categoria	Quantidade de transectos	Porcentagem
2021	Acrescida	34	21,25%
	Estável	6	3,75%
	Erodida	3	1,88%
	Criticamente erodida	122	76,25%

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Entre janeiro de 2024 e abril de 2025, período que totaliza 1 ano e 4 meses após a conclusão das obras de proteção costeira, finalizadas em outubro de 2023, foram gerados 160 transectos, seguindo o mesmo procedimento metodológico da etapa anterior (Figura 5). Observou-se que, nesse intervalo de tempo, 52,6% da linha de costa foi classificada como acrescida, resultando relacionado ao processo artificial de engorda da praia. Entretanto, 40,4% da linha de costa apresentou tendência de erosão crítica, 4,3% foram classificadas como áreas com erosão moderada e apenas 2,7% permaneceram estáveis (Tabela 2).

Figura 5 - Análise da linha de costa do arco praial de Matinhos (PR) no ano de 2024-2025



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Embora a engorda, a curto prazo, indique uma aparente recuperação da linha de costa, o projeto Aquamodelo (2008, 2009a, 2009b), não define a durabilidade da obra nem a periodicidade de sua manutenção. Segundo a Nota Técnica sobre as Obras de Recuperação da Orla Marítima de Matinhos/PR (2020), realizada por um grupo de pesquisadores da Universidade Federal do Paraná (UFPR), o estudo sobre as jazidas de areia realizado pela Ferma Engenharia (2009) é preliminar e insuficientemente detalhado para garantir a quantidade e qualidade da areia necessária para implantação do projeto.

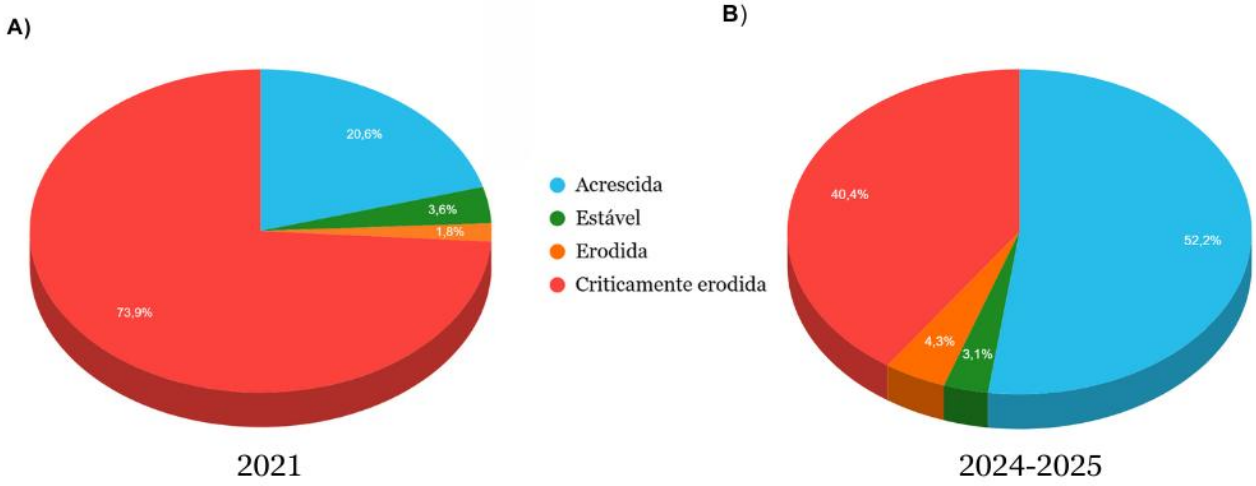
Tabela 2 - Classificação de erosão no arco praial de Matinhos

Ano	Categoria	Quantidade de transectos	Porcentagem
2024 e 2025	Acrescida	84	52,5%
	Estável	5	40,62%
	Erodida	7	4,38%
	Criticamente erodida	65	3,12%

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Cabe ressaltar que, o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) das obras de recuperação da orla marítima de Matinhos, foram produzidos em 2009 e não fornecem dados e projeções atualizadas, bem como, o projeto de intervenção acrescenta um canal artificial, guias correntes e espigões que não faziam parte do projeto original e não constam nos estudos ambientais, portanto seus impactos ambientais não foram avaliados e dimensionados. Nesse contexto, conforme Novak (2017), essas obras não têm contido os processos erosivos na área, ou seja, as obras que tem a principal função de conter estes processos agravam sobremaneira a erosão. Apesar de alguns trechos demonstrarem sinais de recuperação, a análise da linha de costa indica que as intervenções não garantem estabilidade permanente (Figura 6).

Figura 6 - Gráfico comparativo entre o ano de 2021 a 2024/2025



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

5 CONCLUSÃO

A ferramenta CASSIE permitiu avaliar a variabilidade da linha de costa do arco praial de Matinhos (PR), após o suprimento de sedimentos artificiais e das estruturas semi-rígidas. A resposta a curto prazo, indicam uma redução significativa nas áreas classificadas como

criticamente erodidas ou em erosão, bem como, um aumento expressivo do estoque sedimentar nas áreas de acresção e estabilidade. Cabe destacar que, o sistema praial tem uma configuração complexa e dinâmica, modelado pela forçantes meteorológicas, astronômicas e oceanográficas, a efetividade do monitoramento costeiro está atrelado à qualidade da resolução espacial e aos horário de imageamento das imagens orbitais. Trata-se de uma ferramenta complementar e preliminar de baixo custo para a identificação de tendências erosivas ou de acreção. Para a análise mais detalhada acerca da variabilidade morfológica e morfodinâmica e validação dos dados, recomenda-se a realização de estudos *in loco*.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. P.; OLIVEIRA, I. E.; LYRA, R.; DAZZY, L. R. S.; MARTINS, V. G.; KLEIN, E. H. F. *Coastal Analyst System from Space Imagery Engine (CASSIE): Shoreline management module*. Environmental Modelling & Software, v. 140, p. 105033, 2021.

AMB-PLANEJAMENTO AMBIENTAL E BIOTECNOLOGIA. *Estudo de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) do Projeto de Recuperação da Orla Marítima de Matinhos-PR*. 2009.

ANGULO, R. J. As praias do Paraná: problemas decorrentes de uma ocupação inadequada. *Revista Paranaense de Desenvolvimento*, Curitiba, n. 99, p. 97-103, 2000.

BARCELLOS, F. C.; OLIVEIRA, S. M. M. C. Novas fontes de dados sobre riscos ambientais e vulnerabilidade social. In: *IV Encontro Nacional da ANPPAS – Mudanças Ambientais Globais*. Anais... Brasília, 2008.

BIRD, E. *Coastal geomorphology: an introduction*. 2. ed. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, 2008.

COMERLATO, T.; LAMOUR, M. R.; SILVEIRA, C. T. Classificação morfodinâmica das praias do litoral do Paraná por uma abordagem indireta. In: *XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*, 2019, Fortaleza. *Anais...* 2019.

COASTAL ANALYSIS VIA SATELLITE IMAGERY ENGINE. *Manual de uso básico*. 2021. Disponível em: https://tinyurl.com/kf7a5k9c. Acesso em: abr. 2025.

ESTEVES, L. S.; FINKL, C. W. The problem of critically eroded areas (CEA): An evaluation of Florida beaches. *Journal of Coastal Research*, Special Issue n. 26, p. 11–18, 1998.

FERRAZ, C. A. M. et al. O uso de geotecnologias como uma nova ferramenta para o controle externo. *Revista do TCU*, n. 133, 2015.

GT-UFPR. *Nota técnica sobre as obras de recuperação da orla marítima de Matinhos/PR*. Curitiba, 2020a.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Demográfico de 2022*. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: abr. 2025.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA. *Recuperação da Orla de Matinhos*. 2021. Disponível em: https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Recuperacao-da-Orla-de-Matinhos. Acesso em: 15 ago. 2023.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. *Climate Change 1990: The IPCC Scientific Assessment*. Geneva: IPCC, 1990.

_____. *Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*. Geneva: IPCC, 1992.

_____. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Summary for Policy Makers*. Geneva: IPCC, 2007.

_____. *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Geneva: IPCC, 2014.

AQUAMODELO. *Projeto executivo de proteção da orla de Matinhos*. 2020.

JI, L.; ZHANG, L.; WYLIE, B. Analysis of dynamic thresholds for the Normalized Difference Water Index. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, v. 75, n. 11, p. 1307–1317, 2009.

LEATHERMAN, S.; CLOW, B. UMD shoreline mapping project. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Society Newsletter*, v. 22, n. 3, p. 5–8, 1983. Disponível em:< https://tinyurl.com/97wk8fyp>.

MACEDO, Y. M. *Vulnerabilidade socioambiental no bairro de Mãe Luiza, Natal, RN*. 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

MARONE, E. et al. Caracterização física do complexo estuarino de Paranaguá. Pontal do Sul: UFPR, 1997. Relatório consolidado do convênio APPA/CEM.

McFEETERS, S. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, v. 17, n. 7, 1996.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Procosta – Programa Nacional para Conservação da Linha de Costa*. 2018. Disponível em:< https://www.gov.br/mma/pt-br>. Acesso em: abr. 2025.

MMA – Ministério do Meio Ambiente; MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO. *Projeto Orla: fundamentos para gestão integrada*. Brasília, 2006. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/orla/_arquivos/11_04122008111238.pdf.

MUEHE, D. *Panorama da erosão costeira no Brasil*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2018.

MUEHE, D. *Erosão e progradação do litoral brasileiro*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006.

NOVAK, L. *Vulnerabilidade à erosão na orla marítima do município de Matinhos, PR*. Curitiba, 2015.

NOVAK, L. *Risco à erosão costeira na orla dos municípios de Matinhos e Pontal do Paraná-PR, Brasil*. Curitiba, 2017.

OTSU, N. A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, v. 9, n. 1, p. 62–66, 1979.

PILKEY, O. H.; COOPER, J. A. G. *The last beach*. Durham: Duke University Press, 2014.

ROSSETTI, D. F. Ambientes costeiros. In: FLOREZANO, T. G. (org.). *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SMALL, C.; NICHOLLS, R. J. A global analysis of human settlement in coastal zones. *Journal of Coastal Research*, v. 19, n. 3, p. 584–599, 2003.

ZAIDAN, R. T. Geoprocessamento: conceitos e definições. *Revista de Geografia – PPGEO - UFJF*, Juiz de Fora, v. 7, n. 2, p. 195–201, jul./dez. 2017.

ARTIGO - 07 - TECNOLOGIAS E INOVAÇÃO EM RRD

SISTEMA SIMPLIFICADO PARA ALERTA DE INUNDAÇÕES DA BACIA DO RIO ITAPEMIRIM

Rafael Wolfgramm (rafael.wolfgramm@outlook.com)

Fabio Ahnert (rafael1wolfgramm@gmail.com)

A bacia do rio Itapemirim, no Espírito Santo, enfrenta um problema crescente de cheias e inundações, intensificadas pela ocupação desordenada, degradação dos solos e poluição dos mananciais. Entre 2000 e 2019, mais de 70 eventos hidrológicos extremos impactaram a região, causando danos à população e à infraestrutura.

Para mitigar os impactos das fortes chuvas, propomos a criação de um sistema de alerta para inundações na bacia do rio Itapemirim. O sistema utiliza métodos de regressão polinomial para estimar o nível do rio na zona urbana de Cachoeiro de Itapemirim, utilizando dados coletados por estações de telemetria fluvial e medições da Defesa Civil Municipal.

Os resultados demonstram a capacidade do sistema em prever com precisão o nível do rio, possibilitando a emissão de alertas tempestivos à população. Isso permitirá que as pessoas tomem medidas para se proteger e minimizar os danos causados pelas inundações.

A implementação do sistema de alerta trará diversos benefícios, como a redução do impacto social e econômico das inundações, aumento da segurança da população ribeirinha, melhoria na tomada de decisões por parte das autoridades, otimização dos recursos públicos destinados à resposta a desastres.

Acreditamos que o sistema de alerta para inundações na bacia do rio Itapemirim é uma ferramenta essencial para proteger a vida e o patrimônio da população local, promovendo uma comunidade mais resiliente a eventos climáticos extremos.

O sistema ainda necessita de validação em cenários reais de inundações para garantir sua efetividade. No entanto, os resultados preliminares são promissores e demonstram o potencial do sistema para reduzir os impactos das inundações na região.

Palavras-chave: desastres; estação fluviométrica; regressão polinomial; sistema de monitoramento.

O USO DA CARTOGRAFIA SOCIAL COMO FERRAMENTA PARTICIPATIVA PARA A DEFINIÇÃO DE AÇÕES PRÉ E PÓS DESASTRES EM TERRITÓRIOS VULNERÁVEIS

SOCIAL CARTOGRAPHY AS A PARTICIPATORY TOOL FOR SHAPING PRE-AND-POST DISASTER ACTIONS IN VULNERABLE TERRITORIES

Libia Patricia Peralta Agudelo[1]; Flávia Aparecida Silveira[2];
Eloy Fassi Casagrande Júnior[3]; Tamara Simone Van Kaick[4]

1 UTFPR, email: pperalta.design@gmail.com;
2 Doutoranda UTFPR, email: flaasilveira@gmail.com,
3 UTFPR, NAPI UTFPC, email: eloy.casagrande@gmail.com;
4 UTFPR, NAPI EC UTFPR; email: tamara.van.kaick@gmail.com;

RESUMO

Este trabalho apresenta o uso da cartografia social como ferramenta para desenvolver ações de educação e enfrentamento climático participativo para situações de pré- e pós-desastres em territórios vulneráveis. O trabalho é desenvolvido dentro do âmbito do Projeto NAPI Emergências Climáticas – NAPI EC, financiado pela Fundação Araucária do Estado do Paraná, com abrangência estadual e desenvolvido pela UTFPR, noperupo de Pesquisa Tecnologia e Meio Ambiente (TEMA), do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade (PPGTE)., coo pojto piloto foi aplicado na comunidade da Vila Torres, em Curitiba, com o objetivo de: (i) identificar em conjunto com a população, locais de maior vulnerabilidade climática, (ii) desenvolver mapas de riscos (iii) atuar em conjunto com a Defesa Civil Municipal nas ações contra desastres e iv) propor projetos de infraestrutura urbana tática e resiliente. A experiência mostrou grande potencial para orientar ações de planejamento urbano resiliente e contribui para definir Políticas Públicas participativas na atual emergência climática.

Palavras Chave: cartografia social, emergências climáticas, território, cidades resilientes

ABSTRACT

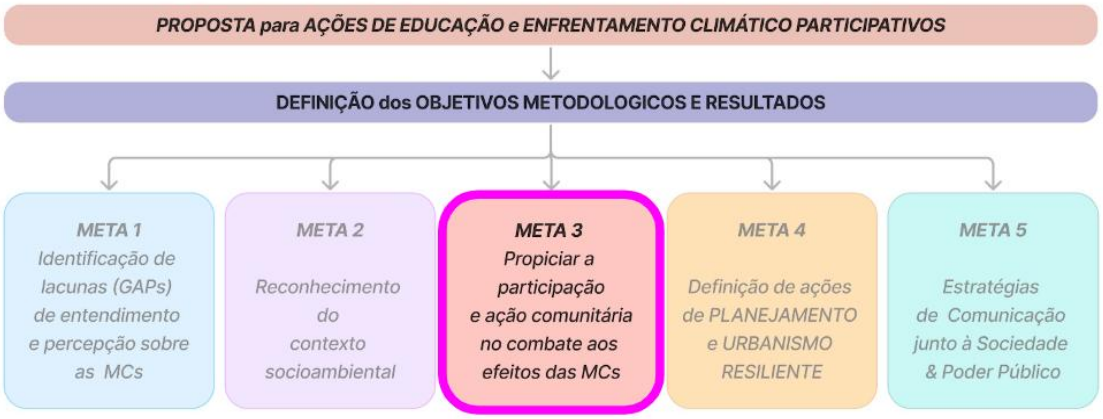
Here we present the use of social cartography as a tool for participatory climate education activities and coping actions to combat the effects of Climate Change in pre- and post-disaster situations affecting vulnerable territories. It was developed at the Green Office of the UTFPR with the Technology and Environment Research Group (TEMA) of the Technology and Society Postgraduate Program (PPGTE), within the scope of the NAPI CLIMATE EMERGENCY project funded by the Araucaria Foundation in the state. The pilot study was applied in the Vila Torres community, in Curitiba, with the objectives of: (i) identifying, with the population, places of greatest climate vulnerability, (ii) developing risk maps (iii) actions with the Municipal Civil Defense to tackle disasters and (iv) proposing tactical urban infrastructure projects. The results showed that this tool has great potential to assist in participatory Public Policies for climate emergency actions.

Keywords: Social cartography, climate emergencies, territory, resilient cities

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho integra o eixo 5 do projeto NAPI Emergências Climáticas (Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação para Emergências Climáticas – NAPI EC), financiado pela Fundação Araucária do Estado do Paraná. A iniciativa foca no desenvolvimento de "Estratégias de Comunicação e Educação Ambiental Climática (EAC)" para promover ações efetivas de enfrentamento a desastres em áreas de risco, priorizando a inclusão participativa e proativa das populações mais afetadas. Alinhado aos princípios da "Justiça Climática" e da "Ciência Cidadã", o estudo propôs uma metodologia que valoriza as percepções e capacidades das comunidades vulneráveis, garantindo sua centralidade no processo. A pesquisa é conduzida no Escritório Verde, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), vinculado ao programa de Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS), sob responsabilidade do Grupo de Pesquisa TEMA (Tecnologia e Meio Ambiente), do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade (PPGTE) da UTFPR, Campus Curitiba. O trabalho organizou-se em cinco metas, com destaque para a **Meta 3: Fomentar a participação e ação comunitárias no combate aos efeitos das Mudanças Climáticas (MCs), especialmente em contextos de pré e pós-desastres (Figura 1).**

Figura 1 - Fluxograma das 05 metas como definidas na UTFPR-Campus Curitiba dentro do Eixo 05 do NAPI EC.



Fonte: Autores (2024)

2 A RELEVÂNCIA DO TRABALHO NO ATUAL CONTEXTO DA EMERGÊNCIA CLIMÁTICA (EC)

Nas últimas décadas, as mudanças climáticas (MCs) têm se tornado uma das principais preocupações globais. O aumento das temperaturas, os padrões de precipitação alterados e a maior frequência de eventos climáticos extremos estão entre os principais indicadores da mudança climática (SHOKKER, et al. 2022). Os impactos das mudanças climáticas são de grande abrangência afetando não somente as cidades, mas regiões inteiras, o que vem ocasionando uma desestruturação social e econômica, trazendo uma série de problemas de ordem sistêmica, tais como a redução da produção de alimentos com a consequente insegurança alimentar e hídrica, aumento de inundações, erosão do solo e ameaças à biodiversidade (USMAN et al., 2024; OOGWU et al., 2023). A necessidade de

agir se tornou uma emergência global, tanto é assim, que agora se usa o termo de que vivemos uma “Emergência Climática (EC)”.

Estratégias de mitigação e medidas de adaptação são cruciais para enfrentar as crescentes ameaças da mudança climática (USMAN et al., 2024; OOGWU et al., 2023). Esforços para reduzir as emissões de carbono, prevenir a desertificação e melhorar a relação entre humanos e o meio ambiente são essenciais para um futuro sustentável (OOGWU et al., 2023). Assim, os efeitos das MCs representam desafios significativos além de prejudicar a saúde humana, a economia local, e o desenvolvimento sustentável das cidades e comunidades (USMAN et al., 2024).

No Brasil, os fenômenos climáticos têm afetado diretamente as comunidades mais carentes e vulneráveis, justamente onde o Poder Público enfrenta dificuldades de atuar. Isto evidencia a necessidade de medidas que envolvam a população local na identificação dos problemas e nas ações de mitigação de riscos, tanto antes do desastre ocorrer (pré-desastre) como após (pós-desastre). Para isto se faz necessário desenvolver estratégias de mitigação participativas que são cruciais para enfrentar as crescentes ameaças da mudança climática (SMAN et al., 2024; OOGWU et al., 2023). Incentivar a participação comunitária, usando instrumentos como a **cartografia social** tem se mostrado relevantes para promover ações coletivas no combate aos efeitos das MMC.Já no contexto da construção civil, o enfrentamento das MCs requer soluções de urbanismo sustentáveis e resilientes e que busca integrar soluções infraestrutura verde e cinza que contribuam para mitigar desastres, tais como enchentes, alagamentos, deslizamentos, incêndios e ilhas de calor entre vários outros. Segundo Souza e Ribeiro (2019), “a construção civil é uma das principais áreas onde a integração de práticas sustentáveis pode mitigar impactos climáticos”. Além disso, o planejamento urbano definido com a participação comunitária permite um alinhamento mais coerente entre as demandas sociais e as soluções de infraestrutura requeridas (MATOS e SILVA, 2021).

A relevância deste estudo reside na crescente necessidade de fortalecer a participação cidadã no enfrentamento às ECs. De acordo com Dagnino (2012), o envolvimento das comunidades é essencial para a construção de uma **tecno-ciência solidária**, onde a tecnologia e a ciência são desenvolvidas em conjunto com a sociedade, levando em conta suas demandas e necessidades. Como anotado por Feenberg (1999), as cidades que integram as demandas da população em seus projetos de infraestrutura verde e cinza tendem a ser mais resilientes aos efeitos adversos do clima.

3 OS OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo geral do trabalho é desenvolver uma metodologia replicável em vários contextos sócio ambientais e que viabilize a participação e a ação comunitária no combate aos efeitos das MCs principalmente em territórios de vulnerabilidade social e ambiental.

O trabalho apresenta a aplicação da ferramenta de **cartografia social** na Vila Torres, em Curitiba, designada como território para o estudo piloto. Já os objetivos específicos são:

i. identificar em conjunto com a população da vila os locais de maior vulnerabilidade climática.

ii. desenvolver mapas de risco que possam orientar ações prioritárias de letramento e enfrentamento e mitigação

iii. desenvolver junto com a Defesa Civil ações pré- e pós desastres que incluam a participação comunitária

iv. propor projetos de infraestrutura cinza e verde que contribuam para a mitigação dos maiores riscos observados.

4 ESTUDOS RELACIONADOS AO USO DA CARTOGRAFIA SOCIALA fim de entender mais sobre o uso desta ferramenta participativa em locais de vulnerabilidade social e ambiental, foi realizada uma revisão bibliográfica exploratória. Um exemplo encontrado é o trabalho de Silva e Alves (2020), que utiliza **ferramentas participativas** para identificar áreas de risco em comunidades vulneráveis, revelando uma forte correlação entre as demandas populares e as condições reais do território. Outro estudo, realizado por Oliveira et al. (2021), demonstra como a implementação de **infraestruturas verdes** e **cinzas** solicitadas pela população local podem reduzir os efeitos das ilhas de calor em áreas urbanas, corroborando a necessidade de soluções que integrem as demandas sociais no planejamento urbano.

Já Romero (2021) afirma que a **cartografia social** emerge como uma ferramenta poderosa para lidar com emergências e desastres climáticos, pois resulta em mapas fora dos contextos convencionais, identificando com maior precisão espacial problemas. Essa ferramenta aproxima as ciências físicas e sociais, o que é crucial para compreender e responder às mudanças climáticas (TAYLOR e O'KEEFE, 2021). O projeto "Do Nosso Território Sabemos Nós", no Rio de Janeiro, demonstra como o **mapeamento social** pode facilitar o diálogo entre a gestão da cidade e os cidadãos, tornando visíveis as necessidades locais para a criação de políticas públicas (OLIVEIRA et al., 2021).

Através de oficinas cartográficas, as comunidades identificam vulnerabilidades e potenciais, fortalecendo a resiliência e a autoconsciência. Esse processo revela o quão pouco os territórios são conhecidos, tanto pela gestão municipal quanto pelos próprios habitantes (OLIVEIRA et al., 2021). Ao integrar conhecimentos locais e memórias, a **cartografia socia**l fortalece a resiliência comunitária e oferece uma compreensão holística dos territórios, tornando-se uma abordagem inestimável para enfrentar emergências e desastres climáticos. Ainda, Santos Oliveira *et al.* (2021) argumentam *que:*

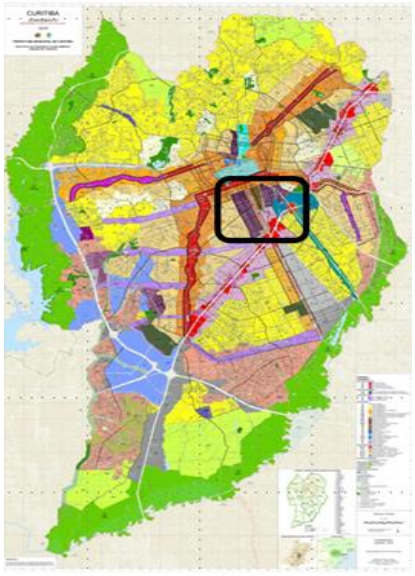
> *"em países como Brasil, não considerar a capacidade de normatividade do ser humano pode ser dramática e perigosa para a superação das emergências e desastres. Compreender como um determinado território foi ocupado e gerido por determinada população é condição para transformar os processos de vulnerabilização e apoiar soluções, muitas vezes, não vislumbradas. Importante linha de pensamento da sociologia dos desastres brasileira que preza a valorização dos estudos desses processos, respeitando a memória dos territórios e dos nexos sócio históricos que o conformaram. Não encarar o desastre como uma fatalidade natural, mas indicar a possibilidade de se escrever uma nova história com a envergadura dos conhecimentos comunitários e sua resiliência".*

Assim, entende-se que o uso da **cartografia social** tem sido aliada do planejamento participativo através da chamada Ciência Cidadã, a qual "se baseia na participação

das pessoas em pesquisas e atividades científicas" (MARTINS e CABRAL, 2021), representa importante papel na geração de dados de cunho científico sobre o território, as dinâmicas sociais e a relação destas com o meio ambiente natural e construído, oferecendo a possibilidade de gerar soluções muito mais eficientes para o enfrentamento da atual EC.s

5 O CONTEXTO DA COMUNIDADE DE ESTUDOA Vila Torres está localizada na região central da cidade (Figura 2), entre os bairros Prado Velho e Rebouças. Ocupa um território de cerca de 200.000 metros quadrados e é composta basicamente por migrantes vindos do norte do Estado do Paraná que se dedicam à coleta e venda de resíduos recicláveis. Surgiu em 1950 e foi conhecida no município como a "Favela do Capanema", posteriormente com o nome de "Vila Pinto" e hoje "Vila Torres", segundo depoimentos de moradores (DAVANSO, 2001). A Vila Torres não é um bairro delimitado na malha urbana e sim um território demarcado pelas diferenças sócio económicas desta população em relação ao seu entorno, assim se estima que a vila possui uma população flutuante entre 9000 a 7000 famílias, segundo dados de Santos (2011).

Figura 2 - Localização e aspecto construtivo do território da Vila Torres

Mapa de Zoneamento de Curitiba (IPPUC, 2019) e da Vila Torres	Imagens do Rio Belém e construções na da Vila Torres
	

Fonte: IPPUC, 2019 e Autores

6 **METODOLOGIAS DE CONDUÇÃO DA ATIVIDADE DE CARTOGRAFIA SOCIAL**É relevante ressaltar que a aplicação da ferramenta de cartografia social na Vila Torres foi o resultado de extenso trabalho de reconhecimento do território e contato prévio com a comunidade entre 2023 e 2024. No Quadro 1 ação descritas as atividades desenvolvidas nesse sentido.

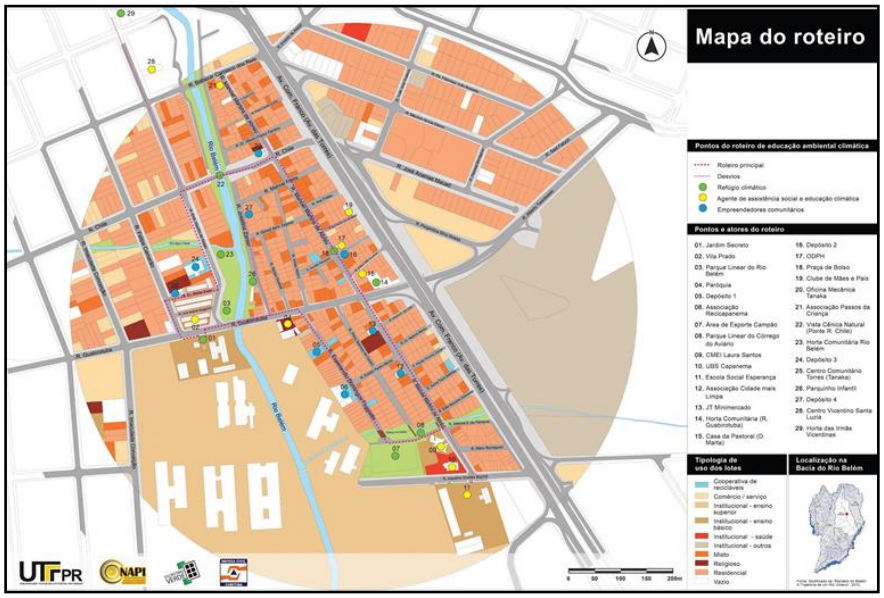
Quadro 1 - Atividades anteriores à aplicação da cartografia social realizadas no território da Vila Torres

ETAPAS	OBJETIVO	DATA
1. Workshops exploratórios junto à Comunidade	Familiarizar-se com a comunidade e o território. Avaliar a sua percepção geral e demandas sobre riscos das MCs.	Maio de 2023 até o presente
2. Preparo do exercício de Cartografia Social na comunidade alvo	Desenvolver os mapas base e a metodologia de participação social. Explicação da ferramenta e objetivos para as lideranças, diretor e professores da escola e a Defesa Civil.	Março - Maio de 2024

Fonte: Autoria própria (2024)

A seguir foi montada a base cartográfica (Figura 3), que consiste em um mapa de grandes proporções (1,20 x 0,90 m), impresso em cores sobre lona plástica tipo *canvas* e montado sobre uma estrutura firme de madeira forrada em acetato-vinil de etileno (EVA) preto de 5 mm. O objetivo é de poder reutilizar o mapa, facilitar a limpeza e permitir a transportabilidade. A inserção das *tags* com as informações foi facilitada pelo EVA sem danificar o mapa e sem risco de perda das mesmas durante o transporte.

Figura 3 - Mapa Base do Corredor de Educação Climática criado para a Vila Torres



Fonte: Autoria própria (2024)

No mapa foi delimitado um roteiro chamado de **Corredor de Educação Climática,** previamente definido em campo junto com as lideranças da comunidade como pelos pesquisadores envolvidos. Desta forma, foi garantida a ação participativa indicando os locais de maior relevância e também de maior vulnerabilidade aos efeitos climáticos.

Os *tags*, contendo pictogramas autoexplicativos e uma palavra de fácil identificação, foram impressos em material resistente. A Figura 4 apresenta exemplos dos *tags,* sendo que estes foram organizados por cores de acordo à sua função dentro do exercício.

Figura 4 - Exemplos de ícones elaborados para a atividade de cartografia social

Fase Amarela (Território)	Fase Infraestrutura Cinza e Verde (Utopia)		Fase Vermelha (Risco Climático)

Fonte: Autores (2024)

Sendo o objetivo principal aqui envolver a população local na definição de ações pré e pós desastres climáticos, a cartografia social foi conduzida em três fases:

a. Fase **TERRITÓRIO (amarela)** que implica no reconhecimento espacial da área de estudo e inclusive a localização da residência dos participantes;

b. Fase **UTOPIA (cinza e verde)** envolvendo demandas de infraestrutura verde tais como hortas, parques, etc, e cinza como pontes, faixas de pedestre entre outras

c. Fase **RISCOS CLIMÁTICOS (vermelha)** onde o intuito foi localizar espacialmente os riscos climáticos observados pela população, como enchentes e alagamentos, calor excessivo, entre outras. **6.1 APLICAÇÕES DAS ATIVIDADES DE CARTOGRAFIA SOCIAL**As atividades de cartografia social foram realizadas na Vila Torres em duas ocasiões diferentes. A primeira em 12 de junho de 2024 junto a 18 alunos, entre 15 e 17 anos, da Escola Estadual Manoel Ribas. A segunda foi realizada no dia 31 de agosto de 2024 junto a cerca de 30 adultos com a presença da Defesa Civil Municipal, na cooperativa de resíduos recicláveis ReciCapanema, onde os participantes identificaram aspectos relevantes sobre as necessidades e os desafios climáticos da comunidade (Figura 5)

Figura 5- Cartografia Social na Escola Estadual Manoel Ribas e Cooperativa ReciCapanema

. Fonte: Autoresia própria (2024).Uma vez aplicada a ferramenta de cartografia social, os dados foram processados pela equipe de pesquisadores nas dependências do Escritório Verde da UTFPR, como explicado no Qqadro 2a

Quadro 2 - Atividades posteriores à aplicação da cartografia social

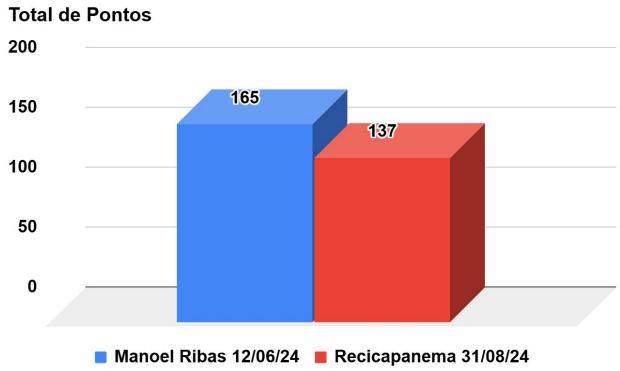
ETAPAS	OBJETIVO	DATA
3.Sistematização dos resultados em SIG	Inserção georreferenciada dos dados na plataforma QGIS. Análise e interpretação dos resultados	Junho - Agosto de 2024
4.Transformação dos resultados em projetos de Infraestrutura Cinza e Verde	Utilizando-se dos resultados obtidos: realização de projetos de urbanismo/ definição de soluções baseadas na natureza adequadas para cada local	Setembro - Dezembro de 2024

Fonte: Autores (2024)

6.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os dados obtidos foram inicialmente analisados por meio uma tabulação simples, a fim de identificar similaridades e/ou diferenças entre os dois grupos. Os resultados estão apresentados a seguir.

Figura 6 - Gráfico do número de *tags* identificados pelos dois grupos participantes



Fonte: Autores (2024).

Na atividade desenvolvida na escola, os 18 estudantes identificaram 165 pontos dentro de um intervalo de 45 minutos o que resultou em uma média de 9 *tags* por aluno, com mais de 3,6 aspectos sendo identificados no mapa a cada minuto. Já na atividade desenvolvida com os adultos integrantes da ReciCapanema, os 30 participantes identificaram 137 pontos, com uma média de 4,6 *tags* por pessoa e 3 *tags* por minuto (Figura6).

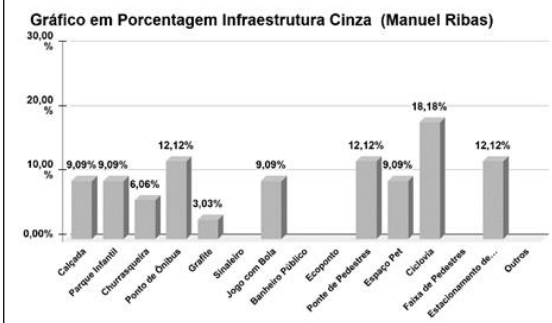
Estes dados demonstram que os adultos apesar de serem em maior número, colocaram aproximadamente 50% *tags* a menos. Isto pode ser devido a vários fatores, tais como o fato de alguns adultos não serem letrados, a existência de alguns idosos (com mais de 60 anos), mesmos grupos familiares e a necessidade de expressar suas colocações por meio da fala. **6.3 ANÁLISE DE ACORDO ÀS FASES DA PESQUISA**Com a finalidade de avaliar as diferenças no teor das observações e demandas da comunidade, os dados foram tabulados em uma planilha Excel.

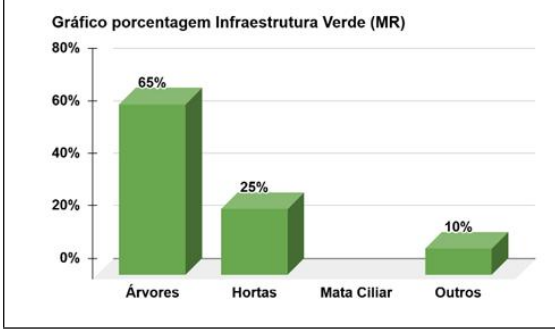
Fase 1 - Território: quanto ao reconhecimento do território, todos os participantes apresentaram bom conhecimento da localização dos principais pontos do percurso

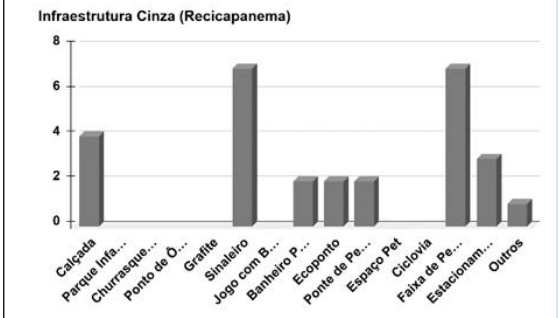
analisado. Se percebeu que a *tag* MINHA CASA, com a localização das suas residências, foi central para agilizar a relação de cada participante com o mapa.
Fase 2 - Utopia: quanto aos pontos de infraestrutura verde e cinza, os resultados são apresentados no Gráfico 1.

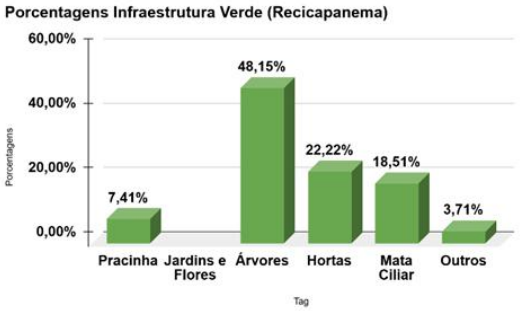
Gráfico 1 - Resultados Fase Utopia.

Colégio Estadual Manoel Ribas	Cooperativa de Reciclagem ReciCapanama





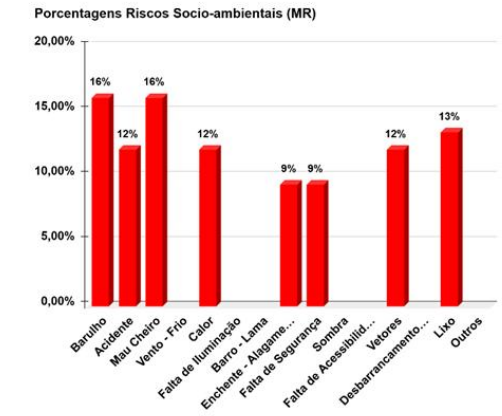
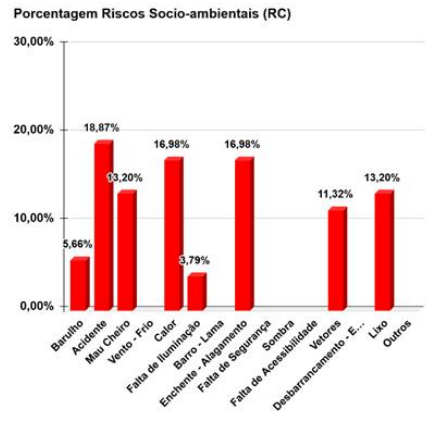




. Fonte: Autoria próprioAutores (24)

Quanto à infraestrutura **cinza**, os jovens solicitam maior mobilidade, mais pontos de ônibus, ciclovias e pontes de pedestres. Os adultos visam mais segurança nas vias, mais sinaleiros, faixas de pedestres e melhorias nas calçadas.
Já, quanto à infraestrutura **verde**, os dois grupos pedem mais arborização, hortas, mata ciliar e áreas verdes permeáveis.
Fase 3 - Riscos Climáticos: os dois grupos reconheceram importantes pontos onde há incidência de riscos climáticos e sociais, como apresentado no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Resultados da Fase Riscos Climáticos.

Colégio Manoel Ribas	Cooperativa de Reciclagem ReciCapanema
	

Fase Riscos ClimáticosFonte: Autores (0

Os principais riscos climáticos apontados foram enchentes, mau cheiro e acúmulo de lixo, ilhas de calor, vetores, erosão nas encostas de rios e córregos e falta de infraestrutura urbana adequada. Quanto aos riscos sociais, os participantes destacaram problemas com o barulho, acidentes, falta de iluminação e de acessibilidade, além da falta de segurança.

6.4 AVALIAÇÃO DA COERÊNCIA TÉCNICA DOS DADOS OBTIDOS

Se entende que um dos maiores desafios deste tipo de trabalho é avaliar se as demandas e observações são coerentes, pertinentes tecnicamente e aplicáveis no dado contexto. Aqui se avaliou a pertinência das demandas em relação à infraestrutura tática e os potenciais riscos climáticos identificados pelos participantes do exercício de cartografia social.

Quadro 3 - Análise da coerência técnica dos dados

	Fase 2 & 3 (Escola MR)	**Fase 2 & 3 (Cooperativa)**	**Observações**
Coerentes	91%	89,5%	Coerência total nos Riscos Climáticos
Adaptadas	7,6%	7%	
Descartes	1,3%	3,5%	
TOTAL	100%	100%	

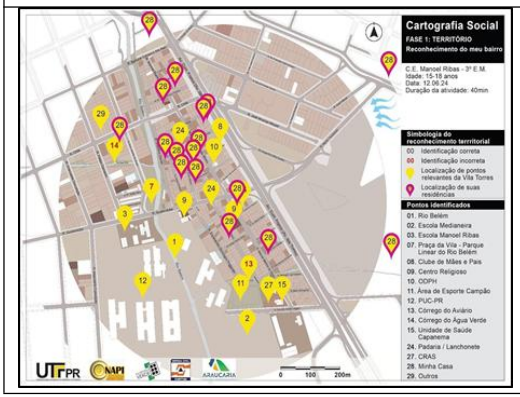
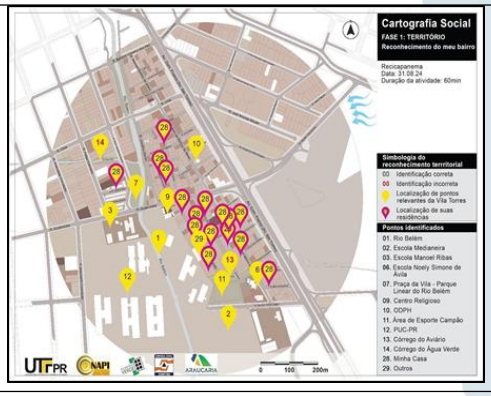
Fonte: Autores (2024)

No Quadro 3 se observa que os jovens foram ligeiramente mais coerentes que os adultos nas suas demandas e observações, mas que em geral os dois grupos apresentaram bom conhecimento do território e das suas fragilidades. Sendo assim, se considera que a cartografia social, no contexto da Vila Torres, representou uma importante ferramenta para o engajamento da população no enfrentamento aos efeitos das MCs e no seu território.

7 ESPACIALIZAÇÕES DOS RESULTADOS EM PLATAFORMA DIGITAL QGIS

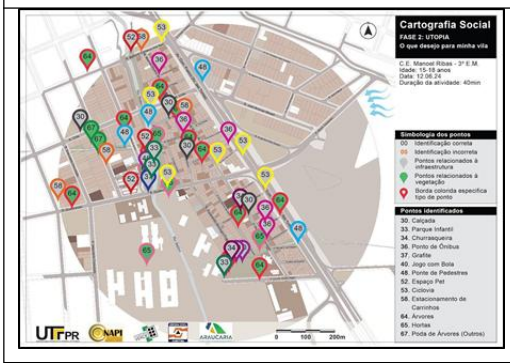
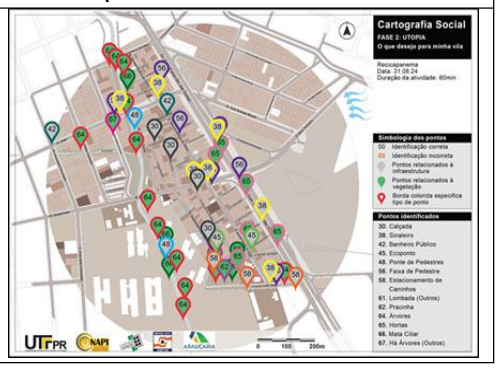
Os dados foram posteriormente georreferenciados numa plataforma digital de Sistema de Informação Geográfica - SIG, no caso a plataforma QGIS. As Figuras 79 810 911 istram alguns dos mapas digitais gerados para as Fases Território, Utopia e Riscos Climáticos dos dois grupos estudados.

Figura 7 - Mapas derivados dos resultados da Fase Território

Colégio Manoel Ribas	Cooperativa de Reciclagem ReciCapanama
	

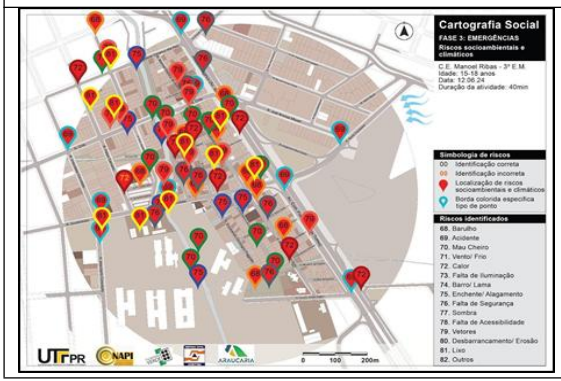
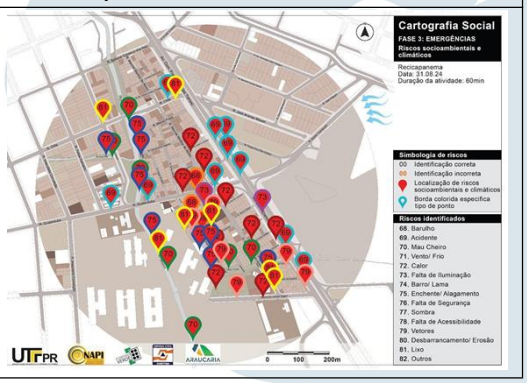
Fonte: Autores (2024)

Figura 8 - Mapas derivados dos resultados da Fase Utopia

Colégio Manoel Ribas	Cooperativa de Reciclagem ReciCapanama
	

Fonte: Autores (2024)

Figura 9 - Mapas derivados dos resultados da Fase Riscos Climáticos

Colégio Manoel Ribas	Cooperativa de Reciclagem ReciCapanama
	

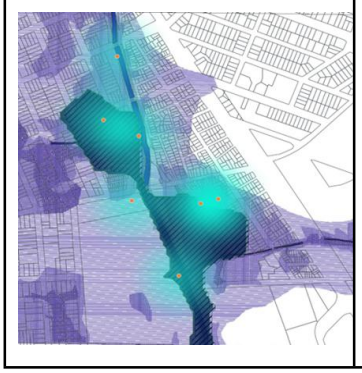
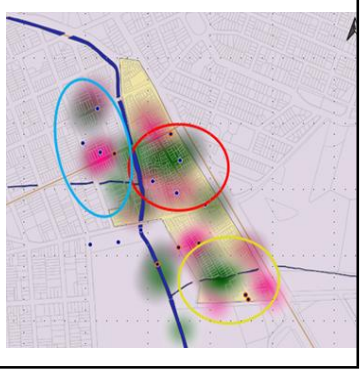
Fonte: Autores (2024).

Estes resultados mostram como a comunidade possui papel fundamental em identificar com propriedade problemas de carência de infraestrutura urbana e situações de riscos climáticos, que contribui de forma significativa e rápida para direcionar ações de mitigação e enfrentamento das emergências climáticas.

7.1 GERAÇÃO DE MAPAS DE RISCOS CLIMÁTICOS

A cartografia digital gerada numa plataforma de SIG oferece a possibilidade de sobrepor camadas de informação, o que facilita a observação de padrões e sinergias espaciais entre os dados. a Figura 1.steessa sobposição gerou importantes informações como ilustrado nas imagens da Figura 10, a seguira seguir.

Figura 10. Mapas de Risco derivados dos resultados da cartografia social

a. Comparativo entre mapas oficiais de enchentes e pontos de enchentes marcados pela comunidade	b. Cruzamento de ilhas de calor + enchentes + demandas por praças (infraestrutura verde e cinza)	c. Cruzamento ilhas de calor + falta de árvores + presença de vetores = definição de ações prioritárias
		

Fonte: Autores (2024)

Foram gerados mais de 20 mapas que mostram entre várias questões:

a) uma atualização importante sobre os novos locais onde estão ocorrendo enchentes e alagamentos mostrando uma defasagem importante do Poder Público em atualizar os seus dados;.

b) grande concordância entre ilhas de calor (locais impermeabilizados) com enchentes e uma demanda muito coerente da população por praças com áreas verdes e árvores, etc.

Foi assim constatado que parceria com as comunidades mesmo de vulnerabilidade social, gera dados de qualidade, que uma vez validados, contribuem para a definição de ações de resiliência climática efetivas e prioritárias.

8 APLICAÇÃO DA CARTOGRAFIA SOCIAL PARA A DEFINIÇÃO PARTICIPATIVA DE AÇÕES PRÉ- E PÓS-DESASTRE

Na sequência, os resultados estão sendo analisados pelas equipes da Defesa Civil Municipal, a fim de usar a mesma estratégia de cartografia social na definição, junto com a comunidade da Vila Torres, dos planos de letramento e contingência climáticos. A Defesa Civil Municipal em Curitiba, através do seu Programa “Família Resiliente”, irá utilizar em 2025 as bases cartográficas já geradas para o planejamento das ações em caso de desastre, tais comoe aentivas e informativas no caso de uma emergência climática, tais como são a localização de os de Encontro, Rotas de Fuga, localização de Albergues, Sirenes, Llocais de distribuiçã de informações e itens de apoio . (Figura 11) etc.

Figura 11 - Fotos de encontros e futuro mapa de ações preventivas.

Reunião com a Defesa Civil Municipal em Curitibrres	Mapeamento de possíveis ações pré desastres definidas pela Defesa Civil com base nos resultados d cartografia

Fonte: Autores (2024)

9 APLICAÇÃO DA CARTOGRAFIA SOCIAL PARA DEFINIÇÃO DE URBANISMO TÁTICO E RESILIENTE

Em paralelo, os resultados foram utilizados para definir projetos de urbanismo tático e resiliente (Figura 126. Isto é, as demandas da comunidade foram analisadas, validadas na sua coerência e utilizadas para desenvolver projetos de arquitetura e de infraestrutura que

contribuíssem para a mitigação dos efeitos climáticos e demais problemas de ofraestrutura observados na Vila Torres. Alguns dos projetos são apresentados a seguir.

Figura 12 - Exemplos de projetos de urbanismo tático e resiliente gerados a partir dos resultados da cartografia social. P.

Jardins de chuva, muros de contenção e Recuos táticos, rua Josefina Zanier	Cruzamento com arborização e recuos táticos na rua Guabirotuba	Ecoponto no Parque linear do Rio Belém com arborização.

Fonte: Autores (2024)

10 CONCLUSÕES

Esse trabalho traz uma abordagem que alia ciência cidadã e planejamento urbano. Ao sistematizar asdemandas da comunidade através da Cartogra compará-las com dados oficiaisparticipativos, esdo Poder Público com as comunidades de base facilita a obtenção de dados atualizados e alinhados com as necessidades OCom o apoio dos pesquisadores da univrnou , com os dados obtidos foi possível gerar tados eejamento urbano tático com soluções baseadas podem minimizar ou evitar situações de desastres ao invocar a parceria com gestores e a Defesa Civil Civil. ATabém, a metodologia éa é de baixo custo e que pode ser replicada em vários contextos, se provousendo útitiva e para ações de planejamento urbinovador e pertinente, além de incentivar a ção ativa das comunidas nas decitação do seu território para o enfrentamento da atual emergê.

11 AGRADECIMENTOS Agradecemos à Fundação Araucária, aos jovens do 3º ano do Ensino Médio da Escola Estadual Manoel Ribas e às pessoas da Cooperativa ReciCapanema e demais moradores da Vila Torres.

12 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DAVANSO, S. M. 2001. Meio Ambiente e Gravidez na Adolescência: Um estudo de desenvolvimento humano em uma Vila de Recicladores de Lixo em Curitiba, PR. Curitiba, 2001. *Tese de Doutorado. DMA-UFPR.*

MARTINS, D. G. DE M.; CABRAL, E. H. DE S. 2021. Panorama dos principais estudos sobre ciência cidadã. *ForScience*, v. 9, n. 2, p. e01030, 29 out. 2021.

TAYLOR, P. J; O'KEEFE, P. In praise of Geography as a field of study for the climate emergency. *The Geographical Journal*, v. 187, n. 4, p. 394–401, 17 ago. 2021.

OLIVEIRA, S. S.; PORTELA, S; YOSHIKAWA, C. T.; LOBOSCO, D.; DIAS, L. F.; OLIVEIRA, T. C. De Nosso Território Sabemos Nós: experiência de cartografia social para emergências e desastres. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 26, n. 10, p. 4579–4590, 1 out. 2021.

ROMERO, F. F. Cartografías emergentes: prácticas e investigaciones en cartografías sociales en Argentina. *Revista Universitaria de Geografía*, v. 30, n. 1, p. 13–41, 2021.

USMAN, S.; JAYEOBA, J. O.; AM KUNDIRI. Climate Change at a Global Concept: Impacts and Adaptation Measures. *International Journal of Environment and Climate Change,* v. 14, n. 6, p. 445–459, 21 jun. 2024.

J. OOGWU; AMEH, J. E.; E. DANLADI. Global climate change: Issues and mitigation strategies. *Journal of Management & Technology,* v.19, n.1, aug. 2023.

SANTOS, E. A. A percepção socioambiental dos moradores da Vila Torres - Curitiba/PR: subsídios à implementação de políticas públicas. 2011.

SCHOKKER, J.; KAMILARIS, A.; KARATSIOLIS, S. A Review on Key Performance Indicators for Climate Change. *Progress in IS*, p. 273–292, 2022

GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES COMBINANDO CLUSTERIZAÇÃO E TECNOLOGIA

DISASTER RISK MANAGEMENT COMBINING CLUSTERING AND TECHNOLOGY

Rui Wagner Ribeiro Sedor
1 SEDOR, rui@sedor.com.br

RESUMO
Os **(UNDRR, 2025)** riscos de desastres estão aumentando. Consequentemente, a sua gestão efetiva torna-se, por um lado, cada vez mais complexa, e, pela mesma razão, mais necessária, demandando o uso de técnicas mais refinadas, que permitam dar conta de um número crescente de funções e atores, que precisam trabalhar de forma uníssona e integrada e, portanto, dentro de um conceito de sistema, independente da fase de atuação.
Dentro desta visão, a aplicação do conceito de *cluster* visando integrar as diversas estruturas e ações, criando um sistema físico e lógico capaz de aglutinar de forma uníssona os diversos atores necessários, integrando-os a partir de centros de gestão, funções e procedimentos operacionais previamente definidos e padronizados, podem produzir resultados ímpares, sobretudo quando geridos de forma sistêmica a partir de tecnologia de ponta, com a utilização de Análise de *Big Data* de dados históricos via recursos de Inteligência Artificial (IA).

Palavras-Chave: Artigo Científico. Riscos de Desastres. Gestão de Riscos. Clusterização. Big Data. Inteligência Artificial.

ABSTRACT
Disaster risks are increasing. Consequently, its effective management becomes increasingly complex, and, for the same reason, more necessary, demanding the use of more refined techniques, which allow it to account for a growing number of functions and actors, who need to work in unison and integrated and, therefore, within a concept of system, regardless of the phase of action.
Within this vision, the application of the cluster concept aiming to integrate the various structures and actions, creating a physical and logical system capable of unanimously agglutinating the various necessary actors, integrating them from previously defined and standardized management centers, functions and operational procedures, can produce unique results, especially when managed in a systemic way from state-of-the-art technology, with the use of *Big Data* Analysis of historical data via Artificial Intelligence (AI) resources.

Keywords: Scientific article. Disaster Risks. Risk Management. Clustering. Big Data. Artificial intelligence.

1 INTRODUÇÃO

O risco de desastres vem aumentando significativamente nos últimos anos. Muitos fatores têm contribuído para isso, provocando o aumento da suscetibilidade e a vulnerabilidade a desastres (UNDRR, 2025) . Alguns exemplos da ampliação de riscos é a maior suscetibilidade à ocorrência de enchentes de grande intensidade e a ampliação da vulnerabilidade a chuvas em função da ocupação desordenada de encostas.

O aumento do risco de desastres demanda ação em diversas frentes para sua mitigação, como por exemplo a adaptação da infraestrutura urbana e de transporte às mudanças climáticas, a alteração nos padrões construtivos para uma maior resiliência aos eventos climáticos severos, um maior cuidado com a preservação ambiental e a adoção de ações que promovam um maior desenvolvimento sustentável (UNDRR, 2025).

Cada vez mais há um consenso de que é fundamental a gestão conjunta e integrada de todo o ciclo de vida da gestão de desastres, envolvendo diversos os órgãos de governo, organizações não governamentais e a sociedade. É mister que trabalhem em conjunto para uma gestão condizente a demanda de reduzir a vulnerabilidade e a suscetibilidade aos riscos de desastres, além de aumentar a capacidade de responder às catástrofes, viabilizando um futuro mais seguro e resiliente (UNDRR, 2025).

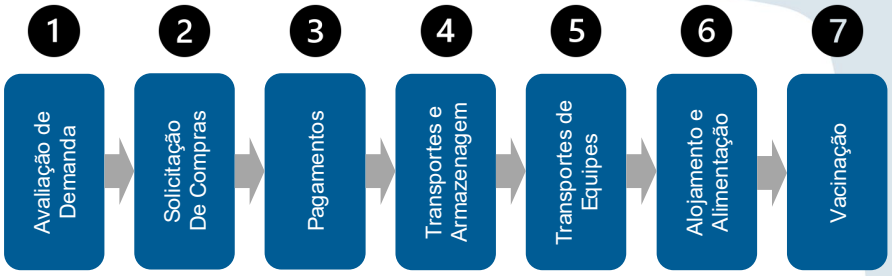
Este artigo se propõe a apresentar um encaminhamento efetivo para uma gestão integrada de desastres ao longo de todo o ciclo de vida da gestão de desastres (prevenção, mitigação, preparação, resposta, recuperação e reconstrução): a clusterização das infraestruturas e ações, criando um sistema físico e lógico capaz de aglutinar de forma uníssona os diversos atores necessários, integrando-os a partir de centros de gestão, funções e procedimentos operacionais previamente definidos e padronizados e geridos de forma sistêmica a partir de tecnologia de ponta, com a utilização de Análise de Big Data de dados históricos via recursos de Inteligência Artificial (IA). Ao longo dos capítulos subsequentes esta proposta é apresentada de forma detalhada.

2 GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES E CRISES COMO UM SISTEMA

A gestão de riscos de desastres envolve um conjunto significativo de agentes e funções que necessitam acontecer de forma síncrona ao longo das suas diversas fases (GOENTZEL, 2025). Alguns exemplos de agentes: poder público federal, estadual e municipal (Defesa Civil, órgãos de previsão climática, entidades de ensino, Corpo de Bombeiros, forças armadas, forças policiais, guarda municipal etc.), iniciativa privada (fornecedores de mantimentos, água, materiais, equipamentos e serviços, transportadoras, hospitais etc.), terceiro setor (instituições de auxílio humanitário, instituições de apoio etc.), população em geral (voluntários, doadores de sangue etc.). Esses agentes, para promover uma gestão adequada de riscos e desastres, precisam prover funções que são interdependentes entre si e que demandam muita coordenação, precisão e consistência para que se alcancem os resultados esperados. Essas funções promovem saúde (atendimento médico, vacinação etc.), alimentação (refeições para equipes de trabalho, refeições para desabrigados/desalojados etc.), avaliações técnicas, (avaliação climática, reconhecimento de calamidade pública, avaliações geológicas etc.), logística (transporte de equipes, equipamentos, material médico etc.), entre outras (GOENTZEL, 2025).

Devido a interdependência, as funções só conseguem ser bem realizadas quando suas diversas etapas são consistentes com a demanda. Por exemplo a função de saúde – vacinação, demanda no mínimo sete etapas: uma avaliação técnica de demanda (número de pessoas e tipos de vacinas necessárias), solicitações de compra (vacinas, seringas, álcool etc.), pagamentos das compras, diversas etapas de transporte e armazenagem com controle de refrigeração (fornecedor até centro de comando e de lá até os pontos de vacinação), transporte da equipe médica, alojamento e alimentação da equipe médica, e, finalmente, a vacinação. A inadequação em qualquer uma das etapas apontadas traz consequência para a qualidade da função como um todo (GOENTZEL, 2025).

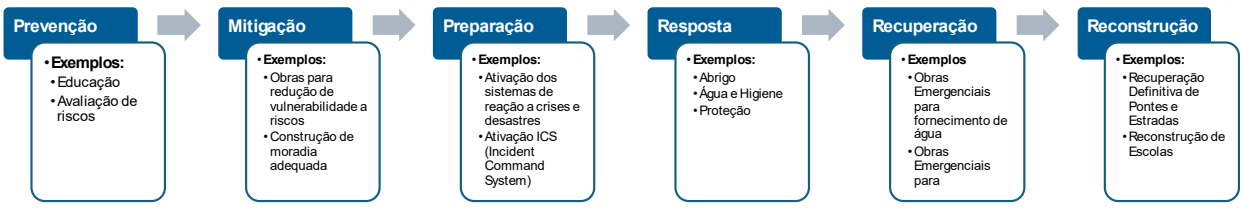
Figura 1: Etapas básicas para a função saúde-vacinação exemplificando a interdependência.



Fonte: elaborada pelo autor (2025).

Ao longo das mais diversas etapas da Gestão de Riscos de Desastres um número significativo de funções interdependentes é necessário. Nelas, a semelhança da função apresentada como exemplo, muitas das etapas são concorrentes, críticas e exigem precisão para que se alcance um resultado consistente para se reduzir riscos, administrar crises etc. (OCHA, 2025).

Figura 2: Etapas para gestão de riscos de desastres contendo exemplos de suas funções.



Fonte: elaborada pelo autor (2025) a partir de (OCHA, 2025).

Infere-se a partir da definição de sistemas, “um grupo de itens interdependentes ou interdependentes que formam um todo unificado interagindo sob a influência de forças interrelacionadas em equilíbrio ou que tendem a se equilibrar, visando desempenhar uma ou

mais funções vitais para servir a um propósito comum" (MERRIAM-WEBSTER, 2025), que o sucesso da gestão de riscos de desastres passa pela integração consistente de suas funções, operando como um sistema organizado em forma de Cluster, conforme preconiza o Office for Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA) da Organização das Nações Unidas (ONU).

Mas a organização da gestão de riscos de desastres em forma de Cluster traz desafios significativos: como viabilizar a atuação integrada em forma de sistema de milhares de atores e funções? Como evitar o surgimento de silos que isolem as funções?

3 O DESAFIO DA CONDUÇÃO DAS FUNÇÕES DA GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES

A gestão das mais diversas funções da gestão de riscos de desastres envolve a produção e gestão de uma quantidade gigantesca de dados a partir de uma série de funções desenvolvidas por uma miríade de profissionais como geógrafos, engenheiros, sociólogos, educadores, urbanistas e meteorologistas (CEMANDEN, 2020).

Por exemplo, o estudo de risco em um determinado espaço geográfico envolve uma série de estudos multidisciplinares que usam uma quantidade significativa de dados e informações das mais diversas formas e formatos (medições, imagens, mapas etc.). Isso viabiliza avaliar e entender as ameaças potenciais, suas consequências e as vulnerabilidades existentes. Até produzir um mapeamento consistente de riscos é necessário analisar detalhadamente mapas, fotos, dados de desastres ocorridos anteriormente, estudar possíveis fontes de riscos e vulnerabilidades decorrentes das ocupações urbanas e estruturas físicas existentes, fazer avaliações do subsolo, da inclinação de terreno, identificar eventuais falhas geológicas, análisar a capacidade de resposta, verificar a existência ou não de estruturas de alerta e alarme, detectar as perdas potenciais de vidas e o potencial de danos econômicos e ambientais, entre outras ações (MARCHEZINI, et al., 2017).

Um estudo de risco vai também produzir uma quantidade enorme de dados, organizados em forma de mapas georeferenciados, recomendações técnicas, materiais de estudo para a comunidade e para especialistas, planos de emergência e de respostas aos riscos detectados, entre outros (HARDJONO, et al., 2019).

São tipicamente analisados e produzidos muitos GigaBytes de dados desestruturados, ou seja, nos mais diversos formatos e padrões. Além disso, os dados de base e os resultados, tipicamente, são armazenados em muitos formatos, espalhados entre os diversos órgãos que participaram dos estudos, dificultando o uso efetivo do que foi feito. Consequentemente, os resultados de uma análise de riscos de desastres, mesmo quando são de excelente qualidade, tendem a produzir uma atuação desintegrada, lenta, divida em silos e, devido a isso, podendo ser até mesmo inconsistente (HARDJONO, et al., 2019).

Para a eficiência na gestão de riscos de desastres diante dos desafios do presente, é necessário encontrar maneiras mais efetivas para produzir resultados efetivos e integrar seus atores e viabilizar processos integrados de trabalho (MIT HORIZON, 2025).

4 AS TECNOLOGIAS DE ANÁLISE E GESTÃO DE GRANDES VOLUMES DE DADOS

A necessidade de análise e processamento de uma grande quantidade de dados desestruturados para uma gestão de riscos de desastes efetiva, convida à aplicação de técnicas e tecnologias mais avançadas, ou seja, técnicas de *Big Data* e Inteligência Artificial.

A Análise de *Big Data* é o processo de avaliar grandes quantidades de dados para obter *insights* para a tomada de melhores decisões. Este campo de estudo combina uma infinidade de informações a partir de algoritmos para identificar padrões, determinar correlações e tirar conclusões. Ou seja, a análise de big data fornece as ferramentas e técnicas necessárias para entender aglutinar os dados e informações coletados, aplicando-os para resolver problemas complexos (MIT HORIZON, 2025).

O termo "*Big Data*" significa mais que trabalhar com um grande volume de dados. Implica também que os dados são produzidos e coletados de forma rápida e contínua, oriundos de muitas fontes e gravados em muitos formatos, como texto, imagens e arquivos de vídeo (MIT HORIZON, 2025).

A análise de *big data* e a inteligência artificial (IA) são complementares. Muitos sistemas de IA exigem grande quantidade de dados para funcionar bem, pois aprendem a partir de exemplos de informações relevantes ao invés de regras pré-programadas. Esse treinamento extenso e pesado em dados permite que os sistemas de inteligência artificial, também conhecidos como aprendizado de máquina, identifiquem padrões muitas vezes impossíveis de serem discernidos por um ser humano (MIT HORIZON, 2025).

Os sistemas de IA complementam o poder da análise da estatística tradicional, provendo meios para integrar dados, permitir sua visualização de forma mais efetiva, viabilizando compreeder tendências, apoiar especialistas e gestores para a tomada de decisões e, até mesmo, tomar decisões de forma autônoma e comunicar resultados de uma forma muto rápida (MIT HORIZON, 2025).

5 TIPOS DE ANÁLISE QUE PODEM SER CONDUZIDAS VIA *BIG DATA* E IA

Geralmente quatro tipos distintos de análise são conduzidas via análises de *Big Data* e IA: análises descritivas, diagnósticos, predição de eventos e prescrição de ações.

A Análise Descritiva resume os dados de maneira direta usando palavras ou recursos visuais, permitindo que tomadores de decisão avaliem o material produzido para entender melhor um determinado elemento de interesse. Busca-se com a análise descritiva identificar tendências, respondendo à pergunta "o que aconteceu". Ela é a base para outras formas de análise e pode destacar oportunidades para explorar ainda mais os dados e informações disponíveis. Um exemplo de sua aplicação é a produção de demonstrativos financeiros que comparem os gastos reais para a execução de uma política pública com o orçamento, sinalizando em quais áreas os gastos excederam o previsto (MIT HORIZON, 2025).

A Análise de Diagnósticos busca encontrar correlações entre os conjuntos de dados, buscando estabelecer as causas das tendências encontradas. O foco maior deste tipo de análise é examinar o "porquê" um evento acontece, por exemplo, testando hipóteses sobre o motivo pelo qual algo aconteceu ou se determinados eventos ou tendências estão correlacionados. Um exemplo do uso desse tipo de análise é identificar, a partir de dados

extraídos de sensores, porque um equipamento de combate a incêndio não funcionou quando foi acionado (MIT HORIZON, 2025).

A Análise Preditiva usa dados históricos para prever tendências futuras. Essa abordagem procura responder à pergunta "o que pode acontecer a seguir", seja no curto prazo ou muitos meses ou anos depois. Com a análise preditiva, as organizações podem antecipar riscos potenciais e identificar novas tendências e oportunidades. A análise preditiva pode levar as organizações a agir com base nas conclusões alcançadas. No entanto, a análise em si não determina quais devem ser essas ações. Um exemplo do seu uso pode ser a previsão do tempo de trânsito e os custos para o transporte de mantimentos, baseado no histórico de tráfego nos mais diversos horários da região de interesse, tendo em conta a variação dos preços dos combustíveis ao longo de todo o trajeto e das possíveis condições climáticas (MIT HORIZON, 2025).

A Análise Prescritiva usa dados para orientar diretamente a tomada de decisões, sugerindo soluções potenciais ou, até mesmo, agindo automaticamente. Seu objetivo é otimizar os resultados, respondendo à pergunta "o que deve se feito a seguir". Um exemplo de aplicação da análise preditiva é a implementação de mecanismos de recomendação de ações a partir de histórico, informações demográficas e/ou ações realizadas anteriormente (MIT HORIZON, 2025).

O poder das análises de *Big Data* e da IA podem ser ferramentas fundamentais para a atuação clusterizada das funções da gestão de riscos de desastres e na integração dos atores envolvidos.

6 O PAPEL DA ANÁLISE DE BIG DATA E DA IA NA GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES

As análises indicadas no capítulo anterior podem ser de grande valia para a gestão de riscos de desastres e a integração de suas diversas funções, garantindo o processamento adequado da enorme massa de dados disponíveis, mesmo que estejam armazenados de forma descentralizada em diversos órgãos e em formatos distintos e, apesar disso, produzindo resultados consistentes e em pouco tempo. Isso é fundamental na gestão de desastres, pois tempo é uma variável escassa quando pessoas e estruturas críticas estão sob riscos.

Na sequência será avaliado a contribuição possível ao longo de cada fase da Gestão de Riscos de Desastres para cada uma das análises baseadas em *Big Data* e IA que foram apresentadas.

6.1 Análise de Riscos de Desastres Durante a Etapa de Prevenção

Na etapa de prevenção, o foco maior é planejar e desenvolver ações voltadas para reduzir a probabilidade de ocorrência de eventos desastrosos e minimizar seus impactos, visando evitar ou mitigar os danos antes que um desastre aconteça. É uma etapa tecnicamente delicada, envolvendo a análise de muitos dados e informações, geralmente a partir de múltiplos especialistas alocados em uma grande diversidade de organizações. Essa etapa tem a vantagem de poder ser realizada com uma menor pressão temporal.

A prevenção envolve a organização e a execução de obras de melhoria da infraestrutura pública preparando-as para uma maior resiliência a desastres. Faz parte

também desta etapa o desenvolvimento de políticas públicas efetivos para os riscos detectados, a implementação programas de educação, a promoção de planejamentos urbanos efetivos, além da sensibilização da comunidade para os riscos existentes e como deve-se agir diante deles.

A seguir são descritas algumas colaborações possíveis dos métodos de análise de *Big Data* e IA para as diversas funções da Etapa de Prevenção:

- Análise Descritiva: colaborar na compreensão geral da situação atual (riscos existentes) e dos dados disponíveis referentes aos diversos fatores de riscos.
- Análise de Diagnósticos: apoiar no levantamento dos pontos de melhoria que demandam ação em termos do planejamento e ordenamento territorial, da modificação de infraestruturas existentes para que sejam mais resilientes, da condução de programas de educação da comunidade e da otimização de políticas públicas atuais.
- Análise Preditiva: indicar os níveis de exposição a riscos de desastres, avaliando-os com base em dados históricos locais e de outras regiões, atribuindo probabilidades e o nível de impacto caso os riscos de desastres levantados se materializem, indicando assim as prioridades a serem trabalhadas em termos de ordenamento territorial, infraestruturas existentes, políticas públicas e coordenação institucional.
- Análise Prescritiva: colaborar na prescrição e planejamento das ações necessárias para mitigar os riscos identificados nas análises anteriores como mais severos, promovendo assim ações mais concretas para a prevenção de riscos. Envolve ações em termos de ordenamento territorial, definir como tornar infraestruturas críticas mais resilientes, aprimorar políticas públicas e programas de educação e a coordenação institucional.

6.2 Análise de Riscos de Desastres Durante a Etapa de Mitigação

A etapa de mitigação tem como principal objetivo reduzir ou eliminar os impactos negativos potenciais de desastres antes que eles ocorram. Envolve, portanto, ações preventivas, estruturais e não-estruturais, para minimizar a exposição e a vulnerabilidade aos riscos a pessoas, infraestruturas e meio ambiente, promovendo assim comunidades mais resilientes.

A seguir são descritas algumas colaborações possíveis dos métodos de análise de *Big Data* e IA para as diversas funções da Etapa de Mitigação:

- Análise Descritiva: colaborar na compreensão e levantamento geral do tipo de estruturas e sistemas de monitoramento e alerta/alarme existentes e na compilação e análise das políticas públicas vigentes.
- Análise de Diagnósticos: apoiar no levantamento dos pontos de melhoria que demandam ação em termos de obras estruturantes, políticas públicas e educação da comunidade.
- Análise Preditiva: indicar prioridades de enfrentamento aos riscos de desastres levantados na análise de diagnósticos.

- Análise Prescritiva: colaborar na prescrição e planejamento das ações necessárias para mitigar os riscos identificados dentro dos recursos disponíveis e as prioridades levantadas. Envolve a estruturação de obras novas e melhorias nas infraestruturas existentes, assim como melhorias nas políticas publicas, programas de educação e conscientização e nos sistemas de monitoramento e mapeamento de riscos.

6.3 Análise de Riscos de Desastres Durante a Etapa de Resposta

A etapa de resposta é a fase imediatamente antes, durante e após a ocorrência de um desastre. Envolve, portanto, ações críticas que precisam ser realizadas no menor tempo possível, geralmente por uma quantidade significativa de atores que trabalham simultaneamente e que precisam trabalham de forma ordenada e precisa. Abrange assim, o conjunto de ações emergenciais adotadas para conter os efeitos de desastres, proteger a população e minimizar perdas humanas, materiais e ambientais e atender às necessidades básicas da população afetada. Visa garantir uma resposta rápida e coordenada para proteger vidas humanas, reduzir sofrimentos e evitar o agravamento da situação.

A seguir são descritas algumas colaborações possíveis dos métodos de análise de *Big Data* e IA para as diversas funções da Etapa de Resposta:

- Análise Descritiva: colaborar na compreensão e levantamento geral do potencial de destruição e, após o desastre, apontar de forma ordenada a sua dimensão e impacto causado.
- Análise de Diagnósticos: apoiar no levantamento de danos e das demandas de apoio humanitário, mapear e quantificar a infraestrutura atingida, as perdas de vida e os impactos econômicos, produzindo de forma automática dados essenciais para a produção da documentação necessária para a decretação de calamidade pública e na obtenção de recursos materiais, humanos e econômicos para uma resposta organizada durante a crise resultante de desastres.
- Análise Preditiva: indicar prioridades de enfrentamento ao desastre e os cuidados necessários para os riscos durante a fase de resposta.
- Análise Prescritiva: colaborar na prescrição das ações necessárias para enfretamento dos desastres, demandas de equipe e distribuição das ações necessárias entre os atores envolvidos para os resgates, montagens de abrigos, distribuição de alimentos e água, medicamentos e roupas.

6.4 Análise de Riscos de Desastres Durante as Etapas de Recuperação e Reconstrução

As etapas de recuperação e reconstrução envolvem a restauração da normalidade após as ações de resposta a um desastre, idealmente aproveitando para tornar as estruturas físicas, políticas e ambientais mais resilientes a futuros desastres. Tem por objetivo restabelecer a normalidade na vida das pessoas e viabilizar o uso regular das infraestruturas afetadas.

A recuperação visa as ações de curto prazo necessárias ao reestabelecimento das condições de vida no local atingido, como por exemplo o reparo de moradias, escolas,

hospitais e vias, restabelecimento de serviços públicos essenciais, apoio psicossocial às vítimas e a reintegração de famílias deslocadas às suas comunidades de origem.

A reconstrução envolve as ações de longo prazo que promovam desenvolvimento sustentável e ampliação da resiliência nas áreas atingidas.

A seguir são descritas algumas colaborações possíveis dos métodos de análise de *Big Data* e IA para as diversas funções da Etapa de Resposta:

- Análise Descritiva: colaborar no acompanhamento dos avanços a partir de relatórios, gráficos e *dashboards*, conforme as etapas de recuperação e reconstrução vão sendo feitas.
- Análise de Diagnósticos: apoiar na definição clara das ações demandadas para a recuperação e reconstrução, definindo planos para tal. Pode colaborar também na produção de relatórios de avanço e demonstrativos financeiros.
- Análise Preditiva: indicar as lógicas necessárias para o monitoramento de riscos em função da experiência alcançada a partir do desastre ocorrido, buscando identificar recorrências e pontos especiais de atenção.
- Análise Prescritiva: prescrever os calendários, fluxos de caixa, locais e cuidados necessários para a reconstrução de forma a se alcançar o melhor resultado possível, inclusive para ampliar a resiliência a desastres.

7 CONCLUSÃO

Os riscos de desastres vêm se ampliando e com isso a gestão de riscos de desastres precisa de instrumentos mais avançados para a suas funções, sobretudo visando criar uma maior resiliência, efetividade técnica maior e prontidão de resposta diante de catástrofes. É importante perceber que há um número cada vez maior de atores envolvidos na gestão de riscos de desastres, o que dificulta e torna o trabalho de forma integrada cada vez mais complexo. Dessa forma, novas tecnologias de análise, diagnóstico, predição e prescrição de ações precisam ser aplicadas.

A Análise de *Big Data* e o uso de IA amplia a capacidade de organização e resposta a desastres, podendo ser um forte instrumento de apoio aos especialistas e a comunidade em geral em busca da resiliência.

8 REFERÊNCIAS

GOENTZEL Jarrod [Online] // *Humanitarian Logistics. - 2025. - https://courses.edx.org/courses/course-v1:MITx+SCM.283x+2T2023/progress.*

OCHA Office for Coordination of Humanitarian Affairs Cluster Coordination [Online] // ReliefWeb. - 15 de 04 de 2025. - https://reliefweb.int/topics/cluster-coordination.

MERRIAM-WEBSTER [Online] // Dicionário Merriam-Websters. - 2025. - https://www.merriam-webster.com/dictionary/system.

CEMANDEN A governança dos dados no sistema de alerta de riscos de desastres associados a inundações e deslizamentos [Seção do Livro] // Direito Ambiental e Geografia. - [s.l.] : Editora Lumen Juris, 2020.

MARCHEZINI Victor [et al.] GEOTECNOLOGIAS PARA PREVENÇÃO DE RISCOS DE DESASTRES: USOS E POTENCIALIDADES DOS MAPEAMENTOS PARTICIPATIVOS [Artigo] // Revista Brasileira de Cartografia. - [s.l.] : MARCHEZINI, Victor; IWAMA, Allan Yu; MAGALHÃES DE ANDRADE, Márcio Roberto; TRAJBER, Rachel; ROCHA, Ives; OLIVATO, Débora. GEOTECNOLOGIAS PARA PREVENÇÃO DE RISCOS DE DESASTRES: USOS E POTENCIALIDADES DOS MAPEAMENTOS PARTICIPATIVOS. Revista Brasileira de Ca, 2017.

HARDJONO Thomas , SHRIER David L. e PENTLAND Alex Trusted Data: *A New Framework for Identity and Data Sharing* [Livro]. - Cambridge, Massachusetts : MIT Press, 2019.

MIT HORIZON [Online] // *Big Data Analytics - How to make sense of extremely large data sets*. - 2025. - https://horizonapp.mit.edu/topic/big-data-analytics.

UNDRR Annual Report 2024 [Relatório]. - Geneva : United Natons Office for Disaster Risk Reduction, 2025.

EIXO TEMÁTICO 8

SAÚDE E MEIO AMBIENTE

RESUMOS

RESUMO - 08 - SAÚDE E MEIO AMBIENTE

INFLUÊNCIA DAS ALTERAÇÕES CLIMATOLÓGICAS NO AUMENTO DE CASOS DE DENGUE NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

Diogo Schott (diogo.schott@yahoo.com)

Gederson Rigoni (rigonigs@gmail.com)

Fernanda Ribeiro (fernandalaisribeiro@estudante.ufscar.br)

Raimundo Wilson De Carvalho (raimundo.carvalho@fiocruz.br)

O vírus causador da dengue (Flavivirus, Flaviviridae) tem distribuição cosmopolita e é transmitido por mosquitos, principalmente pelas espécies Aedes aegypti e Aedes albopictus (Diptera, Culicidae). As áreas de risco do agravo são regiões tropicais, de elevada umidade e temperatura, que favorece a proliferação do vetor. Recentemente, este estado tem apresentado modificações de temperatura e pluviosidade, também sob influência dos fenômenos El Niño e La Niña. Concomitantemente, os casos de dengue, antes incipientes, encontram-se em cenário alarmante. O objetivo do trabalho é analisar a resposta climática frente ao aumento dos casos de dengue no estado do Rio Grande do Sul. Para tanto, conduziu-se um estudo epidemiológico descritivo transversal, retrospectivo, quantitativo, no período de 2013 a 2023, por meio de dados secundários climatológicos procedentes das estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e dados de dengue no estado do Rio Grande do Sul no período de 2013 a 2022 oriundos dos registros no Sistema de Informações de Agravos de Notificação (SINAN). Estes dados serão tabelados mensalmente e analisado o comportamento sazonal. Após, será desenvolvido modelos preditivos do risco de transmissão da infecção pelo vírus da dengue. Neste período, houve aumento significativo de casos brutos, de dois casos (2013) para 67.291 (2022). Quanto aos dados meteorológicos, as médias de temperatura nas estações aumentaram, juntamente com a média diária de umidade ao longo do período do

Estudo, embora tenha se registrado períodos de estiagem, ocorreu aumento no número de precipitação com grandes volumes pluviométricos, associados a eventos climáticos extremos à região, como a ocorrência de ciclones extratropicais e ciclones bomba. Em contraste, períodos de frio têm sido menos intensos e com duração sequencial reduzida quando comparado a registros pretéritos. Diante destes novos cenários, tornou-se mais corriqueiro o acúmulo de áreas com água parada decorrente das chuvas, principalmente em períodos de inundações, somando-se com a temperatura adequada para o ciclo do vetor. Tais fatos propiciam na elevação da infestação dos mosquitos vetores do agente etiológico do agravo e a sua transmissão. Portanto, condições climáticas alteradas importam em significativo aumento do risco à circulação e infecção de dengue no estado do Rio Grande do Sul.

Palavras-chave: arbovírus; mudança climática; saúde pública; vetores.

RESUMO - 08 - SAÚDE E MEIO AMBIENTE

THE ETHICS AND PRIMARY FUNCTIONS OF THE REGIONAL COUNCIL OF PSYCHOLOGY OF RIO DE JANEIRO IN CASES OF EMERGENCIES AND DISASTERS

Victoria Antonieta Tapia Gutiérrez (psi.victoriagutierrez@gmail.com)

Ariel Denise Pontes Afonso (arieldpa@hotmail.com)

Em maio de 2020, o XVI Plenário do Conselho Regional de Psicologia do Rio de Janeiro (CRP RJ - autarquia que orienta, disciplina e fiscaliza a atuação da Psicologia) institucionaliza a Comissão Especial de Psicologia em Emergências e Desastres, com os objetivos de ampliar o diálogo nas diferentes perspectivas de ação, de discutir sobre o compromisso social da Psicologia no campo de atuação, articular reflexões e possibilidades da prática profissional nesse contexto, enfatizando o exercício ético e respeitoso com as populações e territórios atingidos. Considerando que a discussão sobre Emergências e Desastres deve ser compreendida e vinculada ao contexto no qual o episódio ocorre, ou seja, as dimensões sócio-político-culturais de vulnerabilidade, capacidade, exposição de pessoas e bens, características e percepções dos riscos e meio ambiente. Dessa forma, ressaltando a importância da Psicologia em eventos extremos, faz-se necessário orientações contínuas objetivando um trabalho eficaz e orientativo. O trabalho se justifica pela necessidade e importância da Psicologia em desenvolver ações que ultrapassem a intervenção sobre os efeitos na condição mental dos indivíduos e compreendam também o caráter dinâmico das redes sociotécnicas das quais o indivíduo faz parte, além de sinalizar a atuação no cenário preventivo, de resposta e de reconstrução. A metodologia científica e prática usada pela Comissão Especial de Emergências e Desastres do CRP RJ, tendo a função orientativa e não formativa para a classe ou gestão local quando solicitada, acontece em campo, como em palestras, eventos/seminários/congressos interdisciplinares e/ou rodas de conversa com estudantes e profissionais da Psicologia a nível regional e nacional,e

Posteriormente com a produção de orientações, seja na forma de letramento ou de material escrito, enfatizando o papel de integrar e fomentar discussões evidenciando a necessidade de ampliar a rede de atuação. Os documentos produzidos a partir da instauração da Comissão e que tangem a orientação para a atuação do profissional em situações de emergências e desastres estão disponibilizados nos seguintes títulos: Referências Técnicas para Atuação de Psicólogas (os) na Gestão Integral de Riscos, Emergências e Desastres, produzido no âmbito do Centro de Referência Técnica em Psicologia e Políticas Públicas (Crepop), o E-book “Possibilidades da Psicologia em situações de emergências e desastres” e Cartilha “Guia Prático de Orientação em Emergências e Desastres-A atuação do Psicólogo em Emergências e Desastres-Da prática à teoria”, fruto do projeto metodológico elaborado pela Comissão Regional Especial de Emergências e Desastres. Diante disso, torna-se como um dos resultados a partir da vivência em campo, da importância de que a ação do psicólogo, independentemente de onde parta, deve estar articulada de forma integrada a uma estratégia que envolva diferentes atores na gestão integral de riscos e desastres. Em outros termos, é de suma relevância que o profissional não aja sozinho, tampouco desconheça a estratégia a priori determinada nos níveis social, de saúde e educação, para mitigar e/ou responder à demanda gerada pelas emergências e pelos desastres. Um trabalho de qualidade está diretamente relacionado à capacidade de desenvolvê-lo.

Palavras-chave: psicologia; saúde mental; desastres; ética; crp rj.

RESUMO - 08 - SAÚDE E MEIO AMBIENTE

OBSERVACIONAL STUDY ON WASTE MANAGEMENT IN A LARGE HOSPITAL IN CEARÁ

Davi Victor Simão (davisimaov@edu.unifor.br)

Lia Gomes Da Frota Machado (liagomesf@gmail.com)

Samira Valentim Gama Lira De Alencar (samiralira@unifor.br)

Luiza Jane Eyre De Souza Vieira (janeeyre@unifor.br)

Cristina Maria Aleme Romcy (cristinaromcy@unifor.br)

Introdução: A crescente complexidade dos serviços de saúde e o elevado volume de resíduos gerados impõem desafios à fiscalização e regulação dos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS). Em um contexto de rigorosas exigências ambientais e de segurança ocupacional, normas como a RDC (Resolução da Diretoria Colegiada) 222/2018 estabelecem boas práticas de manejo desses resíduos. Contudo, a implementação efetiva dessas diretrizes na gestão hospitalar apresenta desafios significativos para sua efetivação. Esta pesquisa demonstra sua relevância ao contribuir para a compreensão da importância dos mecanismos regulatórios e de fiscalização na melhoria da gestão dos RSS. Objetivos: Identificar falhas dos processos de fiscalização e regulação dos RSS em estabelecimentos de saúde. Metodologia: Este estudo adotou uma abordagem observacional, exploratória e descritiva para avaliar o gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde em um hospital de grande porte no Ceará. A coleta de dados foi realizada por observação direta em duas UTIs (Unidade de Terapia Intensiva). O delineamento, condução e relato do estudo foi orientado por um checklist elaborado com 7 tópicos que abrangem as etapas do gerenciamento. A observação ocorreu em julho de 2024, distribuída em dois dias, totalizando 3 horas e 50 minutos de coleta. Os dados foram organizados, analisados de acordo com os blocos do checklist para a extração de indicadores quantitativos e qualitativos. O estudo respeitou as normas éticas

Estabelecidas nas Resoluções nº 466/2012 e 510/2016, ambas do CNS (Conselho Nacional de Saúde). Aprovado no CEP (Comitê de Ética e Pesquisa) sob o parecer: 6.552.953 e conta com apoio da Universidade de Fortaleza como órgão financiador, edital da VRP (Vice-Reitoria de Pesquisa) 61/2023. Resultados: Nas duas UTIs observadas, cada uma com 10 leitos, sendo identificado 36 lixeiras sinalizadas e classificadas em resíduos comuns e resíduos contaminados, conforme a legislação, embora algumas lixeiras apresentassem danos (pedais ou tampa). Aproximadamente 67% das lixeiras eram de resíduos contaminados e estavam próximas aos leitos, indicando que segregação inadequada pode ser rotina, pois os profissionais buscam pela lixeira mais próxima para realizar o descarte, sem considerar as características dos resíduos como foi o exemplo das práticas observadas: de descarte de curativos ensanguentados em lixeiras comuns; deposição de algodão contaminado, aventais e seringas no chão; e descarte de copos descartáveis em lixeiras de resíduos contaminados. Conclusão: A fiscalização e regulação dos RSS apresentam desafios na implementação das normas, evidenciados por falhas na segregação e infraestrutura inadequada. A ausência de lixeiras à beira leito e o descarte incorreto de resíduos comprometem a segurança ocupacional e ambiental. Para mitigar esses riscos, é essencial fortalecer os mecanismos de monitoramento, capacitar os profissionais e garantir a conformidade com a RDC 222/2018, promovendo um gerenciamento mais eficaz e sustentável dos RSS.

Palavras-chave: gestão integral de resíduos de serviços de saúde atitude do pessoal de saúde legislação ambiental.

RESUMO - 08 - SAÚDE E MEIO AMBIENTE

ACTIONS TAKEN BY THE NURSING TEAM IN WASTE MANAGEMENT IN THE INTENSIVE CARE UNITS: A CROSS SECTIONAL STUDY

Débora Rodrigues Guerra Probo (deborarguerra@gmail.com)

Samira Valentim Gama Lira De Alencar (samiralira@unifor.br)

Davi Victor Simão (davisimaov@edu.unifor.br)

Lia Gomes Da Frota Machado (liagomesf@gmail.com)

Luiza Jane Eyre De Souza Vieira (janeeyre@unifor.br)

Introdução: O gerenciamento dos resíduos gerados nos serviços de saúde representa um grande desafio para os gestores, pois o manejo inadequado dos RSS (Resíduos de Serviços de Saúde) compromete tanto a segurança dos profissionais quanto a proteção ambiental. A crescente preocupação com a manipulação e o descarte corretos desses resíduos reflete o impacto negativo que práticas inadequadas podem ocasionar, o que motivou a implementação de normativas específicas para orientar seu manejo. Nesse cenário, a equipe de enfermagem desempenha um papel central, sendo responsável pela maior parte do gerenciamento desses resíduos, o que os torna particularmente suscetíveis a riscos ocupacionais e contaminação. Este estudo é relevante, pois contribui para a identificação de lacunas no processo e sugere estratégias para aprimorar a segurança do ambiente hospitalar. Objetivos: Descrever práticas realizadas pela equipe de enfermagem no gerenciamento de resíduos em Unidades de Terapia Intensiva, em município cearense. Metodologia: Trata-se de uma abordagem observacional, exploratória e descritiva sobre o gerenciamento dos RSS em um hospital de grande porte no Ceará. A coleta de dados foi realizada por observação

Direta em duas UTIs (Unidade de Terapia Intensiva). O delineamento, condução e relato do estudo foi orientado por um checklist elaborado com 7 tópicos que abrangem as etapas do gerenciamento. A observação ocorreu em julho de 2024, distribuída em dois dias, totalizando 3 horas e 50 minutos de coleta. Os dados foram organizados, analisados de acordo com os blocos do checklist para a extração de indicadores quantitativos e qualitativos. O estudo respeitou as normas éticas estabelecidas nas Resoluções nº 466/2012 e 510/2016. Aprovado no CEP (Comitê de Ética e Pesquisa) sob o parecer: 6.552.953. Conta com apoio da Universidade de Fortaleza como órgão financiador, edital da VRP (Vice-Reitoria de Pesquisa) 61/2023. Resultados: Nas UTIs observadas, constatou-se a ausência de lixeiras a beira leito. A maioria contém resíduos contaminados, identificadas por adesivos na tampa e na parte frontal e por uso de saco de lixo leitoso. Cada UTI dispõe de um coletor descarpark. Quanto as práticas, evidenciou-se: empurrar o lixo com as mãos; descartar curativo cirúrgico com vestígios de sangue em lixeira de resíduos comum; algodão usado em punções venosas, aventais descartáveis e seringas pós uso no chão da unidade; copo descartável em lixeira de resíduo contaminado. Ao verificarmos o conteúdo do descarpark, identificou-se a presença de bulas de medicamentos e panfletos diversos. Conclusão: A equipe de enfermagem no decorrer do processo de trabalho tende buscar a praticidade, sem considerar se o resíduo gerado está sendo descartado na lixeira correta, cursando em uma rotina de segregação inadequada. A realização de treinamentos, assim como o aumento da oferta de lixeira, principalmente de resíduos comuns e a beira leito nos setores, torna-se imprescindível para que esse déficit seja atenuado.

Palavras-chave: atitude do pessoal de saúde equipe de enfermagem gerenciamento de resíduos de serviços de saúde.

RESUMO - 08 - SAÚDE E MEIO AMBIENTE

AVALIAÇÃO DO RISCO À SAÚDE HUMANA EM ÁREA DE LIXÃO REMEDIADA POR ESCAVAÇÃO: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE SAPUCAIA (RJ)

Ricardo Soares (ricardos@inea.rj.gov.br)

Raíssa André De Araujo (raissaa.araujo@poli.ufrj.br)

Rafaela Naegele (rafaela.naegele@outlook.com)

Pablo Vimercati Simas (pablovimercati@gmail.com)

Augusto Ahn Ka1 (augustoka@live.com)

Kamille Monteiro Ramos (kamilleramos9@outlook.com)

Marcia Cristina Santiago De Mello (marciasantiagoseeduc@gmail.com)

Carlos Eduardo Saores Canejo Pinheiro Da Cunha (carloscanejo2@gmail.com)

Este trabalho avalia o risco à saúde humana após a remediação baseada por escavação no Lixão de Anta, situado em Sapucaia (RJ), onde entre 1985 e 2011 houve disposição irregular de resíduos sólidos urbanos (RSU) sobre antiga jazida de argila, sem impermeabilização ou controle ambiental, favorecendo a geração de chorume e possível contaminação do subsolo. A remediação foi viabilizada por FURNAS Centrais Elétricas, em atendimento às condicionantes da UHE Simplício, por meio da escavação e remoção de 0,5 m de RSU e 0,5 m de solo impactado, com destinação em aterro sanitário licenciado.

Com o objetivo de avaliar o risco residual à saúde humana, foram analisadas amostras de solo para metais e compostos orgânicos voláteis (BTEX) após a remediação. Aplicaram-se os modelos da USEPA para cálculo da dose média diária (ADD), quociente de perigo (THQ) e índice de risco à saúde humana (HI),

Considerando ingestão, inalação e contato dérmico. Os parâmetros de toxicidade (RfD) foram obtidos da base USEPA IRIS e literatura técnica internacional.

Os resultados mostraram que todos os valores de HI_total permaneceram abaixo de 1, indicando ausência de risco não carcinogênico significativo. Os maiores valores foram observados para crianças no ponto S10 (0,5 m), com HI = 0,21, tendo o chumbo (Pb) como principal contribuinte — um metal associado a efeitos neurotóxicos infantis. Em outros pontos, o manganês (Mn) foi o maior responsável, refletindo sua alta mobilidade no solo. A via de exposição predominante foi a ingestão oral, especialmente para o grupo infantil, confirmando achados de estudos internacionais em áreas de disposição irregular de RSU.

Conclui-se que a técnica de escavação aplicada foi eficaz na eliminação da fonte primária de contaminação, mas que contaminantes residuais persistem em algumas camadas subsuperficiais. Este estudo reforça a relevância da inclusão da avaliação de risco à saúde humana como etapa complementar na análise pós-remediação, especialmente em antigos lixões localizados próximos a núcleos urbanos sensíveis.

Palavras-chave: avaliação de risco à saúde humana; remediação baseada por escavação; lixões; metais; compostos orgânicos voláteis.

RESUMO - 08 - SAÚDE E MEIO AMBIENTE

ESPIRALES AHUYENTA MOSQUITOS. RIESGOS PARA LA SALUD.

Jorge Zavatti (jorgezavatti@gmail.com)

Luciana Antolini (lucianantolini@gmail.com)

Susana Isabel García (susanaigarciaw@gmail.com)

Julio Navoni (navoni.julio@gmail.com)

Durante los meses de verano es habitual, en muchas regiones del mundo, el uso nocturno de espirales insecticidas o repelentes como método doméstico para prevenir picaduras de mosquitos. Estos productos, al quemarse lentamente durante varias horas, emiten material particulado fino (PM2.5) contaminando el aire del interior de las viviendas. Debido a su reducido tamaño, el PM2.5 puede ingresar profundamente en los pulmones y ésto vincula la exposición a efectos adversos para la salud humana, en especial en poblaciones vulnerables como niños, adultos mayores y personas con enfermedades respiratorias preexistentes.

El presente trabajo tuvo por objetivo la cuantificación de las concentraciones de PM2.5 en el aire de un dormitorio cerrado con quema de espirales insecticidas y la evaluación, en términos de mortalidad atribuible, de los riesgos para la salud derivados de dicha exposición.

Para ello, se utilizaron espirales comerciales (peso medio 20 g/unidad) que permanecieron encendidos en una habitación de 200 m³ de volumen durante 8 horas, simulando el uso típico del producto durante la noche. Las concentraciones de PM2.5 en el aire ambiente fueron medidas con un equipo de lectura directa Temtop P600, cuya incertidumbre es de ± 10 %, consignándose las lecturas periódicas durante 24 horas. Para la evaluación de riesgo se utilizó el software de cálculo AirQ+ de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y se consideró el dato de Tasa de Mortalidad Específica (TME) de 7,58 por mil correspondiente al año 2023 informado por el Ministerio de Salud de Argentina.

Durante las 8 horas de quema de un espiral, la concentración de PM2.5 en el aire interior del dormitorio alcanzó valores de hasta 490 µg/m³, luego de apagarse, lentamente las concentraciones se redujeron hasta los niveles habituales de exposición promedio diaria a PM2.5 (< 5 µg/m³). Como valor de referencia, se consideró la directriz establecida en 2022 por la OMS para PM2.5 en exposiciones promedio de 24 horas de 15 µg/m³. Los valores medidos ponderados en el tiempo arrojaron una concentración promedio diaria que supera los 150 µg/m³, es decir, diez veces el valor recomendado por la OMS. Con estos datos se realizó una estimación de mortalidad atribuible poblacional, utilizando el software AirQ+, concluyendo que podrían evitarse entre 10 y 20 % de los fallecimientos que ocurren en poblaciones expuestas a espirales durante la noche si suprimieran esa práctica.

El uso sistemático de espirales insecticidas en dormitorios genera concentraciones de PM2.5 en aire interior significativamente superiores a las directrices de la OMS, lo que representa un riesgo para la salud respiratoria y cardiovascular. En poblaciones sensibles como niños pequeños, adultos mayores o personas asmáticas, este riesgo es particularmente agravado. Se recomienda reemplazar los espirales por alternativas menos contaminantes como tabletas de vaporización eléctrica, aerosoles repelentes aplicados sobre la piel y barreras físicas como mosquiteros. Estos resultados refuerzan la necesidad de concientizar sobre los efectos colaterales de productos de uso cotidiano, y de promover alternativas de control vectorial que prioricen la salud pública.

Palavras-chave: pm25; airq+; espirales; mosquitos; aire interior.

RESUMO - 08 - SAÚDE E MEIO AMBIENTE

SAÚDE AMBIENTAL E QUALIDADE DE VIDA NO RIO GRANDE DO NORTE: UMA ANÁLISE BASEADA NO MODELO FPSEEA

Susana Isabel García (susanaigarciaw@gmail.com)

Julio Navoni (navoni.julio@gmail.com)

Amanda Nogueira Medeiros (amanda.nogueiram@gmail.com)

Este estudo teve como objetivo analisar a qualidade ambiental no estado do Rio Grande do Norte (Brasil) e sua relação com desfechos sanitários, aplicando o modelo conceitual Força Motriz-Pressão-Situação-Exposição-Efeito-Ação (FPSEEA). A partir da seleção de 37 variáveis socioeconômico-ambientais organizadas por microrregiões, foi construída uma base de dados integrada para análise descritiva e multivariada. O Score de Impacto Ambiental (SIA) foi gerado via análise de componentes principais e empregado como variável preditora em modelos lineares generalizados com distribuição binomial negativa, relacionando a qualidade ambiental aos seguintes efeitos sanitários: dengue, doenças respiratórias, acidentes por animais peçonhentos, internações e óbitos por câncer, e doenças diarreicas.

Os resultados mostraram que a qualidade ambiental influencia significativamente a ocorrência de dengue (aumento de 41% por unidade de SIA), doenças respiratórias (8%), câncer (9%) e acidentes por animais peçonhentos (25%). As microrregiões com maiores escores de impacto ambiental foram Natal, Seridó Oriental, Seridó Ocidental, Macau, Pau dos Ferros e Mossoró. Essas áreas combinam fatores como alta densidade populacional, emissões de CO_2, baixa arborização, precariedade nos serviços de saneamento e alta frequência de contaminantes em água potável.

O modelo FPSEEA mostrou-se eficiente para descrever e integrar diferentes dimensões da saúde ambiental, permitindo mapear áreas prioritárias para intervenções. A identificação de padrões espaciais de risco sanitário associados à deterioração ambiental reforça a necessidade de estratégias intersetoriais voltadas à

Mitigação dos impactos ambientais e à promoção da saúde coletiva. As ações sugeridas incluem a implementação de tecnologias sustentáveis de saneamento, controle de vetores, aumento da arborização urbana e fortalecimento do monitoramento ambiental.

Foram descritas ainda contribuições práticas, como a utilização do modelo para subsidiar decisões em políticas públicas regionais. A associação estatisticamente significativa entre o Score de Impacto Ambiental e a ocorrência de doenças vetoriais e crônicas destaca a importância de monitoramento contínuo e ações específicas em microrregiões prioritárias. O modelo FPSEEA também possibilita a replicação da abordagem em outras regiões semiáridas, considerando as características locais.

Além disso, a análise revelou que regiões com desenvolvimento econômico desordenado apresentaram maior vulnerabilidade ambiental e sanitária, o que sugere que o crescimento urbano deve ser acompanhado de planejamento e infraestrutura. Os achados destacam que a sustentabilidade ambiental e o bem-estar humano são inseparáveis, demandando ações interdisciplinares.

Conclui-se que o modelo FPSEEA, aliado a análises estatísticas e espaciais, é uma ferramenta poderosa na compreensão dos riscos ambientais à saúde e na promoção de uma governança ambiental mais eficaz. Este trabalho reforça a urgência de políticas integradas de saúde e meio ambiente voltadas ao semiárido brasileiro.

Palavras-chave: saúde ambiental; fpseea; impacto ambiental; desfechos sanitários; rio grande do norte.

EIXO TEMÁTICO 8

SAÚDE E MEIO AMBIENTE

ARTIGOS COMPLETOS

ARTIGO - 08 - SAÚDE E MEIO AMBIENTE

O PANORAMA DOS DESASTRES BRASILEIROS RECONHECIDOS PELO GOVERNO FEDERAL EM CORRELAÇÃO AO COVID-19.

Natanael Ronerson Kovalski (natanaelkovalski@id.uff.br)

Aldira Samantha Garrido Teixeira (asamantha@id.uff.br)

O presente artigo apresenta um panorama dos desastres ocorridos no Brasil entre 2013-2021 e que foram reconhecidos como situações de emergência (SE) e estado de calamidade pública (ECP), pelo governo federal. As informações necessárias à elaboração deste trabalho têm como fundamentos: “a pesquisa bibliográfica e a pesquisa documental, mediante abordagem qualitativa dos dados, visando elaborar a ocorrência de relações entre variáveis presentes nos fenômenos e fatos”[12]. como explica Oliveira[12]. Tal base teórica/documental se respalda em trabalhos e análises estatísticas já publicadas em livros, artigos acadêmicos e técnicos, manuais de orientação, documentos oficiais, e outros disponibilizados em plataformas digitais. Foram analisados os tipos de desastres conforme a Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), a partir das informações disponibilizadas no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID), tal sistema foi desenvolvido pelo CEPED UFSC – Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como apoio ao Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres – CENAD. O S2ID entrou em funcionamento no ano de 2012 por força da Portaria nº 526, de 6 de setembro de 2012, do então

Ministério da Integração Nacional, onde constam dados das SE/ECP que tiveram reconhecimento federal desde 01 janeiro de 2013 a 31 de dezembro de 2021. Os resultados demonstram que foram reconhecidas 30981 ocorrências; desse total, 58,36% foram de SE e 41,64% de ECP. O reconhecimento do governo federal sobre tais eventos aumentou gradativamente desde 2013. Houve aumento expressivo de ECP nos anos de 2020 e 2021, de 379% em relação ao ano de 2019, coincidindo com a situação de pandemia do coronavírus. A análise desses dados indica que os desastres SE têm sido maioria ao longo dos anos, agravados pela situação de saúde pública, o que leva a refletir sobre a necessidade de novas pesquisas que relacionem as temáticas: saúde pública e desastres brasileiros, visando a melhoria da assistência aos municípios atingidos.

Palavras-chave: desastre estado de calamidade pública situação de emergência s2id saúde pública.

MÉTODO AHP APLICADO À ANÁLISE INTEGRADA DA SAÚDE E QUALIDADE DOS ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS DE TRÊS RIOS DO OESTE PARANAENSE

AHP METHOD APPLIED TO THE INTEGRATED ANALYSIS OF THE HEALTH AND QUALITY OF AQUATIC ECOSYSTEMS OF THREE RIVERS OF WEST PARANÁ

Fernando Garrido de Oliveira[1], Lilian Dena dos Santos[2], Alessandra Svonka Palmeiro[3], Helena Cristina da Silva de Assis[4], Maritana Mela Prodocimo[5]

[1, 2, 4, 5] Universidade Federal do Paraná (UFPR), garrido@ufpr.br[1], liliansantos@ufpr.br[2], helassis@ufpr.br[4], maritana.mela@ufpr.br[5]

[3] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), aspalmeiro@ufrrj.br[3]

RESUMO

As mudanças na cobertura e uso do solo tem sido o principal impulsionador na degradação da qualidade das águas superficiais, comprometendo a saúde dos organismos que compõem os ecossistemas aquáticos. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade das águas e a saúde dos ecossistemas aquáticos dos Rios São Camilo (SC), Santa Fé (SF) e Pioneiro (PIO), localizados no oeste do estado do Paraná por meio do método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), a partir da combinação de diferentes índices. Foram amostrados três pontos em cada um dos rios, sendo: a montante (SC1, SF1 e PIO1), intermediário (SC2, SF2 e PIO2) e jusante (SC3, SF3 e PIO3), nas estações inverno de 2022 e verão de 2023. O cálculo do índice de saúde e qualidade hídrica (ISQH) demonstrou-se consistente (RC < 0,1). O ISQH demonstrou a predominância de áreas de saúde e qualidade ruins e regulares nos três rios avaliados.

Palavras-Chave: Análise integrada. Método AHP. GIS. Recursos Hídricos. Ecossistemas Aquáticos.

ABSTRACT

Changes in land cover and use were the main driver in manipulating the quality of surface waters, compromising the health of the organisms that make up aquatic ecosystems. The objective of the present work was to evaluate the water quality and health of the aquatic ecosystems of the São Camilo (SC), Santa Fé (SF) and Pioneiro (PIO) Rivers, located in the west of the state of Paraná using the AHP (*Analytic Hierarchy Process*), based on the combination of different indexes. Three points were sampled in each of the rivers, namely: upstream (SC1, SF1 and PIO1), intermediate (SC2, SF2 and PIO2) and downstream (SC3, SF3 and PIO3), in the winter 2022 and summer 2023 seasons. The calculation of the health and water quality index (ISQH) was declared consistent (RC < 0.1). ISQH demonstrated the predominance of areas of poor and regular health and quality in the three rivers evaluated.

Keywords: Integrated analysis. AHP method. GIS. Water Resources. Aquatic Ecosystems.

1 INTRODUÇÃO

As mudanças na cobertura e uso do solo ao longo do tempo tem sido o principal impulsionador na degradação da qualidade das águas superficiais, destacando a necessidade imediata da proteção dos recursos hídricos por meio do planejamento, monitoramento e controle, garantindo dessa forma o acesso das populações humanas a esses recursos (MELLO et al., 2020).

A qualidade das águas superficiais e a saúde dos diversos organismos que compõem as comunidades aquáticas dependem diretamente das diversas atividades humanas potencialmente poluidoras, tais como, atividades industriais (e.g. geração de resíduos sólidos e líquidos, vazamento de compostos químicos, emissões atmosféricas); urbanização (e.g. lançamento de esgoto doméstico não tratado, impermeabilização do solo); atividades agrícolas (e.g. desflorestamento, degradação do solo, uso inadequado de fertilizantes químicos, fármacos e agrotóxicos); e produção animal (eg. estercos e fezes, cama de aviários, restos de alimentação, águas residuárias, carcaças, embalagens de insumos) (AKHTAR et al., 2021).

A perda da qualidade da água pode afetar diretamente a saúde das populações humanas e de animais domésticos locais, possibilitando o surto de doenças infectocontagiosas de disseminação hídrica como dengue, diarreia, giardíase, esquistossomose, entre outras, além de causarem possíveis cenários de intoxicação devido a sua ingestão (Lugo et al., 2021).

Atualmente a difusão de misturas químicas complexas em águas superficiais tem causado diversos efeitos tóxicos sobre os ecossistemas aquáticos, acarretando a perda de biodiversidade e redução das populações de peixes e outros organismos. Dentre os contaminantes de importância ecotoxicológica, podemos citar: metais pesados, fármacos, produtos de higiene pessoal, agrotóxicos, compostos orgânicos voláteis, nanomateriais e substâncias que atuam como desreguladores endócrinos (PALANSOORIYA et al., 2020).

Nesse contexto, os ecossistemas aquáticos encontram-se em risco iminente para a sobrevivência de peixes, invertebrados e plantas aquáticas, devido a sua contaminação por diversos tipos de compostos como agrotóxicos, compostos orgânicos e inorgânicos, solventes e outros, resultando na redução da qualidade das águas e perda de biodiversidade (WOLFRAM et al., 2021).

Com o intuito de mitigar e até mesmo reverter esses processos até padrões aceitáveis de sustentabilidade, faz-se necessário o estabelecimento de sistemas de monitoramento adequados, garantindo a qualidade da água, bem-estar, desenvolvimento e a saúde das populações (CHAPMAN & SULLIVAN, 2022).

Os sistemas de monitoramento devem abranger parâmetros físicos, químicos e biológicos relevantes à preservação da vida aquática, manutenção da qualidade da água destinada ao abastecimento público e desenvolvimento de setores importantes para a economia, como a indústria e agricultura (SAALIDONG et al., 2022).

A integração dos índices de qualidade da água aos Sistemas de Informação Geográficas (SIG) têm possibilitado aos programas de monitoramento, por meio das técnicas de Sensoriamento Remoto, avaliações espaço-temporais de bacias hidrográficas inteiras, possibilitando a criação de bancos de dados de informações relevantes à pesquisadores e tomadores de decisões na elaboração de políticas públicas (ADJOVU et al., 2023).

Semelhantemente, o biomonitoramento apresenta-se como uma ferramenta que visa avaliar o efeito de diferentes agentes estressores sobre a saúde dos organismos nos ambientes aquáticos, por meio escolhidos organismos de relevância ecológica de diferentes níveis tróficos, denominados biomonitores (ABAS, 2021).

As técnicas de tomada de decisão multicritério tem permitido que pesquisadores e especialistas tomem decisões sobre cenários qualitativos e quantitativos, baseadas na análise abrangente de amplos e complexos conjuntos de dados (KHAN & ALI, 2020). O método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), desenvolvido por Saaty (1977), é uma poderosa ferramenta multicritério de tomada de decisão que tem sido utilizada em inúmeras aplicações em diversos campos da economia, política, engenharia, saúde e educação. Sua integração aos SIGs tem se tornado cada vez mais reconhecida como uma potente ferramenta de análise, sendo demonstrada através de casos como cenários de adequação de terras e gestão de recursos naturais (RIDWAN et al., 2023).

Em 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) implementou a Agenda 2030, que tem como objetivo geral colocar o mundo em um caminho mais sustentável e resiliente até 2030, erradicando a pobreza e promovendo uma vida digna para todos (UN, 2015). Dentre os seus 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), um é integralmente destinado a assegurar disponibilidade e gestão sustentável de água e saneamento para todos (UN, 2024).

Para que os objetivos de sustentabilidade sejam alcançados torna-se imprescindível o estabelecimento de programas eficazes de monitoramento, que visem avaliar os riscos de exposição ambiental e possíveis efeitos tóxicos sobre a saúde dos organismos que constituem as populações e comunidades aquáticas, bem como riscos à saúde pública (ALTENBURGER, et al., 2019).

2 OBJETIVOS

Os objetivos do presente estudo foram: (I) desenvolver um Índice Integrado de Saúde e Qualidade Hídrica (ISQH), a partir dos índices de Qualidade da Água (IQA), de Resposta Integrada de Biomarcadores (IBR) e de Lesão Histopatológico (ILH), para os Rios São Camilo, Santa Fé e Pioneiro, localizados no oeste do Paraná, por meio do método AHP (*Analytic Hierarchy Process*); (II) produzir mapas de fácil interpretação utilizando o ISQH, por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

3 METODOLOGIA

3.1 Localização Rios São Camilo, Santa Fé e Pioneiro

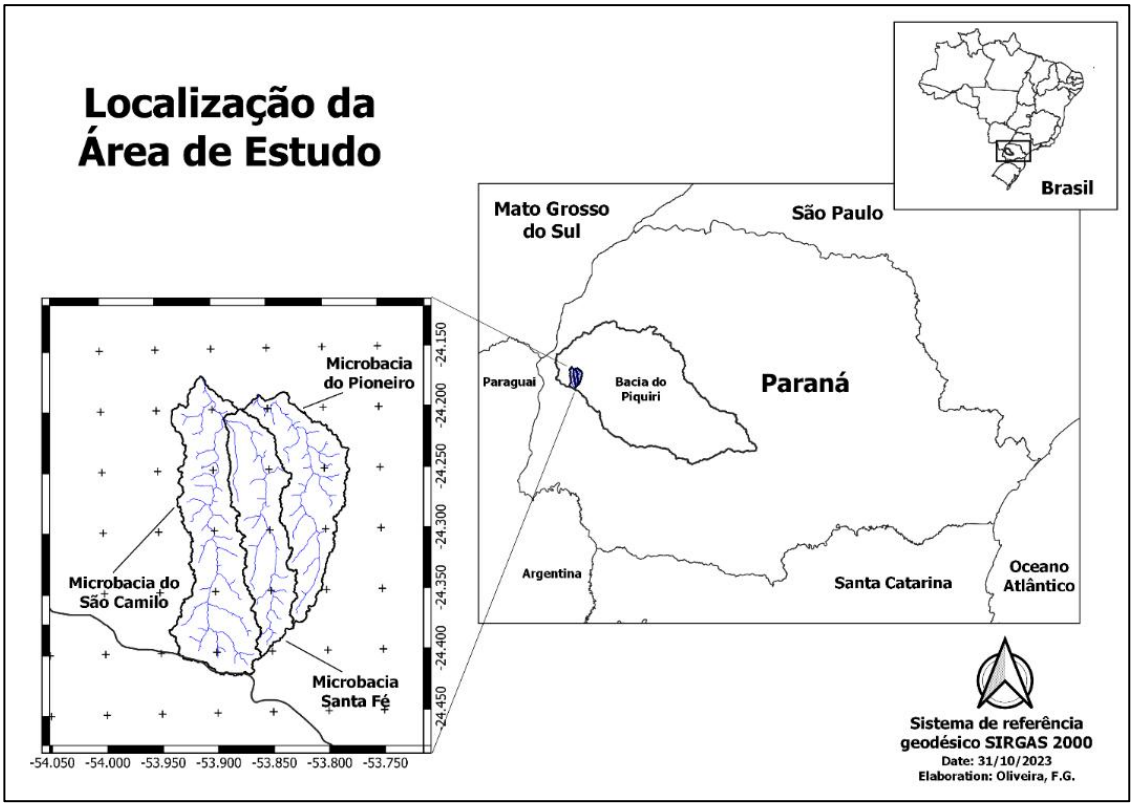
Os Rios São Camilo, Santa Fé e Pioneiro estão localizados no oeste do estado do Paraná, pertencentes à região Sul do Brasil, e fazem parte da grande bacia do Rio Piquiri, terceiro principal afluente do Rio Paraná (**Figura 1**). Entre as ocupações e usos da terra

majoritários estão a agricultura de soja e milho, seguida pela aquicultura, avicultura, urbanização, atividade agroindustrial e mineração.

Esses rios possuem 33,38 km, 26,36 km e 28,01 km de extensão, respectivamente, com 124,38 km^2, 85,49 km^2 e 95,32 km^2 em áreas de drenagem, respectivamente, além de 373, 173 e 96 viveiros de cultivo aquícolas, respectivamente, totalizando 166,8 hectares de lâmina d'água (ZACARKIM et al., 2015).

Os solos predominantes dessas três bacias são o Latossolo Vermelho Férrico (LZf) e o Nitissolo Vermelho (NV), segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018). Segundo a classificação proposta por Köppen (1936), o clima da região é do tipo Cfa, caracterizado como subtropical e inserido no contexto da Floresta Estacional Semidecidual, pertencente ao bioma Mata Atlântica.

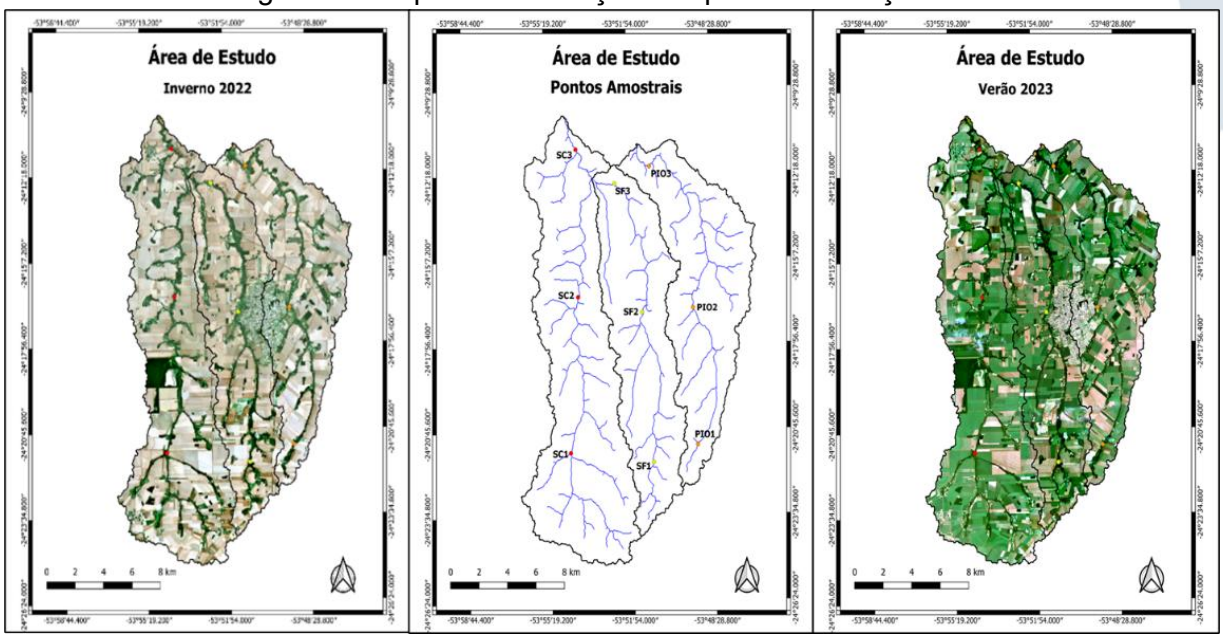
Figura 1 – Mapa da localização da área do estudo.



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Para cada um dos Rios São Camilo (SC), Santa Fé (SF) e Pioneiro (PIO) foram selecionados três pontos amostrais, distribuídos de modo equidistante, ao longo de cada microbacia, sendo três pontos localizados a montante (SC1, SF1, PIO1), três intermediários (SC2, SF2, PIO2) e três localizados a jusante (SC3, SF3, PIO3). As coletas foram realizadas na última semana do inverno 2022, período de vazio sanitário para o cultivo da soja, e verão 2023, período de safra (**Figura 2**).

Figura 2 – Mapa de localização dos pontos e estações amostrais.



Legenda: Sistema de Referência Geodésico - SIRGAS2000.
Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Foram coletadas amostras de água, nas quais foram avaliados 12 parâmetros de qualidade da água e de peixes da espécie *H. ancistroides*, selecionada como espécie biomonitora, na qual foram avaliados biomarcadores de estresse oxidativos e histopatológico.

3.2 Dados Climáticos

Os dados climáticos registrados pela estação Palotina – TRMM 721 apresentaram menor índice de precipitação acumulada e temperatura média no inverno e maiores no verão (**Tabela 1**).

Tabela 1 – dados climáticos da estação meteorológica Palotina – TRMM 721, referentes as estações inverno de 2022 e verão de 2023.

Estações	Temperatura média (°C)	Precipitação acumulada (mm)
Inverno 2022	21,45	539,7
Verão 2023	24,91	938,7

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

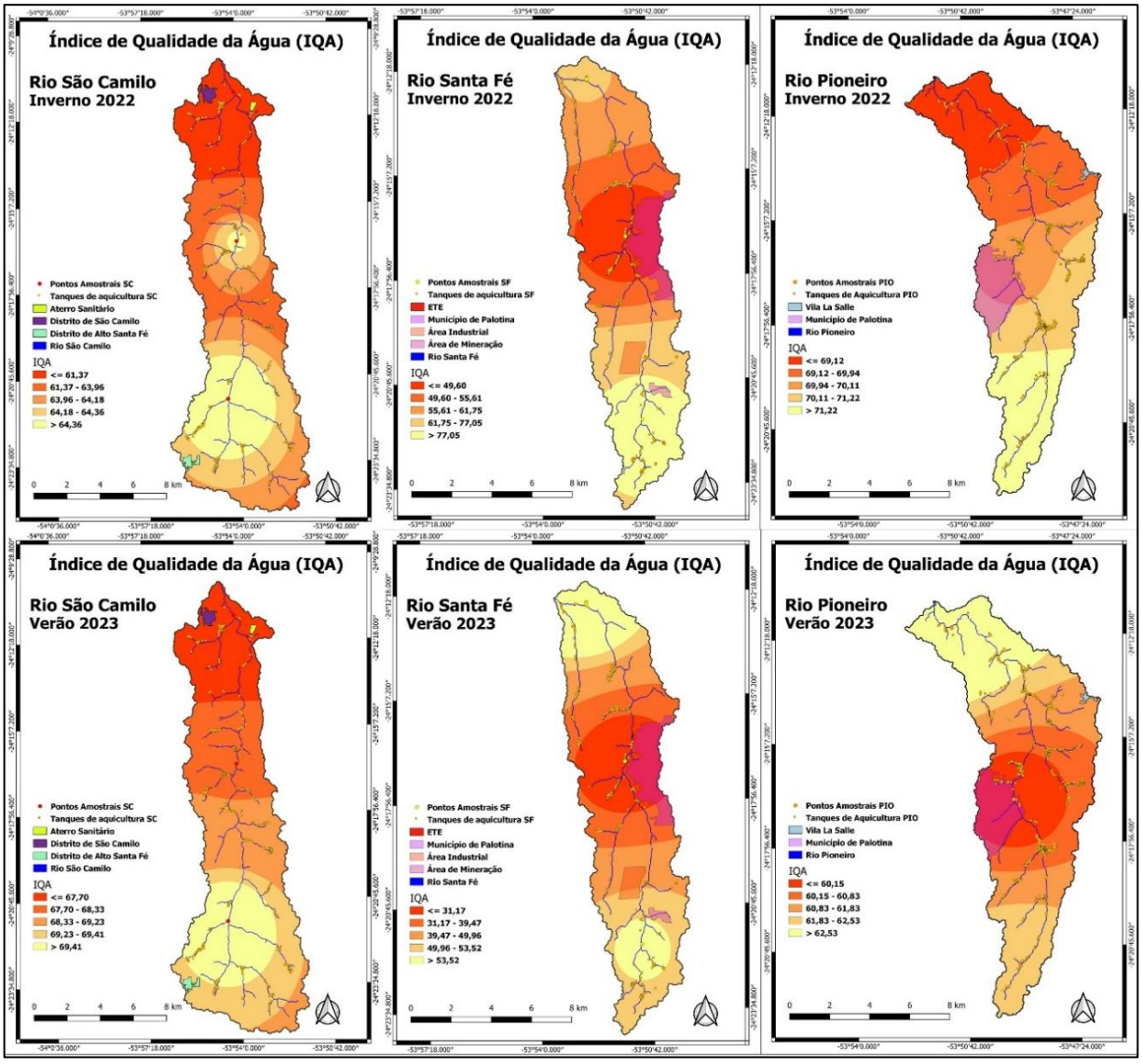
3.3 Índices IQA, IBR e IHL

A partir dos 12 parâmetros de qualidade da água foi calculado o Índice de Qualidade da Água (IQA), enquanto a partir dos biomarcadores de estresse oxidativos e histopatológico

foram calculados o Índice de Respostas de Biomarcadores (IBR) e Índice de Lesão Histopatológica (ILH), respectivamente, por meio dos métodos descritos por Pesce & Wunderlin (2000), Beliaeff & Burgeot (2002) e Bernet et al., (1999), respectivamente.

A partir do índice IQA calculado foram produzidos mapas de Kernel por meio do método de interpolação espacial IDW *(Inverse Distance Weighting*), com a finalidade de se estimar a qualidade da água ao longo de toda a rede de drenagem das microbacias (**Figuras 3**).

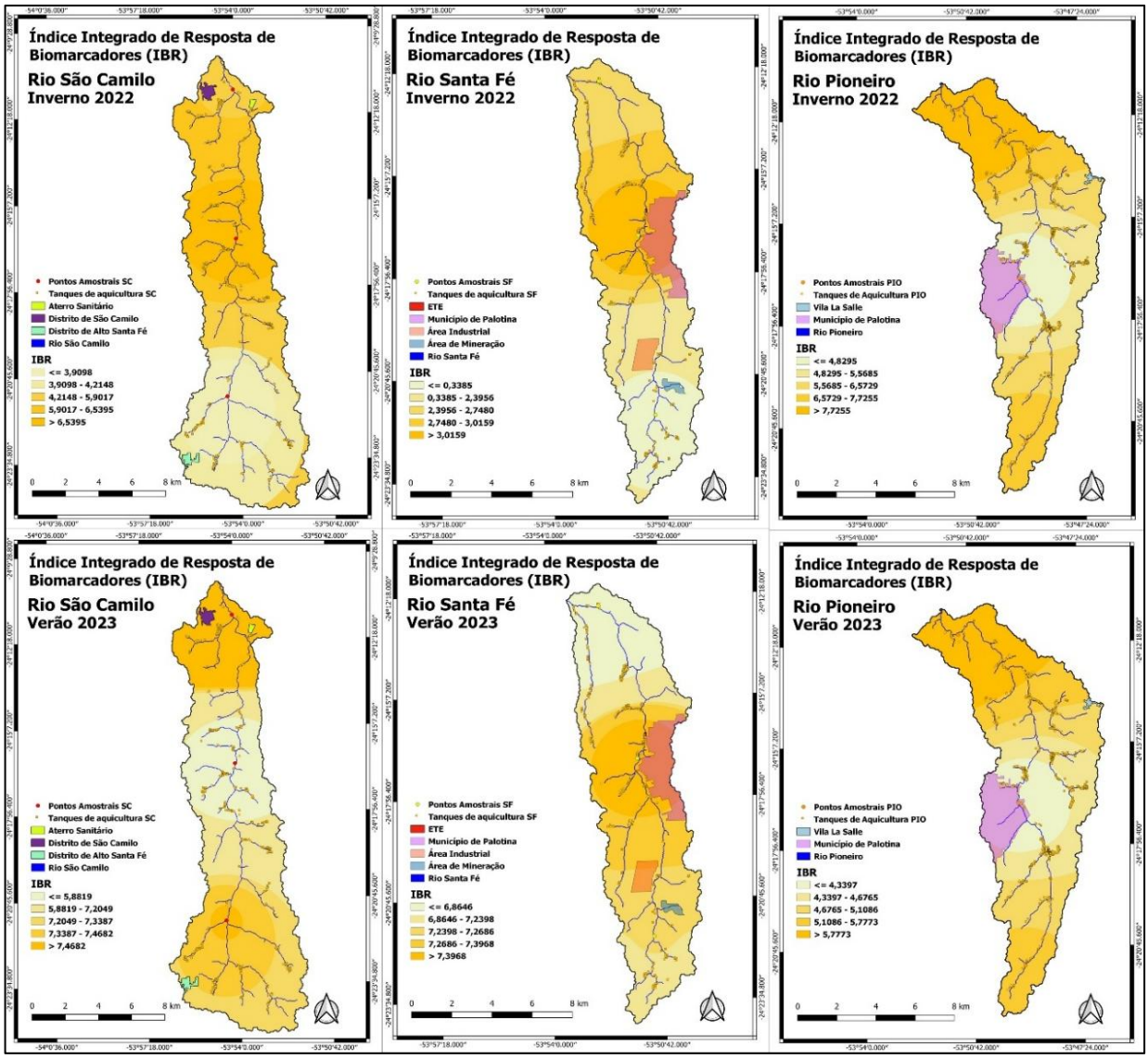
Figura 3 – Mapas de IQA para as microbacias dos rios São Camilo, Santa Fé e Pioneiro, nas estações do inverno de 2022 e verão de 2023.



Legenda: Sistema de Referência Geodésico - SIRGAS2000.
Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

De igual modo foi produzido mapas de Kernel a partir do índice IBR calculado, com a finalidade de se estimar o nível de estresse oxidativo nas populações de *H. ancistroides*, ao longo de toda a rede de drenagem das microbacias (**Figuras 4**).

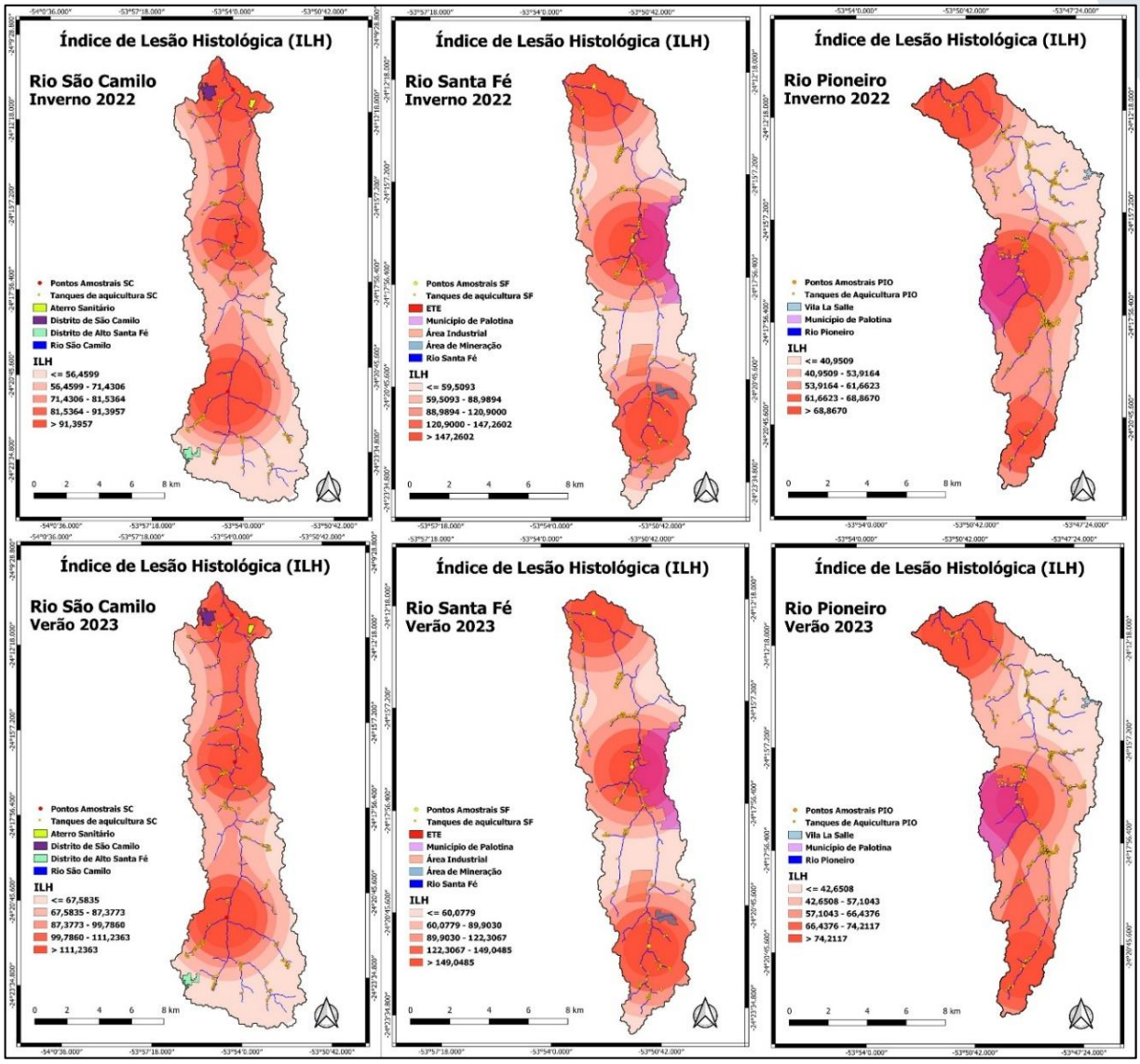
Figura 4 – Mapas de IBR para as microbacias dos rios São Camilo, Santa Fé e Pioneiro, nas estações do inverno de 2022 e verão de 2023.



Legenda: Sistema de Referência Geodésico - SIRGAS2000.
Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Por último foram produzidos mapas de Kernel a partir do índice ILH calculado, com a finalidade de se estimar a condição de saúde das populações de *H. ancistroides*, ao longo de toda a rede de drenagem das microbacias (**Figuras 5**).

Figura 5 – Mapas de ILH para as microbacias dos rios São Camilo, Santa Fé e Pioneiro, nas estações do inverno de 2022 e verão de 2023.



Legenda: Sistema de Referência Geodésico - SIRGAS2000.
Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Os índices IQA, IBR e ILH e seus respectivos mapas de calor utilizados neste trabalho foram obtidos em estudos individuais anteriores, realizados pelos autores a fim de se avaliar de modo extensivo a qualidade da água, o estresse oxidativo e a saúde das populações de *H. ancistroides* (Dados não publicados).

3.4 Cálculo Índice Integrado de Saúde e Qualidade Hídrica (ISQH)

A construção da matriz de comparação pareada foi realizada de acordo com o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), proposto por Saaty (1977), na qual os índices IQA, IBR e ILH foram utilizados como os respectivos critérios, dispostos em uma matriz 3 x 3 (**Tabela 2**).

Tabela 2 – Estruturação da matriz de comparação pareada.

	ILH	IBR	IQA
ILH	1	2	3
IBR	0,5	1	2
IQA	0,3	0,5	1

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Para a realização das comparações pareadas para todos os critérios foi utilizada uma versão simplificada da escala numérica proposta por Saaty (1980) (**Tabela 3**).

Tabela 3 – Escala fundamental de Saaty para comparação pareada.

Peso	Explicação
1	Importância igual para o objetivo
2	Importância moderada para o objetivo
3	Importância forte para o objetivo

Fonte: Adaptado de Saaty e Vargas (1991).

Para a normalização dos dados referentes a cada índice foi utilizada uma variação linear. Após a normalização dos índices IQA, IBR e ILH os dados dos três índices passaram a variar entre 0 e 1, possibilitando sua agregação.

O cálculo do Índice Integrado de Saúde e Qualidade Hídrica foi realizado na calculadora *raster*, do programa QGIS 3.16.16-Hannover com GRASS 7.8.5, por meio da combinação linear ponderada, de acordo com a seguinte equação: ISQH = (IQA x Peso1) + (IBR x Peso2) + (ILH x Peso3). A classificação proposta na matriz de comparação pareada foi realizada por meio do parâmetro da Razão de Consistência (RC), cujo valor ideal deve ser menor que 0,1 (10%).

3.5 Interpolação Espacial (IDW)

A interpolação espacial para cada microbacia foi realizada por meio do programa QGIS 3.16.16-Hannover com GRASS 7.8.5, a partir do ISQH calculado, sendo as faixas de classificação delimitadas de acordo com os valores da **Tabela 3**. A escala de cores adotada varia do vermelho (valor mais alto) até o azul (valor mais baixo), para indicar áreas mais e menos impactadas, respectivamente.

Tabela 3 – Classificação em relação a faixa de ISQH.

ISQH	Classificação
0 – 0,25	Excelente
0,26 – 0,50	Bom
0,51 – 0,70	Regular
0,71 – 0,90	Ruim
0,91 – 1	Péssimo

Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cálculo do ISQH, resultado da agregação dos índices IQA, IBR e ILH por meio do método AHP demonstrou-se consistente (RC < 0,1), indicativo de que classificação proposta na matriz de comparação pareada foi realizada de modo adequado, como pode ser observado em outros estudos de qualidade e saúde dos ecossistemas aquáticos, que integram índices diversos e SIG, por meio do método AHP (MISHRA et al., 2024; YUAN et al., 2022).

A lógica utilizada na atribuição dos pesos, de modo crescente, para cada um dos índices foi o seguinte: (I) o ILH é o índice mais significativo dos três, uma vez que danos histopatológicos são em sua maioria irreversíveis, e portanto possuem elevado impacto sobre a saúde dos animais; (II) o IBR por indicar o estresse oxidativo é condicionado pela qualidade da água, acompanhando sua variação, à medida que piores condições de qualidade contribuem para o aumento do estresse, podendo resultar em danos histológicos e genéticos, enquanto melhores condições de qualidade contribuem para a sua redução; e (III) o IQA por indicar a qualidade das águas é condicionado por fatores ambientais e antrópicos diversos, como pluviosidade, temperatura, concentrações de contaminantes, entre outros, podendo variar entre uma amplo espectro de qualidade, de um momento para outro.

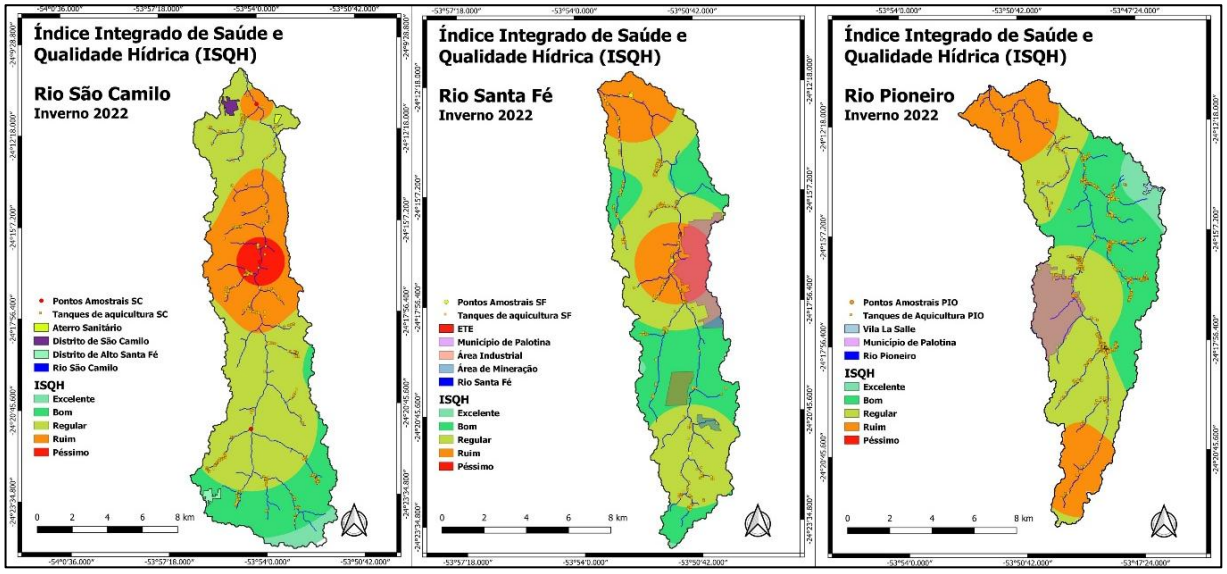
Os mapas resultantes da interpolação do ISQH (**Figura 6**), na estação inverno, demonstraram que a rede de drenagem da microbacia do Rio São Camilo apresentou qualidade e saúde regular, na maior parte de sua extensão, com trechos ruins e péssimos nos arredores do ponto intermediário SC2, indicando elevado impacto nesse trecho do rio, região predominantemente agrícola, mas que nesse período encontrava-se suspensa na maior parte das três microbacias avaliadas, devido a imposição do vazio sanitário da soja.

A rede de drenagem do Rio Santa Fé apresentou trechos majoritariamente com qualidade e saúde boa e regular, com trechos ruins nos arredores do ponto intermediário SF2, trecho sob a influência de atividades agrícolas, aquícolas, industriais e urbanas, e do ponto a montante SF3, localizado na região exutória da microbacia, sob influência de atividades agrícolas e aquícolas. Apesar das baixas temperaturas do período não favorecerem a produção de efluentes, os baixos índices de precipitação podem ter favorecido o aumento das concentrações de contaminantes nessas águas, reduzindo sua qualidade e comprometendo a saúde desses animais.

A rede de drenagem do Rio Pioneiro também apresentou trechos majoritariamente com qualidade e saúde boas e regulares, com trechos ruins nos arredores dos pontos PIO1 e PIO3,

indicando que o nível de impacto sobre as águas e sua biota é elevado nos pontos à montante e jusante, respectivamente, ambos sob influência de atividades agrícolas e aquícolas.

Figura 6 – Mapas do ISQH para as microbacias dos rios São Camilo, Santa Fé e Pioneiro, na estação do inverno de 2022.



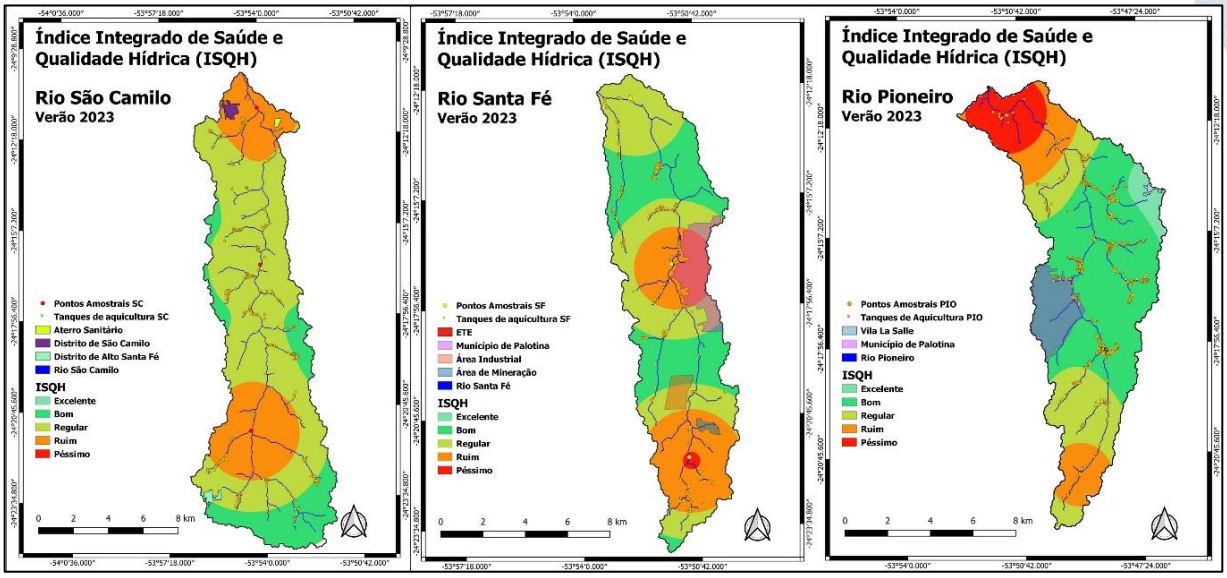
Legenda: Sistema de Referência Geodésico - SIRGAS2000.
Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Na estação verão (**Figura 7**), a rede de drenagem da microbacia do Rio São Camilo também apresentou qualidade e saúde regular, na maior parte de sua extensão, com trechos ruins nos arredores do ponto a montante SC1 e do ponto a jusante SC3, ambos sob elevada influência agrícola, que nessa estação encontrava-se entre as safras de soja e milho, período de intensa atividade nas três microbacias avaliadas.

O Rio Santa Fé apresentou trechos majoritariamente com qualidade e saúde boas e regulares, com trechos ruins e péssimos nos arredores do ponto a montante SF1, sob influência de atividades agrícolas e aquícolas, e ruins nos arredores do ponto intermediário SF2, sob influência de atividades agrícolas, aquícolas, urbanas e industriais, indicando um elevado impacto nesses dois trechos do rio. Diferentemente do que foi observado na estação do inverno, no verão as elevadas temperaturas favorecem a produção de efluentes urbanos, aquícolas e industrias, enquanto os elevados índices de precipitação observados podem ter contribuído para a lixiviação e carreamento de contaminantes diversos que podem ter contribuído de modo sinérgico para perda de qualidade dessas águas e consequente comprometimento da saúde desses animais.

A rede de drenagem do Rio Pioneiro também apresentou trechos majoritariamente com boa qualidade e saúde, com trechos ruins e regulares nos arredores do ponto PIO1 e péssima no ponto PIO3, nos pontos à montante e jusante, respectivamente. Pequenos trechos de excelente saúde e qualidade hídricas podem ser observadas à oeste da microbacia do Rio Pioneiro em ambas as estações, indicando baixo impacto nessa região da microbacia.

Figura 7 – Mapas do ISQH para as microbacias dos rios São Camilo, Santa Fé e Pioneiro, na estação do verão de 2023.



Legenda: Sistema de Referência Geodésico - SIRGAS2000.
Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

O índice ISQH obtido por meio da combinação ponderada dos índices IQA, IBR e ILH demonstrou-se ser consistente na avalição integrada da saúde e qualidade hídrica desses ecossistemas. Ademais, os mapas obtidos podem ser utilizados como importantes ferramentas a serem utilizados no planejamento e execução de políticas públicas destinadas à recuperação e conservação desses ecossistemas.

5 CONCLUSÃO

Evidencia-se por meio do ISQH a predominância de áreas de saúde e qualidade ruins e regulares nos três rios avaliados, em ambas as estações, demonstrando a deterioração sistêmica da qualidade das águas dos Rios São Camilo, Santa Fé e Pioneiro, bem como da saúde das populações de *H. ancistroides*,

Os mapas de fácil interpretação visual obtidos por meio da técnica de interpolação espacial do ISQH podem contribuir aos tomadores de decisão na elaboração de políticas públicas adequadas, colaborando para a recuperação e conservação desses ecossistemas.

6 REFERÊNCIAS

ABAS, A. A systematic review on biomonitoring using lichen as the biological indicator: A decade of practices, progress and challenges. Ecological Indicators, v.121, 2021.

ADJOVU, G.E.; STEPHEN, H.; JAMES, D.; AHMAD, S. Overview of the Application of Remote Sensing in Effective Monitoring of Water Quality Parameters. Remote Sens, v.15, n.1938, 2023.

AKHTAR, N.; ISHAK, M.I.S.; BHAWANI, S.A.; UMAR, K. Various Natural and Anthropogenic Factors Responsible for Water Quality Degradation: A Review. Water, v.13, 2021.

ALTENBURGER, R.; BRACK, W.; BURGESS, R.M.; BUSCH, W.; ESCHER, B.I.; FOCKS, A.; HEWITT, L.M.; JACOBSEN, B.N.; ALDA, M.L.; AIT AISSA, S.; BACKHAUS, T.; GINEBREDA, A.; HILSCHEROVÁ, K.; HOLLENDER, J.; HOLLERT, H.; NEALE, P.A.; SCHULZE, T.; SCHYMANSKI, E.L.; TEODOROVIC, I.; TINDALL, A.J.; UMBUZEIRO, G.A.; VRANA, B.; ZONJA, B.; KRAUSS, M. Future water quality monitoring: improving the balance between exposure and toxicity assessments of real-world pollutant mixtures. Environ Sciences Europe, v.31, n.12, 2019.

BELIAEFF, B.; BURGEOT, T. Integrated biomarker response: a useful tool for ecological risk assessment. Environ. Toxicol. Chem., v.21, 2002, p.1316-1322.

CHAPMAN, D.V.; SULLIVAN, T. The role of water quality monitoring in the sustainable use of ambient waters. One Earth, v.5, 2022.

LUGO, J.L; LUGO, E.R.; LA PUENTE, M. A systematic review of microorganisms as indicators of recreational water quality in natural and drinking water systems. J Water Health, v.19, n.1, 2021, p.20-28.

KHAN, A.U.; ALI, Y. Analytical Hierarchy Process (AHP) And Analytic Network Process Methods and Their Applications: A Twenty-Year Review From 2000-2019. International Journal of the Analytic Hierarchy Process, v.12, n.3, 2020.

KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Eds): Handbuch der Klimatologie. Berlin: Gebrüder Bornträger. Banda 1, Parte C, 1936, p.1 - 44.

MELLO, K.; TANIWAKI, R.H.; PAULA, F.R.; VALENTE, R.A.; RANDHIR, T.O.; MACEDO, D.R.; LEAL, C.G.; RODRIGUES, C.B.; HUGHES, R.M. Multiscale land use impacts on water quality: Assessment, planning, and future perspectives in Brazil. Journal of Environmental Management, v.270, 2020.

MISHRA, A.P.; SINGH, S.; JANIC, M.; SINGHD, K.A.; PANDE, C.B.; VARADE, A.M. Assessment of water quality index using Analytic Hierarchy Process (AHP) and GIS: a case study of a struggling Asan River. International Journal of Environmental Analytical Chemistry, v.104, n.5, 2024, p.1159-1171.

PALANSOORIYA, K.N.; YANG, Y.; TSANG, Y.F.; SARKAR, B.; HOU, D.; CAO, X.; MEERS, E.; RINKLEBE, J.; KIM, K.H.; OK, Y.S. Occurrence of contaminants in drinking water sources and the potential of biochar for water quality improvement: A review. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, v.50, n.6, 2020, p.549-611.

PESCE, S.F.; WUNDERLIN, D.A. Use of water quality indices to verify the impact of Córdoba city (Argentina) on Suquía River. Water Research, v.34, 2000, p.2915-2926.

RIDWAN, M.A.; SOEMARNO; IMAM, S.; ASMAUL, M.S. Exploring the Potential and Benefits of AHP and GIS Integration for Informed Decision-Making: A Literature Review. Ingénierie des Systèmes d'Information, v.28, n.6, 2023.

SAALIDONG, B.M.; ARAM, S.A.; OTU, S. LARTEY, P.O. Examining the dynamics of the relationship between water pH and other water quality parameters in ground and surface water systems. PLoS ONE, v.17, n.1, 2022.

SAATY, T.L.A scaling method for priorities in hierarchical structures. Journal of Mathematical Psychology, v.15, n.3, 1977, p.234-281.

SAATY, T.L.A scaling method for priorities in hierarchical structures. Journal of Mathematical Psychology, v.15, n.3, 1977, p. 234-281.

SAATY, T.L. The analytical hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation. New York: McGraw-Hill, 1980, 287p.

UN - UNITED NATIONS. *Department of Economic and Social Affairs, Sustainable Development*: The 17 Goals. 2024. Disponível em: <https://sdgs.un.org/goals>. Acesso em: 18 nov. 2024.

UN - UNITED NATIONS. *Nações Unidas Brasil: Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel>. Acesso em: 18 nov. 2024.

WOLFRAM, J.; STEHLE, S.; BUB, S.; PETSCHICK, L.L.; SCHULZ, R. Water quality and ecological risks in European surface waters – Monitoring improves while water quality decreases. Environment International, v.152, 2021.

YUAN, Q.; WU, H.; ZHAO, Y.; ZHANG, Y.; YAO, R.; ZHAO, Y.; YAN, W. Ecosystem health of the Beiyun River basin (Beijing, China) as evaluated by the method of combination of AHP and PCA. Environmental Science and Pollution Research, v.29, 2022, p.39116-39130.

ZACARKIM, C.E.; OLIVEIRA, L.C. (Org.). Sistema de Informações Geográficas na Aquicultura: Município de Palotina. UFPR, 1 ed., 2015, 139p., p.19.

ARTIGO - 08 - SAÚDE E MEIO AMBIENTE

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE E AS IMPLICAÇÕES NA SEGURANÇA OCUPACIONAL

Davi Victor Simão (davisimaov@edu.unifor.br)

Lia Gomes Da Frota Machado (liagomesf@gmail.com)

Samira Valentim Gama Lira De Alencar (samiralira@unifor.br)

Luiza Jane Eyre De Souza Vieira (janeeyre@unifor.br)

Cristina Maria Aleme Romcy (cristinaromcy@unifor.br)

Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) gerados por equipes assistenciais podem impactar negativamente o meio ambiente, a sociedade e profissionais, expondo-os a riscos ocupacionais desnecessários. Este estudo parte da hipótese que a falta de infraestrutura adequada para o descarte de RSS contribui para a ocorrência de incidentes ocupacionais e reduz a eficiência do gerenciamento de resíduos. Assim, objetivou-se evidenciar pontos críticos no manejo dos RSS, em um hospital de grande porte em município do Ceará, os quais podem aumentar os riscos para os profissionais. Este se trata de um estudo observacional, exploratório, descritivo, realizado em julho de 2024, pela observação direta da rotina hospitalar de duas UTIs Adulta. O delineamento, a condução e o relato do estudo foi orientado por um checklist elaborado com 7 tópicos que abrangem as etapas do gerenciamento como ferramenta de apoio para o desenvolvimento da pesquisa, sendo os dados foram organizados e analisados a partir de literatura pertinente ao tema e pela a RDC 222/2018, com o aporte da técnica de análise de conteúdo. Os achados evidenciaram inadequações na segregação realizada pelas equipes assistencial e serviços gerais, influenciadas pela estrutura inadequada de gerenciamento de RSS que sujeitando-os a riscos preveníveis. Os resultados deste estudo sinalizam que a inadequada gestão dos resíduos de serviços de saúde (RSS) em um hospital de

grande porte no interior do Ceará origina riscos ocupacionais que repercutem na prática dos profissionais e na sua saúde. Visando atenuar as consequências da segregação segregação inadequada, faz-se imprescindível que a gestão realinhe-se a diretrizes normativas para adequar sua estrutura de gerenciamento e atenuar os riscos.

Palavras-chave: gerenciamento de resíduos resíduos de serviços de saúde riscos ocupacionais profissionais de saúde separação de resíduos sólidos.

CONTROVÉRSIAS CIENTÍFICAS DO PRINCÍPIO DA EQUIVALÊNCIA SUBSTANCIAL E IMPLICAÇÕES NA REGULAÇÃO DE SEMENTES GENETICAMENTE MODIFICADAS

SCIENTIFIC CONTROVERSIES OF THE PRINCIPLE OF SUBSTANTIAL EQUIVALENCE AND IMPLICATIONS IN THE REGULATION OF GENETICALLY MODIFIED SEEDS

1º Heloise Buss Morvan1, 2 Rodolfo Bezerra de Menezes Lobato da Costa2

1 Universidade Federal do Paraná, busssheloise@gmail.com

2 Universidade Federal do Paraná, rodolfolobato@ufpr.br

RESUMO

Uma das controvérsias científicas relacionadas à segurança alimentar, consiste na presença do Princípio da Equivalência Substancial (PES) na legitimação de Organismos Geneticamente Modificados (OGMs) no Brasil. Este princípio, adotado pelos Estados Unidos e União Europeia, considera alimentos gerados artificialmente como substancialmente equivalentes aos naturais, permitindo que sejam tratados de forma similar em termos de biossegurança. Embora não haja normativa nacional, o PES é amplamente utilizado Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) para liberar comercialmente sementes geneticamente modificadas, sem medidas preventivas. O estudo, por meio de um procedimento monográfico e abordagem dedutiva, analisa a concepção dos OGMs, o contexto histórico da Lei de Biossegurança e a incorporação do PES pela Comissão reguladora, discutindo como essa abordagem reducionista é incompatível com a proposição de uma Constituição ambiental, a partir da consideração do sentido de direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado como modelo de organização das decisões sobre riscos ambientalmente relevantes.

Palavras-chave: OGM; transgênicos; princípio da equivalência substancial; riscos.

---

[1] Doutoranda em Meio Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade Federal do Paraná. Mestre em Direito Socioambiental e Sustentabilidade pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Advogada.

[2] Professor do Departamento de Sociologia da Universidade Federal do Paraná (UFPR), com vinculação aos Programas de Pós-Graduação em Sociologia (PPGSocio) e em Meio Ambiente e Desenvolvimento (PPGMade). Desenvolve atividades de pesquisa nos grupos Centro de Estudos Rurais do Paraná (CERU) e Observatório Fundiário Fluminense (UFF). Possui título de mestre e doutor em Ciências Jurídicas e Sociais pelo Programa de Pós-Graduação em Sociologia e Direito (PPGSD/UFF). Atualmente, coordena estudos e pesquisas por meio do Observatório de Conflitos Socioambientais.

ABSTRACT

One of the scientific controversies related to food safety concerns the presence of the Substantial Equivalence Principle (SEP) in the legitimization of Genetically Modified Organisms (GMOs) in Brazil. According to this principle, adopted by the United States and the European Union, artificially generated foods are considered substantially equivalent to their natural counterparts, allowing them to be treated similarly in terms of biosafety. Although there is no national regulation, SEP is widely used by the National Biosafety Technical Commission (CTNBio) to authorize the commercial release of genetically modified seeds without preventive measures. The study, through a monographic procedure and a deductive approach, analyzes the conception of GMOs, the historical context of the Biosafety Law, and the incorporation of SEP by the regulatory commission, discussing how this reductionist approach is incompatible with the proposition of an environmental constitution, based on the consideration of the fundamental right to an ecologically balanced environment as a model for organizing decisions on environmentally relevant risks.

Keywords: GMO; transgenic; principle of substantial equivalence; risks.

1 INTRODUÇÃO

O avanço das técnicas de engenharia genética ascendeu uma intensa polêmica sobre os efeitos dos organismos geneticamente modificados (OGM) na saúde pública, meio ambiente e segurança alimentar. O rompimento do processo evolutivo natural prometia potencializar a produção de alimentos e diminuir a fome mundial, o que desencadearia melhoria na qualidade de vida e resolveria problemas relacionados à saúde e desnutrição, além de relevantes aspectos econômicos com a diminuição dos custos de produção, âmbito estritamente de interesse comercial. Por outro lado, as incertezas quanto aos efeitos deletérios dessas manipulações, que podem causar mutações genéticas não previstas ocasionando resultados colaterais imprevisíveis, exige uma conduta precaucional.

Para sustentar um protocolo de legalidade em relação aos potenciais efeitos negativos do de recombinação genética, o Princípio da Equivalência Substancial (PES) é adotado como instrumento aceito por diversos países para atestar que os organismos transgênicos são considerados quimicamente equivalentes aos organismos obtidos por meio de técnicas convencionais de melhoramento genético. O PES é utilizado pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) para atestar a inocuidade de sementes geneticamente modificadas em nosso ordenamento jurídico sem qualquer disposição na legislação específica para fundamentar a inexistência de estudos científicos de avaliação de riscos que considerem a biodiversidade e a saúde humana.

No Brasil, a Lei Nacional de Biossegurança nº 11.105 de 2005, atribui à CTNBio a tomada de decisão sobre estudos e liberação ambiental de OGMs, a partir de um protocolo de análise por subcomissões setoriais e emissão de parecer final baseado em estudos realizados pelas próprias empresas preponentes, disponibilizados para consulta pública em atendimento ao Direito à Informação.

O estudo realizado utilizou o método de procedimento monográfico e de abordagem dedutiva para examinar a conceituação dos OGMs, o contexto da elaboração da Lei de Biossegurança e a sua vinculação com o direito fundamental ao meio ambiente sadio, a construção normativa do PES, invocado inicialmente nos Estados Unidos (1992) e na Europa (1993) e a sua incorporação nas decisões proferidas pela CTNBio, por meio de uma descrição das sementes transgênicas e uma análise das publicações de divulgação, pareceres técnicos emitidos pelos especialistas, os argumentos contra e favoráveis dos membros que se expressam sobre a validade do PES.

Constatou-se que o PES aparenta ser mais um recurso político poderoso, essencialmente dualístico, que evita a controvérsia científica acerca dos potenciais riscos que envolvem os OGMs e afasta um enfoque precaucional. Os procedimentos sustentam-se em um protocolo formal de legalidade, tornando-se um discurso em vez de uma pesquisa científica séria e imparcial. Essa abordagem reducionista é incompatível com a proposição do que se considera uma Constituição ambiental e a partir da consideração do sentido de direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado como modelo de organização das decisões sobre riscos ambientalmente relevantes definidas pela ordem constitucional.

2 A BIOTECNOLOGIA DOS ORGANISMOS GENETICAMENTE MODIFICADOS

Com avanço científico na modernidade, foi possível desenvolver novas tecnologias que modificam geneticamente organismos para aplicações na saúde e na indústria. A biotecnologia, como ciência multidisciplinar, envolve complexos além da biologia, abrangendo um campo extenso de várias disciplinas que se complementam (FONSECA, 2013). Conforme a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), biotecnologia é “qualquer aplicação tecnológica que utilize sistemas biológicos, organismos vivos, ou seus derivados, para fabricar ou modificar produtos ou processos’ (BRASIL, 1998).

Ao tratar de várias questões relativas à diversidade biológica, a CDB acolhe preocupações atinentes à biotecnologia moderna no que tange ao tratamento dos produtos da biotecnologia e de seus movimentos transfronteiriços, assim como da gestão e distribuição de seus benefícios (BRASIL, 1998). Enquanto a biotecnologia tradicional utiliza técnicas naturais de cruzamento entre espécies, a biotecnologia moderna cria novos seres através do melhoramento genético por meio de técnicas de engenharia genética e tecnologia de ácido desoxirribonucleico recombinante (rDNA) transferindo genes entre espécies diferentes (PIZELLA, SOUZA, 2016).

A biotecnologia vegetal incorpora a multiplicação de plantas em grande escala, propagação clonal, produção de sementes artificial, eliminação de vírus e melhoramento de plantas, enquanto a biotecnologia industrial é aplicada na produção de compostos de interesse industrial. Nesse processo de manipulação, os OGMs foram definidos como transgênicos, referindo-se mais especificamente a técnica pela qual eles são desenvolvidos em laboratório (MILLÁN, 2010). O rompimento da barreira da espécie é representado pelo prefixo “trans”, passando a ser utilizada oficialmente a expressão “Organismo Geneticamente Modificado” a partir do estabelecimento de normas gerais de biossegurança (FERREIRA, 2008). Por esse motivo, no presente estudo OGM será utilizado como sinônimo de transgênico, embora haja divergências acerca da correlação das denominações.

As multinacionais defendem que a recombinação genética tem como propósito tornas as plantas nutricionalmente enriquecidas e resistentes aos agrotóxicos, uma vez que, o agente repelível de pragas ou vírus é introduzido dentro do próprio organismo transgênico, maximizando o rendimento agrícola e diminuindo o custo da produção de alimentos.

Existem dois tipos de construções artificiais amplamente expostos ao debate em nível internacional: as que resistem ao herbicida glifosato (*Round Up* produzido pela Monsanto) e as que contêm a bactéria Bt (*Bacillus thuringienis*) liberadora de toxina que atua como pesticida (MILLÁN, 2010). A presença de genes de resistência herbicidas e pesticidas como parte do transgene inserido, aumenta drasticamente a quantidade desse gene na natureza, no solo e nos alimentos, consequentemente, possibilita a transferência para outros organismos não desejados, incluindo as bactérias associadas aos humanos (NODDARI, 2011).

Adicionalmente, os produtores agrícolas que utilizam sementes transgênicas são obrigados a pagar “royalties” às empresas detentoras da tecnologia, concentrando o monopólio do acervo genético modificado e enriquecendo as multinacionais produtoras de sementes transgênicas. A introdução impositiva do cultivo de sementes GM gerou

dependência econômica, pois a venda de sementes GM é atrelada com a dos agrotóxicos produzidos pelas mesmas indústrias, ocasionando interferência cultural, trazendo insegurança alimentar e poluição genética (ABRASCO, 2015). Dessa forma, a alta tecnologia científica aplicada na agricultura moderna através da biotecnologia não é progresso, mas uma forma de desenvolvimento tecnológico na esfera política do capitalismo e dominação intelectual.

Há significativas preocupações sobre biossegurança, segurança alimentar e proteção do consumidor, sobre os riscos que os OGMs colocam ao meio ambiente e à saúde humana quando são lançados na natureza. Estudos indicam a impossibilidade de garantir a coexistência sem contaminação e a imprevisibilidade dos efeitos da transgenia no "metabolismo, fisiologia e bioquímica do organismo receptor" (NODDARI, 2001). Por isso, são necessárias medidas regulatórias adequadas para prevenir e minimizar os riscos e garantir o direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado a ser usufruído pelas presentes gerações e garantido para as gerações futuras (BRASIL, 1988).

3 A BIOSSEGURANÇA NO ORDENAMENTO JURÍDICO BRASILEIRO

O Brasil criou a primeira normativa específica nº 8.974/1995, posteriormente revogada pela Lei nº 11.105/2005, ambas baseadas no art. 225 da Constituição Federal de 1988 que positivou o Direito Fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, devendo ser realizado o estudo prévio de impacto ambiental diante de riscos de potencial dano, em respeito ao princípio da precaução e o Protocolo de Cartagena de Biossegurança.

A Constituição Federal de 1988 (CFB88) estabeleceu o compromisso de solidariedade intergeracional, atribuindo à coletividade a ao Poder Público o dever e a responsabilidade de proteger o meio ambiente. Essa construção ocorreu por meio da institucionalização de deveres fundamentais ambientais e do agir integrativo da administração (BRASIL, 1988). Como sujeito de deveres, a coletividade deve articular-se de forma integrada para garantir a preservação do meio ambiente e possui o Direito à Informação por meio da ampla publicidade que deve ser dada ao Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EPIA), excluídas as informações sigilosas ou de interesse comercial, com a possibilidade de participar dos processos ambientalmente relevantes para pleno exercício da responsabilidade compartilhada (FERREIRA, LEITE, 2011).

Nesse sentido, a Constituição determinou a necessidade de realização de EPIA para atividades potencialmente causadoras de degradação ambiental, além de controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, em respeito ao Princípio da Precaução e ao Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança. A realização do EPIA é condicionada à avaliação discricionária da CTNBio (BRASIL, 1988).

A Lei de Biossegurança estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização para atividades de pesquisa e uso comercial de atividades que envolvam OGMs e seus derivados, atribuindo atribui competências específicas aos órgãos de fiscalização dos Ministérios da Saúde, do Meio Ambiente e da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, criado o

Conselho Nacional de Biossegurança (CNBS), reestruturada a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), estabelecendo suas competências e composição. Sem o parecer técnico favorável emitido unicamente pela CTNBio, é proibida a liberação do OGM no meio ambiente (BRASIL, 2005).

A CTNBio é composta por 27 (vinte e sete) membros, em sua maioria cientistas em suas respectivas áreas de conhecimento, que atuam no âmbito da biotecnologia, biossegurança, biologia, saúde humana e animal e meio ambiente. Os processos de liberação comercial de OGMs submetidos à CTNBio e o respectivo Protocolo de Análise são analisados e as aprovações finais são submetidas ao plenário de todos os membros que constituem a Comissão. Por fim, a CTNBio emite um parecer final contendo todas as referências descritivas do OGM e fundamentando a autorização com base nos estudos científicos realizados pelas próprias empresas preponentes. Todas as pesquisas científicas e, inclusive, as deliberações devem estar disponíveis e acessíveis para consulta pública. A partir da análise do acervo de informações públicas disponibilizadas é possível identificar as sementes geneticamente modificadas comercializados no Brasil e as contradições negativas tanto científicas quanto jurídicas dessas deliberações (BRASIL, 2005).

O preâmbulo da Lei menciona o Princípio da Precaução como diretriz orientadora das políticas ambientais, contra os riscos potenciais que, de acordo com o estado atual do conhecimento, não podem ainda ser identificados. Em 1992 foi estabelecido pela Declaração das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento uma abordagem de precaução com a finalidade de proteger o meio ambiente diante de ameaça de “danos graves ou irreversíveis, a ausência de certeza científica absoluta não será utilizada como razão para o adiamento de medidas economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental” (MEIO AMBIENTE, 2009).

A Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) realizada em 1992, durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92), determina que diante da existência de “ameaça de sensível redução ou perda de diversidade biológica, a falta de plena certeza científica não deve ser usada como razão para postergar medidas para evitar ou minimizar essa ameaça (BRASIL, 1998). Percebe-se a existência de quatro elementos constitutivos como instrumentos legais internacionais inerentes na descrição do princípio da precaução: o risco sem determinar critérios de avaliação; a irreversibilidade ou gravidade do dano a ser estabelecido; a incerteza científica como condicionante para aplicação e diferenciação do princípio da prevenção; e por fim, as capacidades diferenciais dos Estados que devem ser consideradas nas tomadas de decisões (ATAPATTU, 2006).

Em caso de substâncias que comportem risco para a vida ou para o meio ambiente, o estudo prévio de impacto ambiental deve ser obrigatório para qualquer autorização de atividade envolvendo OGMs, refletindo proposições de instrumentos diferenciados para a proteção dos efeitos da biotecnologia moderna decorrem de novas reinvindicações fundamentais do ser humano diante da necessidade proteção do meio ambiente ante a imprevisibilidade dos riscos.

4 AS LIBERAÇÕES DE SEMENTES GENETICAMENTE MODIFICADAS PELA CTNBIO

Analisando as decisões publicadas pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), observa-se que os principais solicitantes são empresas que dominam o mercado mundial de biotecnologia de recombinação genética destinada ao setor industrial: Monsanto (Estados Unidos), Syngenta (Suíça), Dupont (EUA), Basf (Alemanha), e Dow (EUA). Estas empresas solicitaram a CTNBio autorização para registro, semeadura, comercialização e consumo humano e animal, importação e descarte das sementes transgênicas (CTNBIO, 2025).

Foram identificados 135 diferentes eventos de semente geneticamente modificada e seus pareceres técnicos autorizando a liberação comercial. Alguns arquivos de documentos de pareceres técnicos e atas de audiências públicas estão corrompidos e indisponíveis no site (CTNBIO, 2025). As deliberações envolvem sete espécies de sementes transgênicas: trigo, soja, algodão, milho, feijão, eucalipto e cana-de-açúcar. Os eventos relacionados às sementes de milho são os mais requisitados à CTNBio para serem manuseados, cultivados e comercializados, seguido das sementes de algodão, soja, e pormenor, as sementes de feijão e de eucalipto (CTNBIO, 2025).

As alterações genéticas inseridas nas sementes, identificados em todos os pareceres técnicos, proporcionam tolerância a herbicidas e resistência a insetos, por meio de modificação obtida pela transformação pela técnica de biobalística (aceleração de partículas), ou por melhoramento genético realizado através de cruzamento sexual ou transformação mediada por bactéria (CTNBIO, 2025).

As empresas solicitantes realizam pesquisas científicas de acordo critérios determinados pela CTNBio, para comprovar que as sementes transgênicas não causarão danos ambientais nem riscos à saúde humana e animal, segundo art. 14 da Lei 11.105/05. Os resultados dos estudos realizados pelas empresas devem ser anexados ao processo de requerimento de liberação do transgênico, os quais são analisados pelos membros da Comissão.

Todas as solicitações submetidas à CTNBio foram deferidas, entendendo a maioria de seus membros que a semente modificada geneticamente em laboratório possui inocuidade a semente parental convencional, disponível na natureza, e que, por isso, não oferece novos riscos potenciais de degradação ambiental ou de efeitos deletérios a saúde humana e animal para além daqueles já conhecidos e registrados pelo histórico de uso seguro (CTNBIO, 2025).

Os estudos realizados em eventos de sementes de soja apresentados pelas requerentes em cada processo são aprovados com base no histórico de uso seguro em outros países, determinando o monitoramento pós-liberação comercial. A empresa Bayer S.A solicitou a liberação da soja Liberty Link (LL), modificada para conferir tolerância ao herbicida glufosinato de amônio pela capacidade do novo organismo em acumular o herbicida sem morrer. Segundo os estudos da empresa, é improvável que a ingestão desta soja cause efeitos adversos à saúde humana e apresenta baixa toxidade sobre pássaros, insetos, peixes, abelhas, com pouco risco de contaminação ambiental.

Entretanto, houve votos contrários. O especialista em Meio Ambiente, Dr. Leonardo Melgarejo, votou pelo indeferimento da solicitação, questionando o impacto do herbicida em

plantas medicinais e alertou para possíveis mutações cancerígenas (CTNBIO, 2010). O membro suplente da CTNBio, Dr. Paulo Brack, representante do Ministério do Desenvolvimento Agrário, advertiu sobre riscos de fluxo gênico e polinização cruzada. Destacou que o glufosinato de amônio não é biodegradável, podendo contaminar águas subterrâneas, e que os estudos sobre sua baixa toxidade carecem de fontes científicas rigorosas e independentes. Seguindo esse raciocínio, Barack afirma que uma posição de não distinção entre os OGMs e seus convencionais, tendo o PES como uma “verdade absoluta”, procedimento usado para beneficiar a contaminação ambiental, trazendo prejuízos econômicos e socioambientais para os agricultores que desejam manter a plantação de culturas tradicionais, não modificadas geneticamente (CTNBIO, 2010).

As empresas que solicitaram a liberação do algodão transgênico para uso na indústria têxtil, ração animal e óleo de semente de algodão para consumo humano, argumentaram que o melhoramento genético reduziria o uso de cerca de um milhão de litros de inseticidas no país a cada ano, além de elevar a produtividade e reduzir custos de produção (CTNBIO, 2008). Quanto a aplicação do PES, os relatórios apresentados pelos pareceristas da CTNBio apresentaram divergências neste aspecto, evidenciando a contradição de posicionamentos dentro de uma mesma subcomissão setorial. Foram várias as incongruências cometidas na instrução processual e pontadas pelos membros dos setores do Meio Ambiente e da Saúde Humana e Animal. Dentre as críticas, se questionou a respeito das diferenças entre as técnicas de melhoramento convencional e transgenia e de como a inserção de genes não nativos poderia ocasionar efeitos imprevisíveis. Outro aspecto considerado foi o potencial de toxicidade e alergenicidade das sementes transgênicas para animais e para o ser humano (CTNBIO, 2008).

A conclusão pela equivalência substancial do OGM constitui-se em pré-requisito para afirmações em torno da inocuidade destes organismos quando comparados aos convencionais. A ausência de estudos no relatório das empresas não permite avaliar a toxicidade direta do glifosato que penetra nos tecidos vegetais, sobre organismos não-mamíferos que dele se alimentam, quando esse OGM passa a ser utilizado sequencialmente durante vários anos (CTNBIO, 2005). Para os pareceristas, seria necessário um estudo de impacto ambiental, segundo as normas legais vigentes, para que a Comissão pudesse concluir que a utilização do algodão GM é seguro e proporciona benefícios para o agricultor e não há evidência de que seja potencialmente poluidor ou causador de significativa degradação ambiental (CTNBIO, 2008).

Embora a CTNBio destacasse as vantagens econômicas como o aumento da produtividade obtida com a redução do uso de herbicidas pela variedade, o OGM oferece uma vantagem ao menos comercial, pois é atrelada ao uso dos herbicidas e, portanto, a sua liberação incorre praticamente na obrigatoriedade do uso do agrotóxico. Nos estudos de avaliação de aspectos de segurança ao meio ambiente, as empresas conduziram experimentos alegando não haver alteração do comportamento agronômico e da adaptabilidade do OGM em comparação com a linhagem convencional, sem especificar locais, regiões, biomas, diversidade biológica das áreas testadas.

Para o feijão transgênico, organizações não governamentais de defesa de direitos sociais e ambientais como a Terra de Direitos e a Organização de Direitos Humanos

questionaram em audiência pública realizada em 17/05/2011 o risco de fluxo gênico para variedades não transgênicas de feijão e potenciais impactos socioambientais. O Dr. José Maria Ferraz, especialista em Meio Ambiente da CTNBio, votou contra a aprovação, argumentando que “os estudos realizados são precários, os dados fornecidos pela empresa são inconsistentes e os testes realizados em animais são insuficientes” (CTNBIO, 2011).

No caso da cana-de-açúcar transgênica, o membro Valério de Patta Pillar solicitou diligências para correção das deficiências nos experimentos de avaliação do risco ambiental, na ausência de testes estatísticos de avaliações dos efeitos do consumo por animais domésticos e por humanos. Segundo Pillar “*demonstra clara violação do princípio da precaução, que estabelece que quando houver ameaça de danos sérios ou irreversíveis, a ausência de absoluta certeza científica não deve ser utilizada*”. Mesmo diante da controvérsia, o parecer contrário foi totalmente ignorado e sequer chegou a ser debatido ou respondido (CTNBIO, 2017). Assim como, a CTNBio concluiu que o trigo transgênico é tão seguro quanto seus equivalentes convencionais, sem nenhuma ressalva pelos seus membros.

A CTNBio concedeu autorizações para as sementes de milho transgênicos, argumentando equivalência com variedades convencionais. Por este motivo, não considera essas atividades potencialmente causadoras de significativa degradação do meio ambiente ou de agravos à saúde humana e animal. Um relatório com comentários ao pedido de liberação comercial da Bayer, para o milho transgênico Liberty Link, resistente ao herbicida glufosinato de amônio, foi elaborado pelo Dr. Gabriel Bianconi Fernandes, integrante da Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa (AS-PTA), no qual alerta que “o conceito da equivalência substancial nunca foi adequadamente definido”, sendo “esta imprecisão o que torna o conceito tão útil à indústria, mas inaceitável aos consumidores”, funcionando “como uma barreira para a realização de pesquisas mais aprofundadas” (CTNBIO, 2007).

A liberação do milho T25 da Bayer S.A. foi contestada judicialmente por meio de Ação Civil Pública proposta pela Terra de Direitos, Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (IDEC) e pela Agricultura Familiar e Agroecologia, resultando em uma decisão inédita para o ordenamento jurídico brasileiro, na qual a autorização concedida pela CTNBio no Parecer Técnico nº 0987/2007 foi suspensa (CTNBIO, 2007). O magistrado entendeu pela suspensão da comercialização do milho transgênico até que houvesse a comprovação da segurança por estudos adequados realizados especificamente em algumas regiões do país (TRF4, 2007).

Diversos especialistas representantes do Meio Ambiente da Comissão, emitiram decisões contrárias. O Dr. Paulo Kageyama considerou que o local de inserção dos transgenes no genoma da planta não foi adequadamente especificado e alertou que as pesquisas apresentadas não atendem por completo as normativas da CTNBio. Além de considerar indispensável a realização de estudos de médio/longo prazo com animais alimentados com o milho transgênico em si, necessária uma avaliação de risco completa, tanto para a saúde humana e animal, assim como para o ambiente (CONSEA, 2013). O técnico Kageyama é enfático ao apontar diversas vezes que a CTNBio não poderia desprezar o Anexo III do Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança, em que determina a dependência da tomada de decisão à avaliação de risco. O Dr. Leonardo Melgarejo criticou as informações técnicas desatualizadas apresentadas pelas entidades e não levam em conta

as interações com o meio ambiente. Considera que os eventos piramidados merecem avaliação de risco completa, em coerência com o Princípio da Precaução (CONSEA, 2013). O membro Dr. Rubens Onofre Nodari afirma que a doutrina da equivalência substancial não tem amparo legal ou científico para ser concedida, insurgindo sobre a falta de atendimento de complementações de estudos solicitadas pela CTNBio e o uso parcial de literatura científica disponível (CONSEA, 2013).

A análise dos pareceres e votos da CTNBio sobre a liberação de sementes transgênicas revela uma omissão deliberada da Comissão, que ignora a exigência constitucional de estudos prévios de impacto ambiental considerando os biomas brasileiros. Mesmo com alertas de seus próprios membros especialistas em Meio Ambiente - que destacaram as falhas nas pesquisas apresentadas pelas empresas e cobraram investigações mais rigorosas -, esses riscos registrados nos votos desfavoráveis foram desconsiderados. O PES tem sido irrestritamente aplicado pela CTNBio para atestar a inocuidade dos transgênicos e afastar análises sobre possíveis danos a biodiversidade e à saúde humana e animal.

5 O PRINCÍPIO DA EQUIVALÊNCIA SUBSTANCIAL

O Princípio da Equivalência Substancial (PES) começou a ser invocado nos Estados Unidos (1992) e na Europa (1993) como mecanismo para validar cientificamente a aprovação dos organismos geneticamente modificados que já estavam sendo produzidos. Para tranquilizar os consumidores acerca dos riscos inerentes aos OGM, utilizou-se do argumento da equivalência em termos de nutrientes, vitaminas e proteínas, equiparando-o com a planta encontrada na natureza. Do ponto de vista da biotecnologia, não seria necessário realizar testes toxicológicos, o que poderia atrasar o acesso ao mercado e elevar os custos do produto (MILLÁN, 2010). A estruturação conceitual do princípio está na identificação de características do convencional natural, que, comparando com a composição do transgênico é possível concluir que essas plantas são substancialmente equivalentes, e dessa maneira, que esses novos OGMs não apresentariam mais riscos do que as convencionais (ZATERKA, 2019).

O critério da equivalência substancial foi adotado como modelo regulatório pelos Estados Unidos da América (EUA) - forma flexível -, e pela União Europeia (UE) voltada à liberação de produtos transgênicos e de forma mais rígida e precaucional por meio de mecanismos reguladores que restringem a sua adoção. Consolidados, esses dois modelos são utilizados pelas demais nações que, em decorrência de relações comerciais, tendem a seguir um modelo ou o outro (PIZELLA, SOUZA, 2016).

Nos Estados Unidos, a ‘Food and Drug Administration’ (FDA), agência do Departamento de Saúde e Serviços Humanos, órgão encarregado da regulamentação dos alimentos e produtos químicos, inicialmente advertiu para a imprevisibilidade da mudança que ocorre naturalmente nos organismos (FERMENT, 2011). A FDA estabeleceu como pré-requisitos para a avaliação de risco ambiental a elaboração de um resumo da avaliação nutricional e de segurança contendo informações suficientes para que os cientistas da agência entendam o desenvolvimento que a empresa seguiu na identificação e abordagem

de questões relevantes (FDA, 1996). Mas posteriormente, a FDA o controle para uma rápida e eficaz liberação interna, aumentando a competitividade entre as empresas detentoras da biotecnologia e monopolizando o controle dos mercados internacionais, o que evidencia a interferência direta da bioindústria no direcionamento das políticas envolvendo transgênicos (PIZZELA, SOUZA, 2016).

Exemplo disso, o tomate geneticamente modificado denominado “Flavor Savor Tomato”, produzido pela Calgene, foi submetido a uma regulação pela FDA. A modificação genética consistia em dar maior durabilidade ao fruto, sem alterar o sabor. Entretanto, durante períodos definidos na avaliação de risco, os consumidores relataram que o sabor não condizia com a realidade, divergindo do sabor natural do tomate (PIZZELA, SOUZA, 2016). Também, a FDA enviou uma carta para atribuindo à Monsanto a responsabilidade em assegurar que os alimentos comercializados pela empresa eram seguros (FERMENT, 2011).

Na União Europeia (UE), o conceito de equivalência substancial foi introduzido no Relatório da Organização, Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) em 1993 e passou a ser aplicado de forma rigorosa e precaucional. A OCDE concorda com a fundamentação do PES adotado pelos Estados Unidos, no que diz respeito a análise comparativa para tentar demonstrar que o produto modificado geneticamente não envolve riscos adversos adicionais ou que, em outras palavras, a respectivo produto transgênico não é pelo menos mais perigoso para a saúde humana e ambiente que seu parente tradicional, convencional ou não-transgênico. Entretanto, o modelo europeu considera que as variedades transgênicas diferem fundamentalmente convencionais, exigindo monitoramento específico dos riscos ambientais e avaliação caso a caso, devendo também atender aos potenciais efeitos cumulativos em longo prazo, associados à interação com outros OGM e com o ambiente (PIZELLA, SOUZA, 2016).

A União Europeia (EU) estabelece que a proteção da saúde humana e do ambiente impõe um exame atento do controle dos riscos resultantes da libertação deliberada no ambiente de OGM e que, em se tratando de meio-ambiente, deve basear-se no princípio de que devem ser tomadas medidas preventivas. Nesse sentido, possui uma legislação ambiental ancorada no Princípio da Precaução, assim como consta no preâmbulo da Lei de Biossegurança, que embasa as diretrizes de avaliação de risco que deve conter um panorama completo dos riscos ambientais, respostas adequadas de segurança e de emergência e, no caso de se tratar de produtos, instruções e condições precisas de utilização e a rotulagem e embalagem propostas.

Diferente da regulamentação adotada nos Estados Unidos em que a aplicação do PES é suficiente a inibir a realização de estudos independentes sobre os riscos envolvendo OGMs, a UE garante a realização de investigações independentes a ser assegurado pelos Estados-Membros que proverão os recursos necessários, devendo os investigadores independentes terem acesso a todo o material pertinente (EU, 2001). A UE é enfática ao determinar que sem a realização prévia de avaliação dos riscos, com resultados e testes de campo satisfatórios nas fases de investigação e desenvolvimento nos ecossistemas que possam ser afetados pela sua utilização, nenhum produto seja OGM ou derivado pode ser liberado comercialmente, pois a aprovação somente pode ser concedida pela autoridade

competente após ter obtido garantias de que a libertação não implicará riscos para a saúde humana e para o ambiente (EU, 2001).

As pesquisas independentes que encontram e divulgam resultados contrários à lógica econômica mundial no assunto da transgenia e de seus impactos, sofrem intensas repressões política e campanhas de desmoralização profissional. Somado ao afastamento da sociedade civil das decisões, que apenas pode se pronunciar durante o monitoramento posterior a liberação comercial, já atingida pelos efeitos do consumo do OGM, o PES é aplicado para evitar uma análise de risco complexa e rigorosa (FERMENT, 2011). Essas posições não podem ser admitidas como justificativa para obstrução de uma investigação científica independente sobre os riscos, tampouco servir como instrumento para normalização dos conflitos científicos (AYALA, 2009).

As diversas diretivas concernentes ao tema adotadas pela Comunidade Europeia definem um processo de avaliação cauteloso, preventivo, com critérios rígidos e menos tendenciosos aos interesses da bioindústria do que nos EUA, aliado ao fato de que o processo de análise de risco e monitoramento é altamente custoso para as empresas, ocasionou em poucas liberações de variedades de OGMs para liberação ao mercado na UE.

No Brasil, a Lei de Biossegurança não adota o PES, estabelecendo que os OGMs e deverão ser submetidos à análise da avaliação de risco, caso a caso (FERREIRA, 2008). Na legislação específica não se verifica qualquer menção ao PES. Contudo, a CTNBio dispõe sobre a matéria em duas de suas normativas internas (CTNBIO, 2020). A omissão da Lei específica abre precedente para que as resoluções normativas internas da Comissão sejam aplicadas no ordenamento jurídico sem fiscalização do órgão ou gestão dos riscos após a liberação dos OGMs.

É incongruente atribuir o sentido de equivalência como algo que tem o mesmo valor, o mesmo sentido, as mesmas semelhanças, no que se refere à composição química e molecular entre os produtos naturais e os modificados, já que foram planejadamente produzidos para não serem iguais (ZATERKA, 2019). Assim sendo, a equivalência substancial constitui um bom exemplo para ilustrar até que ponto a linguagem científica e técnica pode ser apropriada e maneira mais intencional ou estratégica, com o objetivo fundamental influenciar a mesma percepção social de produtos tecnocientíficos, como os próprios OGM.

Por isso, não haveria necessidade de formulação de normas e regulamento específico para tratar de assuntos relacionados aos OGMs (LARRIÓN, 2008). Segundo Fermente (2011) “a ausência de independência científica e de reavaliação por especialistas não ligados à empresa no processo de análise de risco têm, como consequência, inviabilizá-lo”.

Outra crítica direcionada aos diversos grupos e agências governamentais, apoiadores e seguidores do PES, que não estão preocupados com problemas estritamente tecnológicos e científicos, mas sim com os grandes benefícios econômicos que esses sistemas de avaliação de risco significariam e o impacto no setor industrial agroalimentar monopolizado, o que é evidenciado pelas divergências de práticas de avaliação dos possíveis riscos adversos baseadas no princípio de precaução defendido e adotado pela UE e afastado pelo EUA e pelo Brasil. A manutenção de princípio de equivalência substancial seria amplamente

motivada pela conveniência política e empresarial para impedir a implementação definitiva de medidas preventivas ou precaucionais (LARRIÓN, 2008).

Dessa forma, o termo da equivalência substancial como formulada até então é usada para embasar uma estratégia descontextualizada que não consegue abordar especificamente os efeitos possíveis dos OGMs na sua interação com as plantas, animais e com o meio ambiente e, por isso, não pode ser considerada científica, pois se tornou uma ferramenta conceitual para as empresas detentoras dessa tecnologia e pelos reguladores do governo, que legitimam a comercialização dos transgênicos sem limitar o tipo ou a quantidade de testes para os novos alimentos (ZATERKA, 2019).

O que se verificou na construção normativa do PES foi a definição de um discurso sobre os potenciais riscos envolvidos no uso da tecnologia no plano alimentar e ambiental que influenciou na forma como os processos normativos, políticos, sociais e econômicos, conjugados. O conceito de PES foi apropriado para propor relações diferenciadas entre ciência e sociedade, orientando Governos nas escolhas normativas regulamentares sobre os potenciais riscos e sua efetivação (AYALA, 2009). Nesta perspectiva, já que a controvérsia não é mais sobre a irrupção, a relevância do argumento da equivalência substancial está no eixo que molda o debate sobre a gestão dos organismos geneticamente modificados diante de tantas incertezas científicas. A comparação substancial, ao considerar os organismos transgênicos equivalentes aos organismos naturais, legitima um processo de análise de risco reducionista, possibilitando a flexibilização de normas que regulam as atividades envolvendo organismos geneticamente modificados.

6 CONCLUSÃO

A análise realizada evidencia que o Princípio da Equivalência Substancial é utilizado como recurso político dualístico para validar cientificamente a aprovação das sementes transgênicas, apesar de controvérsias científicas relevantes, evitando análises rigorosas sobre os potenciais riscos à saúde humana e animal e danos ao meio ambiente. O contraste entre o modelo regulatório flexível dos EUA e rigoroso da União Europeia reflete diferentes abordagens quanto à gestão de riscos. O Brasil, tem seguido uma abordagem reducionista que se aproxima do modelo americano, que é incompatível com a proposição de uma Constituição ambiental que tem o direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado como modelo de organização das decisões sobre riscos ambientalmente relevantes.

A CTNBio, como parte integrante do Poder Público, tem desconsiderado o Princípio da Precaução, norteador do direito ambiental, e não assegura o direito fundamental ao meio ambiente sadio, sendo omissa na identificação de atividades potencialmente degradantes relacionadas aos OGMs. A Comissão é conivente com gestão irresponsável dos riscos ao não exigir o estudo prévio de impacto ambiental sobre a coexistência dessas sementes transgênicas com a natureza. Embora seus membros reconheçam a existência dos riscos, são ignorados em detrimento de benefícios socioeconômicos.

O PES se consolidou como garantia de que os OGMs não oferecem potenciais riscos previsíveis com base em experiências anteriores, permitindo a flexibilização de normas e

justificando omissões regulatórias em países que adotam esse princípio. Portanto, o direito deve atuar para evitar a materialização de riscos e a degradação de ecossistemas, além de garantir efetiva proteção do meio ambiente, dever constitucionalmente atribuído ao Estado e à coletividade, desenvolvendo novos parâmetros jurídicos de sustentabilidade.

7 REFERÊNCIAS

ABRASCO. **Dossiê 2015**. Disponível em: <https://storage.googleapis.com/planet4-brasil-stateless/2018/07/DossieAbrasco_2015_web.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2025.

ATAPATTU, Sumudu A. **Emerging principles of international environmental law.** New York: Transnational Publishers Inc., U.S. 2006.

AYALA, Patryck de Araújo**. Deveres de Proteção e o Direito Fundamental a Ser Protegido em face dos Riscos de Alimentos Transgênicos.** 2009. Tese (Doutorado em Direito). – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

BAYER. **Transgênicos**. 2024. Disponível em: <https://www.bayer.com.br/pt/transgenicos>. Acesso em: 9 abr. 2025.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Brasília, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm> Acesso em: 9 abr. 2025. Art. 225.

BRASIL. **Convenção Sobre Diversidade Biológica – CDB**. Brasília, 1998. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1998/anexos/and2519-98.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 5.705, de 16 de fevereiro de 2006.** Brasília, 2006). Promulga o Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança da Convenção sobre Diversidade Biológica. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/decreto/d5705.htm>. Acesso em: 9 abr. 2025.

BRASIL. **Lei Nacional de Biossegurança nº 11.105/2005.** Brasília, 2005. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11105.htm>. Acesso em: 9 abr. 2025.

BRASIL. **Resolução Normativa Nº 24, de 07 de janeiro de 2020**. Disponível em: .<http://ctnbio.mctic.gov.br/resolucoes-normativas>. Acesso em: 9 abr. 2025. Anexo III, inc. 2

CONSEA. **Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional**. BRASIL. Planalto. 2013. Disponível em: <https://encurtador.com.br/yhtvi>. Acesso em: 9 abr. 2025.

CTNBIO. Comissão técnica Nacional de Biossegurança. **Liberações Comerciais**. Brasília, 2025. Disponível em <https://shre.ink/Mgzt>. Acesso em: 9 abr. 2025.

CTNBIO. Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. **Liberações Comerciais – Semente de Milho T25**. Parecer Técnico nº 0987 – 2007. Brasília, DF, 2007. Disponível em <https://encurtador.com.br/cSBiR>. Acesso em: 9 abr. 2025.

CTNBio. Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. **Liberações Comerciais – Semente de Soja**. Parecer Técnico n. 2273/2010. Brasília, DF. Disponível em <https://encurtador.com.br/pjIV7>. Acesso em: 9 abr. 2025.

CTNBio. Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. **Liberações Comerciais – Semente de Algodão**. Parecer Técnico 1598/2008. Brasília, DF. Disponível em <https://shre.ink/MgyR>. Acesso em: 9 abr. 2025.

CTNBio. Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. **Liberações Comerciais – Semente de Algodão**. Parecer Técnico 513/2005. Brasília, DF. Disponível em <https://shre.ink/MgyR>. Acesso em: 9 abr. 2025.

CTNBio. Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. **Liberações Comerciais – Semente de Milho**. Parecer Técnico nº 0987/2007. Brasília, DF. 2007. Disponível em <https://encurtador.com.br/rOriu>. Acesso em: 9 abr. 2025.

CTNBIO. Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. **Liberações Comerciais – Semente de Cana-de-Açúcar**. Parecer Técnico nº 5483/2017. Brasília, DF. 2017. Disponível em < https://encurtador.com.br/Q81KN>. Acesso em: 9 abr. 2025.

EU. European and Parlament Council. Directive 2001/18/EC. **On the deliberate release into the environment of genetically modified organisms**. 2001. *Official Journal of The European Union,* L 106(1), 2001. Disponível em: .<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32001L0018&from=EN>. Acesso em: 9 abr. 2025.

FDA. Carta de Alan M. Rulis, **Office of Premarket Approval, Center for Food Safety and Applied Nutrition**, FDA, para Dr. Kent Croon, Regulatory Affairs Manager, Monsanto Company, Sept. 25, 1996. Disponível em: .< https://encurtador.com.br/uURK6>. Acesso em: 9 abr. 2025.

FDA. **Statement of policy**: foods derived from new plant varieties. Federal Register, v. 57, n. 104, p. 22991, 29 maio 1992. Disponível em: <https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/statement-policy-foods-derived-new-plant-varieties>. Acesso em: 9 abr. 2025..

FERMENT, G. **Análise de risco das plantas transgênicas**: princípio da precaução ou precipitação? In: ZANODI, M.; FERMENT, G. (Org.) Transgênicos para quem? Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2011.

FERREIRA, Heline Sivini. **A biossegurança dos organismos transgênicos no direito ambiental brasileiro**: uma análise fundamentada na teoria da sociedade de risco. 2008. Tese (Doutorado em Direito) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

FERREIRA, Heline Sivini; LEITE, José Rubens Morato. **A expressão dos objetivos do estado de direito ambiental na constituição federal de 1988**. In: COUTINHO, Ronaldo; AHMED, Flávio. Cidade, direito e meio ambiente: perspectivas críticas. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2011.

FONSECA, Carla Jamila Silva. **Risco e responsabilidade da biotecnologia moderna no Protocolo de Cartagena:** uma análise normativa da biossegurança em Cabo Verde/Carla Jamila Silva Fonseca; orientador, Rogério Silva Portanova - Florianópolis, SC, 2013.

MEIO AMBIENTE. **Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento.** Brasília, 2009. Disponível em:< https://www.mpf.mp.br/sc/municipios/itajai/gerco/volume-v >. Acesso em: 9 abr. 2025.

MILLÁN, Victor Godoi. **El principio de equivalencia sustancial de los transgénicos**: El caso del discurso de legitimación de los OGM en Portugal. Instituto de Ciencias Sociales – Universidad de Lisboa. 2010. Disponível em: .<http://www.fes-sociologia.com/files/congress/10/grupos-trabajo/ponencias/469.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2025.

MILLÁN, Victor Godoi. **TRANSGÉNICOS**: MODELO DE BIOCAPITAL GLOBAL. 2012. Disponível em: <https://encurtador.com.br/vOnGQ>. Acesso em: 9 abr. 2025.

NODARI, Rubens Onofre. Ciência Precaucionária como Alternativa ao Reducionismo Científico Aplicado à Biologia Molecular. **Transgênicos para quem?** Agricultura, Ciência e Sociedade/ Magda Zanoni; Gilles Ferment (orgs.); Brasília; MDA, 2011.

NODARI, Rubens Onofre; GUERRA, Miguel Pedro. **Avaliação de riscos ambientais de plantas transgênicas.** Cadernos de Ciência & Tecnologia, v.18, n.1, p.81-116, 2001.

PIZELLA, Denise Gallo; SOUZA, Marcedlo Pereira de. **Regulação de OGMs no Brasil**: aproximações com o modelo da União Europeia ou dos EUA? Faculdade de Filosofia, Ciências e Letra, Universidade de São Paulo (USP), Ribeirão Preto, SP, Brasil. Vol. 39, dezembro 2016. DOI: 10.5380/dma.v39i0.46306.

TRF4. Tribunal Regional Federal da 4ª Região. **Jurisprudência**. Ação Civil Pública nº 0015712-86.2007.4.04.7000. Porto Alegre, RS. Disponível em: <http://jurisprudencia.trf4.jus.br/pesquisa/pesquisa.php?tipo=1>. Acesso em: 9 abr. 2025.

ZATERKA, Luciana. **Transgênicos e o princípio de equivalência substancial**. Estudos Avançados, São Paulo, vol. 33, n. 95, jan./abr. 2019.

MENSURAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO RISCO DE DESASTRE SANITÁRIO: A COVID-19 NA REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS, SP – BRASIL

MEASURING EXPOSURE TO HEALTH DISASTER RISK: COVID-19 IN THE METROPOLITAN REGION OF CAMPINAS, SP – BRAZIL

Jhonathan Lima de Souza[1], Aline Pascoalino[2]
1 Ppg- Geografia - Unicamp, j234501@dac.unicamp.br
2 Ppg- Geografia - Unicamp, apascoal@unicamp.br

RESUMO

O objetivo deste artigo é apresentar uma proposta metodológica de mensuração da exposição ao risco de desastre sanitário, a partir do caso da Covid-19 como contexto para a mensuração ao risco de desastre, com aplicação para a Região Metropolitana de Campinas/SP. Esta proposta metodológica foi sistematizada nos seguintes procedimentos: a) propõe-se três indicadores para o índice de exposição – incidência, letalidade e mortalidade; b) foram atribuídos pesos justificados a partir de Análise Hierárquica de Processos – AHP; c) classificação dos valores finais; e d) mapeamento para cada indicador por município. Os resultados demonstraram maior incidência para os municípios mais distantes de Campinas. Para a mortalidade, Campinas, Americana e Hortolândia tiveram taxas mais elevadas; enquanto para a letalidade Americana teve os valores mais expressivos. De acordo com o Índice de Exposição, municípios limítrofes com Campinas tiveram qualificação média a muito baixa, enquanto municípios ao norte e a sul tiveram valores mais elevados.
Palavras-Chave: riscos e desastres; saúde pública; índice de exposição

ABSTRACT

The objective of this article is to presente a methodological proposal for measuring exposure to health disaster risk, based on the case of Covid-19 as a contexto for mesuring disaster risk, with application to the Metropolitan Region of Campinas/SP. This methodological proposal was systematized in the following procedures: a) three indicators were proposed for the exposure index – incidence, lethality and mortality; b) justified weights were assigned based on Hierarchical Process Analysis – AHP; c) classification of the final values; and d) mapping for each indicator by municipality. The results showed a higher incidence for the municipalities furthest from Campinas. For mortality, Campinas, Americana and Hortolândia had the highest rates; while for lethality, Americana had the most expressive values. According to the Exposure Index, municipalities bordering Campinas had médium to very low qualification, while municipalities to the north and South had higher values.
Keywords: risks and disasters; public health; exposure index

1 INTRODUÇÃO

No Brasil é muito complicado, para não dizer difícil, fazer gestão de riscos de desastres, sobretudo no quesito da saúde coletiva, haja vista a condução das ações de proteção e defesa civil na crise sanitária da Covid-19. Nesse sentido, isso é o resultado da ausência de planos preventivos e de contingenciamento como previstos na Lei 12.608 de 2012, em Brasil (2012), sobretudo no que tange às metodologias de aferição de cenários em tempo real, o que possibilitaria a tomada de decisão dos gestores de forma mais rápida e assertiva visando salvar vidas.

É de notório e público saber o quão a crise sanitária da Covid-19 foi traumática para o Brasil. A última pandemia havia sido a do vírus H1N1, e o fator surpresa atrelado à falta de previsibilidade agravou ainda mais o cenário de desastre, resultando a perda de inúmeras vidas, passando da casa dos 710 mil óbitos, resultante que colocou o país como um dos mais afetados proporcionalmente (BRASIL, 2025).

Nos discursos propagados pelos telejornais e até mesmo por agentes públicos da área da saúde, era vendida a ideia forjada por Sloterdijk (1999), que todos estariam “no mesmo barco”, trazendo um sendo de democratização da patologia em voga. Todavia, hoje com os dados cristalinos, é evidente que não somente em termos individuais do cidadão, mas também da gestão dos municípios, o lidar com a crise foi diferente. Isso porque cada um adotou seriedade e posturas políticas diferentes no trato com a problemática (MANDETTA, 2020; RODRIGUES e COSTA, 2022).

Nos dias atuais, após o desastre sanitário, é preciso refletir racionalmente e perceber as lacunas e erros que foram cometidos no período. Neste exercício, é possível notar que houve sim uma vulnerabilidade institucional, sendo essa a limitação das instituições legais em tomarem decisões em prol da redução de riscos de desastres; e essa vulnerabilidade - em um contexto de desigualdades sociais abissais no Brasil - corroborou para uma crise de relevo sindêmico, ou seja, uma sindemia sendo a correlação de agravos patológicos viabilizados por condições de ordem da desigualdade social (WILCHES-CHAUX,1993; SINGER, 1996; 2009).

Pensando nisso, embora o Brasil tenha uma Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (BRASIL, 2012), no texto em si, não há menção sobre como a Defesa Civil, como órgão coordenador das crises desastrosas, deva proceder diante de situações como as que se concretizaram no decorrer da expansão da Covid-19 no território nacional. Assim, perpetuam-se ações voltadas para o gerenciamento do desastre e não da gestão do risco.

Ao pensar nessa lacuna da legislação de Proteção e Defesa Civil, para com os temas de desastres na saúde coletiva, emerge a necessidade da criação de meios que corroborem com a formulação de planos preventivos e planos de ações emergenciais, contudo, o grande desafio é criar as estruturas de mobilização inicial destas ações. Nesse contexto, o estudo de Birkmann (2013) acerca da formulação do índice mundial de riscos, propõe um modelo metodológico pautado nos riscos naturais na escala global, e a sua metodologia foi adaptada por Almeida; Welle e Birkmann (2016) nos Indicadores de Riscos de Desastres do Brasil, trazendo para uma escala regional, com a adaptação de novos indicadores. Entretanto contemplando apenas as ameaças naturais, onde os eventos de saúde ficaram de foram. Daí surge a necessidade de mais uma vez a metodologia ser adaptada, porém para a saúde coletiva.

Diante do problema exposto, elaborar uma outra possibilidade de metodologia requer o embasamento de metodologias bem sucedidas em aplicação, mas também apresenta o desafio de sistematizar outros elementos e variáveis que possam explicar o problema em questão, e isso pode ocorrer através da investigação de indicadores. Diante do exposto, o desafio central deste estudo apoia-se na premissa destacada por Jannuzzi (2004), que salienta que os dados que representam um fenômeno ao serem transformados de qualitativos para quantitativos passam a ser indicadores e, para sintetizar ou agrupar essas informações, se faz necessária a confecção de índices para verificar eventos momentâneos e tendências.

No caso da Covid-19, por ser uma patologia de alta transmissão, existe uma grande possibilidade dos dados de contaminações mudarem a todo instante, sobretudo nas variáveis epidemiológicas principais, tais como incidência, letalidade e mortalidade (MICHELON, 2021). Ao notar essa variação temporal e espacial de um agente potencialmente ameaçador, como o Sars-Cov2, requer saber o grau de exposição da população nas cidades, deixando claro que a exposição se trata da condição em que uma população está na presença materializada da ameaça no local, no sentido de ter um diagnóstico no momento da crise, mas também de usar a metodologia para prognósticos e desdobramentos da sindemia (ALMEIDA; WELLE e BIRKMANN, 2016).

Visando auxiliar os órgãos de Proteção e Defesa Civil, com ferramentas complementares de ajuda na coordenação das ações integradas com os demais órgãos, o objetivo desse trabalho é propor um ensaio metodológico de mensuração da exposição ao risco de desastre sanitário, considerando o caso da Covid-19, através da confecção de um Índice de Exposição à Covid-19 na Região Metropolitana de Campinas, SP.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nos procedimentos teóricos foi adotada a teoria dos riscos com os autores Beck (2011) e Veyret (2007), condutores da base para a construção da problemática, considerando sobretudo os conceitos de vulnerabilidade e de exposição, propostos por Birkmann (2013) abordados na confecção do Índice Mundial de Risco - IMR.

O IMR, aborda que o risco sendo também um produto da exposição em si, detém indicadores que pontuaram com pesos, para a formulação do Índice de Exposição à Covid-19. Como o objetivo aqui é abordar apenas a exposição, foi considerado apenas os indicadores de incidência; mortalidade e letalidade, os quais foram adaptados a partir da metodologia do IMR, que abordava questões de ordem socioambiental, e que aqui ganha a conotação no campo da saúde coletiva.

Considerando que o índice de exposição aqui proposto tenha três indicadores: incidência, letalidade e mortalidade, cada um terá o valor 1,0 cada indicador deve ter um peso, cujo os três somados dará o valor de 1,0. Esse valor é da adaptação do trabalho de Birkmann e Almeida (2013) e Welle e Birkmann (2016), porém com pesos justificados a partir do método de Análise Hierárquica de Processos – AHP de Saaty (1990), e considerando a importância de cada indicador dentro do contexto da crise, com base no relatório final da Comissão Parlamentar de Inquérito, CPI da Pandemia do Senado Federal (2021), portanto, a partir desta base, através do AHP, que foram ponderados os pesos.

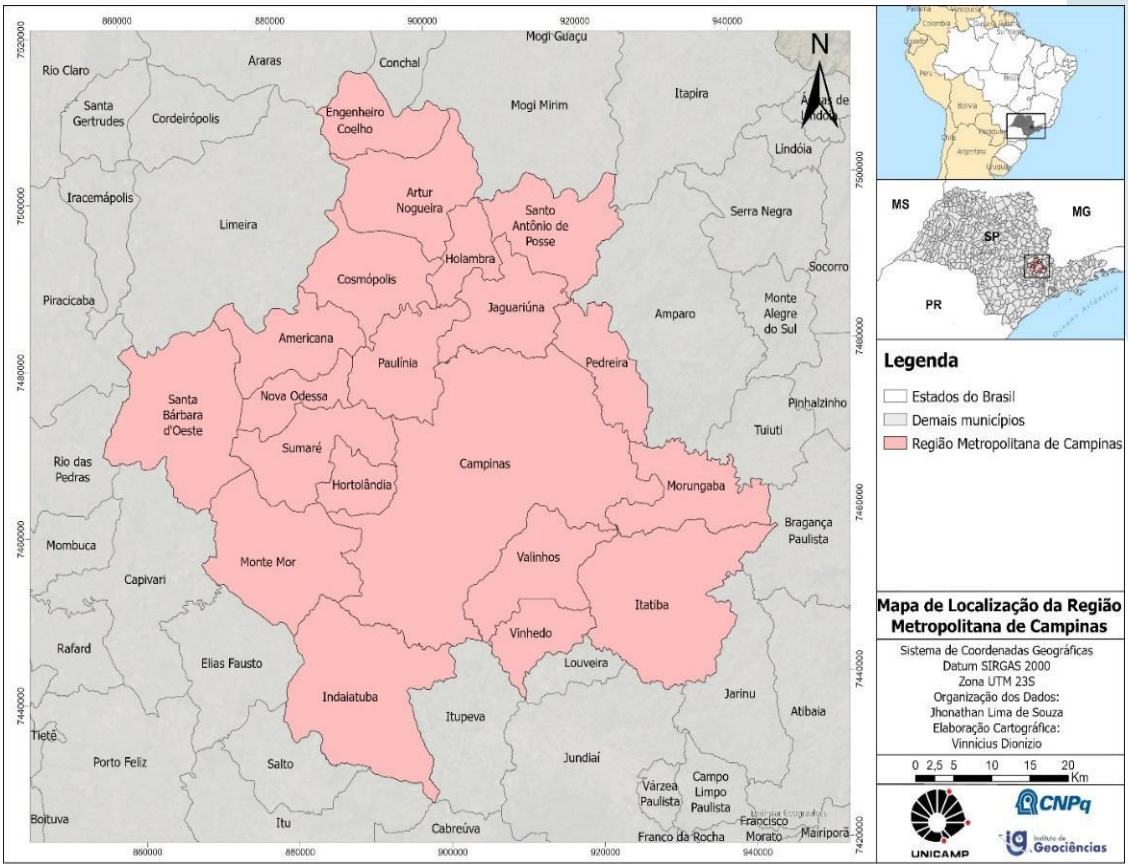
Dentro do método AHP, há alguns processos a serem realizados até chegar aos dados finais. Saaty (1990), considera as seguintes questões antes da atribuição dos pesos nos indicadores, destacando-se a importância do indicador dentro do agrupamento e dentro do objetivo central. Para isso, o autor sugere uma escala de importância do indicador, variando de 1 a 3, sendo o 1 de igual importância e o 9 extremamente importante, os valores pares são considerados intermediários.

Assim, os indicadores foram colocados em uma matriz para ser feito o julgamento par a par; na sequência é realizada a soma dos pesos, para se chegar no Lambda Max, com a finalidade de achar o índice de consistência que será dividido pelo índice randômico fornecido pelo autor, o que gerará a razão de consistência, a fim de atestar a veracidade dos pesos.

Dessa forma, após todos os processos com o AHP, os resultados dos pesos foram: Peso incidência = 0,620; Peso letalidade = 0,224; Peso mortalidade = 0,156; cuja consistência dos dados foi de 0,094, sendo menor que 1,000/1,0. Estando, portanto, dentro do limite estabelecido pela metodologia utilizada.

Na sequência, foi escolhida como área de estudo a Região Metropolitana de Campinas, por sediar a Universidade Estadual de Campinas, que dentro dos objetivos institucionais de extensão remete a prover estudos para a comunidade. Assim, os 20 municípios: Americana; Artur Nogueira; Campinas; Cosmópolis; Engenheiro Coelho; Holambra; Hortolândia; Indaiatuba; Itatiba; Jaguariúna; Monte Mor; Morungaba; Nova Odessa; Paulínia; Santa Bárbara d'Oeste; Santo Antônio de Posse; Sumaré; Valinhos e Vinhedo, como evidenciado na figura 1.

Figura 1 – Municípios da Região Metropolitana de Campinas.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Os dados de cada indicador foram obtidos através do Painel Covid do Ministério da Saúde (2025), cujos dados estão agrupados por médias de 3 períodos diferentes, de 06 de abril de 2020 a 02 de novembro de 2020; de 09 de novembro de 2020 a 08 de fevereiro de 2021 e de 15 de fevereiro de 2021 a 05 de julho de 2021. Esses intervalos correspondem aos três grandes picos de infecção no país, chamados também de ondas.

As médias de incidência, mortalidade e letalidade foram feitas considerando a metodologia epidemiológica de Fletcher Robert e Fletcher Suzanne (2006), no que tange aos cálculos de cada indicador dividido pelo número total da população multiplicado por cem mil.

Já de posse desses dados, para cada indicador, foi realizado o cálculo, considerando uma adaptação estatística do trabalho de Macedo; Souza e Troleis (2024), onde a equação final apresenta-se por Exposição = (dado incidência * peso) + (dado letalidade * peso) + (dado mortalidade * peso) / (soma dos pesos de incidência, letalidade e mortalidade).

A etapa seguinte foi normalizar os valores para cada um dos municípios, considerando o intervalo de classes por meio do método arbitrário, visto que de acordo com Ferreira (2014) os valores podem ser divididos igualmente, tendo intervalos dentro de cada classe. Para isso, foi usado o método de Strurges (1926), através da equação: K = 1+3,33 * Log (n). Sendo K o número de classes e (n) o número de municípios em estudo. Assim, K = 5,34, onde arredondando para 5 classes.

Para chegar ao valor de cada classe pegou-se o maior valor do dado e diminuiu pelo menor valor, assim achando a amplitude do intervalo. O valor do resultado foi somado a cada um dos resultados dos municípios. Desse modo, o número identificador de cada intervalo de classe (1 a 5), teve como base a padronização do IMR e organizou-se da seguinte forma: muito baixa; baixa; média; alta; muito alta. De posse dessas informações, foram importadas para o ArcGis e através da álgebra de mapas, foram gerados os mapas temáticos para melhor leitura dos resultados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a aplicação das médias de cada um dos indicadores para o período amostral em estudo, foram obtidos os valores médios referentes às taxas de incidência, letalidade e mortalidade, como previstos no quadro 1 (em amarelo), e como resultado final, após a aplicação das ponderações estatísticas, é apresentado em vermelho o índice de exposição à Covid-19 na Região Metropolitana de Campinas.

Quadro 1 – Síntese dos resultados em números.

Município	Incidência	Mortalidade	Letalidade	Índice de Exposição à Covid-19 na RMC
Americana	169,46	4,83	5,65	107,03
Artur Nogueira	338,47	0,11	2,49	210,26
Campinas	141,71	5,41	3,68	89,64
Cosmópolis	364,15	0,11	2,15	226,14
Engenheiro Coelho	495,49	0,15	2,20	307,58
Holambra	496,92	0,04	0,70	308,21
Hortolândia	158,24	4,87	2,52	99,59
Indaiatuba	143,66	2,98	3,72	90,31
Itatiba	160,73	2,22	1,41	100,37
Jaguariúna	342,63	0,10	2,16	212,79
Monte Mor	379,17	0,11	2,04	235,43
Morungaba	232,35	0,07	2,01	144,39
Nova Odessa	419,37	0,17	3,30	260,56
Paulínia	218,18	3,90	1,54	136,39
Pedreira	300,05	0,05	1,44	186,27
Santa Barbára d'Oeste	178,03	5,93	3,05	112,18
Santo Antônio de Posse	490,56	0,46	0,91	304,39
Sumaré	151,30	4,28	3,00	95,23
Valinhos	184,84	4,36	2,86	116,03
Vinhedo	481,79	0,25	1,72	299,04

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

No quadro 2, são apresentadas as classes com os valores dos intervalos, seguidos da qualificação do dado apresentado, dentro dos critérios de relevância. Na sequência, a partir da cartografia temática será possível visualizar como esse fenômeno estatístico se comporta espacialmente.

Quadro 2 – Elementos balizadores para a qualificação espacial dos dados.

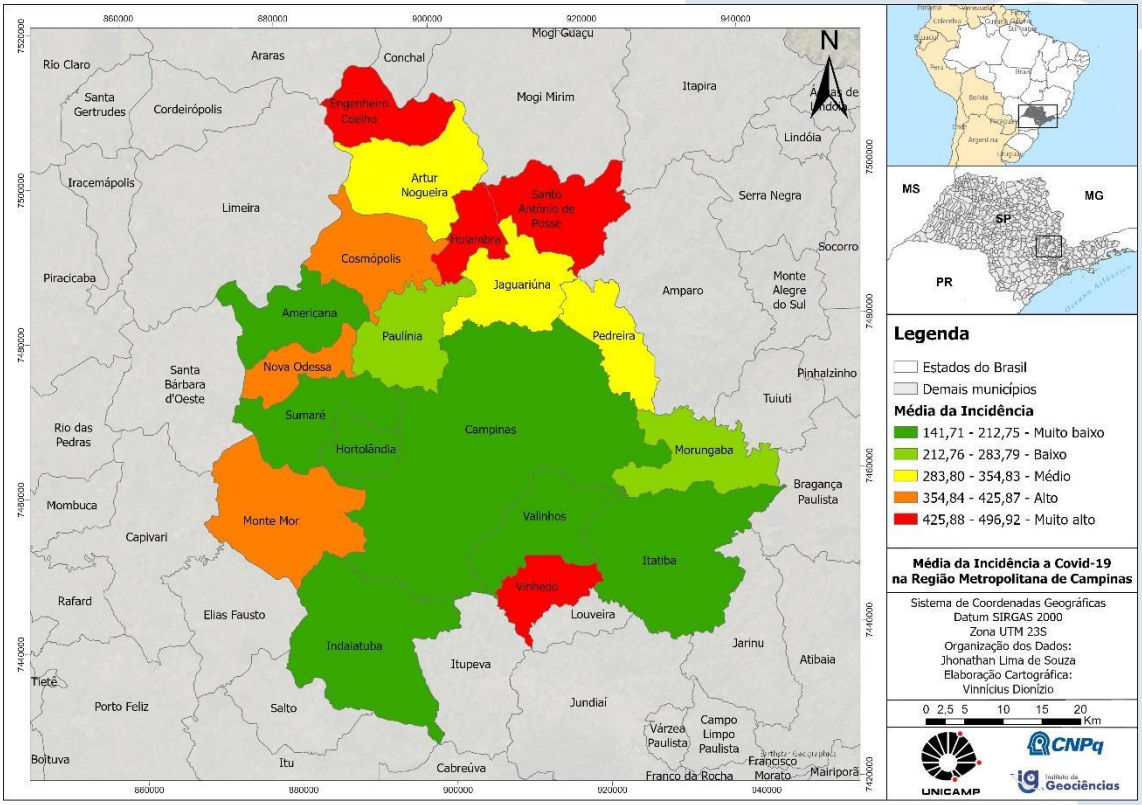
INCIDÊNCIA			MORTALIDADE		
Classe	Intervalo	Qualificação	Classe	Intervalo	Qualificação
1	141,71 - 212,75	Muito Baixo	1	0,04 - 1,22	Muito Baixo
2	212,76 - 283,79	Baixo	2	1,23 - 2,40	Baixo
3	283,80 - 354,83	Médio	3	2,41 - 3,58	Médio
4	354,84 - 425,87	Alto	4	3,59 - 4,76	Alto
5	425,88 - 496,92	Muito Alto	5	4,77 - 5,93	Muito Alto
LETALIDADE			**ÍNDICE DE EXPOSIÇÃO**		
Classe	Intervalo	Qualificação	Classe	Intervalo	Qualificação
1	0,70 - 1,69	Muito Baixo	1	89,64 - 133,35	Muito Baixo
2	1,70 - 2,68	Baixo	2	133,36 - 177,06	Baixo
3	2,69 - 3,67	Médio	3	177,07 - 220,77	Médio
4	3,68 - 4,66	Alto	4	220,78 - 264,48	Alto
5	4,67 - 5,65	Muito Alto	5	264,49 - 308,21	Muito Alto

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Do ponto de vista espacial, há de se notar que as taxas de incidência correspondentes à metodologia empregada, denotam claramente que os municípios que fazem limite com Campinas, se sobressaíram positivamente neste quesito, estando dentro da qualificação muito baixo para a incidência, onde os números mais detalhados podem ser consultados no quadro 1. Em contrapartida, os municípios mais periféricos, que se localizam nas bordas da região metropolitana passaram a ter uma qualificação muito alta no tocante à incidência. Nesse caso, os maiores valores estão concentrados em Holambra e Santo Antônio de Posse, e os menores são Campinas e Indaiatuba.

No caso de uma crise sanitária como a da Covid-19, encarada como uma sindemia, não seria prudente apenas atribuir ao quesito populacional que amortece no cálculo estatístico epidemiológico, como um fator determinante para a apresentação desse comportamento espacial dos dados. Porém, o fato é que como centralidade da região metropolitana, Campinas possui capacidade satélite de influenciar no comportamento dos municípios por ela polarizados. Tais evidências podem ser notadas na figura 2 a seguir.

Figura 2 – Média da incidência no período em análise.

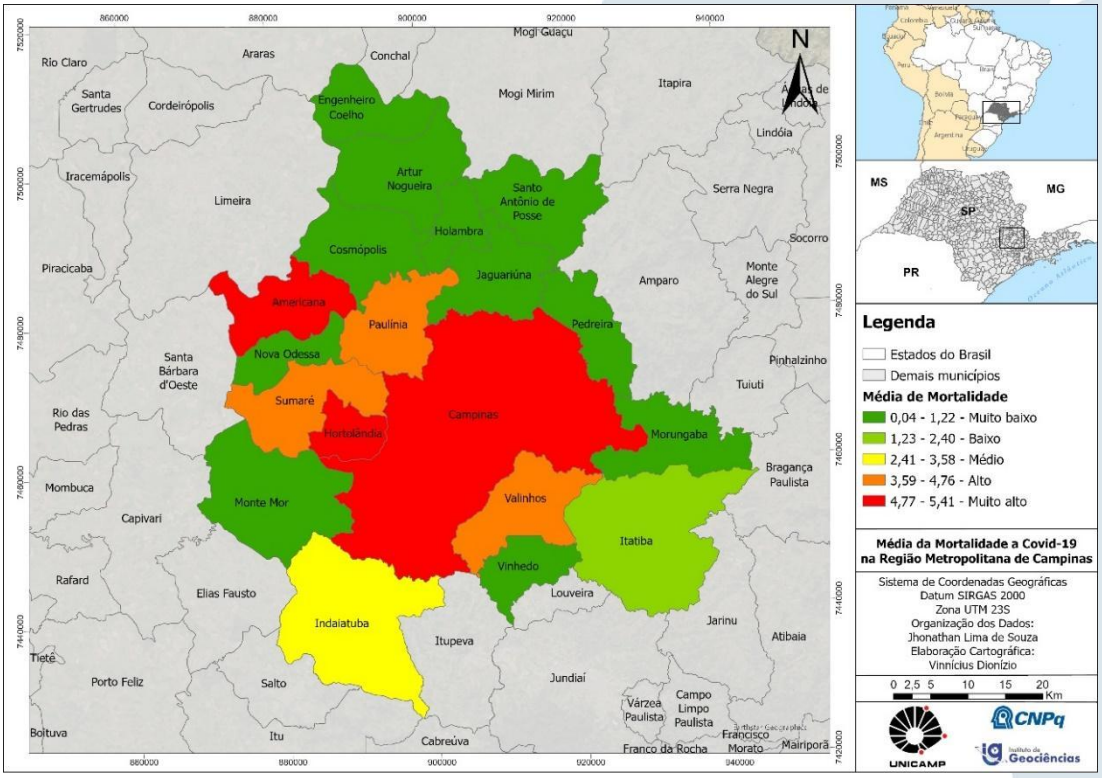


Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Em contraponto com a incidência, os resultados mostram que no caso da mortalidade Campinas se destaca como palco central dos principais dados sobre esse quesito, como pode ser atestado numericamente do quadro 1, e espacialmente na figura 3. Destaca-se também o papel de Hortolândia, seguido por Americana como municípios que apresentaram a qualificação metodológica (quadro 2) de muito alto para casos de mortalidade.

Os municípios marginais da região metropolitana, em especial os ao norte, apresentam resultados de qualificação muito baixos para mortalidade, onde apenas ao sul Indaiatuba se coloca na posição média.

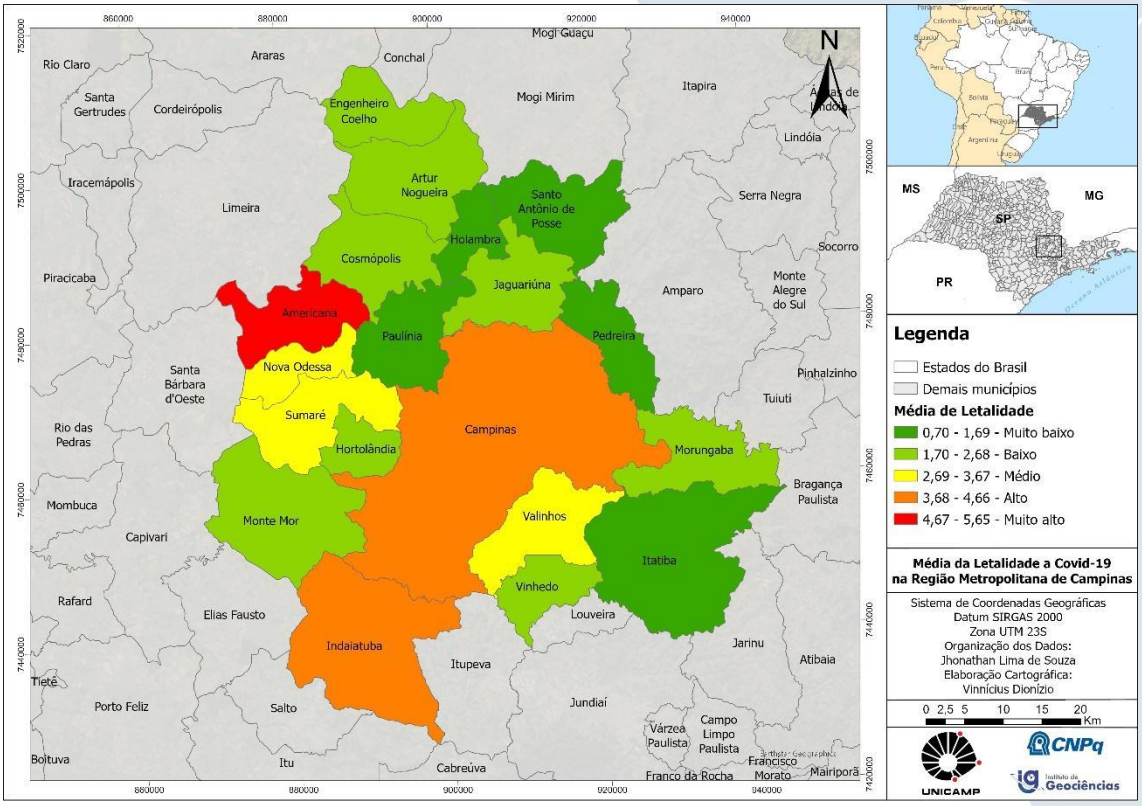
Figura 3 – Média da mortalidade no período em análise.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

No quesito letalidade, os dados apresentam uma surpresa incomum, a qual apenas Americana apresentou os valores mais expressivos (5,65), estando na categoria de muito alto. Enquanto a grande maioria dos municípios da região apresentaram comportamento de muito baixo e baixo, sobretudo os que ficam ao norte de Campinas. Tais fatos podem ser examinados na figura 4 a seguir.

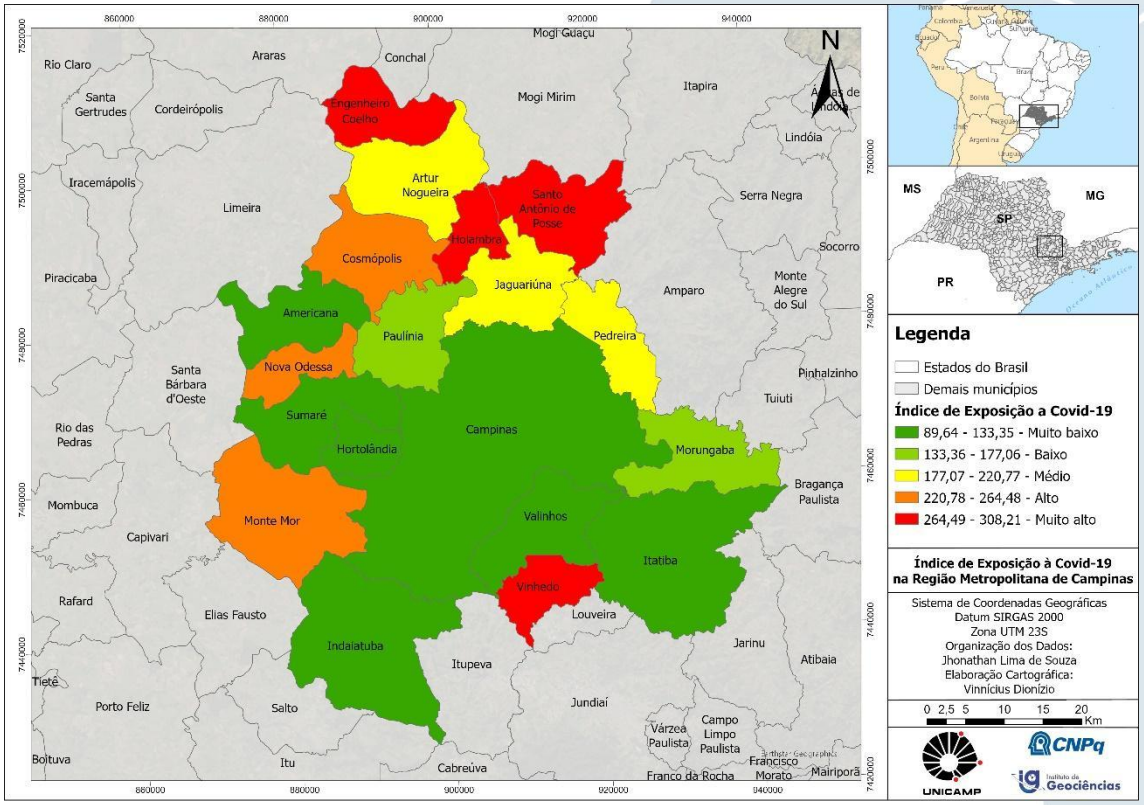
Figura 4 – Média de letalidade no período analisado.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A grande surpresa nesta metodologia em discussão, foi que o produto final, ou seja, o Índice de exposição à Covid-19 para a Região Metropolitana de Campinas, apresentou resultados inesperados. O qual a grande maioria dos municípios centrais que margeiam Campinas mostram resultados melhores variando da qualificação média a muito baixo. É possível levantar a hipótese que esses municípios de alguma forma, se aproveitam da infraestrutura e influência de Campina sobre seus territórios. Em contrapartida, municípios ao norte da região Como Santo Antônio de Posse; Engenheiro Coelho e Holambra, denotaram valores na casa do muito alto para exposição, mas o destaque está ao sul, Vinhedo apresentou o maior valor dentre os que qualificaram como muito alto. A figura 5 a seguir mostra esse comportamento espacial.

Figura 5 – Índice de Exposição à Covid-19 na RMC.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Portanto, os resultados apontam para um diagnóstico espacial a partir da metodologia proposta, por meio da leitura momentânea de três indicadores epidemiológicos em períodos diferentes. Os dados revelam que em quesitos espacial e populacional, municípios menores apresentaram qualificações muito altas, enquanto Campinas com maior população apresentou em alguns momentos traços de muito baixo e baixo. Evidentemente, que para explicar a relação da patologia com a sociedade se faz necessário novas investigações no campo da vulnerabilidade com o agrupamento de novos indicadores, a fim de compreender a dinâmica social atrelada ao agente patogênico, visto que aqui foi investigado a materialidade da ameaça no território. Porém, essa proposta metodológica pode ser um passo inicial para entender o comportamento espacial de crises sanitárias dentro do contexto da teoria dos riscos e da gestão de riscos e gerenciamento de desastres.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de sistematização sequencial dos procedimentos metodológicos para a aplicação do Índice de Exposição à Covid-19 na Região Metropolitana de Campinas, mostrou-se eficiente ao propiciar resultados que trouxeram informações individualizadas de cada município componente da região metropolitana em análise, mas também, dos efeitos da articulação destas em virtude da polarização exercida pelo município sede da região, no caso

Campinas.

Ao articular três indicadores específicos ao problema do estudo – incidência, letalidade e mortalidade, o Índice de Exposição à Covid-19 incorpora em sua quantificação danos e impactos do cenário sanitário experienciado, constituindo uma ferramenta de apoio diretivo para a análise qualitativa dos graus diversos dos impactos que decorreram sobre os municípios da RMC, de modo a trazer uma base única à região e que possibilita comparações pertinentes para pensar políticas publicas na área da saúde, mais condizentes à heterogeneidade existente no interior desta região. O mapeamento para cada indicador por município, resulta informações que podem ainda ser articuladas a outros bancos de dados referentes à outras variáveis que refletem direta ou indiretamente sobre a saúde humana.

Em síntese, a aplicação do Índice de Exposição à Covid-19, mostrou maior incidência para os municípios mais distantes de Campinas, a mortalidade tem as médias mais elevadas para Campinas, Americana e Hortolândia, a letalidade foi maior para Americana, e com relação com Índice em si, os municípios mais distantes de Campinas tiveram valores mais elevados, destacando-se nesse enquadramento municípios ao Norte, como Holambra, Santo Antônio de Posse e Engenheiro Coelho e ao sul de Campinas, Vinhedo com valores elevados.

4 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L.Q.; WELLE, T.; BIRKMANN, J. Disaster risk indicators in Brazil: Aproposal based on the world risk index. International Journal of Disaster Risk Reduction. v. 17, pp. 251–272, 2016. Disponível em: < https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.04.007> Acesso em: Jun. 2023.

BECK, U. Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. São Paulo: Editora 34, 2011.

BIRKMANN, J. Measuring vulnerability to natural hazards: Towards disaster resilient societies. 2. ed. United Nations University Press, 2013. Disponível em: <https://collections.unu.edu/eserv/UNU:2880/n9789280812022_text.pdf> Acesso em: Jun 2023.

BRASIL. Lei. 12.608 de 10 de abril de 2012: Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Brasília, DF: Congresso Nacional, 2012. Disponível em: < https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm> Acesso: Dez. 2023.

BRASIL. Painel de casos de doença pelo coronavírus 2019 (COVID-19) no Brasil. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2025. Disponível em: < https://covid.saude.gov.br/ > Acesso: Dez. 2023.

FERREIRA, M. Iniciação à análise geoespacial: teoria, técnicas e exemplos para geoprocessamento. São Paulo: Editora Unesp: 2014, 344p.

FLETCHER ROBERT, H.; FLETCHER SUZANNE, W. Epidemiologia clínica: elementos essenciais. 4. ed. Porto Alegre; Artmed, 2006.

MACEDO, Y.; SOUZA, J. L.; TROLEIS, A. (2024). Water shortage: Assessment and analysis on a regional scale. Jàmbá: Journal of Disaster Risk Studies, n. 16, v. 1. Disponível em: < pages. doi:https://doi.org/10.4102/jamba.v16i1.1649 > Acesso em: Jan. de 2025.

MANDETTA, L. H. Um paciente chamado Brasil. 1 ed. Rio de janeiro: Objetiva, 2020.

MICHELON, C. M. Principais variantes do SARS-CoV-2 notificadas no Brasil Main SARS-CoV-2 variants notified in Brazil. Revista brasileira de análises clinicas. Vol. *53, n. 2: 109-116*2 pp. 2021. Disponível em: https://www.rbac.org.br/artigos/principais-variantes-do-sars-cov-2-notificadas-no-brasil/ . Acesso em: ago. 2024.

RODRIGUES, R.; COSTA, H. A política contra o vírus: bastidores da CPI da Covid. 1. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2022.

SAATY, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. European Journal Operations Research, v. 48, n. 1, p. 9-26, 1990. Disponível em: < https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/037722179090057I> Acesso em dez de 2024.

SENADO FEDERAL. Relatório Final. Comissão Parlamentar de Inquérito da Pandemia (Instituída pelos Requerimentos nos 1.371 e 1.372, de 2021) Brasília -DF: Congresso Nacional, 2021. Disponível em: https://legis.senado.leg.br/comissoes/mnas?codcol=2441&tp=4 Acesso em: Jun. 2023.

SINGER, M. A dose of drugs, a touch of violence, a case of AIDS: conceptualizing the SAVA syndemic. Free Inquiry. v. 24. n. 2. 1996. Disponível em:

<file:///C:/Users/mathe/Downloads/1346-Article%20Text-4941-1-10 20130829.pdf> Acesso: Nov. 2023.

SINGER, M. Introduction to syndemics: a critical systems approach to public and community health. 1. ed. San Francisco: Jossey-Bass, 2009.

SLOTERDIJK, P. No mesmo barco: ensaio sobre hiperpolítica. São Paulo: Estação Liberdade, 1999.

STURGES, H. A. The Choice of a Class Interval. Journal of the American Statistical Association. V. 21, n. 153. pp. 65-66. 1926. Disponível em: < https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01621459.1926.10502161> Acesso em dez de 2024.

VEYRET, Y. Os riscos: O homem como agressor e vítima do meio ambiente. 1. ed. São Paulo: Contexto, 2007.

WILCHES-CHAUX, G. La vulnerabilidad global. In: MASKREY, A. (org.) Los Desastres No Son Naturales. Ciudad de Panamá: Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. 1993. Disponível em: < https://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/LosDesastresNoSonNaturales-1.0.0.pdf> Acesso em: Jun. 2023.

DO PARADIGMA DA MODERNIDADE A PRODUÇÃO DOS RISCOS CONTEMPORÂNEOS: NOVOS CONCEITOS E NOVAS POSSIBILIDADES

FROM THE MODERNITY PARADIGM TO THE PRODUCTION OF CONTEMPORARY RISKS: NEW CONCEPTS AND NEW POSSIBILITIES

1º Jhonathan Lima de Souza[1], 2º Aline Pascoalino[2]
1 PPg – Geografia: Unicamp, j234501@dac.unicamp.br
2 PPg – Geografia: Unicamp, apascoal@unicamp.br

RESUMO
O objetivo deste estudo é realizar um debate sobre questões da modernidade e da pós-modernidade em relação à produção de riscos. Para tal, as reflexões estão estruturadas sobre as características comparativas referentes aos paradigmas da modernidade e da pós modernidade e como estes repercutem sobre a sociedade e sua percepção. Na sequência, aborda como a técnica influencia a origem da produção de riscos contemporâneos e a sociedade de riscos, evoluindo-se para novas formulações conceituais. Com base em conceitos já consolidados cientificamente, são construídas novas reflexões teóricas que fundamentam a pertinência da elaboração de dois novos conceitos: redes de risco e fluxos de risco.
Palavras-chave: modernidade, sociedade de risco, gestão de riscos.

ABSTRACT
The aim of this study is to debate issues of modernity and postmodernity in relation to the production of risks. To this end, the reflections are structured on the comparative characteristics of the paradigms of modernity and postmodernity and how these affect society and its perception. Next, it addresses how technology influences the origin of the production of contemporary risks and the risk society, evolving towards new conceptual formulations. Based on concepts that are already scientifically consolidated, new theoretical reflections are constructed that support the relevance of developing two new concepts: risk networks and risk flows.
Keywords: modernity, risk society, risk management.

1 INTRODUÇÃO

O advento do iluminismo trouxe consigo a ruptura entre o modo de pensar atrelado à fé pela razão, com isso surge o modo moderno de fazer ciência, sobretudo com as questões que envolvem a observação e a formulação de hipótese. Esse período denominado de modernidade, foi o estopim para a criação de novas invenções a fim de facilitar a vida das pessoas, porém ao mesmo tempo esse apogeu tecnológico trouxe consigo o ônus mascarado em perigos para a sociedade.

A técnica e sua manufatura pelo ser humano torna a produção de riscos igualmente a produção de suas benesses, sempre terá uma relação entre causa e efeito, mesmo que tais objetos técnicos sejam forjados para os benefícios da população. Por exemplo, as pesquisas nucleares, porém ao mesmo tempo são usadas na medicina e para geração de energia, podendo ainda se tornar armas de destruição em massa.

Essa racionalidade que o ser humano tem em dizer que domina a técnica, remete diretamente à uma sensação de insegurança latente, sobretudo no período contemporâneo ou pós-modernidade, uma vez que há uma radicalização do capitalismo que a todo custo viabiliza meios para se perpetuar e ao mesmo tempo, criar territórios com perigos e vulnerabilidades.

Quando há crises a nível global, como as sanitárias, os tentáculos do capital através de sua logística mundial ou globalização, tornam-se um meio disseminador e condutor dessas ameaças sanitárias globais, haja vista o exemplo cristalino da Covid-19 e seus espalhamentos por todos os rincões do globo. Seria essa a lógica da pós-modernidade com a sua liquidez, propiciando a migração de perigos para além das fronteiras de origem?

Dado esse contexto de distribuição de riscos; tecnologia e a contemporaneidade, é preciso pensar do ponto de vista da semiótica o papel de alguns conceitos, os quais já estão consolidados, mas que as emergências atuais passam a demandar deles a possibilidade de explicar os acontecimentos desastrosos que tendem a se descentralizar, pelos caminhos consolidados pela logística do capital.

Dito isso, o objetivo desse trabalho é realizar um debate sobre as questões da modernidade e pós-modernidade, e como elas viabilizam a produção dos riscos a nível global na sociedade. O estudo apresenta ainda, reflexões sobre o conceito de rede e fluxos como meios de viabilização espacial das ameaças, trazendo uma nova proposta conceitual a fim de corroborar teoricamente com os estudos cindínicos.

2 METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos desse trabalho foi realizada uma pesquisa bibliográfica, relacionando temas da sociologia; estudos da linguagem; geografia e filosofia, a fim de criar conexões com a temática de riscos de desastres e saúde coletiva. Também foram usadas reportagens para corroborarem através de exemplos, para contextualização do debate com base em mídias de informação e comunicação. Foi investigado também o significado dos termos de redes e fluxos, por outras ciências, no sentido de verificar se esses conceitos servem ainda para explicar os fenômenos contemporâneos aqui em questão, nesse exercício de análise foram formuladas novas possibilidades.

3 O PARADIGMA DA MODERNIDADE E PÓS-MODERNIDADE NA PRODUÇÃO E PERCEPÇÃO DE RISCOS

Ao viver na idade contemporânea parte da sociedade demonstra ter a falsa impressão que os acontecimentos da vida diária sempre foram e são os mesmos, sem nenhum modo de transformações ou implicações. Talvez isso aconteça em razão de vivenciarmos um momento em que os eventos cotidianos parecem ser bem mais fáceis de lidar, como por exemplo seria a ideia de que realizar uma viagem ou uma simples chamada no celular.

Mas se engana quem pensa assim, ao longo dos anos já aconteceram inúmeras rupturas de modelos sociais e quebra de paradigmas políticos, culturais, tecnológicos e no campo do trabalho. Mas o que todos esses momentos históricos têm em comum? Bem, seria a ideia que todos estão acompanhados do sentimento de incertezas, ou do medo do desconhecido, aquilo que até o momento o indivíduo não domina integralmente.

Quando o ser humano com suas limitações, sobretudo no espectro da razão, em face das incertezas e/ou insegurança remete ao campo metafísico para encontrar explicações ou confortos no campo metafísico. Essas práticas eram muito comuns na era pré-moderna, tendo em vista as limitações lógico-intelectuais que os indivíduos detinham, principalmente no lidar com as questões dos eventos de origem natural, que nos dias atuais são os eventos extremos (GIDDENS, 1991).

Secas severas, inundações, chuvas torrenciais, terremotos, vendavais e surtos epidemiológicos, as sociedades pré-modernas encontravam a explicação desses eventos, potencialmente desastrosos, em convicções cosmológicas, nas quais, era a divina providência que regia todos os fenômenos sociais e ambientais, que afligiam todos, e o poder providencial de Deus decidia o destino das pessoas, absorvidas dos danos provocados pelos eventos em decorrência da misericórdia, ou os prejuízos em função da ira divina perante aos pecadores (GIDDENS, 1991).

Cenas à era pré-moderna, onde há a ausência da lógica científica. Todavia, a perpetuação dessas práticas nos dias atuais também tem ocorrido (figura1) em que títulos sobre esta base apelativa são colocados em notícias. Para esse grupo, a máxima: “Deus é misericórdia, mas também é justiça” torna a pautar os acontecimentos desastrosos sobre as pessoas que merecem ou não.

Figura 1: Repetição de ideias pré-modernas na contemporaneidade.

Fonte: Rocha (2023).

O que parece estar claro é que o fanatismo/fundamentalismo religioso tem seu lastro nos ideais pré-modernos, se distanciando da razão da contemporaneidade. É preciso deixar claro que não há crítica sobre escolhas religiosas, mas existe uma constatação dos fatos, que de acordo com Rocha (2023), o serviço de Inteligência em Pesquisa e Consultoria Estratégica (IPEC), constatou que 39% dos entrevistados (2,3 mil pessoas) relatam que o futuro da saúde pertence a Deus.

Para Giddens (1991) a crença é que baliza os sentimentos desse grupo de pessoas, onde essa ação parte de uma segurança ontológica, a partir do momento em que há certos fenômenos naturais enraizados no inconsciente das pessoas. Mas o autor deixa claro que, essa crença não pode ser confundida com a confiança, a qual iremos nos deter na sequência.

Ainda Giddens (1991), a religião nesse momento além de suplantar o pensamento lógico, se torna a fonte da ansiedade e da psicologia existencial das pessoas. Os temores e incertezas que eram naturais, face a ausência de recursos para lidarem com os eventos naturais, eram consolados pelas superstições, que muitas vezes era o único apoio emocional possuído.

Na sequência, a dada cosmologia religiosa empregada por Giddens (1991), derrocada com a adoção de algumas práticas pela sociedade da época - tais como: a sistematização do conhecimento reflexivo e organizado a partir de métodos de observação empírica; observações lógicas; o advento da tecnologia e a formulação dos códigos sociais - sendo essas premissas norteadoras da era moderna. Entretanto é importante destacar que o modernismo não rompe abruptamente com a cosmologia religiosa, ao invés de se desprender totalmente, a modernidade apenas transforma a lei da divina providência em certeza dos sentidos e

observações. Portanto, a divina providência passa a ter a conotação de progresso providencial (GIDDENS, 1991).

Em meados do Século XVII no berço francês, surge o período da modernidade. Isso se deu a partir dos ideais iluministas de liberdade, igualdade e fraternidade, onde a razão passava a dominar o debate de ideias, comportamentos e de governo. Assim, o período traz consigo a ideia de progresso ou de modernização, em razão da ciência trazer soluções aplicadas para os problemas do dia a dia (BECK, 2018).

Neste período, a invenção e estabelecimento das instituições em todo o mundo, criou a sensação de segurança, antes não tida nos períodos pré-modernos. O fato se deu em razão do próprio regime de governo, como da criação de meios que garantem uma maior segurança às pessoas por meio de técnicas, dispositivos ou ferramentas (BECK, 2011). Estava aí o estopim para a era da modernização.

4 A TÉCNICA COMO MATRIZ GENÉTICA DOS RISCOS CONTEMPORÂNEOS

Em consonância com a ideia de Simondon (2020), discutida por Santos (2014) sobre objetos técnicos, agora o espaço geográfico se modifica com a chegada massiva da modernidade e seus equipamentos e ferramentas. Assim, esses feitos resultaram na mudança do estilo de vida das pessoas, sobretudo, ao que se refere aos meios de transportes e comunicação. A exemplo, podem ser destacados o trem, o navio a vapor e telégrafo, os quais foram os grandes responsáveis pelo encurtamento de distância entre os lugares, tanto do ponto de vista espacial, como das relações de troca de informações, garantindo assim, uma maior interligação de forma segura e rápida.

A partir do avanço tecnológico, o mundo passou a ter características cosmopolitas, no sentido da interligação de pessoas, bens e recursos financeiros (BECK, 2018). O que passa a ser regra é a era da globalização, e a reboque desse pretexto de unificação cultural a nível mundial, é que se perpetua a exploração do homem pelo homem, no sentido de acumular recursos financeiros (SANTOS, 2020).

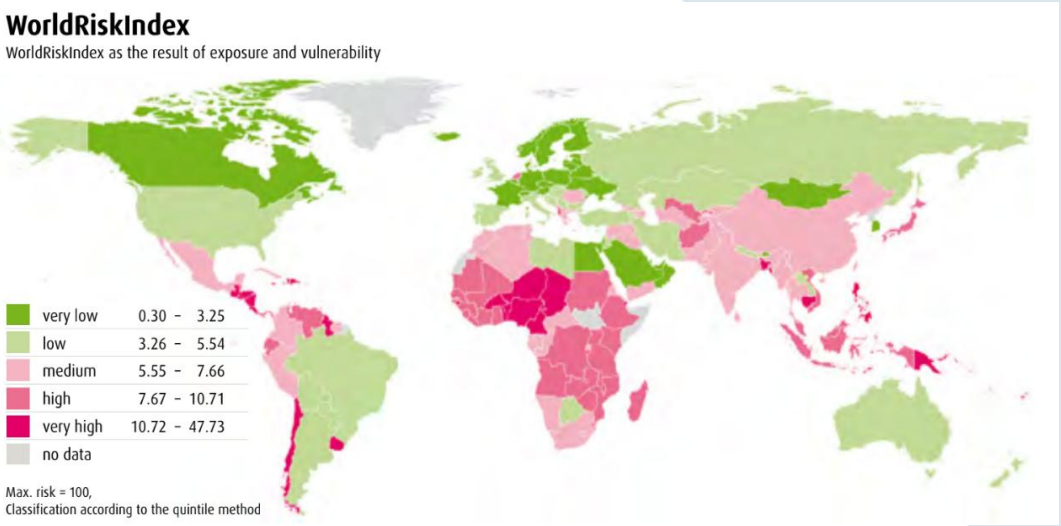
É a partir dessa escalada do capital que surge a distribuição mundial dos riscos, dando origem à teoria da sociedade de risco. O que passa a determinar a distribuição dos riscos nos países do mundo é o quão rico esse país é. Países mais modernizados (sentido ligado às transformações do trabalho) tendem a ter a maior possibilidade de possuírem riscos, nos seus múltiplos espectros, em decorrência do uso das tecnologias. Mas ao mesmo tempo, passam a performar melhor diante das ameaças, diferentemente dos países com menor poder econômico. Esses além de disporem dos riscos, destinam-se a haver uma maior dificuldade em enfrentar esses riscos (BECK, 2011).

Baseado nas teses expostas anteriormente, é possível comprovar tais afirmações por meio dos mapeamentos da distribuição espacial dos riscos no mundo, através dos dados do Índice Mundial de Riscos - IMR, o qual se correlaciona diretamente com a cartografia global do Índice de Desenvolvimento Humano - IDH dos países. Assim, é perceptível que países mais pobres com baixo IDH, são os mesmos países com alto potencial de vulnerabilidade associadas no IMR, como podem ser constatados nas figuras 2 e 3.

Os autores, Loytard (2021) e Bauman (2001) defendem a tese do declínio da era moderna, sendo o primeiro responsável pela disseminação da ideia de pós-modernidade, enquanto o segundo, sugere uma modernidade líquida. Mas outros autores como Beck (2011), relatam que

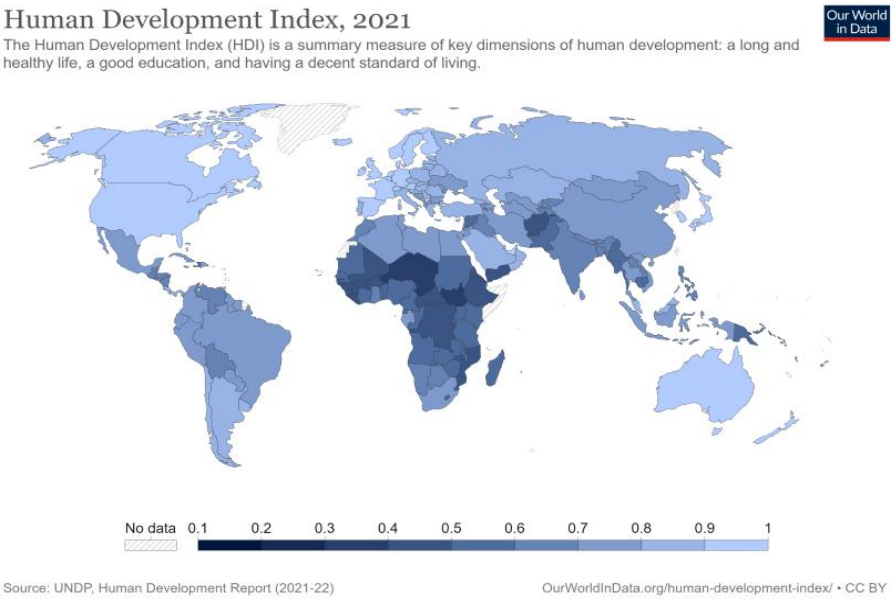
estamos em uma modernidade tardia, e Giddens (1991) introduz a ideia de modernidade radicalizada, ou reflexiva. O fato é que por hora, ainda não há um consenso em qual período estávamos vivendo, mas o que está posto são os novos arranjos sociais, econômicos, políticos e culturais que estão vigentes em função do alto grau tecnológico dos dias atuais, permitindo, assim, a possibilidade de mudanças abruptas no espaço geográfico por meio dos objetos e ações (SANTOS, 2014), aumentando a possibilidade de novas produções e reproduções dos riscos e das vulnerabilidades em seus mais variados espectros, assim se solidificando a tese da sociedade dos riscos, face às incertezas e inseguranças postas no cotidiano.

Figura 2: Grau de vulnerabilidade dos países a riscos de desastres.



Fonte: BÜNDNIS ENTWICKLUNG HILFT (2021).

Figura 3: Distribuição global do Índice de Desenvolvimento Humano.



Fonte: ROSER (2019).

Em meio ao debate da insegurança mundial na sociedade dos riscos, voltamos à discussão sobre a confiança. Muito discutida nos textos de Giddens (1991), podemos dizer que essa linha de pensamento está muito ligada a uma visão positivista materialista, a qual, por meio das inovações tecnológicas o mundo pode encontrar soluções para os diferentes tipos de ameaças.

Diante do exposto, a confiança passa a ser um estado permanente do indivíduo, porém, cabe lembrar que essa consciência perene sobre as conjunturas dos riscos é gerida conscientemente pela possibilidade de alternativas, no intuito de realizar a gestão desses riscos. Esse é o ponto cerne que diferencia a confiança da crença, a lógica está como um agente norteador das ações (Giddens, 1991).

Ainda para o autor, um ponto importante a ser destacado, é que um indivíduo dotado de crença, passa a se isentar dos riscos a partir do momento em que não há a capacidade de perceber e gerir os riscos. O que significa, que para ele, não existe a possibilidade de ameaça. Mas isso é um grande equívoco, de certa forma, em razão de que embora não se perceba os riscos, as ameaças ainda estarão presentes. Como por exemplo, uma comunidade tradicional isolada do restante do mundo, que não saiba o que é uma ogiva nuclear. O desconhecimento não a impede de estar na lógica mundial dos riscos das consequências de uma explosão atômica, assim como os efeitos das mudanças climáticas.

Dito isso, a confiança e a aceitação/gerenciamento dos riscos andam lado a lado com a segurança, em virtude dessa remeter à mitigação ou à redução dos riscos e perigos (Giddens, 1991). Dentro da teoria dos riscos, se a confiança nos traz ao pensamento da segurança, a desconfiança nos traria a sensação de insegurança, em decorrência da impossibilidade de reduzir esses riscos e ameaças? Esse questionamento faz sentido, haja vista que Giddens (1991) afirma que a confiança relaciona-se com a credibilidade de um sistema frente aos eventos desastrosos, por mais que o indivíduo não veja ou conheça os perigos. E é aí onde essa segurança (credibilidade) diverge do alinhamento à segurança ontológica já citada, pois o indivíduo pode conviver com os riscos, mas não há sistema ou instituições que possam controlá-lo. Dessa forma, na relação do risco com a segurança ontológica, não é possível apontar culpados pelos danos.

Se estamos ou não em uma nova era ou na transição dela, do ponto de vista da teoria dos riscos, percebe-se que, com base em Giddens (1991), a quebra de paradigmas ainda não se encontra presente e os objetos e ações comprovam isso, pois para ter essa mudança seria necessário a adoção contrária aos modelos ainda hoje vigentes, como evidenciados pelo quadro 1.

Quadro 1: Riscos e efeitos mitigadores que determinam as eras.

Modernidade	Pós-modernidade
Advento do nazi-fascismo	Plena ordem democrática
Quebra das bolsas	Distribuição de riquezas
Degradação do meio ambiente	Promoção tecnológica
Conflitos atômicos	Desarmamento

Fonte: Elaborado a partir de adaptação de Giddens (1991).

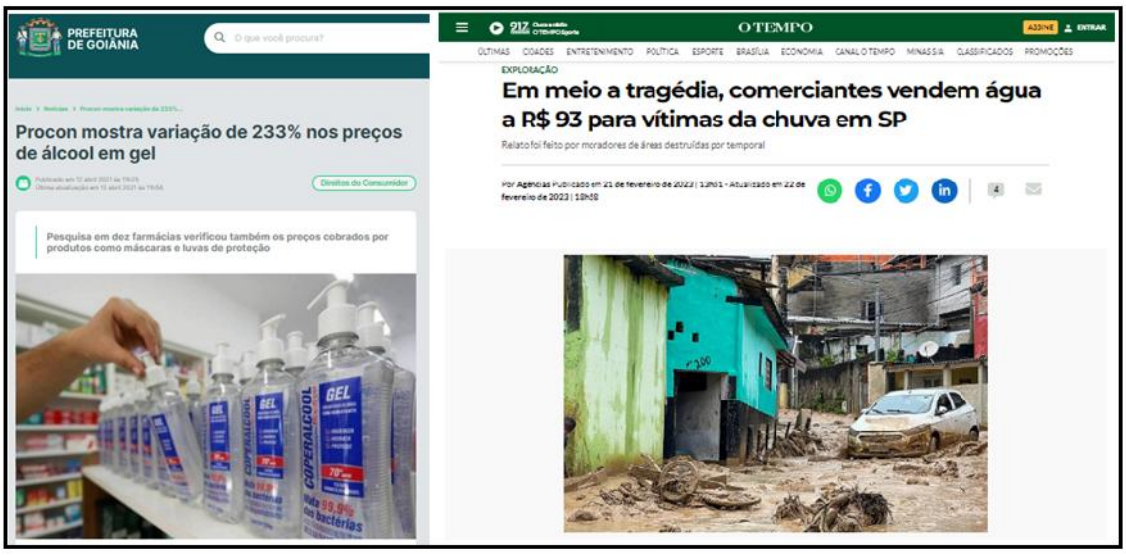
Por mais que tenhamos avanços significativos na contemporaneidade, sobre as mudanças sociais e tecnológicas, com base nos autores que fundamentam estas reflexões, como Beck (2011) e Giddens (1991) não houve ainda a ruptura. A modernidade ainda reina com seu lado tenebroso, com a produção de bombas atômicas, bem como, com a problemática da exploração e reprodução do capital em detrimento do empobrecimento de muitos, o que reforça a tese de Beck (2011) que estamos na era da sociedade dos riscos.

A perpetuação de modelos da era moderna são frutos de ações, principalmente daqueles que detém o poder de liderar as sociedades. Pois o padrão das ações e relações com os riscos a nível global vem sendo negligenciado no campo de debate e no das práticas concretas. Para evidenciar podemos citar o impasse das mudanças climáticas e a adoção dos protocolos de emissão de gases pelos países, bem como as guerras, a escalada da fome e da pobreza no mundo, atestada nos indicadores (BÜNDNIS ENTWICKLUNG HILFT, 2021).

Pensando nesse cenário de conflitos e mudanças, o que se percebe é que cada país está preocupado com seus problemas internos, entretanto, sofrem as consequências de todos os riscos e perigos do global, uma prova disso é a recente crise sanitária da Covid-19. As fronteiras dos países já não dão conta de barrar a cosmopolitização da sociedade, onde o mundo e as ameaças dele podem chegar e já estar dentro de nossas casas. Em meio aos riscos serem comuns a todos, o fato é que esse conflito entre os otimistas do progresso e os pessimistas da catástrofe gera impasses, o consenso não chega e tem-se um fracasso das instituições. Enquanto isso toda a sociedade é afetada (BECK, 2018).

Diante do “caos” da sociedade dos riscos, existem correntes que defendem a ideia do catastrofismo emancipatório, que no linguajar popular seria “quanto pior melhor”. Mas sem anedotas, o termo é apontado por Beck (2018) como um fenômeno potencialmente desastroso para a sociedade, mas que trará algum retorno ou benefício. Nos eventos recentes como a emergência sanitária da Covid-19, fornecedores se aproveitaram da situação para inflar os preços dos insumos. Da mesma forma aconteceu no desastre de São Sebastião (SP), onde os comerciantes estavam vendendo água mineral a preços estratosféricos, tais fatos podem ser evidenciados na figura 4 a seguir.

Figura 4: Evidências do catastrofismo emancipatório.



Fonte: Elaborado com base em Prefeitura de Goiânia (2021) e O Tempo (2023).

Em ambas situações é observada a influência do capital no enfrentamento dos eventos desastrosos da modernidade. Essas práticas corroboram ainda mais para a dificuldade das pessoas menos favorecidas economicamente de enfrentarem esses desastres. Nesse sentido, temos que concordar com Beck (2018), nessa sociedade dos riscos potencializada pelo capitalismo, existe uma distribuição desigual de bens (renda, direitos, educação, prosperidade) e de males (crises epidemiológicas, financeira, climática). Esse compartilhamento heterogêneo emerge da existência das chamadas classes de riscos, que seria a correlação entre os tipos de riscos e as classes sociais. Onde aqueles que detém maior poder financeiro, poderão se sobressair melhor diante dos eventos (BECK, 2018).

As condicionantes da modernidade propiciaram a aceleração do processo de globalização, mas para Santos (2020), perpetuam-se as fábulas desse movimento. Prega-se a homogeneização do mundo, o encurtamento das distâncias, acesso às notícias, a unificação cultural e as novas oportunidades. Todavia, o sonho de unidade global se contrasta com o da cidadania universal.

Os defensores dessa fábula da globalização, escondem o fato desse sistema ser perverso e desigual, onde a ideia de aldeia global é forjada no interesse financeiro que perpetua ainda mais as classes de riscos. A interconexão dos lugares é uma das bandeiras principais da ideia de mundo globalizado, mas quais as implicações disso? Seria apenas implicações no fluxo de capital, bens ou pessoas?

5 RESULTADOS: ANTIGOS CONCEITOS, NOVAS FORMULAÇÕES TEÓRICAS

Considerando essa premissa do mundo conectado, se há conexões, existem as redes que interligam esses fluxos. Assim, pensando no sentido das redes, podemos considerar o conceito estabelecido por Curien (1988), o qual remete à um objeto que permite o trânsito de matéria, energia ou informação, interconectado por pontos sobre o espaço geográfico. Já para Bakis (1993), as redes têm três características, sendo a mais importante o tipo de rede, que não necessariamente necessita de uma estrutura física para ligar um ponto A ao ponto B, como por exemplo, as redes de comunicação e transporte.

Nesse sentido, de acordo com Santos (2014), as redes podem ter dois aspectos, o físico material e o que a considera como um dado social, essa segunda que queremos nos deter. Ao considerar a rede como um meio que permite o acontecer das ações sociais por meio da ligação entre os lugares, esse conceito detém estreita relação com os fluxos, o qual Santos (2014), aborda como o resultado de ações diretas ou indiretas que permitem que os acontecimentos cheguem a um determinado lugar.

Os conceitos sobre redes são muito usados em muitos seguimentos, para debater temas como telecomunicações; tecnologia da informação; aquicultura e artesanato. Já os fluxos, são usados na geomorfologia fluvial; trânsito; energia, dentre outros. Há muitas possibilidades, e isso está inerente ao que Santaella (2002) retrata como o estudo dos significados ou dos signos. Usar a semiótica para a leitura de um contexto; paisagem ou fenômeno espacial a partir dos conceitos de redes e fluxos, possibilita a incorporação desses conceitos a novos processos de surgimento de ameaças, as quais estão interconectadas territorialmente e socialmente com a realidade temporal posta.

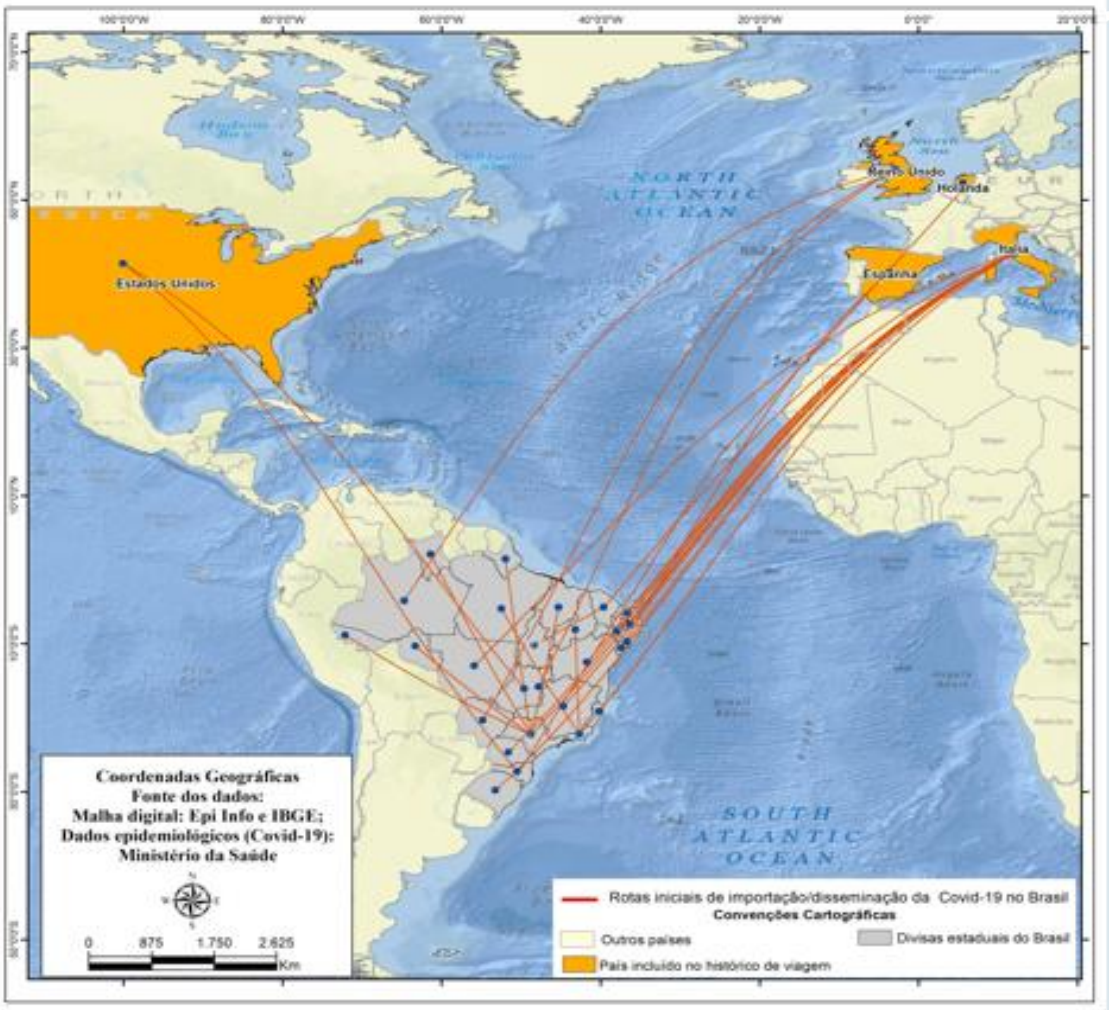
Nesse contexto, podemos destacar a existência do conceito de redes de risco, mas esse conceito é forjado em parâmetros da sociabilidade de pessoas usuárias de drogas e sua relação com a transmissão do vírus HIV (*Human Immunodeficiency Vírus*), Friedman e Aral, (2001) e Friedman et al., (1997). Bem como o trabalho de Hallikas et al (2004), que remete às redes de risco voltadas ao segmento empresarial, em uma lógica de fornecedores. Ainda, o trabalho de Cheng e Kam (2008); Soliman; Liu e Song (2014); Ellinas, Allan e Coombe (2017), que aludem ao segmento corporativo e financeiro. Assim, percebe-se que esse conceito não corrobora com a geografia dos riscos de desastres, podendo ganhar uma nova conotação. Já o conceito de fluxos de riscos não há ainda na literatura significados pretéritos.

Em face ao problema da crise sanitária internacional da Covid-19, atrelada às redes de transmissão, supridas pelo fluxo de pessoas contaminadas, se torna possível colaborar com a teoria dos riscos, com a operacionalização de dois conceitos em meio a esse fenômeno de saúde coletiva, mas também esses conceitos podem ser usados para demais objetos de análise que não sejam do campo epidemiológico.

O primeiro *redes de risco*, segue a lógica global de reprodução desigual do capital e a distribuição dos riscos, viabilizado pelos meios de transportes. Podendo ser definido como o recurso e/ou ferramenta que permite o livre tráfego dos riscos pelos lugares, não respeitando as barreiras fronteiriças para a manutenção, promoção e disseminação dos riscos. Já o segundo, *fluxos de risco* remete às ações, ao movimento em si dos riscos que se deslocam sobre as redes de risco.

Refletindo sobre esses dois conceitos de redes e de fluxos, podemos trazer à tona o processo de difusão mundial da crise sanitária da Covid-19, onde através da interconexão das redes de transportes, permitiu o fluxo de pessoas contaminadas com o novo coronavírus, assim como podemos verificar na figura 5. A validação desses novos significados para esses conceitos, à luz da teoria dos riscos, pode ser atestado pelo caso da crise sanitária da Covid-19 e seu espalhamento pelo mundo.

Figura 5: Lógica de transmissão em rede por meio do fluxo de pessoas.



Fonte: Pereira et al (2020).

Vale salientar que esses conceitos podem ser usados não somente para explicar o fenômeno da Covid-19 e outras patologias, que se propagam no território, mas também, servem para explicar outros tipos de eventos desastrosos, a exemplo, os fluxos de riscos podem ser denotados na figura 6, a qual apresenta os três tipos de desastres: tecnológico (A), através das correntes marítimas que carregam o petróleo para inúmeras praias, como ocorrido no nordeste do Brasil; também os desastres naturais ou socioambientais (B), onde o fluxo de um rio traz consigo matacões e erode os terraços fluviais, assim carregando casas e outras estruturas; veículos ou pessoas; ainda tem-se os desastres sociais (C), como a exemplo, a imprudência no trânsito, as quais as vias possibilitam a ocorrência de riscos em toda a cidade.

Figura 6: Exemplos da presença de fluxos de riscos em eventos desastrosos.

Fonte: Adaptado de G1 Natureza (2019); Change (2020); O Globo (2023).

Em face do exposto, esse processo de metamorfose do mundo, que potencializa a sociedade dos riscos, evidenciado por Beck (2018), remete a dois pontos chaves, que a globalização dos riscos traz uma vulnerabilidade traumática a todos e que os efeitos desses riscos são de todos, cujas responsabilidades também devem ser de todos. Ainda em Beck (2018), a cooperação entre adversários (indivíduos ou Estados) não deve ser martírio, mas uma prioridade mútua para a manutenção da vida individual e de todos. Senão, os únicos que ganharão com o caos dos desastres são as seguradoras, mediante a lógica do catastrofismo emancipatório.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As reflexões desenvolvidas no estudo destacam que, apesar da evolução e dos avanços tecnológicos que possibilitaram novas estruturas e dinâmicas para a sociedade, a contemporaneidade apresenta um conjunto de relações que origina ou reproduz massivamente riscos. Ao trazer ao debate as características da modernidade e tecer considerações fundamentadas em autores de referência, verifica-se que, apesar de avanços e inovações, problemas antigos de enfrentamento da humanidade perpetuam-se refletindo as

contradições sistêmicas historicamente reproduzidas, enquanto as inovações, muitas vezes, apresentam uma outra face na geração de novas situações que originam novos riscos.

O posicionamento da sociedade e a leitura que esta faz refletem, portanto, a repercussão das contradições do próprio paradigma vigente, onde quem produz riscos ou possui poder de ação decisória raramente estará tão exposto ou suscetível quanto as parcelas isentas destes fatores. Na contemporaneidade, ressalta-se ainda, que apesar de todo o avanço técnico e científico, a própria técnica constitui-se matriz operadora de riscos, potencializando os efeitos das contradições sistêmicas e trazendo novas repercussões sobre bases de velha roupagem. Nesta lógica, o olhar analítico à sociedade de riscos requer conceitos que também expliquem o movimento e os impactos da sociedade contemporânea, sem extinguir a lógica que explica e sustenta estruturas condicionantes, mobilizadoras e territorializadas deste desdobramento. É nesta perspectiva que o embasamento teórico sobre redes e fluxos sustenta com base e norteia, a elaboração e aplicação dos conceitos de redes de risco e fluxos de risco, aos desafios da contemporaneidade.

7 REFERÊNCIAS

BAKIS, H. **Les réseaux et leurs enjeux sociaux**. Paris: PUF, 1993.

BAUMAN, Z. **Modernidade líquida**. Rio de Janeiro: Zahar, 2001.

BECK, U. **A metamorfose do mundo**: novos conceitos para uma nova realidade. 1. ed. São Paulo: Zahar, 2018.

BECK, U. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. São Paulo: Editora 34, 2011.

BÜNDNIS ENTWICKLUNG HILFT. **World risk index**. Institute for International Law of Peace and Armed Conflict, Ruhr-Universität Bochum, 2021. Disponível em: < https://reliefweb.int/report/world/worldriskreport-2021-focus-social-protection?gclid=CjwKCAjwq4imBhBQEiwA9Nx1BojkzlzKJm8q8KwxwSxyaP56e0Xt80mfEjwomnXxOnxe1YvhfKgCWRoC1W4QAvD_BwE> Acesso em: Jun. 2023.

CHANGE. Por melhorias no trânsito de motocicletas na cidade de Vassouras/RJ. Portal de noticiais, 2020. Disponível em: < https://www.change.org/p/prefeitura-de-vassouras-por-melhorias-no-tr%C3%A2nsito-de-motocicletas-na-cidade-de-vassouras-rj> Acesso em: Abr. 2025.

CHENG, S. K.; KAM, B. H. A conceptual framework for analysing risk in supply networks. **Journal of Enterprise Information Management.** Vol. 22, n. 4, pp. 345-360, 2008. Disponível em: < https://doi.org/10.1108/17410390810888642> Acesso em: Jun. 2023.

CURIEN, N. D´une problématique générale dês réseaux à l´analyse économique du transport dês informations. In: DUPUY, G. (Ed.). **Réseaux Territoriaux**. Caen: Ed. Paradigme, 1988.

ELLINAS, C.; ALLAN, N.; COOMBE, C. Evaluating the role of risk networks in risk identification, classification and emergence. **Journal of Network Theory in Finance**. v. 3, n. 4, pp. 1–24, 2017. Disponível em: < DOI: 10.21314/JNTF.2017.032> Acesso em: Jun. 2023.

FRIEDMAN, S. R.; NEAIGUS, A.; JOSE, B.; CURTIS, R.; GOLDSTEIN, M.; ILDEFONSO, G.; ROTHENBERG, R. B.; DES JARLAIS, D. C. Sociometric risk networks and risk for HIV infection. **American Journal of Public Health.** v. 87, pp. 1289-1296, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.2105/AJPH.87.8.1289> Acesso em: Jun. 2023.

FRIEDMAN, S. R.; ARAL, S. Social networks, risk-potential networks, health, and disease. **Journal of Urban Health**, v. 78, p. 411-418, 2001. Disponível em: < https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11564845/> Acesso em: Jun. 2023.

G1 NATUREZA. Situação das praias do Nordeste afetadas pelas manchas de óleo. Natureza, 2019. Disponível em: < https://g1.globo.com/natureza/desastre-ambiental-petroleo-praias/noticia/2019/10/15/situacao-das-praias-do-nordeste-afetadas-pelas-manchas-de-oleo.ghtml> Acesso em: Abr. 2025.

GIDDENS, A. **As consequências da modernidade**. Editora Unesp. São Paulo, 1991.

HALLIKAS, J.; KARVONEN, I.; PULKKINEN, U.; VIROLAINEN, V. M.; TUOMINEN, M. Risk management processes in supplier networks. **International Journal of Production Economics**, v. 90, n. 1. pp. 47-58, 2004. Disponível em: < https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.02.007> Acesso em: Jun. 2023.

LYOTARD, J. F. **A condição pós-moderna**. 20. ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 2021.

O GLOBO. Casa desaba e cai em rio após enchentes atingirem a capital do Alasca; veja vídeo. Redação: mundo, 2023. Disponível em:

<https://oglobo.globo.com/mundo/noticia/2023/08/07/casa-desaba-e-cai-em-rio-apos-enchentes-atingirem-a-capital-do-alasca-veja-video.ghtml> Acesso em: Abr. 2025.

O TEMPO. Em meio a tragédia comerciantes vendem água a 93 reais para vítimas das chuvas em SP. **Portal de Notícias**, 2023. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/brasil/em-meio-a-tragedia-comerciantes-vendem-agua-a-r-93-para-vitimas-da-chuva-em-sp-1.2817510> Acesso em: Jun. 2023.

PEREIRA, V. H. C.; DINIZ, M. T. M.; ROCHA, G. C.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. A. C. Identificação das rotas iniciais de importação e disseminação da Covid-19 no Brasil. **Geosaberes: Revista de Estudos Geoeducacionais**, vol. 11, pp. 423-436, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/53634> Acesso em: Jun. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE GOIÂNIA. Procon mostra variação de 233 % nos preços de álcool em gel. Agência Goiânia agora de notícias. **Portal**, 2021. Disponível em: < https://www.goiania.go.gov.br/procon-mostra-variacao-de-233-nos-precos-de-alcool-em-gel/#:~:text=No%20caso%20do%20%C3%A1lcool%20em,%2C%20R%24%2019%2C99> Acesso em: Jun. 2023.

ROCHA, L. **Brasileiros acreditam que futuro da saúde depende mais de Deus que de médicos aponta pesquisa**. CNN Brasil, São Paulo. 2023. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/saude/brasileiros-acreditam-que-futuro-da-saude-depende-mais-de-deus-que-de-medicos-aponta-pesquisa/> Acesso em: Jun. de 2023.

ROSER, M. Human Development Index (HDI). **Our World in Data**, 2019. Disponível em: < https://ourworldindata.org/human-development-index> Acesso em: Jun. 2023.

SANTAELLA, L. Semiótica aplicada. Stamford: Cengage Learning, 2002.

SANTOS, M. **A natureza do espaço**: técnica e tempo. Razão e emoção. 4. ed. São Paulo: Edusp, 2014.

SANTOS, M. **Por uma outra globalização**: do pensamento único à consciência universal. 31. ed. Rio de Janeiro: Record, 2020.

SIMONDON. G. **Do modo de existência dos objetos técnicos**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2020.

SOLIMAN, K.; LIU, S.; SONG, D. (2014). The Network Perspective of Supply Chain Risks to Support Group Decision Making in Fast Moving Consumer Goods in Middle East Region. **Joint International Conference between.** v. 180, pp. 254-261, 2014**.** Disponível em: < DOI:10.1007/978-3-319-07179-4_29> Acesso em: Jun. 2023.

EIXO TEMÁTICO 9

GESTÃO E MANEJO DE ANIMAIS

RESUMOS

RESUMO - 09 - GESTÃO DE ANIMAIS EM DESASTRES

RESPOSTAS A CATÁSTROFES ANIMAIS: ESTUDOS DE CASO NO MÉXICO E NO CHILE

Jose Felipe Marquez Munoz (fmarquez@hsi.org)

A Humane World for Animals é uma organização que trabalha de forma coordenada com as autoridades e entidades locais quando responde a uma catástrofe, sempre em total conformidade com o Sistema de Comando de Incidentes (ICS) e com a orientação das entidades locais.

Apesar dos progressos realizados em certos países da região em termos de protecção e cuidados com os animais, os animais continuam a ser um sector atrasado em termos de catástrofes e são frequentemente negligenciados.

A Humane World for Animals baseou muitos dos seus esforços na área das catástrofes animais na inclusão não só na resposta, mas também na preparação e prevenção. Este artigo tem como objetivo apresentar exemplos bem-sucedidos de inclusão de animais na resposta a determinados desastres que afetaram o Chile e o México entre 2023 e 2024.

Os exemplos apresentados servem de modelo para as agências governamentais, associações e sociedade organizada na hora de responder de forma ordenada a um desastre, sem deixar para trás os animais da comunidade.

Após as respostas aos desastres descritos, foi identificado que as agências governamentais de catástrofes e as organizações locais no México e no Chile fizeram progressos significativos na resposta e preparação das comunidades para uma emergência ou desastre, incluindo os animais.

Os animais são cada vez mais considerados em desastres, no entanto, há necessidade de mais treinamento por parte das autoridades e maior conscientização nas comunidades na preparação e prevenção de desastres, incluindo os animais.

Os esforços realizados nos dois exemplos aqui apresentados demonstram um alto nível de interesse tanto de entidades governamentais quanto da sociedade. É preciso fortalecer as capacidades locais, fornecer ferramentas e trabalhar a legislação local para estabelecer essas ações como parte da resposta coordenada e não deixá-las como esforços isolados, com pouca coordenação e à vontade.

Palavras-chave: resposta; animais; inclusão; comunidades; catástrofes.

RESUMO - 09 - GESTÃO DE ANIMAIS EM DESASTRES

MODELO DE ORGANOGRAMA ESTRUTURAL DE RESPOSTA À FAUNA EM INCIDENTES DE DERRAMAMENTO DE PETRÓLEO

Letícia Koproski (leticiakoproski@ceped.pr.gov.br)

Danyelle Stringari (danystringari@gmail.com)

Maíra Zacharias (mairazacharias@hotmail.com)

Amanda Souza Lopes (manslopes@gmail.com)

Os animais silvestres têm sido impactados por derramamentos de petróleo em todo o território nacional, indicando a necessidade do estabelecimento de uma resposta à fauna organizada e eficiente. Este atendimento envolve diversas atividades, desde a busca e o afugentamento de indivíduos, até o resgate técnico dos animais e seu atendimento veterinário. Atualmente, existem diversas lacunas na abordagem do manejo de animais em desastres considerando a aplicação do Sistema de Comando de Incidentes - SCI nas operações de resposta à fauna. No intuito de ressaltar a inclusão do SCI na resposta à fauna e da resposta à fauna na integralidade da resposta ao incidente, apresenta-se um modelo de organograma estrutural da resposta à fauna, direcionado ao atendimento de animais silvestres oleados. A identificação dos tipos de atividades a serem exercidas e a distribuição ordenada das funções foram determinadas a partir de Planos e Documentos Orientativos de Resposta à Fauna Internacionais, bem como Manuais Técnicos e Diretrizes de Manejo de Fauna estabelecidos pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente - IBAMA. Os níveis organizacionais e demais designações da equipe da resposta à fauna foram estabelecidos baseados nos princípios do SCI, conforme o determinado pela Agência Federal de Gerenciamento de Emergências dos Estados Unidos - FEMA. No modelo proposto, o Setor da Fauna será inserido na Seção de Operações do Comando do Incidente e tem quatro Grupos de mesmo nível hierárquico subordinados a ele: Grupo de Busca, o Grupo de Resgate, o Grupo de Veterinária e

O Grupo de Gestão. Cada Grupo tem três Unidades sob sua supervisão. Sob supervisão do Grupo de Busca - Unidades Terrestre, Aérea e Embarcada; Sob supervisão do Grupo de Resgate - Unidades de Afugentamento, Captura e Transporte; sob supervisão do Grupo da Veterinária - Unidades de Estabilização, Reabilitação e Necropsia; e sob Supervisão do Grupo de Gestão - Unidades de Voluntariado, Documentação e Recursos da Fauna. O número de Unidades poderá ser expandido ou retraído, baseado na organização modular e em função das necessidades identificadas pelos Grupos responsáveis, podendo ser inseridas, por exemplo, Unidades de Atendimento Veterinário In Situ, e/ou de Despetrolização. O modelo de organograma estrutural apresentado possibilita a visualização da diversidade de atividades especializadas que necessitam ser executadas de forma ordenada no manejo de animais oleados. Ele pode ser inserido nas ações de resposta em desastres que demandem o atendimento de animais silvestres, e aperfeiçoado com expansões e retrações de Unidades em função dos cenários e da magnitude dos incidentes.

Palavras-chave: manejo de animais em desastres resgate técnico de fauna silvestre resposta à fauna oleada medicina veterinária de desastres despetrolização da fauna.

RESUMO - 09 - GESTÃO DE ANIMAIS EM DESASTRES

EXERCÍCIOS SIMULADOS COMO FERRAMENTA PARA A EFICÁCIA DA RESPOSTA À FAUNA EM INCIDENTES DE DERRAMAMENTO DE PETRÓLEO

Danyelle Stringari (danystringari@gmail.com)

Letícia Koproski (leticiakoproski@ceped.pr.gov.br)

Maíra Zacharias (mairazacharias@hotmail.com)

Amanda Souza Lopes (manslopes@gmail.com)

Os exercícios simulados são ferramentas referenciadas no Plano Nacional de Contingência para incidentes de Poluição por Óleo em Águas sob Jurisdição Nacional, regulamentado pelo Decreto Federal nº 8.127/2013, alterado pelo Decreto Federal nº 10.950/2022, que estabeleceram responsabilidades e estrutura organizacional para a atuação coordenada nos incidentes de derramamento de petróleo. Os treinamentos são fundamentais para que as ações sejam articuladas e coordenadas, e para que a equipe possa colocar em prática os conhecimentos adquiridos nas capacitações e para que a equipe adquira a rotina dos procedimentos que devem ser executados na resposta à fauna. Nos casos de incidentes em áreas portuárias, os objetivos devem ser nitidamente definidos e os cenários criados devem abordar o derramamento de óleo envolvendo a atividade portuária e afetando a fauna ocorrente na região que pode ter características, vulnerabilidades e relações específicas com o ambiente. A partir de Planos e Guias Orientativos de Resposta à Fauna Internacionais, bem como Manuais Técnicos e Diretrizes de Manejo de Fauna, especialmente as diretrizes do Manual de Boas Práticas - Manejo de fauna atingida por óleo, foi estabelecido um cronograma de simulados para serem realizados pela equipe de resposta à fauna oleada atuante na portuária de Antonina e Paranaguá, entre os anos de 2018 a 2023. Nesse período foram realizados dezenove simulados, dentre eles: oito de resposta e mobilização, dez de comunicação da equipe permanente, mobilizável e brigada voluntária e cinco simulados tabletop. Os simulados foram importantes ferramentas para a

Identificação de pontos críticos como: a) Tempo de resposta de acionamento; b) As limitações de espaço, equipamento e mobilidade logística necessária para efetuar uma resposta efetiva imediata para a fauna aquática. Adicionalmente, também foi possível verificar a capacidade de integração dos processos de resposta à fauna com os demais processos de resposta da integralidade dos incidentes que envolvem derramamento de petróleo e derivados.

Palavras-chave: exercícios de simulação simulados de mesa tabletop gerenciamento de desastres resposta à fauna oleada.

CONTRIBUCIÓN DE LOS EQUINOS TRABAJADORES EN LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO A DESASTRES CON ENFOQUE EN LA RESILIENCIA COMUNITARIA EN NICARAGUA

MSc. Fredred Valdivia, Director Regional BLAC
Oficina Regional The Brooke Hospital for Animals para América Latina y el Caribe
Fredred.Valdivia@thebrooke.org

Los equinos de trabajo tienen un papel importante para el desarrollo de los países latinoamericanos, se utilizan principalmente para transporte, tiro carga y producción agrícola. Algunas familias rurales dependen de sus equinos de trabajo, burros, mulas y caballos para sus actividades cotidianas. Además, brindan apoyo durante y posterior a los desastres el que es poco valorizado.

Esta investigación es una guía para visualizar el trabajo de los equinos en la resiliencia de las familias y sus comunidades ante eventos extremos de inicio súbito y de inicio lento. Se inicia con la premisa donde se considera que los departamentos del corredor seco son vulnerables a afectaciones climáticas, sociales y económicas; existe una población de equinos considerable, donde las familias tienen un arraigo cultural por la incorporación de equinos de trabajo en las unidades productivas.

Objetivo general:

Determinar la contribución de los equinos de trabajo en la Gestión Integral del Riesgo a Desastres (GIRD) y la Resiliencia de las familias de tres municipios del corredor seco de Nicaragua, que fueron impactadas por los huracanes Eta e Iota.

Metodología

El presente estudio se ha desarrollado en tres municipios del corredor seco de Nicaragua, en los departamentos de Somoto, Totogalpa y Palacagüina. Con una recopilación de información de 201 encuestas a productores, 31 entrevistas, 6 grupos focales y la aplicación de 249 herramientas de observación AWBOT (*Animal Welfare and Behavioral Observation Tool)* la cual permite analizar la situación de bienestar a equinos.

Resultados

Las comunidades del corredor seco presentan diversos riesgos identificados por los pobladores: sequía, vientos fuertes, derrumbes e inundaciones.

Para determinar las condiciones de bienestar de los equinos trabajadores, se midieron indicadores que se integran en los pilares fundamentales de los Cinco Dominios del Bienestar Animal para conocer el estado de nutrición, salud, comportamiento y el entorno. La condición de bienestar de los equinos de trabajo analizada nos indica que el 13% de todos los equinos observados presentan condiciones aceptables de bienestar, el 67% condiciones inaceptables y el 20% en un estado crítico.

Los equinos de trabajo contribuyen en las etapas de la GIRD ante un evento de inicio súbito y de inicio lento en el corredor seco, de manera preventiva en el transporte de la

producción, alimentos y garantizando provisiones para la protección y resguardo de la familia. Durante o posterior a la emergencia con el traslado de damnificados, personas lesionadas, traslado de agua y alimentos o el ingreso de equipos de apoyo a las comunidades donde no hay vías de acceso vehicular. Una vez superada la emergencia contribuyen como medio de transporte, en labores agrícolas, garantizando la leña en el hogar y facilitando las actividades de comercialización.

Los resultados obtenidos manifiestan que las familias reconocen su aporte a sus comunidades, sin embargo, su condición de bienestar puede optimizarse, y se requiere visualizar en otros espacios el aporte que representan para las dinámicas productivas de los municipios.

Conclusiones

Se considera relevante evidenciar la contribución de los equinos para mejorar la resiliencia de las comunidades e incidir en las agendas locales, nacionales y regionales sobre su integración en la dinámica de desarrollo territorial y la resiliencia, considerando de manera transversal el bienestar animal.

Finalmente es importante mencionar que se reconocen por los diferentes actores de este estudio las labores de los equinos de trabajo y su papel en eventos que afectan a las comunidades, sin embargo, no forman parte de los planes de emergencia o respuesta institucionalizados.

Palabras claves: Equinos de trabajo, gestión integral del riesgo ante desastres, resiliencia, eventos de inicio súbito y eventos de inicio lento.

AGRADECIMENTOS

É com imensa alegria que apresentamos os Anais do VI Congresso da Sociedade de Análise de Risco Latino-Americana (SRA-LA) e agradecemos a todas as pessoas e instituições que tornaram este evento possível.

Nosso reconhecimento especial vai para os pesquisadores e pesquisadoras que submeteram trabalhos, apresentaram artigos e expuseram pôsteres, dedicando parte de seu tempo e conhecimento para contribuir com a redução dos riscos de desastres na América Latina. Cada pesquisa trouxe reflexões e propostas fundamentais para o fortalecimento do setor.

O evento contou com o apoio de diversas organizações que foram essenciais para sua realização: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (ABGE), Sistema Federação das Indústrias do Estado do Paraná (Sistema Fiep), Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); Coordenadoria Estadual da Defesa Civil do Paraná (CEDEC); Universidade Estadual do Paraná (Unespar), por meio da Pró-Reitoria de Extensão e Cultura (Proec); Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Estadual do Paraná (Funespar); Secretaria da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Paraná (SETI); Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (Fundação Araucária); Instituto Água e Terra (IAT); Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar); Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (Simepar); SOS Sul; Gazin; Geopix; Grupo Ambipar; Centro Global de Monitoramento de Incêndios (Global Fire Monitoring Center - GFMC); Universidade da Virgínia (University of Virginia); Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO); Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNDRR); Associação Espanhola de Geografia; Asociación Latinoamericana de Investigadores en Ciencias del Mar (ALICMAR); Rede Universitária de América Latina e Caribe para a Redução de Riscos de Desastres (Redulac/RRD); Rede Ibero-Americana de Observação Territorial (Redd Iberoamericana de Observación Territorial); Universidade de Concepción; Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD); Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz); Sistema Único de Saúde (SUS); Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste); Universidade Estadual do Centro-Oeste (Unicentro); Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR); Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG); Instituto de Pesquisa e Educação em Telecomunicações (IPET); Instituto Brasileiro para Medicina da Conservação (Tríade); Associação Brasileira de Pesquisa Científica, Tecnológica e Inovação em Redução de Riscos e Desastres (ABP-RRD); Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT); Universidade Veiga de Almeida (UVA); Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Politécnica UFRJ); Universidade Federal do

Rio de Janeiro (UFRJ); Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Ambientais da Universidade Federal do Paraná (LAGEAMB/UFPR); Universidade Federal do Paraná (UFPR); Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres da Universidade do Estado de Santa Catarina (CEPED/UDESC); Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC); Programa de Pós-Graduação em Tecnologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (PPGTE); Grupo de Estudos em Medicina de Animais Selvagens – Grupo Fowler; Associação dos Geógrafos Brasileiros (AGB); Sociedade Brasileira de Saúde Ambiental (Sobrasa); e Corpo de Bombeiros do Estado do Paraná.

A todas e todos que contribuíram para a construção deste congresso, nosso mais sincero agradecimento. Que os resultados aqui compartilhados sigam impulsionando o desenvolvimento de estratégias, políticas e tecnologias voltadas à gestão de riscos de desastres em nossa região.

Comissão Organizadora do VI Congresso da SRA-LA, 2025.

Society for Risk Analysis
SRA
LATIN AMERICA
FIEP
SESI
SENAI
IEL
Sistema Fiep
EDITORA FUNESPAR
CEPED
PARANÁ
UNESPAR
DEFESA CIVIL
PARANÁ
PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO