SUSTAINABILITY IN DEBATE

SUSTENTABILIDADE EM DEBATE



EDITORIAL

COP30 in the Amazon: What can we expect?

DOSSIER

Adaptation to extreme climate events and socio-environmental resilience: impacts, challenges, and strategies

Ups and downs of public attention on climate change: the southern Brazil floods through Anthony Downs's issue-attention cycle

Social action to address the climate catastrophe of May 2024 in the Porto Alegre Metropolitan Region: developing a contingency plan to build socio-environmental resilience at the Filhos de Sepé settlement

Climate change and the adaptive adjustments of traditional extractive communities in the Médio Juruá territory, Central Amazon

Perceived impacts of natural disasters in the Serrana Region of Rio de Janeiro, as reported by members of support organisations

Municipal climate vulnerability in Western Paraná (2012–2024): a multivariate approach to territorial planning

Spatial distribution of socio-environmental vulnerability in urban flood-prone areas in the Municipality of Araruama-RJ

ARTICLES VARIA

Participatory Geographic Information System: citizen science approach in Potiguara Indigenous Land of Paraíba – Brazil

Coastal erosion in the Paraíba do Sul River basin: a preliminary analysis of land use and sedimentary dynamics

Energy access, embryonic urbanity, and development in Amazonian villages

Food choices and the transition to sustainable diets: motivations among Brazilian university students with different dietary profiles

"We are victims of one of the most brutal disinformation campaigns about the Amazon": an analysis of Jair Bolsonaro's speeches at the UN (2019– 2022)

The co-evolution of the Sustainability in Debate journal with sustainability issues and perspectives in a multilevel world

VOL. 16 - N. 3
SEP - DEC
2025
ISSN-e 2179-9067

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB

Copyright © 2025 by Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília.
Total or partial reproduction of the articles is allowed provided that the source is properly cited.

UNIVERSITY OF BRASILIA
Rector: Rozana Naves
CENTER FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT
Director: Carlos Hiroo Saito
ENERGY AND ENVIRONMENT LABORATORY – INSTITUTE OF TECHNOLOGY
Director: Antonio Cesar Pinho Brasil Junior
LABORATORY OF CONSTRUCTED ENVIRONMENT, INCLUSION AND SUSTAINABILITY
Coordinator: Raquel Naves Blumenschein

SUSTAINABILITY IN DEBATE JOURNAL
Editors-in-chief: Carlos Hiroo Saito, Marcel Bursztyn, Frédéric Mertens
Executive Editor: Patrícia Mesquita and Cristiana Dobre
Cover Designer: Paula Simas de Andrade
Indexation and Communication Editor: Patrícia Mesquita
Reviews Editor: Patrícia Mesquita
Website Administration: Patrícia Mesquita and BCE / UnB
Editting: Javiera de la Fuente C. / Editora IABS / www.editoraiabs.com.br
Text Formatting: Pedro Medeiros and Javiera de la Fuente C. / Editora IABS
Proofreading: Stela Máris Zica
English version editor: Cristiana Dobre
Graphic Designer: Stefania Montiel
Cover Picture: Marcel Bursztyn
Frequency: Quarterly
Peer-review process: *double blind peer-review*
Support: Brazilian Institute for Development and Sustainability - IABS and Research Support Foundation of the DF
Federal Project: *Internationalization and Increase in the Scientific Impact of the Sustainability in Debate Journal*
Format: online
Submissions Website: https://periodicos.unb.br/index.php/sust/about/submissions
Publisher Address: Campus Universitário Darcy Ribeiro - Gleba A, Bloco C - Av. L3 Norte, Asa Norte - Brasília-DF, CEP: 70.904-970

Phones: 55(61) 3107-6000, 3107-6001, 3107-6002, Fax: 3107-5972

E-mail: sustdeb@unb.br | Site: www.cds.unb.br
Author Guidelines: http://periodicos.unb.br/index.php/sust/about/submissions#authorGuidelines
Publication Ethics and Malpractice Statement:
https://periodicos.unb.br/index.php/sust/malpractice

Sustentabilidade em Debate – Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, v. 16, n.3 (2010 - 2025), Brasília, DF, Brasil.

Quarterly - ISSN Eletrônico 2179-9067

Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável.

CDU 304:577



Editorial Board / *Conselho Editorial*

President / *Presidente*

Frédéric Mertens - *Universidade de Brasília*

Members / *Membros*

Alan Cavalcanti Cunha	Universidade Federal do Amapá
Arun Agrawal	University of Michigan
Anthony Hall	London School of Economics
Asher Kiperstok	Universidade Federal da Bahia
Bertha Becker (falecida)	Universidade Federal do Rio de Janeiro
Boaventura de Sousa Santos	Universidade de Coimbra
Carolina Joana da Silva	Universidade do Estado do Mato Grosso
Francisco Ferreira Cardoso	Universidade do Estado de São Paulo
Gabriele Bammer	The Australian National University
Hassan Zaoual (falecido)	Université du Littoral, Côte d'Opale
Hervé Thery	Universidade de São Paulo
Ignacy Sachs	L'École des Hautes Études en Sciences Sociales
Jalcione Almeida	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Jean-François Tourrand	La Recherche Agronomique pour le Développement
Joan Martinez-Allier	Universitat Autonoma de Barcelona
Laura Maria Goulart Duarte	Universidade de Brasília
Leila da Costa Ferreira	Universidade Estadual de Campinas
Lúcia da Costa Ferreira	Universidade Estadual de Campinas
Marilene Corrêa da Silva Freitas	Universidade Federal da Amazonas
Mário Monzoni	Fundação Getúlio Vargas
Martin Coy	Universität Innsbruck
Merilee Grindle	Harvard University
Michael Burns	Harvard University
Michele Betsill	Colorado State University
Neli Aparecida de M. Théry (falecida)	Universidade de São Paulo
Othon Henry Leonardos	Universidade de Brasília
Roberto Bartholo Jr.	Universidade Federal do Rio de Janeiro
Suely Salgueiro Chacon	Universidade Federal do Ceará
Umberto Maturana	Universidade do Chile
Vandana Shiva	Research Foundation for Science, Technology and Natural Resource Policy

Reviewers of SiD in 2025

The Sustainability in Debate editorial team thanks the following professionals for their willingness to issue opinions on the submitted papers, contributing to the management of the journal:

Adriano Premenida
Adryane Gorayeb Nogueira
Alan Ricardo da Silva
Ana Carolina Feitosa de Vasconcelos
Ana Claudia Nepote
Ana Maria Nogales Vasconcelos
Antoniane Arantes
Antônio Sérgio Araújo Fernandes
Aristides Faria Lopes dos Santos
Breno Rayol
Carlo Prével
Cássia Lemos
Clóvis José Fernandes de Oliveira Júnior
Diego Lindoso
Elizabeth Hernandes
Elton Oliveira
Emanoele Abreu
Fania Friedman
Felipe Augusto Santos
Fernando Curado
Francine Mariliz Gramacho Sakata
Gabriela Litre
Guadalupe Satiro
Hirdan Medeiros
Ilvan Medeiros Lustosa Júnior
Izabelle Luiza Moreira Lopes
James Augusto Pires Tibúrcio
Jefferson Virgilio
Jessica Eloísa de Oliveira
Joeli Silva de Souza
José Aroudo Mota
José Augusto Drummond
José Natan Gonçalves da Silva
Júlia Alves Menezes
Laila Sandroni
Laura Darnet
Marco Aurélio de Castro
Maria Cludia Leguízamo Bermúdez
Maria Elisabete Pereira dos Santos
Mariana Piva da Silva
Marie-Paule Bonnet
Matilde De Souza
Maurício Polidoro
Natanael Charles da Silva
Neilton Fidelis
Nelson Bernal
Neriane Hora
Renata Távora
Rhavena Barbosa dos Santos
Rhuan Reis
Roberta Giraldi Romano
Rodrigo Campos Bortoletto
Roger Colacis
Rylanneive Leonardo Pontes Teixeira
Sandra Regina Afonso
Sandro Schlindwein
Saulo Rodrigues Pereira Filho
Seidel Ferreira dos Santos
Suely Chacon
Tiago Jacaúna
Valdir Schalch
Vera Lúcia Cruz
Virgilio Strasburg
Walter Brites
Walter Manoel Mendes Filho
Wanja Janayna de Miranda Lameira

Table of Contents / *Sumário*

EDITORIAL / *EDITORIAL*

COP30 in the Amazon: what can we expect?/ *A COP30 na Amazônia: o que esperar?*
By/Por: Marcel Bursztyn, Carlos Hiroo Saito, Patrícia Mesquita, Cristiana Dobre

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.60681 08

DOSSIER / *DOSSIÊ*

Dossier: Adaptation to extreme climate events and socio-environmental resilience: impacts, challenges, and strategies / *Dossiê: Adaptação a eventos climáticos extremos e resiliência socioambiental: impactos, desafios e estratégias*
By/Por: Diego Lindoso, Alexandre Strapasson

..... 14

Ups and downs of public attention on climate change: the southern Brazil floods through Anthony Downs's issue-attention cycle / *Altos e baixos da atenção pública sobre mudanças climáticas: inundações no RS e o "ciclo de atenção" de Anthony Downs*
By/Por: Guilherme Borba Lefèvre, Ana Paula Aprígio Assis, Eduardo de Lima Caldas

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.57946 22

Social action to address the climate catastrophe of May 2024 in the Porto Alegre Metropolitan Region: developing a contingency plan to build socio-environmental resilience at the Filhos de Sepé settlement / *Ação social no enfrentamento à catástrofe climática de maio de 2024 na Região Metropolitana de Porto Alegre: construção do plano de contingência do Assentamento Filhos de Sepé para a resiliência socioambiental*
By/Por: Camila Traesel Schreiner, Alice Audibert, Elisangela Telockenn, Jaime Roque Monteiro Carvalho, Isabel Cristina Monjelo Ribeiro Dalenogare, Janine de Almeida Engelmann, Letícia Rodrigues Nunes,Carolina Silveira Costa, Gabriela Coelho-de-Souza

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.58048 54

Climate change and the adaptive adjustments of traditional extractive communities in the Médio Juruá territory, Central Amazon / *A mudança climática e os ajustes adaptativos de comunidades tradicionais extrativistas no território do Médio Juruá, Amazônia Central*
By/Por: David Franklin da Silva Guimarães, Thaís Carla Vieira Alves, Marcileia Couteiro Lopes, Samela da Silva Teixeira, Almira Silva do Nascimento, Lívia Ribeiro Cruz

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.58115 92

Perceived impacts of natural disasters in the Serrana Region of Rio de Janeiro, as reported by members of support organisations / *Percepção dos impactos ocasionados por desastres naturais na Região Serrana fluminense, segundo membros de entidades de apoio aos afetados*
By/Por: Ana Luiza de Oliveira Maia, Roberta Fernanda da Paz de Souza Paiva, Givanildo de Góis, Paulo Miguel de Bodas Terassi

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.58184 130

Municipal climate vulnerability in Western Paraná (2012–2024): a multivariate approach to territorial planning / *Vulnerabilidade climática municipal no oeste do Paraná (2012–2024): uma abordagem multivariada para o planejamento territorial*
By/Por: Rafael Venturin Piacentini, Irene Carniatto de Oliveira

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.58151 161

Spatial distribution of socio-environmental vulnerability in urban flood-prone areas in the Municipality of Araruama-RJ / *Distribuição espacial da vulnerabilidade socioambiental em áreas de inundação urbana no município de Araruama-RJ*
By/Por: Júlio Cesar Menezes da Silva, Daniel Andrés Rodriguez, Cristiane Nunes Francisco

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.58067 181

ARTICLES VARIA / *ARTIGOS VARIA*

Participatory Geographic Information System: citizen science approach in Potiguara Indigenous Land of Paraíba - Brazil / *Sistema de Informação Geográfica participativo: abordagem em ciência cidadã em Terra Indígena Potiguara da Paraíba - Brasil*
By/Por: Renata Guimarães Oliveira, Allan Yu Iwama, Alicia Ferreira Gonçalves, Nathan Tuaxaua Galdino, Júlia Oliveira Braga, Edithe Rodrigues Neta, Jade Rosa Hilario Garcia, Elias Gerônimo de Lima, Ismael dos Santos Alfredo, Maristela Andrade

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.59082 217

Coastal erosion in the Paraíba do Sul River basin: a preliminary analysis of land use and sedimentary dynamics / *Erosão costeira na Bacia do Rio Paraíba do Sul: uma análise preliminar do uso da terra e da dinâmica sedimentar*
By/Por: Felipe Augusto Santos, Javier Tomasella

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.58101 261

Energy access, embryonic urbanity, and development in Amazonian villages / *Acesso à energia, urbanidade embrionária e desenvolvimento em vilas amazônicas*
By/Por: Antônio César Pinho Brasil Júnior, Rafael Castilho Faria Mendes, Manuela Tobaldini, Raimundo Nonato Júnior, Louna Saigot

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.60512 275

Food choices and the transition to sustainable diets: motivations among Brazilian university students with different dietary profiles / *Escolhas alimentares e transição para dietas sustentáveis: motivações de universitários brasileiros com diferentes perfis alimentares*
By/Por: Fernanda dos Santos Ramos, Nathalia Soares Brum de Mello, Letícia de Oliveira

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.58742 299

"We are victims of one of the most brutal disinformation campaigns about the Amazon": an analysis of Jair Bolsonaro's speeches at the UN (2019– 2022) / *"Somos vítimas de uma das mais brutais campanhas de desinformação sobre a Amazônia": uma análise dos discursos de Jair Bolsonaro na ONU (2019 – 2022)*
By/Por: Klaus Ramalho von Behr, Tiago Ribeiro Duarte

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.58913 328

The co-evolution of the Sustainability in Debate journal with sustainability issues and perspectives in a multilevel world / *A coevolução da revista Sustainability in Debate e das questões, e perspectivas da sustentabilidade em um mundo multinível*
By/Por: Cristiana Dobre, Patrícia Mesquita, Marcel Bursztyn, Carlos Hiroo Saito, Frédéric Mertens

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.60624..... 359

Editorial

COP30 in the Amazon: What can we expect?

Marcel Bursztyn, Carlos Hiroo Saito, Patrícia Mesquita and Cristiana Dobre

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.60681

The hosting of COP30 in the city of Belém, at the gateway to the Amazon, represents an important milestone for discussions on climate change and on the responsibilities of different countries and sectors of society in facing the challenges ahead. As the largest tropical forest on the planet—home to the greatest biodiversity—and given its role in carbon capture and rainfall regulation, the Amazon carries both symbolic and concrete weight in the strategies addressed at the conference.

Belém symbolises and reflects the situation of countries which, like Brazil, are marked by the difficult coexistence of short-term pressures and the imperative of sustainability. With more than 2.5 million inhabitants in its metropolitan region, Belém exemplifies the urban challenges that characterise major cities in the so-called Global South: unplanned growth, particularly in housing; deficits in environmental sanitation; limited mobility for residents; and inadequate infrastructure.

COP30 brought together representatives of 191 UN member states and also welcomed members of dozens of Indigenous peoples from the Brazilian Amazon and other countries. Gathered around debates on the climate crisis, vulnerabilities, mitigation and adaptation, different perspectives and interests were presented. As in previous COPs, the considerable gap remained evident between what science shows, what people experience, and what governments and economic actors are willing to commit to.

President Lula himself embodied this contradiction. During COP30, he advocated a roadmap to gradually reduce dependence on fossil fuels, even though in the weeks preceding the conference, he had publicly supported — and worked toward — Petrobras being granted a licence to prospect for oil along the Equatorial Margin near the mouth of the Amazon River.

It became clear that efforts to confront climate change face the same challenges highlighted in earlier COPs: the urgent pursuit of eliminating fossil fuels; the unequal responsibilities between central and peripheral economies; the need for consensus-based approval of documents, which ends up excluding from the agenda any issue that generates disagreement; and the question of climate finance.

There are also longstanding issues that shape environmental and sustainability debates — linked to perception, understanding and engagement. How can the recognition that the problem is global be translated into actions at the local level, where real life is lived and perceived by people?

It is worth recalling that, in 1992, the United Nations Conference on Environment and Development (Rio 92) established the slogan “think globally, act locally”. But should we act locally to repair disasters after they occur, or to prevent them in the first place?

Thirty-three years later, and we still face the same dilemma, now unfolded into a series of additional ones.

How can public actions and investments in mitigation (long-term) and even in adaptation (short and medium term) be prioritised when immediate and socially urgent problems — hunger, sanitation, housing, for example — are perceived as more legitimate and more expected by populations?

Who pays this bill: those responsible for the problem, or its victims?

What is the point of acting locally in isolated contexts if, globally, the major drivers of the crisis continue to act with impunity? A systemic understanding of causal interdependencies and multi-scalar processes still requires greater scientific literacy among the actors involved.

In 1992, we spoke of "common but differentiated responsibilities". Since then, it has become evident that everyone bears responsibility. Yet this is still not fully internalised in public decision-making—neither at the level of individual nations nor internationally.

We now live in a reality in which we are informed in real time about everything happening everywhere. Yet we often act with indifference towards what affects "others": both those living elsewhere and those who are yet to be born.

As a result, we witness a profound neglect of the challenges that threaten life on the planet—our neighbours' lives and the lives of future generations.

One thing is sure: from all angles, it is cheaper to prevent (locally) than to remedy (globally).

What will be the legacy of COP30? Will it resemble the legacies of previous COPs, where little of what was agreed was actually implemented?

There were undeniably important political achievements, such as the first-ever formal recognition of the role of Indigenous peoples in forest protection and climate adaptation; the approval of a Gender Action Plan; the establishment of a mechanism for a just transition (the Belém Action Mechanism); and the adoption of a Global Goal on Adaptation accompanied by a set of indicators (considered weakened) to track how countries are preparing to face extreme events. Yet despite these achievements, can we truly be satisfied with what is repeatedly framed as "the possible progress"?

Scientists made a forceful public statement when references to phasing out fossil fuels and ending deforestation were removed from the COP30 final text:

"This is a betrayal of science and people, especially the most vulnerable, as well as being totally inconsistent with the reaffirmed goals of limiting warming to 1.5°C and the near exhaustion of the carbon budget. It is impossible to limit warming to levels that protect people and life without gradually phasing out fossil fuels and ending deforestation."

(Carlos Nobre – Science Panel of the Amazon; Fatima Denton – United Nations University; Johan Rockström – Potsdam Institute for Climate Impact Research; Marina Hirota – Instituto Serrapilheira; Paulo Artaxo – University of São Paulo; Piers Forster – University of Leeds; Thelma Krug – President of COP30 Scientific Council).

Sustainability in Debate cannot but echo these words of protest and affirm the positions grounded in science.

In this edition, *Sustainability in Debate* brings together articles that directly address the challenges of the climate crisis, socio-environmental inequalities and territorial governance, combining rigorous empirical analyses, innovative methodological approaches and critical reflections on public policies and collective action.

Lefèvre, Assis and Caldas analyse the 2024 floods in Rio Grande do Sul through Anthony Downs's issue-attention cycle, demonstrating how public and media interest in climate change rises abruptly following extreme events but dissipates rapidly. Schreiner *et al.* examine the climate catastrophe of May 2024 in the Porto Alegre Metropolitan Region through the experience of the Filhos de Sepé settlement,

emphasising the central role of social organisation and collective action in the construction of territorial responses. Behr and Duarte analyse Jair Bolsonaro's speeches at the United Nations General Assembly between 2019 and 2022, showing how environmental denialism operated as a strategy for the co-production of a new epistemic and political order. Brasil Junior *et al.* investigate the relationship between access to electricity, local development and emerging forms of urbanity in small villages in the western Amazon. Drawing on the case study of Caiambé (AM), the article shows how the transition from diesel-based systems to hybrid solar energy systems affects education, health, community organisation, and energy security, thereby contributing to low-carbon development pathways in isolated systems.

Silva, Rodriguez and Francisco analyse the spatial distribution of socio-environmental vulnerability in urban areas prone to flooding in the municipality of Araruama (RJ). Using census data, official records and GIS-based mapping, the study identifies neighbourhoods with critical levels of vulnerability, highlighting the overlap between risk exposure, social precariousness and low institutional response capacity. Maia *et al.* explore perceptions of the impacts of natural disasters in the Serrana Region of Rio de Janeiro from the perspective of organisations supporting affected populations. The article reveals persistent effects on mental health, education, housing and safety, underscoring the absence of structured public responses beyond emergency assistance. Oliveira *et al.* present an experience of Participatory Geographic Information Systems (PGIS) in the Potiguara Indigenous Territory, in the state of Paraíba, articulating citizen science, social cartography and territorial management. The study demonstrates how collaborative data production strengthens the recognition of threats, conflicts and cultural heritage, while enhancing Indigenous autonomy and protagonism in the defence of their territories. Santos and Tomasella analyse coastal erosion in the Paraíba do Sul River basin, with a focus on land-use change and sediment dynamics. The results indicate significant reductions in river flow and sediment transport associated with dams, hydrological regulation and territorial transformations, while also highlighting the complexity of coastal processes and the limits of simplified explanatory models.

Piacentini and Oliveira investigate municipal climate vulnerability in western Paraná between 2012 and 2024 using multivariate statistical analysis. By identifying differentiated spatial patterns of exposure to extreme events, the article offers methodological contributions to territorial planning and the formulation of public policies for climate change adaptation.

Guimarães *et al.* analyse the impacts of climate change and adaptive adjustments among traditional extractive communities in the Médio Juruá territory in the Central Amazon. Based on climate data and interviews, the study shows that extreme events are already profoundly altering local ways of life. At the same time, governmental responses remain largely limited to emergency measures, reinforcing the need for robust, territorially grounded adaptation policies.

Finally, Dobre *et al.* present a historical and bibliometric analysis of the trajectory of Sustainability in Debate, examining the journal's thematic evolution, patterns of authorship and collaboration, and its position within the field of sustainability studies. The article offers a critical reflection on the journal's role as a space of mediation between science, policy and society, reaffirming its contribution to the development of a critical and interdisciplinary agenda in the Global South.

We hope you enjoy reading this issue.

Happy New Year!

The Editors

Editorial

A COP30 na Amazônia: o que esperar?

Marcel Bursztyn, Carlos Hiroo Saito, Patrícia Mesquita e Cristiana Dobre

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.60681

A realização da COP30 na cidade de Belém, na porta de entrada da Amazônia, é um importante marco para o debate sobre as mudanças climáticas e as responsabilidades dos diferentes países e setores da sociedade ante os desafios a serem enfrentados. Por ser a maior floresta tropical do planeta, onde se encontra a maior biodiversidade, e pelo seu papel na captura de carbono e regulação do regime de chuvas, a Amazônia tem um efeito simbólico e objetivo na condução das estratégias tratadas na conferência.

Belém simboliza e representa a situação de países que, como o Brasil, são marcados pela difícil convivência entre desafios de curto prazo e o imperativo da sustentabilidade. Com uma população de mais de 2,5 milhões de habitantes em sua região metropolitana, Belém é um retrato das mazelas urbanas que caracterizam as grandes cidades do chamado Sul Global: crescimento desordenado, principalmente na área da habitação, déficit de saneamento ambiental, limitações à mobilidade dos habitantes e infraestrutura insuficiente.

O evento COP30 recebeu representantes de 191 países, membros da ONU, mas também acolheu membros de dezenas de etnias de povos originários, tanto da própria Amazônia brasileira quanto de outros países. Reunidos em torno dos debates sobre a crise climática, vulnerabilidades, mitigação e adaptação, diferentes olhares e interesses puderam ser expostos. Como em outras COPs, ficou evidente o grande vácuo entre o que demonstra a ciência, o que sentem as pessoas e o que os governantes e atores econômicos estão dispostos a assumir como compromisso.

O próprio presidente Lula foi a expressão dessa contradição ao defender durante a COP30 a adoção de um mapa do caminho para gradualmente diminuir a dependência dos combustíveis fósseis, apesar de nas semanas anteriores ao evento ter defendido e trabalhado pela aprovação da licença para pesquisa pela Petrobras visando à exploração de petróleo na Margem Equatorial junto à foz do rio Amazonas.

Ficou evidente que o enfrentamento da mudança climática esbarra nos mesmos desafios que já haviam sido apontados nas COP anteriores: a busca acelerada da eliminação dos combustíveis fósseis, a responsabilidade desigual entre os países de economia central e os de economia periférica, a necessidade de aprovação de documentos por meio consensual que termina por excluir da pauta qualquer tema que provoque divergências e o financiamento para o combate às mudanças climáticas.

Além disso, há questões antigas que permeiam o debate sobre meio ambiente e sustentabilidade, que envolvem percepção, compreensão e engajamento: como traduzir a constatação de que o problema é global em ações em âmbito local, que é onde o mundo real é vivido e percebido pelas pessoas?

Vale lembrar que, em 1992, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (RIO 92) consagrou o slogan “pensar globalmente, agir localmente”. E agir localmente para remediar o desastre ou para preveni-lo?

Passaram-se 33 anos e ainda nos deparamos com o mesmo problema, que na prática se desdobrou em outras questões.

Como priorizar ações e investimentos públicos em mitigação (longo prazo) e mesmo em adaptação (curto e médio prazos), quando problemas imediatos e socialmente urgentes (fome, saneamento e habitação, por exemplo) são percebidos como mais legítimos e esperados pelas populações?

Quem paga esta conta: os responsáveis pelo problema ou as vítimas?

De que vale agir localmente apenas em certos contextos, se globalmente ainda prevalece a omissão dos grandes agentes causadores do problema? A visão sistêmica das interdependências causais e as interações dos processos multiescalares ainda requer melhor compreensão pelos agentes envolvidos: falta ainda alfabetização científica nesse aspecto.

Em 1992 falava-se em “responsabilidades comuns, mas diferenciadas”. Depois disso, ficou evidente que todos são responsáveis. Mas isso ainda não está devidamente internalizado nos processos de decisão pública; nem ao nível de cada nação, nem internacionalmente.

Vivemos hoje uma realidade em que somos informados sobre tudo o que acontece, em toda parte e em tempo real. No entanto, agimos com indiferença em relação ao que atinge “os outros”: tanto os que estão em outros locais quanto os que ainda estão por nascer.

Como consequência, há um enorme desleixo em relação aos grandes desafios que ameaçam a própria vida no planeta, tanto as vidas de nossos vizinhos quanto as das próximas gerações.

Uma coisa é certa: sob todos os ângulos, é mais barato prevenir (localmente) do que remediar (globalmente).

Qual será o legado da COP30? Será semelhante aos das COPs precedentes, em que pouco se implementou do pouco que havia sido acordado?

É inegável que há conquistas políticas importantes, como o reconhecimento pela primeira vez do papel dos povos indígenas na proteção das florestas e na adaptação ao clima, a aprovação de um Plano de Ação de Gênero, a definição de um mecanismo para uma transição justa (*Belém Action Mechanism*) e a adoção de uma Meta Global de Adaptação com um conjunto de indicadores (considerados enfraquecidos) para acompanhar como os países estão se preparando para enfrentar eventos extremos.

Mas, apesar dessas conquistas, será que podemos nos contentar com o que se consagra como "os avanços possíveis"?

Os cientistas fizeram um pronunciamento veemente quando da retirada da referência ao roteiro para acabar com a dependência de combustíveis fósseis e com o desmatamento durante a COP30: "Isso é uma traição à ciência e às pessoas, especialmente os mais vulneráveis, além de totalmente incoerente com os objetivos reafirmados de limitar o aquecimento a 1,5°C e com o quase esgotamento do orçamento de carbono. É impossível limitar o aquecimento a níveis que protejam as pessoas e a vida sem eliminar gradualmente os combustíveis fósseis e acabar com o desmatamento.” (Carlos Nobre – *Science Panel of the Amazon*; Fatima Denton – United Nations University; Johan Rockström – Potsdam Institute for Climate Impact Research; Marina Hirota – Instituto Serrapilheira; Paulo Artaxo – Universidade de São Paulo; Piers Forster – University of Leeds; Thelma Krug – Presidente do Conselho Científico da COP30).

A revista *Sustainability in Debate* não pode deixar de ecoar essas palavras de protesto e defender as posições oriundas da ciência.

Nesta edição, *Sustainability in Debate* reúne artigos que enfrentam diretamente os desafios da crise climática, das desigualdades socioambientais e da governança territorial, combinando análises empíricas rigorosas, abordagens metodológicas inovadoras e reflexões críticas sobre políticas públicas e ação coletiva.

Lefèvre, Assis e Caldas analisam as inundações de 2024 no Rio Grande do Sul a partir do conceito de "ciclo de atenção", de Anthony Downs, demonstrando como o interesse público e midiático em torno das mudanças climáticas cresce de forma abrupta após eventos extremos, mas se dissipa rapidamente. Schreiner *et al.* examinam a catástrofe climática de maio de 2024 na Região Metropolitana de Porto Alegre por meio da experiência do Assentamento Filhos de Sepé, enfatizando a centralidade da organização social e da ação coletiva na construção de respostas territoriais. Behr e Duarte analisam os discursos de Jair Bolsonaro na Assembleia Geral das Nações Unidas entre 2019 e 2022, demonstrando como o negacionismo ambiental operou como estratégia de coprodução de uma nova ordem epistêmica e política. Brasil Junior *et al.* investigam a relação entre acesso à energia, desenvolvimento local e formas emergentes de urbanidade em pequenas vilas da Amazônia ocidental. A partir do estudo de caso de Caiambé (AM), o artigo demonstra como a transição de sistemas a diesel para sistemas híbridos com energia solar influencia educação, saúde, organização comunitária e segurança energética, contribuindo para trajetórias de desenvolvimento de baixo carbono em sistemas isolados.

Silva, Rodriguez e Francisco analisam a distribuição espacial da vulnerabilidade socioambiental em áreas urbanas suscetíveis a inundações no município de Araruama (RJ). Utilizando dados censitários, registros oficiais e mapeamento em ambiente SIG, o estudo identifica bairros com vulnerabilidade crítica, evidenciando a sobreposição entre exposição ao risco, precariedade social e baixa capacidade de resposta institucional. Maia *et al.* exploram a percepção dos impactos de desastres naturais na Região Serrana Fluminense a partir do olhar de representantes de entidades de apoio às populações afetadas. O artigo evidencia efeitos persistentes sobre saúde mental, educação, habitação e segurança, destacando a ausência de respostas estruturadas do poder público para além do atendimento emergencial. Oliveira *et al.* apresentam uma experiência do Sistema de Informação Geográfica Participativo (SIGp) em Terra Indígena Potiguara, na Paraíba, articulando ciência cidadã, cartografia social e gestão territorial. O estudo demonstra como a produção colaborativa de dados fortalece o reconhecimento de ameaças, conflitos e patrimônios culturais, além de ampliar a autonomia e o protagonismo indígena na defesa de seus territórios. Santos e Tomasella analisam a erosão costeira na Bacia do Rio Paraíba do Sul a partir de mudanças no uso da terra e da dinâmica sedimentar. Os resultados indicam reduções significativas na vazão e no transporte de sedimentos, associadas a barragens, regulação hídrica e transformações territoriais, ao mesmo tempo que destacam a complexidade dos processos costeiros e os limites de explicações simplificadas.

Piacentini e Oliveira investigam a vulnerabilidade climática municipal no oeste do Paraná entre 2012 e 2024 por meio de análise estatística multivariada. Ao identificar padrões espaciais diferenciados de exposição a eventos extremos, o artigo contribui com subsídios metodológicos para o planejamento territorial e a formulação de políticas públicas de adaptação às mudanças climáticas.

Guimarães *et al.* analisam os impactos das mudanças climáticas e os ajustes adaptativos de comunidades tradicionais extrativistas no território do Médio Juruá, na Amazônia Central. Com base em dados climáticos e entrevistas, o estudo evidencia como eventos extremos já alteram profundamente os modos de vida locais, enquanto as respostas governamentais permanecem restritas a ações emergenciais, reforçando a necessidade de políticas de adaptação robustas e territorialmente enraizadas.

Por fim, Dobre *et al.* apresentam uma análise histórico-bibliométrica da trajetória da *Sustainability in Debate*, examinando a evolução temática da revista, os padrões de autoria e colaboração, e sua inserção no campo da sustentabilidade. O artigo reflete criticamente sobre o papel do periódico como espaço de mediação entre ciência, política e sociedade, reafirmando sua contribuição para o desenvolvimento de uma agenda crítica e interdisciplinar no Sul Global.

Desejamos uma ótima leitura e um Feliz Ano Novo!

Equipe Editorial

Dossier: Adaptation to extreme climate events and socio-environmental resilience: impacts, challenges, and strategies

Dossiê: Adaptação a eventos climáticos extremos e resiliência socioambiental: impactos, desafios e estratégias

Diego Lindoso [1]

Alexandre Strapasson [2]

[1] *PhD in Sustainable Development, Professor, Centre for Sustainable Development, University of Brasília, Brasilia, DF, Brazil*
E-mail: diego.lindoso@unb.br

[2] *PhD in Environmental Research, Professor, Centre for Sustainable Development, University of Brasília, Brasilia, DF, Brazil*
E-mail: alexandre.strapasson@unb.br

DOSSIER

The intensification of extreme climate events is one of the clearest signs of the unfolding climate crisis (IPCC, 2021). Rising global average temperatures have increased the frequency and severity of heatwaves, droughts, wildfires, storms, and floods, with growing economic, social, and ecological impacts. These events do not affect everyone equally: their consequences are unevenly distributed, reflecting and deepening pre-existing vulnerabilities (Muñoz *et al.*, 2025). In Brazil, low-income populations, traditional communities, Indigenous and Quilombola peoples, family farmers, and residents of peripheral urban areas face disproportionate risks due to both higher physical exposure and limited adaptive capacity (Suárez; Bello; Campbell, 2024). Gender, race, age, and public health conditions are also crucial to consider.

Inequality is therefore a central vector of climate risk — and within this context, justice and equity must guide the implementation of the adaptation agenda. Adapting to new climatic conditions means not only protecting infrastructure and ecosystems, but also addressing historical asymmetries and ensuring that the benefits of climate action are shared fairly and inclusively.

In the early years of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), established in 1992, the emphasis was on mitigation, while adaptation was seen as a residual response, necessary only to deal with potential future impacts. The prevailing belief was that mitigation efforts would be enough to prevent the worsening of climate change, mirroring the success of the Montreal Protocol in protecting the ozone layer. This perception changed significantly with the Paris Agreement in 2015, which recognised that mitigation efforts, although essential, would not be sufficient to contain all the impacts of climate change. Since then, adaptation has rapidly gained political and technical prominence, driving debates on planning, finance, and the monitoring of actions at multiple scales. COP30, held in Belém in 2025, marked a decisive turning point. Among the central issues discussed

were the definition of global targets to assess adaptation progress — the Global Goal on Adaptation (GGA) — and climate finance for adaptation.

Adaptation is more than an isolated action: it is a systemic process. It involves both immediate responses to risks and structural transformations aimed at reducing exposure, moderating vulnerabilities, and building socio-environmental resilience. Adaptation unfolds across multiple scales — from local to global — and depends on the articulation of traditional knowledge, scientific understanding, technology use, behavioural change, and the implementation of supportive public policies. Its effectiveness is linked to the ability to understand risks, anticipate impacts, and plan integrated responses. It requires a shift away from a "disaster economy", where spending on recovery and reconstruction is counted positively in indicators such as GDP, towards an "adaptation economy" grounded in prevention and resilience (Do Lago, 2025).

In this sense, adaptation is not only technical but also social and cultural. It involves reorganising ways of life, strengthening community networks, and valuing local and traditional knowledge (Dorji *et al.*, 2024). Technological strategies such as early warning systems, resilient infrastructure, and agricultural innovation are fundamental. However, they must be complemented by ecosystem-based approaches that recognise nature's role in reducing climate risks (Morecroft *et al.*, 2019). Likewise, social technologies and traditional management practices offer effective pathways to foster socio-environmental resilience, particularly in rural areas and low-income urban contexts (Lindoso *et al.*, 2017).

Strengthening resilience requires acknowledging that adaptation is a continuous, dynamic and often uncertain process. Actions should be planned based on climate scenarios and adjusted as new information and experience emerge. This demands flexible, collaborative institutions capable of learning from their territories and incorporating multiple voices into decision-making, including the exchange of both local and international experiences. The integration of sectoral policies — such as urban planning, water resources, agriculture, and health — is equally essential, as climate impacts cross institutional and geographical boundaries (Di Giulio *et al.*, 2025). Technical and scientific knowledge must engage with empirical and community knowledge, recognising the diversity of adaptive actions which, while not always sufficient to address all impacts, remain necessary.

The Dossier **"Adaptation to extreme climate events and socio-environmental resilience: impacts, challenges, and strategies"** aims to contribute to this debate. It brings together studies that explore different dimensions of adaptation — from risk and vulnerability assessments to the evaluation of public policies, local practices, and adaptive technological and institutional innovations. The articles cover different Brazilian regions (South, North, and Southeast) and illustrate the theme through emblematic disasters such as the historic floods in Rio Grande do Sul (2024), as well as recurrent events such as extreme river levels in the Amazon and hydro-geological disasters in the Serrana region of Rio de Janeiro.

By articulating interdisciplinary perspectives, the special issue highlights that adaptation is simultaneously a scientific, political, and ethical challenge. Understanding how human societies and ecosystems can coexist, respond, and transform in the face of a changing climate demands cooperation, solidarity, and long-term vision. The reflections gathered here may inspire new approaches and policies that strengthen socio-environmental resilience and promote a fairer, safer, and more sustainable future.

In the opening article of the issue, *"Ups and downs of public attention on climate change: the southern Brazil floods through Anthony Downs's issue-attention cycle"*, Lefèvre *et al.* examine public attention during the 2024 disaster in the State of Rio Grande do Sul by analysing the media coverage of a major news outlet. They reflect on the short-lived yet significant "window of opportunity" opened by the social and media repercussions in the weeks following the disaster for implementing more assertive adaptive actions.

The second article, *"Social action to address the climate catastrophe of May 2024 in the Porto Alegre Metropolitan Region: developing a contingency plan to build socio-environmental resilience at the Filhos de Sepé settlement"*, Schreiner *et al.* describe the impacts and analyses the collective community process involved in drafting a contingency plan. The study provides important evidence and reflections on the role of social organisation, community-based strategies, and engagement with public policies in building climate resilience among historically vulnerable populations.

The article *"Climate change and the adaptive adjustments of traditional extractive communities in the Médio Juruá territory, Central Amazon"* illustrates the dynamics of impact and response among Amazonian extractivist communities facing rising temperatures and hydrological disasters. Through semi-structured interviews and content analysis, Guimarães *et al.* identify elements of the relationship between climate and daily practices, perceptions of environmental change over recent decades, and a catalogue of autonomous responses to these changes.

In the fourth article, *"Perceived impacts of natural disasters in the Serrana Region of Rio de Janeiro, as reported by members of support organisations"*, Maia *et al.* discuss the perceptions of actors involved in disaster response regarding the impacts of hydro-geological disasters on populations in the mountainous municipalities of Rio de Janeiro. The results show that impacts cut across multiple dimensions of affected people's quality of life — not only the immediate and visible ones, such as loss of housing and the challenges of securing temporary shelter or safe long-term accommodation, but also subtler consequences with long-term effects, including impacts on mental health.

Finally, the fifth and sixth articles contribute to the development of systems for assessing urban climate risk. In *"Municipal climate vulnerability in Western Paraná (2012–2024): a multivariate approach for territorial planning"*, Piacentini *et al.* apply statistical methods to cluster municipalities in the State of Paraná according to socio-economic typologies and climate-risk profiles. The discussion highlights the potential of this approach to support territorial planning and guide more effective adaptive public policies, emphasising the local specificity of exposure and vulnerability, and the need for contextualised adaptation planning.

The article *"Spatial distribution of socio-environmental vulnerability in urban flood-prone areas in the Municipality of Araruama-RJ"* uses the municipality of Araruama (Rio de Janeiro) as a case study. Combining socio-economic data, spatially explicit information on flood susceptibility, and media reports, Silva *et al.* produce an intra-municipal map of climate risk. By integrating social and biophysical vulnerability, the work highlights the spatial heterogeneity of climate risk and the inherently context-specific nature of adaptation as a political process.

Enjoy your reading!

REFERENCES

DI GIULIO, G. M.; SERRAO-NEUMANN, S.; LINDOSO, D. P.; PEREZ, G. G.; NEDER, E. A; TORRES, R. R. Advancing adaptation of highly heterogeneous urban contexts for improved distributive climate justice: an analysis of specific and generic adaptive capacities of Brazilian cities. **Sustainable Cities and Society**, v. 130, p. 106665, 2025. Available in: https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.106665.

DO LAGO, A. C. **Oitava Carta da Presidência Brasileira**. Cartas da Presidência da COP 30, 23 out. 2025. Available in: https://cop30.br/pt-br/presidencia-da-cop30/cartas-da-presidencia/oitava-carta-da-presidencia-brasileira.

DORJI, T.; RINCHEN, K.; MORRISON-SAUNDERS, A.; BLAKE, D.; BANHAM, V.; PELDEN, S. Understanding how indigenous knowledge contributes to climate change adaptation and resilience: a systematic literature review. **Environmental Management**, v. 74, n. 6, p. 1101-1123, 2024. Available in: https://doi.org/10.1007/s00267-024-02032-x.

IPCC. Sumário para Formuladores de Políticas. In: MASSON-DELMOTTE, V. *et al.* (eds.). **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.

LINDOSO, D. P.; EIRÓ, F.; BURSZTYN, M.; RODRIGUES FILHO, S.; NASUTI, S. Harvesting water for living with drought: insights from the Brazilian human coexistence with semi-aridity approach towards achieving the sustainable development goals. **Sustainability**, v. 10, n. 3, p. 622, 2018. Available in: https://doi.org/10.3390/su10030622.

MORECROFT, M. D. *et al.* Measuring the success of climate change adaptation and mitigation in terrestrial ecosystems. **Science**, v. 366, eaaw9256, 2019. Available in: https://doi.org/10.1126/science.aaw9256.

MUÑOZ, L. S.; DUARTE, D. H. S.; EMMANUEL, R. Heat risk in the city of São Paulo: interactions between SUHI and social inequality. **Urban Climate**, v. 63, p. 102568, 2025. Available in: https://doi.org/10.1016/j.uclim.2025.102568.

SUÁREZ, G.; BELLO, O.; CAMPBELL, J. **Avaliação dos efeitos e impactos das inundações no Rio Grande do Sul**. Brasília: Banco Interamericano de Desenvolvimento; Cepal; Banco Mundial, 2024. Available in: https://publications.iadb.org/pt/avaliacao-dos-efeitos-e-impactos-das-inundacoes-no-rio-grande-do-sul

Dossiê: Adaptação a eventos climáticos extremos e resiliência socioambiental: impactos, desafios e estratégias

Dossier: Adaptation to extreme climate events and socio-environmental resilience: impacts, challenges, and strategies

Diego Lindoso [1]

Alexandre Strapasson [2]

[1] Doutorado em Desenvolvimento Sustentável, Professor, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil
E-mail: diego.lindoso@unb.br

[2] Doutorado em Pesquisa Ambiental, Professor, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil
E-mail: alexandre.strapasson@unb.br

DOSSIÊ

A intensificação dos eventos climáticos extremos é um dos sinais mais evidentes da crise climática em curso (IPCC, 2021). O aumento da temperatura média global tem ampliado a frequência e a severidade de ondas de calor, secas, incêndios florestais, tempestades e inundações, com impactos econômicos, sociais e ecológicos crescentes. Esses eventos não atingem a todos da mesma forma: seus efeitos se distribuem de maneira desigual, refletindo e agravando vulnerabilidades preexistentes (Muñoz *et al.*, 2025). No Brasil, populações de baixa renda, comunidades tradicionais, povos indígenas e quilombolas, agricultores familiares e habitantes de áreas urbanas periféricas enfrentam riscos desproporcionais, tanto pela maior exposição física quanto pela limitada capacidade de resposta (Suaréz; Bello; Campbell, 2024). Aspectos de gênero, raça, idade e condições de saúde pública também devem ser considerados.

A desigualdade é, portanto, um vetor central do risco climático — e é nesse contexto que justiça e equidade devem ser princípios orientadores da implementação da agenda de adaptação. Adaptar-se às novas condições climáticas implica não apenas proteger infraestruturas e ecossistemas, mas também corrigir assimetrias históricas e garantir que os benefícios da ação climática sejam distribuídos de forma justa e inclusiva.

Nos primeiros anos da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), estabelecida em 1992, a ênfase recaía sobre a mitigação, enquanto a adaptação era vista como uma resposta residual, necessária apenas para lidar com potenciais impactos futuros. Acreditava-se que as ações de mitigação seriam rápidas o suficiente para evitar o agravamento da mudança do clima, a exemplo do ocorrido no Protocolo de Montreal, para proteção da camada de ozônio. Essa percepção mudou de forma significativa com o Acordo de Paris, em 2015, que reconheceu que os esforços de mitigação, embora essenciais, não serão suficientes para conter todos os impactos advindos da mudança do clima. Desde então, a adaptação ganhou rapidamente centralidade política e técnica, impulsionando debates sobre planejamento, financiamento e monitoramento de ações em diferentes

escalas. A COP 30, realizada em Belém, em 2025, marcou um ponto decisivo dessa trajetória. Entre os temas centrais discutidos, estiveram a definição de metas globais para avaliar o progresso em adaptação (*Global Goal on Adaptation* – GGA) e o financiamento climático para adaptação.

Adaptar-se é mais que uma ação isolada: constitui um processo sistêmico. Envolve tanto respostas imediatas a riscos, quanto transformações estruturais orientadas a reduzir exposições, moderar vulnerabilidades e construir resiliência socioambiental. A adaptação ocorre em múltiplas escalas — do local ao global — e depende da articulação entre saberes tradicionais, conhecimento científico, uso de tecnologias, mudanças comportamentais e a implementação de políticas públicas de apoio. Sua efetividade está ligada à capacidade de compreender riscos, antecipar impactos e planejar respostas de forma integrada. É necessário transitar de uma economia de desastres, cujos investimentos com recuperação e reconstrução contabilizam positivamente em indicadores, como PIB, para uma economia da adaptação, fundamentada na prevenção e resiliência (Do Lago, 2025).

Nesse sentido, a adaptação não é apenas técnica, mas também social e cultural. Implica reorganizar modos de vida, fortalecer redes comunitárias e valorizar saberes locais e tradicionais (Dorji *et al.*, 2024). Estratégias tecnológicas, como sistemas de alerta precoce, infraestruturas resilientes e inovação agrícola, são fundamentais, mas precisam ser complementadas por soluções baseadas em ecossistemas, que reconhecem o papel da natureza na redução de riscos climáticos (Morecroft *et al.*, 2019). Da mesma forma, tecnologias sociais e práticas de manejo tradicional oferecem caminhos eficazes para promover a resiliência socioambiental, especialmente em contextos rurais e urbanos de baixa renda (Lindoso *et al.*, 2017).

O fortalecimento da resiliência demanda reconhecer que a adaptação é um processo contínuo, dinâmico e muitas vezes incerto. As ações devem ser planejadas com base em cenários climáticos e ajustadas à medida que novas informações e experiências se acumulem. Isso demanda instituições flexíveis e colaborativas, capazes de aprender com o território e de incorporar múltiplas vozes na tomada de decisão, incluindo a troca de experiências locais e internacionais. A integração entre políticas setoriais — como planejamento urbano, recursos hídricos, agricultura e saúde — é igualmente decisiva, pois os impactos climáticos atravessam fronteiras institucionais e geográficas (DiGiulio *et al.*, 2025). O conhecimento técnico-científico deve dialogar com o conhecimento empírico e comunitário, reconhecendo a diversidade de ações adaptativas, que nem sempre serão suficientes ao enfrentamento dos impactos, porém necessárias.

O Dossiê **"Adaptação a eventos climáticos extremos e resiliência socioambiental: impactos, desafios e estratégias"** nasce com o propósito de contribuir para esse debate. Reúne trabalhos que exploram diferentes dimensões da adaptação — da análise de riscos e vulnerabilidades à avaliação de políticas públicas, práticas locais e inovações tecnológicas e institucionais adaptativas. Os artigos perpassam diferentes regiões brasileiras (Sul, Norte e Sudeste) e ilustram a temática a partir de desastres emblemáticos, como as inundações históricas do Rio Grande do Sul (2024), e desastres recorrentes, como os extremos fluviais na Amazônia e desastres hidrogeológicos da região serrana do Rio de Janeiro.

Ao articular perspectivas interdisciplinares, o Dossiê evidencia que a adaptação é, simultaneamente, um desafio científico, político e ético. Compreender como sociedades humanas e ecossistemas podem conviver, responder e se transformar diante de um clima em mudança é tarefa que exige cooperação, solidariedade e visão de longo prazo. Espera-se que as reflexões aqui reunidas inspirem novas abordagens e políticas capazes de fortalecer a resiliência socioambiental e promover um futuro mais justo, seguro e sustentável.

No primeiro artigo do Dossiê, *"Altos e baixos da atenção pública sobre mudanças climáticas: inundações no RS e o 'ciclo de atenção' de Anthony Downs"*, Lefevre et al discutem a atenção pública durante o desastre de 2024, no estado do Rio Grande do Sul, analisando a cobertura jornalística de um grande veículo de comunicação. Em seguida, refletem sobre a brevidade e o potencial da "janela de

oportunidade" que se abre com a repercussão social e midiática nas semanas seguintes ao desastre para a implementação de ações adaptativas mais assertivas.

No segundo artigo, *"Ação social no enfrentamento à catástrofe climática de maio de 2024 na Região Metropolitana de Porto Alegre: construção do plano de contingência do Assentamento Filhos de Sepé para a resiliência socioambiental"*, Schreiner *et al.* descrevem os impactos e analisam o processo coletivo comunitário na elaboração de um plano de contingência. O trabalho traz evidências e reflexões relevantes para entender o papel da organização social, de estratégias baseadas em comunidade e da articulação com políticas públicas na construção de resiliência climática em populações historicamente vulnerabilizadas.

No artigo *"A mudança climática e os ajustes adaptativos de comunidades tradicionais extrativistas no Território do Médio Juruá, Amazônia Central"*, Guimarães et al ilustram a dinâmica do impacto e resposta de comunidades extrativistas amazônidas diante do aumento da temperatura e dos desastres hidrológicos. A partir de entrevistas semiestruturadas e análise de conteúdo, os autores identificaram aspectos da relação entre clima e práticas cotidianas, percepções sobre mudanças ambientais nas últimas décadas e obtiveram um inventário de respostas autônomas a essas mudanças.

No quarto artigo, *"Percepção dos impactos ocasionados por desastres naturais na Região Serrana Fluminense segundo membros de entidades de apoio aos afetados"*, Maia *et al.* discutiram a percepção de atores vinculados a entidades envolvidas na resposta a desastres sobre o impacto de desastres hidrogeológicos na população de municípios serranos do Rio de Janeiro. Os resultados mostram que os impactos perpassam diferentes dimensões da qualidade de vida das populações afetadas, não só aquelas mais imediatas e evidentes, como a perda das moradias e os desafios de encontrar abrigo e habitações seguras pós-impacto, como também impactos menos evidentes e de consequências de longo prazo, como os impactos na saúde mental.

Por fim, o quinto e sexto artigos trazem uma contribuição para a formulação de sistemas de avaliação de risco climático urbano. No artigo *"Vulnerabilidade climática municipal no oeste do Paraná (2012–2024): uma abordagem multivariada para o planejamento territorial"*, Piacentini *et al.* aplicaram métodos estatísticos para agrupar os municípios do estado do Paraná, segundo tipologias socioeconômicas e de risco climático. A discussão reflete o potencial da abordagem como subsídio ao planejamento territorial e à formulação de políticas públicas adaptativas mais efetivas, enfatizando a realidade local específica da exposição, a vulnerabilidade e a importância de planejar a adaptação contextualmente.

Já no artigo intitulado *"Distribuição espacial da vulnerabilidade socioambiental em áreas de inundação urbana no município de Araruama-RJ"*, Silva *et al.*, utilizando como caso o município de Araruama (Rio de Janeiro), combinam dados socioeconômicos, informações espacialmente explícitas de suscetibilidade a inundações e notícias de meios de comunicação para produzir um mapa intramunicipal de risco climático. Ao integrar vulnerabilidade social e biofísica, evidenciam a natureza heterogênea espacial do risco climático e que, portanto, a adaptação, como processo político, é contexto-específica.

Boa leitura!

REFERÊNCIAS

DI GIULIO, G. M.; SERRAO-NEUMANN, S.; LINDOSO, D. P.; PEREZ, G. G.; NEDER, E. A; TORRES, R. R. Advancing adaptation of highly heterogeneous urban contexts for improved distributive climate justice: an analysis of specific and generic adaptive capacities of Brazilian cities. **Sustainable Cities and Society**, v. 130, p. 106665, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.106665.

DO LAGO, A. C. **Oitava Carta da Presidência Brasileira**. Cartas da Presidência da COP 30, 23 out. 2025. Disponível em: https://cop30.br/pt-br/presidencia-da-cop30/cartas-da-presidencia/oitava-carta-da-presidencia-brasileira.

DORJI, T.; RINCHEN, K.; MORRISON-SAUNDERS, A.; BLAKE, D.; BANHAM, V.; PELDEN, S. Understanding how indigenous knowledge contributes to climate change adaptation and resilience: a systematic literature review. **Environmental Management**, v. 74, n. 6, p. 1101-1123, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00267-024-02032-x.

IPCC. Sumário para Formuladores de Políticas. In: MASSON-DELMOTTE, V. *et al.* (eds.). **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.

LINDOSO, D. P.; EIRÓ, F.; BURSZTYN, M.; RODRIGUES FILHO, S.; NASUTI, S. Harvesting water for living with drought: insights from the Brazilian human coexistence with semi-aridity approach towards achieving the sustainable development goals. **Sustainability**, v. 10, n. 3, p. 622, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.3390/su10030622.

MORECROFT, M. D. *et al.* Measuring the success of climate change adaptation and mitigation in terrestrial ecosystems. **Science**, v. 366, eaaw9256, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1126/science.aaw9256.

MUÑOZ, L. S.; DUARTE, D. H. S.; EMMANUEL, R. Heat risk in the city of São Paulo: interactions between SUHI and social inequality. **Urban Climate**, v. 63, p. 102568, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.uclim.2025.102568.

SUÁREZ, G.; BELLO, O.; CAMPBELL, J. **Avaliação dos efeitos e impactos das inundações no Rio Grande do Sul**. Brasília: Banco Interamericano de Desenvolvimento; Cepal; Banco Mundial, 2024. Disponível em: https://publications.iadb.org/pt/avaliacao-dos-efeitos-e-impactos-das-inundacoes-no-rio-grande-do-sul.

Ups and downs of public attention on climate change: the southern Brazil floods through Anthony Downs's issue-attention cycle

Altos e baixos da atenção pública sobre mudanças climáticas: inundações no RS e o "ciclo de atenção" de Anthony Downs

Guilherme Borba Lefèvre [1]

Ana Paula Aprígio Assis [2]

Eduardo de Lima Caldas [3]

[1] *Master's Degree in Environmental Science, PhD student, Postgraduate Program in Environmental Science (Procam), Institute of Energy and Environment, University of São Paulo, São Paulo, Brazil*
E-mail: glefevre@usp.br

[2] *PhD in Evolutionary Biology, Assistant Professor, Department of Genetics and Evolutionary Biology, Bioscience Institute, University of São Paulo, São Paulo, Brazil*
E-mail: paulaassis@ib.usp.br

[3] *PhD in Political Science, Professor, School of Arts, Sciences and Humanities, University of São Paulo, São Paulo, Brazil*
E-mail: eduardocaldas@usp.br

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.57946

Received: 19/04/2025
Accepted: 25/11/2025

ARTICLE- DOSSIER

ABSTRACT

This article analyses the public attention in Brazil to the 2024 extreme weather event in Rio Grande do Sul, focusing on the problem of climate change. The study aimed to assess whether public opinion followed Downs' (1972) "Issue-Attention Cycle" or displayed a different pattern. Using a content analysis of the term "climate change" on the *Folha de São Paulo* website, over 3 months before and 6 months after the event, we found a sharp increase in climate change-related coverage following the floods, indicating increased public interest. However, this surge in attention was short-lived, with a significant decline in approximately 30 days after the event. These results suggest that public attention to climate change issues is intense but fleeting, posing challenges for policymakers and other actors seeking to leverage this "window of opportunity" to advance climate-related public policies.

Keywords: Climate change. Extreme weather events. Rio Grande do Sul. Issue-attention cycle. Agenda-setting. Public policies.

RESUMO

Este artigo analisa a reação da atenção pública no Brasil às inundações ocorridas no Rio Grande do Sul em 2024, com foco no problema da mudança do clima, investigando se esse comportamento segue o "Ciclo de Atenção" proposto por Downs (1972). A pesquisa focou o termo "mudanças climáticas" no website da Folha de S. Paulo para avaliar o volume de reportagens publicadas 3 meses antes e 6 meses depois do evento. Os dados revelam um aumento expressivo na cobertura jornalística sobre mudanças climáticas logo após as inundações, sugerindo maior interesse da população pelo tema. No entanto, cerca de 30 dias após o evento, observou-se uma queda acentuada na quantidade de notícias. Esses resultados indicam que a atenção pública é breve e volátil, limitando o tempo disponível para intervenção por parte de formuladores de políticas públicas, entre outros, em propor soluções durante uma possível "janela de oportunidades" gerada por eventos extremos.

Palavras-chave: *Mudanças climáticas. Eventos climáticos extremos. Rio Grande do Sul. Ciclo de Atenção. Formação de agenda. Políticas públicas.*

1 INTRODUCTION

Between the end of April and the beginning of May 2024, the state of Rio Grande do Sul (RS), located in the southern region of Brazil, experienced an extreme weather event that was considered by the local government as "the greatest meteorological catastrophe in the history of Rio Grande do Sul" (State Government of Rio Grande do Sul, 2024). The floods resulting from the heavy rains affected 96% of the municipalities in RS, impacted 2.4 million people, and left 173 dead and 38 missing (Federal Senate of Brazil, 2024). The impacts on the RS economy were estimated at R$ 58 billion, or 10% of the state's GDP. In Brazil, the total impacts reached R$ 97 billion, equivalent to about 1% of the national GDP (Agência Brasil, 2024).

According to Clarke et al (2024), climate change increased the likelihood of this extreme weather event by more than a factor of two, as well as its intensity (an increase of 6% to 9%). According to the authors, other factors also contributed to the worsening of the floods, notably the natural physical phenomenon known as *El Niño*[1] and serious infrastructure failures. Thus, natural occurrences and social phenomena of a political-administrative nature, together with the effects of climate change, contributed to the tragedy in Rio Grande do Sul.

Further studies may help better understand the relationship between climate change and the extreme event that occurred in RS in 2024. In any case, extreme weather events are already becoming increasingly frequent and intense as a result of climate change (UNDRR, 2020). Therefore, it is necessary to address this risk to become more resilient in the face of extreme weather events, whether caused by anthropogenic climate change or by natural climate variability. Thus, public policies aimed at reducing climate risk and impacts are becoming increasingly necessary. Such public policies include, among others, climate change adaptation measures[2], which consist of "initiatives [...] to reduce the vulnerability[3] of natural and human systems to the current and expected effects of climate change" (Brazil, 2009).

For public policies aimed at addressing a specific social problem to be developed and effectively implemented, broad societal understanding and engagement are fundamental. This also applies to public policies for adapting to climate change. In this sense, keeping the issue at the centre of public attention can contribute to the success of such policies.

This paper presents the results of a study examining how public attention in Brazil responded after the extreme weather event in Rio Grande do Sul, specifically regarding climate change. The study sought to determine whether public attention followed the predictions of Downs (1972) or whether another behavioural pattern emerged. According to the author, the behaviour of public attention, in some

cases, follows a specific pattern he calls "Issue-attention Cycle." For Downs, studying how this cycle operates provides insights into how long public attention is likely to remain focused on any specific issue, generating sufficient political pressure to effect change. Therefore, it is important to understand how certain problems gain public attention and how long they remain at the centre of attention, generating a possible "window of opportunity" for proposing public policies related to a particular undesirable social condition.

2 LITERATURE REVIEW

For the area of knowledge concerned with understanding the relationship between the State and society, it is fundamental to understand how public policies are formed and altered, and how public and non-governmental actors seek to influence the outcomes of these processes. Exploring why certain socio-environmental problems are prioritised over others to the point of becoming public policy is an indispensable part of this area of study.

The identification of social phenomena perceived as issues requiring public attention, and the determination of which among them should be addressed through public policy, are processes collectively referred to as agenda-setting. Public issues can become problems, enter the government's agenda, and subsequently become priorities worthy of government intervention. In this context, the agenda represents "the list of subjects or problems to which governmental officials, and people outside the government closely associated with those officials, are paying some serious attention at any given time" (Kingdon, 1995, p. 196). Kingdon (1995) distinguishes between the governmental agenda and the decision agenda. The government agenda is a list of issues to which government officials are paying attention. This list is the result of the recognition of a problem, the degree of visibility that it may generate, or even isolated political will. The decision agenda is a list of issues that are up for effective deliberation to be made by the government. Birkland (2019) also includes in agenda-setting all the proposals to address the identified problem.

It is important to differentiate between the governmental agenda and the public and media (or systemic) agenda (Cobb; Elder, 1972). The governmental agenda encompasses issues that have already been given priority and are considered worthy of public intervention. The systemic agenda, on the other hand, encompasses a wide range of ideas circulating in a given society that have not (yet) been recognised as worthy of attention by those in power. This work focuses on the systemic agenda, based on the understanding that "the means and mechanisms of problem recognition and issue selection are tightly connected with the way a social problem is recognised and perceived on the public/media agenda" (Jann; Wegrich, 2017, p. 45). Thus, the behaviour of public attention and what emerges in the media can be an important driver of certain social problems, moving from the systemic agenda to the governmental agenda and, eventually, being addressed through public policies. This analysis starts with the understanding that the supply of information on a given issue is influenced by demand for that content. According to Downs (1972), the "audience" itself often "manages the news," maintaining or losing interest in a particular subject.

According to Downs (1972), public attention rarely remains focused on a particular problem for very long. Instead, the "issue-attention cycle" for a given problem influences public attitudes and behaviour for a certain period, after which the problem gradually disappears from the centre of society's attention, even if it has not been resolved. The issue-attention cycle, still according to Downs, is influenced by the nature of certain specific problems and by how the mainstream media interacts with the public. Downs identifies 5 stages for this Cycle, which may vary in duration depending on the particularities of the issue at hand. Table 1 presents the 5 phases.

Table 1 – The five stages of the issue-attention cycle

Stages	*Description*
Pre-problem stage	There is a highly undesirable social condition that has not yet captured much public attention.
Alarmed discovery and euphoric enthusiasm	As a result of dramatic events or for some other reason, the public suddenly becomes aware of and alarmed by the evils of a specific problem. This discovery is invariably accompanied by euphoric enthusiasm about society's ability to solve the problem or do something effective within a relatively short time.
Realising the cost of significant progress	Gradually, there is a growing awareness that the cost of "solving" the problem is actually very high. Doing so would require not only significant resources but also great sacrifices from large groups within the population.
Gradual decline of intense public interest.	It becomes increasingly clear how difficult and costly a solution to the problem would be. Three reactions arise here: Some people simply become discouraged. Others feel threatened by thinking about the problem, so they suppress such thoughts. Still others become bored with the problem.
The post-problem stage	The issue shifts from the centre of public attention to a "prolonged limbo" with possible periodic recurrences of interest. However, the problem now has a different relationship with public interest compared to the pre-problem stage. For example, during the time the issue was in the spotlight, new institutions, programs, or public policies may have been created to help resolve the problem. Furthermore, any problem that has been in the spotlight can recapture public interest. In this sense, problems that have once passed through the stages of the Cycle almost always receive a higher average level of attention than in the pre-problem period.

Source: Adapted from Downs (1972)

Not all social problems pass through the stages of the Cycle. According to Downs, the issue must, to a certain extent, possess three important characteristics: (1) the problem impacts a small segment of society; (2) the impacts caused by the problem originate from social arrangements that offer significant benefits to a majority of people or to a powerful minority; and (3) the problem does not possess “intrinsically exciting” qualities, or ceases to have them.

Downs' issue-attention cycle can be represented by a figure that reproduces the behaviour of public attention over time (Figure 1). Although not explicitly stated by Downs, we understand that a possible window of opportunity for proposing measures would open at some point during stages 2 and 3.

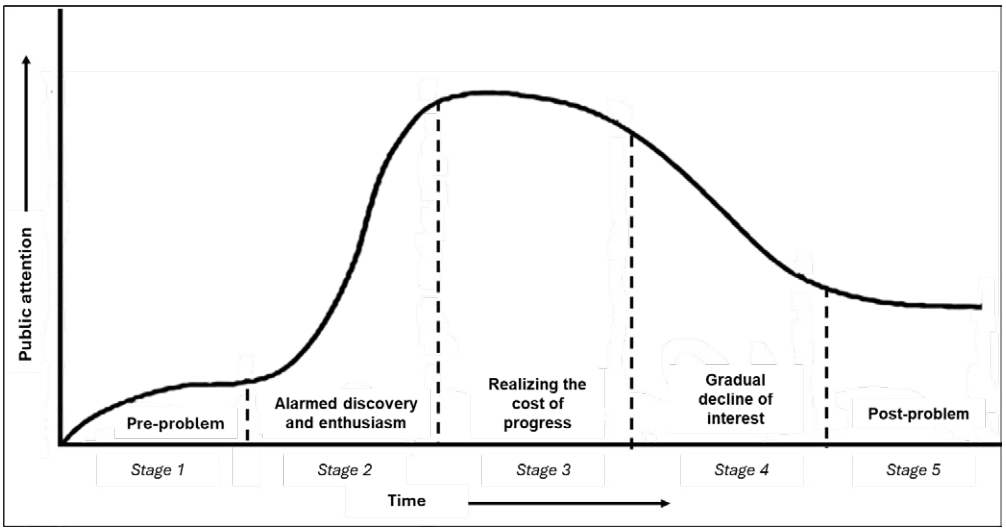


Figure 1 – Downs' issue-attention cycle

Source: Adapted from Staggenborg (2016)

For Downs, the public's attitude towards the desire to improve environmental quality offers an example of a type of problem that can be captured by public attention based on a pattern that follows the 5 stages of the issue-attention cycle. In this way, it becomes possible to test how interested society is in a given environmental problem, based on the behavioural pattern advocated by Downs.

Often, the national and international literature uses Downs' issue-attention cycle as a theoretical framework or tool to analyse issues of interest to "public opinion." However, Downs uses the term "public attention." While not equivalent, the concepts are closely related, and in this work, it is understood that a topic that attracts public attention also gains prominence in terms of public opinion. Table 2 explains how both terms are defined in this paper. In both the literature review and the results analysis, the terms are employed in the same way as in the original references.

Table 2 – Definitions adopted in this article for "public attention" and "public opinion"

Term	*Definition*
Public attention	We use some of the expressions used in Downs (1972) for our understanding of the term: when there is public attention, society has an "interest" in a subject or shows "concern" about a subject. In other words, the subject is "in the centre of the stage" or "in the public eye".
Public opinion	According to Glynn *et al.* (2018), this is a concept widely used in academic literature that does not have a single, universally agreed-upon definition. Therefore, the authors present five categories of definitions, which are distinct but also overlap to some extent: (1) public opinion represents an aggregation of individual opinions, (2) a reflection of the beliefs of the majority, (3) is found in the clash between interest groups, (4) reflects the influence of the media and elites, and (5) represents a fiction, that is, a rhetorical construct without connection to reality.

Source: Adapted from Downs (1972) and Glynn (2018)

Brazilian literature on the application of Downs' issue-attention cycle in the field of climate change is still incipient. Nevertheless, some publications attempt to explore the ideas presented by Downs in 1972, offering insights into the behaviour of public attention in Brazil today in relation to socio-environmental issues. Fortunato and Camargo (2018) question whether the Cycle fully explains the fluctuation of environmental news. For them, it is based on vague notions; therefore, the model is not

applicable to all issues and can only be used when the problem can be delimited in time, space, and by the actors involved. Some other Brazilian authors cite Downs briefly or only in footnotes. We refer to Fortunato and Camargo (2018) for a non-exhaustive list of such works up to 2018.

Regarding more recent national studies (post-2018), it is worth mentioning Amaral, Quevedo and Souza (2024), who analysed the communication of a climate disaster on the coast of São Paulo State in 2023, which severely impacted some communities, especially in the São Sebastião Municipality. They concluded that immediate public attention generates opportunities for response and recovery. Nonetheless, for effective risk management, they argue for the importance of mobilising attention even in the "pre-problem" phase of the issue-attention cycle, allowing a window to open for strategies associated with prevention, preparedness and mitigation.

According to Fortunato and Camargo (2018), while Brazilian research tends to adopt the Cycle as a consolidated theoretical framework or analytical tool for issues of public interest, international literature has been dedicated to ratifying it, contesting it through well-founded critiques, or proposing adjustments through the introduction of new variables. The authors present a partial review of international works involving political science, environment, and media up to 2018.

McComas and Shanahan (1999), in a study spanning more than 15 years, argue that Downs and others ignore the role of narratives in media attention to environmental issues. For them, narrative factors constructed by the media itself are central to shaping public attention.

Furthermore, it is worth mentioning Howlett (2000), who presents more forceful criticisms of Downs' arguments. For Howlett, although the Cycle is frequently cited as a model to explain the links between public opinion and the formation of public policies, such a link would not be direct. For him, public opinion constitutes one of the elements of the 'background conditions,' or environment, in which the political process unfolds. Howlett concludes that the media's role in the public policy process has several limitations, making it an imperfect mediator of social perceptions and resulting in an indirect relationship between public opinion and policy formulation.

Regarding more recent studies (post-2018), Reamer *et al.* (2024) analyse 12 years of coverage by six US newspapers on the conservation of the North Atlantic right whale, showing that the media plays a role in shaping environmental policies and follows Downs' issue-attention cycle. They found that the news coverage on this issue went through the first three stages, lost visibility to new topics, but may have recurrences. It is noteworthy that the period between stages 2 and 3 lasted five years.

3 METHODS

To identify how public attention behaved after the floods in Rio Grande do Sul, specifically in relation to the problem of climate change, a targeted search was conducted for the term "mudanças climáticas" (climate change) on the website of a Brazilian newspaper with national circulation, *Folha de São Paulo* (FSP) (https://www.folha.uol.com.br/). FSP, a newspaper based in São Paulo, was chosen to avoid regional bias in coverage of the event in Rio Grande do Sul, prioritising a broader approach. Furthermore, the newspaper is the largest in Brazil in terms of paying subscribers and one of the most widely circulated nationally (IVC, 2023).

The objective was to determine how many news articles addressed climate change in the three months before the floods and up to six months after. This made it possible to obtain a "baseline" for the number of articles (months 1-3). Defining a six-month time horizon after the floods enabled the collection of a large number of news articles to examine how public attention evolved during this period. Considering that the extreme weather event in Rio Grande do Sul began on April 27, 2024, the time frame adopted was from January 27 to October 31, 2024.

Within the time frame chosen, 1,469 results were found for the term "mudanças climáticas" (climate change) anywhere in the text. For other similar terms, notably "mudança do clima" and "mudança climática", a smaller number of results were found: 479 and 210, respectively. The terms adaptation and mitigation were not used (search for "mudanças climáticas" and "adaptação" or "mudanças climáticas" and "mitigação") because they inherently involve choices for addressing the problem. In contrast, the research focuses on the problem itself and its entry onto the agenda. A search for "mudanças climáticas" and "Rio Grande do Sul" together was also not conducted, given that the objective of the analysis was to understand the behaviour of public attention towards the global problem and not only its regional impacts.

A qualitative review of the 1,469 articles was conducted to determine if climate change was a central theme. Only the headlines were analysed. Based on this review, 606 articles were excluded. Therefore, 863 articles were considered.

We used the Rvest package to retrieve the publication date of each of the 863 articles (R Core Team, 2021; Wickham, 2024). The Rvest package allows searching (scraping) websites to extract metadata associated with a given web page. Dates for which no articles were found were assigned a value of zero.

Using the publication dates, articles were grouped into three-day intervals, and the resulting frequencies over time are presented in Figure 2.

Finally, we calculated the percentage variation in the number of articles on climate change published every three days relative to the average number of news items for the entire period (Figure 3).

4 RESULTS AND DISCUSSION

The results obtained are presented in Figures 2 and 3. Figure 2 shows the number of news articles addressing the topic of climate change in absolute values for the period between January 27, 2024, and October 31, 2024. The news articles are grouped into three-day periods to avoid large daily distortions that can occur, including drops on weekends and holidays. The vertical red bar indicates the timing of the extreme weather event in Rio Grande do Sul, between April 27, 2024, and May 4, 2024. There is also a bold line indicating the trend in the number of articles on the topic. Finally, there is a colour differentiation for the pre-event period (in green) and the post-event period (in red).

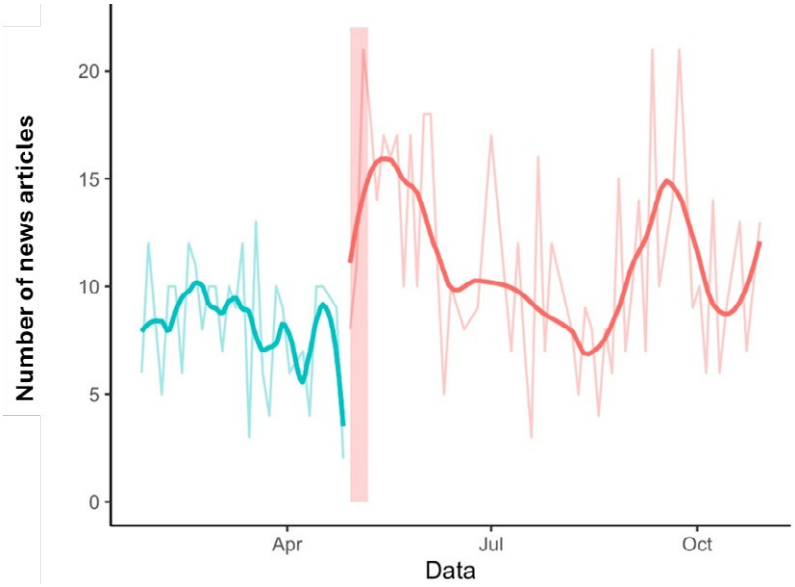


Figure 2 – Number of articles on climate change, FSP (Jan. 27, 2024 - Oct. 31, 2024). News items grouped into three-day periods

Source: The authors

In Figure 2, a significant increase in news coverage of climate change is observed starting on April 27th, which may indicate growing public interest in the topic. Based on the figure, it is also possible to argue that there was a direct association between the extreme weather event in Rio Grande do Sul and the problem of climate change, since news about its probable cause emerged soon after the floods. In other words, society quickly identified the causal relationship, indicating how widespread public knowledge about climate change has become, even though extreme weather events can also occur due to natural climate variability.

Figure 2 shows a sudden drop in the number of news items approximately 30 days after the floods. Therefore, public attention to the issue of climate change was not sustained for a long period. Thus, a timeframe for action would be quite limited for those aiming to act on a possible "window of opportunity," when public attention would be more focused on a particular problem, resulting in greater susceptibility to solutions.

Finally, we identified in Figure 2 two other periods of increased news coverage of climate change, one at the end of September and another at the end of October. Based on an analysis of the selected news articles on climate change during these periods, it was possible to observe an association with an increased interest in articles about the forest fires that occurred mainly in the Amazon during the beginning of the second half of 2024 and about expectations for the COP 29 Climate Conference in Azerbaijan, which took place in November of the same year.

Figure 3 shows the percentage variation between the number of articles published every three days and the average number of news items every three days for the entire period. Similar to Figure 2, there is a colour differentiation between the periods before (green) and after (red) the extreme weather event. Additionally, a vertical grey bar has been included, indicating a period with a number of articles about climate change well above the average for the entire period.

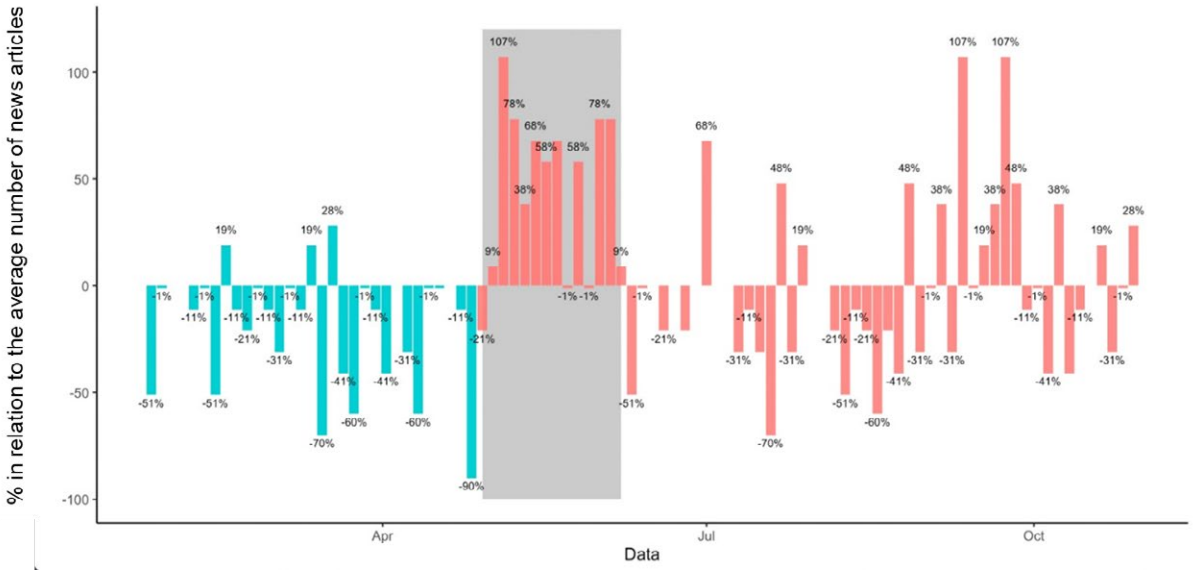


Figure 3 – Percentage variation between the number of articles published every three days (FSP) and the average number of news items (also every three days) for the period 01/27/2024 to 10/31/2024

Source: The authors

Between April 27, 2024, and June 7, 2024 (shown in grey), the average number of news items about climate change every three days was 14.64. In the pre-flood period, the average was 8.04; in the post-extreme event period, 9.95; and in the total period analysed, 10.12. In other words, as previously indicated in the analyses based on Figure 2, Figure 3 demonstrates a "window of opportunity" of approximately 30 days to discuss and propose solutions.

One news item included in the sample is noteworthy and may indicate a possible increase in demand for information on climate change following the extreme event in Rio Grande do Sul. On May 22, 2024, less than a month after the floods, a news item was published entitled: "Folha [de São Paulo] now has a climate correspondent, an unprecedented function in the Brazilian press." This report is emblematic, as it signals an action by this newspaper to increase its coverage of the climate change issue, indicating a possible increase in public interest in the subject after the Rio Grande do Sul tragedy.

As Downs (1972, p. 38) points out, public interest can create a window of opportunity for effective change in addressing a given problem. Although the study does not allow us to validate this hypothesis, we list here some news items that present demands and proposals for public policies, or criticisms about the lack of public policies, from both public and private actors.

- Federal Senate committee schedules vote on bill to create disaster management policy (May 6, 2024).
- Brazilian Mayors' Front (Frente de Prefeitos) wants a law allowing one city to donate money to another (May 6, 2024).
- In the climate emergency, the inertia is from Congress (May 7, 2024).
- Public policies ignore science in the field of climate change (May 9, 2024).
- Opponents avoid attacks, but tragedy is likely to be central to the Porto Alegre [capital of RS] election (May 12, 2024).
- Federal Senate approves general guidelines for climate change adaptation plans (May 15, 2024).

- Dismantling of policies is responsible for Brazil's biggest climate crisis (May 21, 2024).
- Federal House of Representatives (Camara) approves bill with guidelines for climate change adaptations (June 4, 2024).
- Lula [Brazilian President] signs law creating guidelines for adapting to climate change (June 27, 2024).
- Congressman wants national registry of volunteers to expedite disaster response (August 9, 2024).

All the news items mentioned above, in some way, refer to the extreme weather event in Rio Grande do Sul. Furthermore, we note that most of the news was published within approximately one month of the floods. We highlight here the National Congress's approval of a law that establishes guidelines for developing climate change adaptation plans within this one-month timeframe. There are three news items that address the progress of this same law.

The increased public attention following the extreme event in Rio Grande do Sul seems to have resulted in a change in public policy, considering the enactment of the aforementioned law. However, caution is needed regarding claims about the existence of a central and unique role of public opinion as an inducer of changes in public policies. Here, we refer to Howlett (2000), who argues that there is only an indirect link between public opinion and changes in public policy. The way the population perceives a given issue would be only one element of the "background conditions," with other aspects of the political process also influencing it. Burstein (2003), on the other hand, reinforces the link. The author used data from 30 empirical studies on the impact of public opinion on public policies and concluded that (1) public opinion affected policies in three-quarters of the times its impact was measured. Furthermore, the results showed that the more "salient" or noteworthy the issue, that is, the greater the public attention to a given issue, the greater the impact of public opinion on policies.

Even though public attention may have played a significant role in the adoption of the law about guidelines for adapting to climate change, it is important to question the extent to which these changes will be effective, or whether they arose to provide an immediate response to society. In this specific case, it is noted that a National Adaptation Plan (NAP) already exists (Brazil, 2016). Perhaps it would be more effective to strengthen the implementation and monitoring of this existing regulatory framework. In this sense, it could be argued that the changes promoted in the months following the extreme event aimed more at accommodating an immediate demand from society, without a genuine desire to propose measures that would be lasting and effective. Bachrach and Baratz (1962) argue that there are power dynamics that manifest themselves not only in the decisions made but also in the ability to prevent certain issues from effectively advancing on the governmental agenda. These dynamics, which the authors call “nondecision-making” or “mobilisation of bias”, allow elites or dominant groups to keep the debate restricted to issues considered "safe," excluding matters that could threaten their interests.

Based on the results presented in Figures 2 and 3, it is possible to compare how public opinion reacted to the problem of climate change after the floods in Rio Grande do Sul and the pattern proposed by Downs through the issue-attention cycle. This comparison is presented below in Table 3.

Table 3 – Comparison between Downs' issue-attention cycle and the stages observed for public attention on the topic of climate change, FSP (January 27, 2024 – October 31, 2024)

Stages of the issue-attention cycle (Downs, 1972)	***1. Pre-problem***	***2. Alarmed discovery and euphoric enthusiasm***	***3. Realising the cost of significant progress***	***4. Gradual decline of intense public interest***	***5. Post-problem***
Description	A highly undesirable social condition has yet to capture public attention.	The public suddenly becomes aware, and the alarming discovery is accompanied by euphoric enthusiasm to solve the problem.	There is a growing perception that the cost of "solving" the problem is actually very high.	People are discouraged from solving the problem because of its complexities.	The issue shifts from the centre of public attention to a prolonged "limbo" of little social interest.
Observed stages (FSP News)	***1. Pre-problem***	***2. Sudden increase in public interest and opening of a "window of opportunity"***	***3. Window of opportunity to propose actions***	***4. Sudden decline in public interest***	***5. Post-problem/ pre-problem***
Description	A highly undesirable social condition has yet to regain public attention	Drama or crisis brings a particular social condition back into the public spotlight. This opens a window to propose measures.	There is a short-term window of opportunity for proposals aimed at solving the problem.	The problem quickly loses the attention of society and/or competes with other social problems.	The issue reverts to a stage similar to the pre-problem phase, awaiting the reappearance of a new crisis and/or other problems.

Source: Downs (1972) and the authors

Some similarities can be observed between Downs' issue-attention cycle and the stages identified in this study's results. In both, there is a sudden increase in public interest for a particular social problem, marking the beginning of a period when there may be greater susceptibility to proposing solutions to the issue (stages 2 and 3). Then, there is a decline in interest followed by a period of low public attention to the problem. However, in the stages observed based on news about climate change in the FSP newspaper, it was not possible to identify a gradual decline in public interest, but rather an abrupt drop. This may be related to two factors: (1) environmental problems such as climate change are no longer new and are routinely the subject of news, either after another critical event or for other reasons, and (2) the volume of news currently circulating is much greater, not only due to the existence of online newspapers, but also due to the speed at which news is currently "consumed," compared to 1972.

The 30-day window of opportunity identified in this research would represent a short period for proposals to be put forward and have a greater chance of advancing. This period, which would encompass stages 2 and 3 of both Downs' cycle and "our" cycle (Table 3), is considerably shorter than the same stages identified in Reamer *et al.* (2024). In that study, periods 2 and 3 of the cycle took five years to complete. However, some differences between the two works should be mentioned: The study analysed 12 years of coverage in six newspapers on whale preservation, a well-defined topic. Similarly, longer-term research in Brazil, with a specific focus within climate change, such as local adaptation to extreme events, could deepen the analysis of the use of Downs' issue-attention cycle, assessing whether public attention would generate only immediate developments focused on response and recovery, as argued by Amaral, Quevedo, and Souza (2024), or whether other behaviour patterns would emerge.

Regarding the thematic scope, it is also important to refer to Fortunato and Camargo (2018), who criticise the use of Downs' issue-attention cycle for problems that are not specifically defined. This research aimed to do just that, focusing on the topic of climate change in a broad sense, without a chronological, geographical, or actor-specific focus[4]. Without such a focus, according to Fortunato and Camargo, it would be impossible to determine when stage 5 would occur, which represents the post-problem moment when the issue ceases to receive public attention. For the authors, a broader environmental concern, such as "pollution" or "degradation," has never ceased to be in the public eye since the conception of Downs' cycle in 1972. In this sense, Downs' ideas would be better applied to more specific areas. In our work, as seen in Table 3 above, we adapted the definition of the Downs cycle, understanding that the problem of Climate Change in its broadest sense, upon entering the 5th phase, would not disappear from public attention into a "prolonged limbo" of little social interest. It would, in fact, enter a stage in which it would simultaneously be in the post- and pre-problem phases, reinforcing the idea of a cyclical process of public attention to an environmental problem that is not specifically delineated.

This research started from the hypothesis that newspaper publications directly reflect public attention to a particular topic. In this sense, the supply of news would be a "proxy" for its demand. Downs argues similarly. For him, the audience itself manages the supply, losing or maintaining interest in a particular subject. This view can be interpreted as a simplification of reality, since what is transmitted by the media is the result of something more complex, which is determined by a set of social and cultural factors. For Denis McQuail (2010), the media (the author uses the term mass communication) could be considered "a phenomenon that is both 'social' and 'cultural'. The institution of the media [...] is part of the structure of society, and its technological infrastructure is part of the economic and power base, while the ideas, images and information disseminated by the media are evidently an important aspect of our culture" (McQuail, 2009, p. 70). In this sense, neither would the media linearly determine public opinion (as argued by the hypodermic needle theory[5]), nor would public opinion manage what emerges in the media, as argued in Downs (1972).

The media, to a certain extent, would act as an inducer of public opinion through the construction of narratives, as argued by McComas and Shanahan (1999). In these cases, the media would frame the news, aiming to "construct a reality" (Scheufele, 1999), with the objective of influencing how a particular content is received and perceived by the population. This would be a way of selecting “some aspects of a perceived reality and make them more salient in a communicating text, in such a way as to promote a particular problem definition" (Entman, 1993, p. 52). Alternatively, the media could seek to "set an agenda"[6], not to influence how people should think, but rather which problems should be considered more prioritised (McCombs, 2008). The greater the dissemination of a particular topic, the greater the stimulus for people to form their opinions on that subject (Coleman, 2009).

It is also necessary to deepen our understanding of the role of the general population, which is an active and highly diverse actor that selects information based on its beliefs and biases. This is the argument of the Uses and Gratifications Theory, which holds that the public actively chooses the media to meet informational, social, or entertainment needs, reversing the logic of theories focused solely on media effects. In other words, “media use depends on the perceived satisfactions, needs, wishes or motives of the prospective audience member” (McQuail, 2010, p. 352).

The general population might even choose to ignore certain issues when, for example, it comes to opinions perceived as minority views, reinforcing apparent consensus, according to the Spiral of Silence theory (Noelle-Neumann, 1991). For the author, there is a fear of isolation, which leads individuals to constantly assess the climate of public opinion. The results of this assessment affect their behaviour in public, especially their willingness or unwillingness to openly express opinions. There would also be a third actor, which would be the public opinion leaders, representing an intermediary entity, like a "broker" of news for the segment of society with which they interact. The Two-Step Flow of Communication model shows that opinion leaders mediate media messages, retransmitting them on

their social networks. Thus, the effects of the media would be limited and filtered by interpersonal interactions (Katz; Lazarsfeld, 1955).

A broader sampling, encompassing a larger number of newspapers and other media outlets, could help to better address the complexities outlined above. By considering a larger number of newspapers, it would be possible to reduce the risks of framing or agenda-setting inherent in biases specific to a single media outlet. By expanding the types of media considered, including, for example, online platforms, social networks, podcasts, and videos, it would be possible to encompass a greater heterogeneity of news "consumers," avoiding a distorted sample due to specific choices (or rejections) of certain groups or their opinion leaders.

5 FINAL CONSIDERATIONS

The research presented here aimed to analyse a socio-environmental crisis that occurred in Brazil in light of Downs' issue-attention cycle (1972). In practical terms, the study showed that there was a brief period of increased public attention following a severe environmental impact event in Brazil. During this period, measures and public policies were proposed to address the problem. We argued that a "window of opportunity" could have opened, indicating greater receptiveness to changes in public policy after the event.

Regarding its contribution to the research topics addressed in the article, the work applies Downs' analytical model to a contemporary case in Brazil, highlighting the relevance of ideas conceived more than fifty years ago and demonstrating their pertinence, provided they are properly contextualised and complemented to enhance the complexity of the results.

It is important to emphasise that, because the research explores how public attention behaved after the occurrence of only one critical event based on a sample focused exclusively on a single newspaper, the results should be interpreted with caution, and it is not possible to make more generalised considerations.

Furthermore, as we considered only the headlines of the articles to verify the centrality of the story regarding the topic of climate change, it is not possible to affirm that 100% of the included articles actually had this topic as the main subject. More research is needed to complement the findings and resulting analyses, either from a sample that explores the occurrence of more than one environmental crisis and/or that includes more than one periodical or other existing media.

NOTES

1 | The abnormal warming of the surface of the Pacific Ocean near the Equator. The phenomenon occurs every 5 to 7 years and has been occurring since June 2023, causing different impacts in all regions of Brazil (Brazilian National Institute of Meteorology, 2024).

2 | There are also measures to mitigate climate change, which consist of initiatives aimed at reducing climate risks and impacts by reducing or removing greenhouse gases.

3 | Degree of susceptibility and inability of a system [...] to cope with the adverse effects of climate change, including climate variability and extreme events (Brazil, 2009).

4 | Although this research focusses on the timing of the extreme weather event that occurred in Rio Grande do Sul in 2024, the assessment of public attention to the problem of climate change was carried out more broadly, as described in section 3 - Methods.

5 | Also known as the Magic Bullet theory, it conceives of media communication as a direct stimulus-response process, in which individuals would passively receive messages, without the possibility of questioning or resistance. Widely disseminated in the 1930s and 1940s, this perspective was later widely rejected by academic literature for greatly "exaggerating the probability of effect and the vulnerability of the receiver to influence" (Mcquail, 2010, p. 391).

6 | Here, the same term discussed earlier is used, regarding the identification of social phenomena that may become problems to be addressed by public authorities.

STATEMENT ON THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

The authors declare that no generative AI or AI-assisted technologies were used in the creation, writing, or editing of this manuscript.

REFERENCES

AGÊNCIA BRASIL. Agência Brasil, 2024. Rain in Rio Grande do Sul could impact the national economy by R$ 97 billion. Available in: https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2024-07/chuvas-no-rs-podem-impactar-em-r-97-bilhoes-economia-nacional#:~:text=A%20trag%C3%A9dia%20clim%C3%A1tica%20no%20Rio,na%20economia%20brasileira%2C%20este%20ano. Accessed on: 15/11/2024.

AMARAL, M. F.; QUEVEDO, J. P.; SOUZA, E. Evento climático extremo e vulnerabilidades: a comunicação de um desastre no Twitter. **Intexto**, n. 56, 2024. Available at: DOI: https://doi.org/10.19132/1807-8583.56.135975. Accessed on: 15 nov. 2024.

BACHRACH, P.; BARATZ, M. S. Two Paces of Power. *In*: **Paradigms of political power**. Routledge, 2017. p. 118-131. Available at: https://doi.org/10.4324/9781315125992. Accessed on: 01 oct. 2025.

BIRKLAND, T. A. **An introduction to the policy process**: theories, concepts, and models of public policy making. London: Routledge, 2019. Available at: https://doi.org/10.4324/9781351023948. Accessed on: 01 oct. 2025.

BRAZIL. Ministério do Meio Ambiente. **National Adaptation Plan to Climate Change**. Brasília, 2016. Available at: https://antigo.mma.gov.br/clima/adaptacao/plano-nacional-de-adaptacao.html, Accessed on: 01 oct. 2025.

BRAZIL. Law 12.187, of 29 of December 2009. Establishes the National Policy on Climate Change - PNMC and provides other measures. Brasília, DF: **Official Journal of the Union**, 2009. Available at: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.html. Accessed on: 01 oct. 2024.

BURSTEIN, P. The impact of public opinion on public policy: a review and an agenda. **Political research quarterly**, v. 56, n. 1, p. 29-40, 2003. Available at: https://doi.org/10.1177/106591290305600103. Accessed on: 01 oct. 2025.

CLARKE, B. *et al.* Climate change. El Niño and infrastructure failures behind massive floods in southern Brazil. London: **Grantham Institute for Climate Change**, 2024. Available at: https://spiral.imperial.ac.uk/handle/10044/1/111882. Accessed on: 15 nov. 2024.

COBB, R. W.; ELDER, C. D. **Participation in American Politics**: the dynamics of agenda building. Boston, MA: Allyn and Bacon, 1972. Available at: https://doi.org/10.2307/1958664. Accessed on: 01 oct. 2025.

COLEMAN, R. *et al.* Agenda setting. *In*: **The handbook of journalism studies**. Routledge, 2009. p. 167-180. Available at: https://doi.org/10.4324/9780203877685. Accessed on: 01 oct. 2025.

DOWNS, A. Up and down with ecology: the "issue-attention cycle". *In*: **Agenda setting. Routledge**, 2016. p. 27-33. Available at: https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781315538389-4/ecology-issue-attention-cycle-anthony-downs. Accessed on: 01 oct. 2025.

ENTMAN, R. M. Framing: towards clarification of a fractured paradigm. **McQuail's reader in mass communication theory**, v. 390, p. 397, 1993.

FEDERAL SENATE OF BRAZIL. Agência Senado, 2024. **The tragedy in Rio Grande do Sul showed that Brazil needs to prepare for climate change**. Available: https://www12.senado.leg.br/noticias/infomaterias/2024/06/tragedia-no-rs-mostrou-que-brasil-precisa-se-preparar-para-mudancas-no-clima#:~:text=Nos%20dias%20finais%20de%20abril,173%20mortos%20e%2038%20desaparecidos. Accessed on: 15 nov. 2024.

FORTUNATO, I.; DE CAMARGO PENTEADO, C. L. A visibilidade de desastres ecológicos no século XXI: revisitando o issue-attention cycle de Downs. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 40, n. 3, p. 42188, 2018. Available at: https://doi.org/10.4025/actascihumansoc.v40i3.42188. Accessed on: 01 oct. 2025.

GLYNN, C. J.; HERBST, S.; LINDEMAN, M.; O'KEEFE, G. J.; SHAPIRO, R. Y. **Public opinion**. Routledge, 2018.

GOVERNMENT OF RIO GRANDE DO SUL. **Government of Rio Grande do Sul, o futuro nos une, 2024**. Governor presents a report on the first 30 days since the start of the floods. Available at: https://www.estado.rs.gov.br/leite-apresenta-balanco-de-30-dias-apos-inicio-das-enchentes. Accessed on: 15 nov. 2024.

HOWLETT, M. A dialética da opinião pública: efeitos recíprocos da política pública e da opinião pública em sociedades democráticas contemporâneas. **Opinião Pública**, v. 6, p. 167-186, 2000. Available at: https://doi.org/10.1590/S0104-62762000000200001. Accessed on: 01 oct. 2025.

INMET. National Institute of Meteorology, 2024. **El Niño**: learn about the phenomenon's impact on Brazil. Available at: https://portal.inmet.gov.br/noticias/el-ni%C3%B1o-saiba-como-foi-a-atua%C3%A7%C3%A3o-do-fen%C3%B4meno-no-brasil. Accessed on: 15 nov. 2024.

IVC. Verified Communication Institute, 2023. **Newspapers in Brazil**. Available at: https://static.poder360.com.br/2024/01/circulacao-jornais-2015-2023-IVC.png. Accessed on: 25 sept. 2025.

JANN, W., WEGRICH, K. "Theories of the policy cycle". *In*: FISCHER, F.; MILLER, G. **Handbook of public policy analysis**. [s.l.], Routledge, 2017 p. 69-88. Available at: https://doi.org/10.4324/9781315093192. Accessed on: 01 oct. 2025.

KATZ, E.; LAZARSFELD, P. F. **Personal Influence** (Glencoe, IL, Free Press). 1955.

KINGDON, J. W. **Agendas, alternatives, and public policies**. New York: HaperCollins College Publisher, 1995.

MCCOMAS, K.; SHANAHAN, J. Telling stories about global climate change: measuring the impact of narratives on issue cycles. **Communication research**, v. 26, n. 1, p. 30-57, 1999. Available at: https://doi.org/10.1177/009365099026001003. Accessed on: 01 oct. 2025.

MCCOMBS, M. **Setting the agenda**: the mass media and public opinion, 2008.

MCQUAIL, D. **McQuail's mass communication theory**. Sage publications, 2010.

NOELLE-NEUMANN, E. The theory of public opinion: the concept of the spiral of silence. **Annals of the International Communication Association**, v. 14, n. 1, p. 256-287, 1991. Available at: https://doi.org/10.1080/23808985.1991.11678790. Accessed on: 01 oct. 2025.

R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Available at: https://www.R-project.org. Accessed on: 30 nov. 2024.

REAMER, M. *et al.* A "war" over lobster and whales: the issue-attention cycle, media discourse, and political ecology of right whale science and conservation in six US newspapers. **Frontiers in communication,** v. 9, p. 1417414, 2024. Available at: https://doi.org/10.3389/fcomm.2024.1417414. Accessed on: 01 oct. 2025.

SCHEUFELE, D. A. Framing as a theory of media effects. **Journal of communication**, v. 49, n. 1, p. 103-122, 1999. Available at: https://doi.org/10.1111/j.1460-2466.1999.tb02784.x. Accessed on: 01 oct. 2025.

STAGGENBORG, S. **Social movements**. Oxford University Press, USA, 2016.

UNDRR. The human cost of disasters: an overview of the last 20 years (2000-2019). Geneva: **United Nations Office for Disaster Risk Reduction**, 2020. Available at: https://www.undrr.org/quick/50922. Accessed at: 20 nov. 2024.

WICKHAM, H. **Rvest**: easily harvest (Scrape) web pages. R package version 1.0.4, 2024. Available at: https://github.com/tidyverse/rvest, https://rvest.tidyverse.org/. Accessed on: 30 nov. 2024.

Altos e baixos da atenção pública sobre mudanças climáticas: inundações no RS e o "ciclo de atenção" de Anthony Downs

Ups and downs of public attention on climate change: the southern Brazil floods through Anthony Downs's issue-attention cycle

Guilherme Borba Lefèvre [1]

Ana Paula Aprígio Assis [2]

Eduardo de Lima Caldas [3]

[1] *Mestrado em Ciências Ambientais, Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (Procam), Instituto de Energia e Meio Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil*
E-mail: glefevre@usp.br

[2] *Doutorado em Biologia Evolutiva, Professora Assistente, Departamento de Genética e Biologia Evolutiva, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil*
E-mail: paulaassis@ib.usp.br

[3] *Doutorado em Ciência Política, Professor, Faculdade de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil*
E-mail: eduardocaldas@usp.br

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.57946

Received: 19/04/2025
Accepted: 25/11/2025

ARTICLE- DOSSIER

RESUMO

Este artigo analisa a reação da atenção pública no Brasil às inundações ocorridas no Rio Grande do Sul em 2024, com foco no problema da mudança do clima, investigando se esse comportamento segue o "Ciclo de Atenção" proposto por Downs (1972). A pesquisa focou o termo "mudanças climáticas" no *website* da Folha de S. Paulo para avaliar o volume de reportagens publicadas 3 meses antes e 6 meses depois do evento. Os dados revelam um aumento expressivo na cobertura jornalística sobre mudanças climáticas logo após as inundações, sugerindo maior interesse da população pelo tema. No entanto, cerca de 30 dias após o evento, observou-se uma queda acentuada na quantidade de notícias. Esses resultados indicam que a atenção pública é breve e volátil, limitando o tempo disponível para intervenção por parte de formuladores de políticas públicas, entre outros, em propor soluções durante uma possível "janela de oportunidades" gerada por eventos extremos.

Palavras-chave: Mudanças climáticas. Eventos climáticos extremos. Rio Grande do Sul. Ciclo de Atenção. Formação de agenda. Políticas públicas.

ABSTRACT

This article analyzes the reaction of the public attention in Brazil to the 2024 extreme weather event in Rio Grande do Sul, focusing on the problem of climate change. The study aimed to assess whether public opinion followed Downs' (1972) "Issue-Attention Cycle" or displayed a different pattern. Using a content analysis of the term "climate change" on the Folha de São Paulo website, in a period of 3 months before and 6 months after the event, we found a sharp increase in climate change related coverage following the floods, indicating an increase in public interest. However, this surge in attention was short-lived, with a significant decline in approximately 30 days after the event. These results suggest that public attention to climate change issues is intense but fleeting, posing challenges for policymakers and other actors hoping to use this "window of opportunity" to propose climate-related public policies.

Keywords: *Climate change. Extreme whether events. Rio Grande do Sul. Issue-attention cycle. Agenda-setting. Public policies.*

1 INTRODUÇÃO

Entre o final de abril e início de maio de 2024, o estado do Rio Grande do Sul (RS), localizado na Região Sul do Brasil, registrou a ocorrência de um evento climático extremo que foi considerado pelo governo local como "a maior catástrofe meteorológica da história do Rio Grande do Sul" (Governo do Rio Grande do Sul, 2024). As inundações que decorreram das chuvas intensas afetaram 96% dos municípios gaúchos, atingiram 2,4 milhões de pessoas e deixaram 173 mortos e 38 desaparecidos (Senado Federal do Brasil, 2024). Os impactos na economia do RS foram estimados em R$ 58 bilhões, ou 10% do PIB estadual. Para o Brasil, os impactos totais se aproximaram de R$ 97 bilhões, o que representa cerca de 1% do PIB nacional (Agência Brasil, 2024).

De acordo com Clarke *et al.* (2024), as mudanças climáticas contribuíram para um aumento da probabilidade da ocorrência desse evento climático extremo em um fator acima de 2, bem como da sua intensidade (aumento de 6% a 9%). Ainda de acordo com os autores, outros fatores também contribuíram para o agravamento das inundações, notadamente o fenômeno físico natural conhecido como *El Niño*[1] e falhas graves de infraestrutura. Assim, ocorrências naturais e fenômenos sociais de cunho político-administrativo, em conjunto com os efeitos das mudanças climáticas, compuseram a tragédia no RS.

Estudos complementares poderão ajudar a compreender melhor a relação entre as mudanças climáticas e esse evento extremo ocorrido no RS em 2024. De qualquer forma, eventos climáticos extremos já estão se tornando cada vez mais frequentes e intensos em decorrência da mudança do clima (UNDRR, 2020). Portanto, é essencial buscar atuar para a gestão desse risco, a fim de nos tornarmos mais resilientes para lidar com eventos climáticos extremos, sejam estes causados pelas mudanças climáticas antropogênicas ou decorrentes da variabilidade climática natural. Desse modo, políticas públicas que visam à redução do risco e dos impactos climáticos se tornam cada vez mais necessárias. Tais políticas públicas abrangem, entre outras, medidas de adaptação à mudança do clima[2], que consistem em "iniciativas [...] para reduzir a vulnerabilidade[3] dos sistemas naturais e humanos frente aos efeitos atuais e esperados da mudança do clima" (Brasil, 2009).

Para que políticas públicas que visam lidar com um determinado problema social sejam elaboradas e efetivamente implementadas, é fundamental que haja compreensão e engajamento amplo da sociedade. Isso também se aplica às políticas públicas de adaptação à mudança do clima. Nesse sentido, manter o assunto no centro das atenções do público pode contribuir para que tais políticas de fato venham a prosperar.

O presente trabalho traz os resultados de uma pesquisa realizada com o objetivo de compreender como a atenção pública no Brasil se comportou após o evento climático extremo do RS, especificamente em

relação ao problema da mudança do clima. Buscou-se compreender se a atenção pública se comportou conforme preconizado por Downs (1972), ou se outro padrão comportamental emergiu. De acordo com o autor, o comportamento da atenção pública, em alguns casos, segue um determinado padrão denominado por ele como "Ciclo de Atenção"[4]. Para Downs, estudar a maneira como esse Ciclo opera fornece *insights* sobre por quanto tempo a atenção pública provavelmente permanecerá focada em qualquer questão específica para gerar pressão política suficiente para causar uma mudança efetiva. Desse modo, justifica-se compreender como determinados problemas adentram a atenção pública e por quanto tempo permanecem no centro das atenções, gerando uma possível "janela de oportunidades" para a proposição de políticas públicas relacionadas a uma determinada condição social indesejada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para o campo do conhecimento que se preocupa em compreender a relação entre Estado e sociedade, é fundamental entender como políticas públicas se formam e se alteram, e como atores públicos e não governamentais atuam para influenciar os desdobramentos desses processos. Explorar por que determinados problemas socioambientais são priorizados em detrimento de outros ao ponto de se tornarem políticas públicas é parte indispensável dessa área de estudos.

A identificação de fenômenos sociais que podem se tornar problemas a serem enfrentados pelo poder público e a escolha de quais deles precisam ser endereçados por meio de políticas públicas são processos conhecidos como formação de agenda (*agenda-setting*). Questões públicas podem tornar-se problemas e adentrar a agenda do governo e em seguida podem tornar-se problemas prioritários, dignos de serem enfrentados por meio de intervenção governamental.

Nesse contexto, a agenda representa "a lista de problemas aos quais os atores públicos e pessoas de fora do governo próximas desses atores estão dando grande atenção em um determinado momento" (Kingdon, 1995, p.196, tradução nossa)[5]. Kingdon (1995) distingue agenda de governo de agenda de decisão. A agenda de governo é uma lista de temas sobre a qual os políticos no governo prestam atenção e pode ser formada em decorrência do reconhecimento de algum problema ou em decorrência do grau de visibilidade que pode ser gerado ou ainda por vontade política isolada. A agenda de decisão é uma lista de temas que está sendo encaminhada para uma decisão efetiva a ser tomada pelo governo. Birkland (2019) inclui em formação de agenda também as propostas de soluções para atuar sobre o problema identificado.

Importa aqui fazer uma diferenciação entre a agenda de governo e a agenda pertencente ao público em geral e mídia ou sistêmica (Cobb; Elder, 1972). A agenda de governo abrange aquelas questões que já receberam certa priorização e estão sendo efetivamente consideradas dignas de intervenção pública. Já a agenda sistêmica contempla uma ampla heterogeneidade de ideias que circulam em uma determinada sociedade e (ainda) não foram reconhecidas como dignas de atenção pelos governantes. O presente trabalho focaliza a agenda sistêmica a partir do entendimento de que "os meios e mecanismos de reconhecimento de problemas e seleção de questões estão intimamente ligados à forma como um problema social é reconhecido e percebido na agenda pública/da mídia" (Jann; Wegrich, 2017, p. 45, tradução nossa)[6]. Desse modo, o comportamento da atenção pública, e aquilo que surge na mídia, pode ser um importante indutor para que determinados problemas sociais se desloquem da agenda sistêmica para a agenda de governo e, eventualmente, sejam endereçados por meio de políticas públicas. Parte-se aqui do entendimento de que a oferta de informações sobre uma determinada questão é influenciada pela demanda por tais informações. De acordo com Downs (1972), a própria "audiência" é quem muitas vezes "gerencia as notícias" mantendo ou perdendo interesse em um determinado assunto.

De acordo com Downs (1972), a atenção pública raramente permanece focada em um determinado problema por muito tempo. Em vez disso, o Ciclo de Atenção para uma determinada questão influencia

as atitudes e o comportamento do público por um determinado espaço de tempo para que o problema depois desapareça gradualmente do centro das atenções da sociedade, mesmo que não tenha sido resolvido.

O Ciclo de Atenção, de acordo com Downs (1972), é influenciado pela natureza de certos determinados problemas e pela forma como a "grande mídia" interage com o público. Downs identifica cinco estágios para esse Ciclo, que podem ter variações de duração a depender das particularidades da questão em tela. A Tabela 1 apresenta as cinco fases.

Tabela 1 – Os cinco estágios do Ciclo de Atenção

Estágios	*Descrição*
Estágio pré-problema	Há uma condição social fortemente indesejada que ainda não capturou muito a atenção pública.
Descoberta alarmante e entusiasmo eufórico	Como resultado de um evento dramático ou crise, ou por outra razão, o público subitamente fica consciente e alarmado com os males de um problema específico. Essa descoberta é invariavelmente acompanhada por um entusiasmo eufórico sobre a capacidade da sociedade de resolver o problema ou fazer algo eficaz dentro de um tempo relativamente curto.
Compreensão sobre o custo de progresso significativo	Gradualmente, cresce a percepção de que o custo de "resolver" o problema é realmente muito elevado. Fazer isso não só exigiria muito recurso, mas também grandes sacrifícios por parte de grupos da população.
Declínio gradual do intenso interesse público	Cada vez mais percebe-se quão difícil e custoso seria uma solução para o problema. Surgem aqui três reações: algumas pessoas simplesmente ficam desanimadas. Outras se sentem ameaçadas ao pensar sobre o problema, por isso suprimem tais pensamentos. Outras ainda ficam entediadas com o problema.
Estágio pós-problema	A questão se desloca do centro da atenção pública para um "limbo prolongado" com possíveis recorrências periódicas de interesse. Porém o problema possui agora uma diferente relação com o interesse público, em comparação ao estágio pré-problema. Por exemplo, no tempo em que a questão estava no centro das atenções, novas instituições, programas ou políticas públicas podem ter sido criadas para ajudar a resolver a questão. Ademais, qualquer problema que passou pelo centro das atenções pode vir a novamente recapturar o interesse público. Nesse sentido, problemas que uma vez já passaram pelos estágios do Ciclo quase sempre recebem um nível médio de atenção mais alto do que no período pré-problema.

Fonte: Adaptado e traduzido de Downs (1972)

Não são todos os problemas sociais que perpassam as etapas do Ciclo de Atenção. De acordo com Downs, é necessário que a questão possua, até certo ponto, três importantes características: (1) o problema impacta uma parcela pequena da sociedade; (2) os impactos que são causados pelo problema são originados por conta de arranjos sociais que oferecem benefícios significativos para uma maioria de pessoas ou para uma minoria poderosa; e (3) o problema não possui qualidades "intrinsecamente emocionantes", ou deixa de tê-las.

O Ciclo de Atenção de Downs pode ser traduzido em uma figura que reproduz o comportamento da atenção pública ao longo do tempo (Figura 1). Apesar de não ser algo explicitado por Downs, entendemos que uma possível janela de oportunidades para a proposição de medidas abrir-se-ia em algum momento durante os estágios 2 e 3.

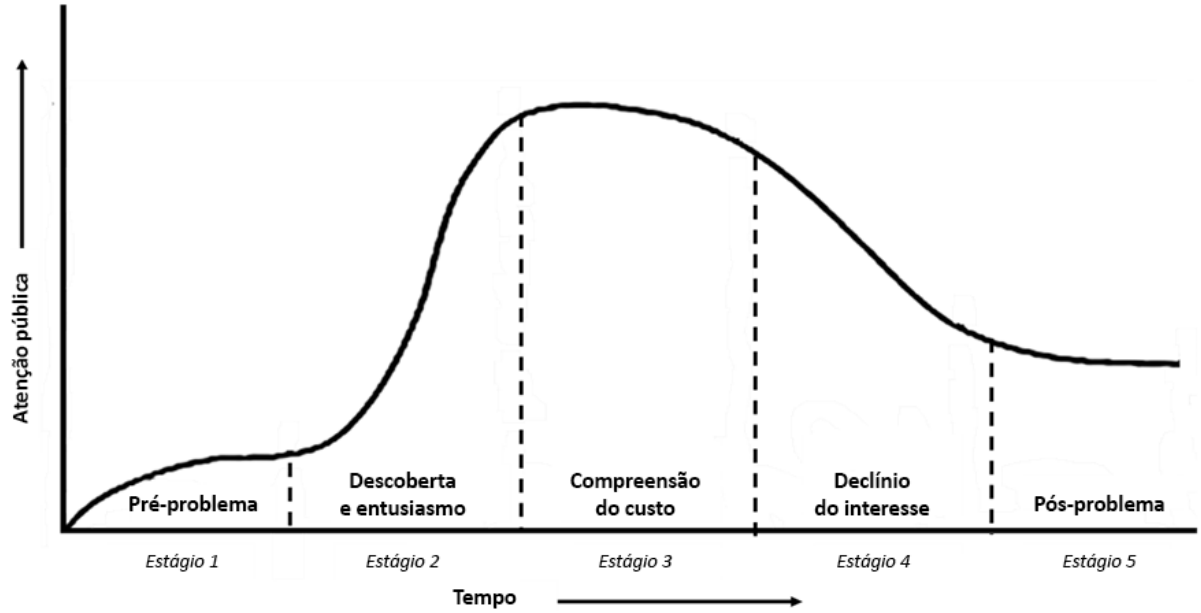


Figura 1 – Ciclo de Atenção de Down

Fonte: Adaptado de Staggenborg (2016)

Para Downs, a atitude do público em relação ao desejo de melhorar a qualidade ambiental oferece um exemplo de um tipo de problema que pode ser capturado pela atenção pública a partir de um padrão que segue os cinco estágios do Ciclo de Atenção. Desse modo, torna-se possível testar a aderência do interesse da sociedade em algum problema ambiental a partir do padrão de comportamento preconizado por Downs.

A literatura nacional e internacional aplica o Ciclo de Atenção de Downs como referencial teórico ou ferramenta para analisar questões de interesse da "opinião pública", embora o Downs use o termo "atenção pública". Apesar de não serem equivalentes, os conceitos são próximos e, neste trabalho, entende-se que um tema que atrai atenção pública também ganha destaque na opinião pública. A Tabela 2 apresenta como os dois termos são definidos neste trabalho. Tanto no referencial teórico quanto na análise dos resultados, eles são mantidos conforme as referências originais.

Tabela 2 – Definições adotadas neste artigo para os termos "atenção pública" e "opinião pública"

Termo	*Definição*
Atenção Pública	Usamos algumas das expressões utilizadas em Downs (1972), em inglês, para nosso entendimento do termo: quando há atenção pública, a sociedade possui interesse ("*interest*") num assunto, ou demonstra preocupação ("*concern*") quanto a um assunto. O assunto está no centro das atenções da população ("*in the center of the stage*" ou "*in the public eye*").
Opinião Pública	Para Glynn *et al.* (2018), trata-se de um conceito amplamente utilizado na literatura acadêmica que não possui uma única definição consensuada. Por conta disso, os autores apresentam 5 categorias de definições, que são distintas, mas também se sobrepõem até certo ponto: (1) a opinião pública representa uma agregação de opiniões individuais, (2) um reflexo das crenças da maioria, (3) situa-se nas disputas entre grupos de interesse, (4) reflete a influência das mídias e das elites e (5) representa uma ficção, ou seja, uma construção retórica sem conexão com a realidade[7].

Fonte: Adaptado e traduzido de Downs (1972) e Glynn (2018)

A literatura nacional sobre a aplicação do Ciclo de Atenção de Downs para o campo das mudanças climáticas é incipiente. Não obstante, algumas publicações se propõem a dialogar com as ideias

trazidas por Downs em 1972, oferecendo alguns *insights* sobre o comportamento da atenção pública na atualidade no Brasil diante de problemas de cunho socioambiental. Fortunato e Camargo (2018) questionam se o Ciclo de Atenção explicaria integralmente a flutuação das notícias ambientais. Argumentam que, por basear-se em noções vagas, o modelo não é suficiente para todos os casos, sendo válido apenas quando o tema pode ser delimitado em tempo, espaço e atores envolvidos. Outros autores nacionais citam Downs de forma breve ou apenas em notas de rodapé. Referem-se a Fortunato e Camargo (2018) para uma relação não exaustiva de tais trabalhos até 2018.

Em relação a trabalhos nacionais mais recentes (pós-2018), cabe destacar Amaral, Quevedo e Souza (2024), que analisaram a comunicação do desastre climático no litoral de São Paulo em 2023 e concluíram que a atenção pública imediata gera oportunidades de resposta e recuperação. Para uma gestão efetiva de riscos, defendem a importância de mobilizar a atenção ainda na fase de "Pré-problema" do Ciclo de Atenção, permitindo abrir uma janela para ações de prevenção, preparação e mitigação.

Para Fortunato e Camargo (2018), enquanto a produção brasileira tende a adotar o "Ciclo" como referencial teórico consolidado ou instrumento analítico das questões de interesse da opinião pública, a literatura internacional tem se dedicado a retificá-lo, contestá-lo por meio de críticas fundamentadas ou a propor sua ampliação mediante a introdução de novas variáveis. Os autores trazem uma revisão parcial dos trabalhos internacionais que envolvem a ciência política, ambiente e mídia até 2018.

McComas e Shanahan (1999), em estudo de mais de 15 anos, argumentam que Downs e outros ignoram o papel das narrativas na atenção da mídia a temas ambientais. Para eles, fatores narrativos construídos pela própria mídia são centrais na formação da atenção pública.

Ademais, cabe mencionar Howlett (2000) que apresenta críticas mais contundentes às argumentações de Downs. Para Howlett, apesar do "Ciclo" ser frequentemente citado como modelo para explicar as ligações entre a opinião pública e a formação de políticas públicas, tal ligação não seria direta. Para ele, "a opinião pública se constitui em um dos elementos das 'condições de fundo', ou ambiente, em que o processo político se desdobra" (p. 172). Howlett conclui que o papel da mídia no processo de políticas públicas apresenta diversas limitações, o que a configura como um mediador imperfeito das percepções sociais e resulta em uma relação indireta entre a opinião pública e a formulação das políticas.

Em relação a trabalhos mais recentes (pós-2018), Reamer *et al.* (2024) analisam 12 anos de cobertura de seis jornais dos EUA sobre a conservação da baleia-franca-do-atlântico-norte, mostrando que a mídia atua na construção de políticas ambientais e segue o Ciclo de Atenção de Downs. A cobertura passou pelos três primeiros estágios, tende a perder visibilidade com novos temas e pode ter recorrências. Destaca-se que o período entre os estágios 2 e 3 durou cinco anos.

3 MÉTODOS

Para identificar como a atenção pública se comportou após as inundações no RS, especificamente em relação ao problema das mudanças climáticas, foi realizada uma busca direcionada para o termo "mudanças climáticas" no *website* de um jornal brasileiro de circulação nacional, a *Folha de São Paulo* (FSP) (https://www.folha.uol.com.br/). Optou-se pela *Folha de S. Paulo* para evitar um viés regional na cobertura do evento no RS, priorizando uma abordagem mais ampla. Além disso, o jornal é o maior do Brasil em assinantes pagantes e um dos de maior circulação nacional (IVC, 2023).

O objetivo foi capturar quantas matérias jornalísticas contemplaram o tema mudanças climáticas no período de três meses antes das inundações e até seis meses depois. Assim foi possível obter uma "linha de base" para o número de matérias (meses 1-3). A definição de um horizonte temporal de seis meses após as inundações permitiu obter um número considerável de reportagens para verificar como

a atenção pública se comportou nesse período. Considerando que o evento climático extremo no RS se iniciou no dia 27/04/2024, adotou-se o recorte temporal de 27/01 até 31/10 de 2024.

No recorte temporal, foram encontrados 1.469 resultados para o termo "mudanças climáticas" em qualquer parte do texto. Para outros termos similares, notadamente "mudança do clima" e "mudança climática", foi encontrado um número inferior de resultados, 479 e 210 respectivamente. Não se optou pelo uso dos termos "adaptação" e "mitigação" (busca para "mudanças climáticas" e "adaptação" ou "mudanças climáticas" e "mitigação") porque esses termos trazem em si escolhas relacionadas com o enfrentamento do problema, e o foco da pesquisa é o problema em si e sua entrada na agenda. Também não houve uma busca por "Mudanças climáticas" e "Rio Grande do Sul" conjuntamente, tendo em vista que o objetivo da análise era compreender o comportamento da atenção pública para com o problema global e não somente seus impactos regionais.

Foi realizada uma verificação qualitativa das 1.469 matérias encontradas com o intuito de averiguar se estas possuíam o tema das mudanças climáticas como um dos assuntos centrais da matéria. Foram analisados somente os títulos das matérias. Com base nessa averiguação, foram excluídos 606 textos. Foram consideradas, portanto, 863 reportagens.

Com base nos links das 863 matérias selecionadas, usamos o pacote Rvest para recuperar a data de publicação de cada matéria (R Core Team, 2021; Wickham, 2024). O pacote Rvest permite pesquisar (*to scrape*) *websites* a fim de extrair metadados associados a uma dada página da internet. As datas sem matérias foram adicionadas com valor de zero.

Com base na data de publicação de cada matéria, somou-se o número de textos publicados a cada três dias e foi estabelecida a frequência de matérias publicadas ao longo do tempo (Figura 2).

Finalmente, foi estabelecida a variação em termos percentuais entre o número de matérias sobre mudanças climáticas publicadas a cada três dias, em comparação com a média de notícias para o período completo (Figura 3).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos estão apresentados nas Figuras 2 e 3. A Figura 2 traz o número de notícias que abordam o tema mudanças climáticas em valores absolutos para o período entre 27/01/2024 e 31/10/2024. As notícias estão agrupadas em períodos de três dias para evitar grandes distorções diárias que podem ocorrer, incluindo quedas em fins de semana e feriados. A barra vertical em vermelho indica o momento da ocorrência do evento climático extremo no RS, entre os dias 27/04/2024 e 04/05/2024. Há também uma linha em negrito que indica a tendência para o número de matérias sobre o tema. Por fim, há uma diferenciação em termos de cores para o período pré-evento (em verde) e pós-evento (em vermelho).

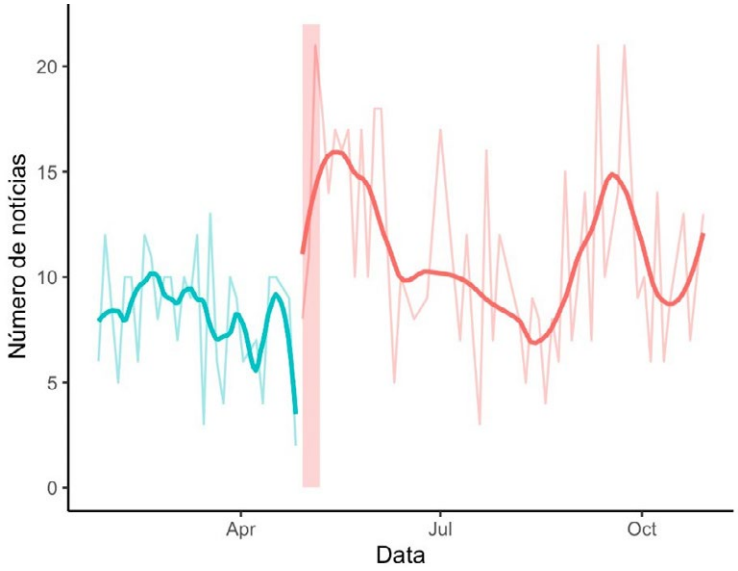


Figura 2 – Número de notícias sobre mudanças climáticas, FSP (27/01/2024 - 31/10/2024), agrupadas em períodos de três dias

Fonte: Os autores

Na Figura 2, é possível notar um aumento expressivo de notícias sobre mudanças climáticas a partir do dia 27/04, o que pode indicar um forte incremento em termos de interesse da atenção pública sobre o tema. Com base na figura, é possível também argumentar que houve uma associação direta entre o evento climático extremo no RS e a problemática das mudanças climáticas, já que logo após as inundações surgiram notícias sobre sua provável causa, ou seja, a relação causal foi rapidamente identificada pela sociedade, o que indica o quão difundido se encontra o problema das mudanças climáticas atualmente, considerando que eventos climáticos extremos também podem ocorrer por conta da variabilidade climática natural.

Nota-se na Figura 2 uma queda repentina do número de notícias após aproximadamente 30 dias das inundações. Não houve, portanto, um período mais longo de captura da atenção pública sobre o problema das mudanças climáticas. Desse modo, o espaço de atuação seria bastante reduzido para aqueles que objetivam atuar sobre uma possível "janela de oportunidades", quando a atenção pública estaria mais voltada para um determinado problema, resultando numa maior susceptibilidade para soluções.

Por fim, notamos na Figura 2 outros dois momentos de incremento em termos de notícias sobre a temática das mudanças climáticas, um ao final de setembro e outro ao final de outubro. Como base numa análise das notícias sobre mudanças climáticas nesses períodos, foi possível constatar uma associação ao aumento de interesse por matérias sobre as queimadas ocorridas principalmente na Amazônia durante o começo do segundo semestre de 2024 e sobre as expectativas para a COP 29 do Clima, no Azerbaijão, ocorrida em novembro do mesmo ano.

A Figura 3 traz uma variação em termos percentuais entre o número de matérias publicadas a cada três dias e a média de notícias também a cada três dias para o período total. Da mesma forma, como feito para a Figura 2, há uma diferenciação de cores entre os períodos antes (verde) e depois (vermelho) do evento climático extremo. Ademais, foi incluída uma barra cinza vertical, que indica um período com um número de matérias sobre mudanças climáticas bem acima da média para o período total.

No período entre 27/04/2024 e 07/06/2024 (em cinza), a média de notícias sobre mudanças climáticas para cada três dias foi de 14,64. No período pré-inundações, a média foi de 8,04; no período pós-evento extremo, foi de 9,95; e no período total analisado, de 10,12, ou seja, da mesma forma como

apontado anteriormente nas análises embasadas na Figura 2, a Figura 3 demonstra uma "janela de oportunidades" de cerca de 30 dias para discutir e propor soluções.

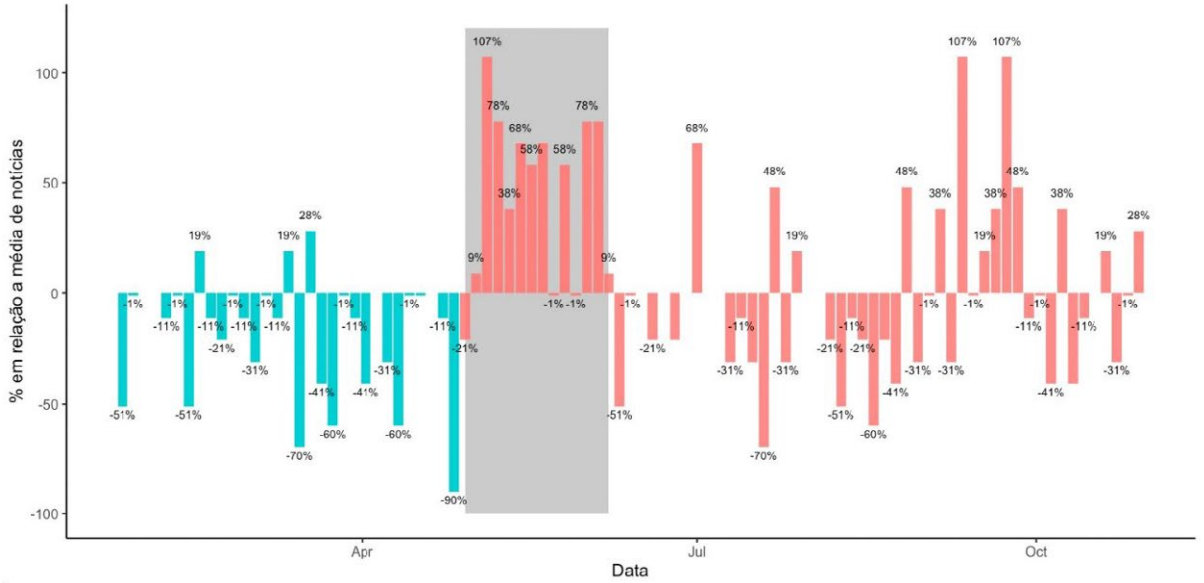


Figura 3 – Variação percentual entre o número de artigos publicados a cada três dias (FSP) e a média do número de notícias (também a cada três dias) no período de 27/01/2024 a 31/10/2024

Fonte: Os autores

Uma notícia contida na amostragem chama atenção e pode indicar um possível aumento de demanda por informações sobre mudanças climáticas após o evento extremo no RS. No dia 22 de maio de 2024, menos de um mês depois das inundações, foi publicada uma notícia intitulada: "*Folha passa a ter correspondente climática, função inédita na imprensa brasileira*". Essa reportagem é emblemática, no sentido que sinaliza uma ação por parte desse jornal de aumentar sua cobertura sobre o tema mudanças climáticas, indicando um possível aumento no interesse do público em relação ao assunto pós-tragédia do RS.

Conforme pontua Downs (1972, p.38), o interesse público pode criar uma janela de oportunidades para mudanças efetivas em termos de soluções para um determinado problema. Apesar de o estudo não permitir validar essa hipótese, elencamos aqui algumas notícias que trazem demandas e propostas para políticas públicas, ou críticas sobre a falta de políticas públicas, tanto de atores públicos como privados.

- Comissão do Senado marca votação de projeto que cria política de gestão de desastres (06/05/2024).
- Frente de Prefeitos quer lei para que uma cidade possa doar dinheiro para outra (06/05/2024).
- Na emergência climática, a inércia é do Congresso (07/05/2024).
- Políticas públicas ignoram ciência no campo da mudança climática (09/05/2024).
- Adversários evitam ataques, mas tragédia deve ser central em eleição de Porto Alegre (12/05/2024).
- Senado aprova diretriz geral para planos de adaptação às mudanças climáticas (15/05/2024).

- Desmantelamento de políticas é responsável pela maior crise climática do Brasil (21/05/2024).
- Câmara aprova projeto com diretrizes para adaptações à mudança climática (04/06/2024).
- Lula sanciona lei que cria diretrizes para adaptações à mudança climática (27/06/2024).
- Deputado quer cadastro nacional de voluntários para agilizar resposta a desastres (09/08/2024).

Todas as notícias acima mencionam, de alguma forma, o evento climático extremo no RS. Ademais, notamos que a maioria das notícias foi publicada em até aproximadamente um mês das inundações. Destacamos aqui a aprovação pelo Congresso Nacional de uma lei que cria diretrizes para elaboração de planos de adaptação à mudança do clima nesse horizonte de um mês. Há três notícias que abordam a tramitação dessa mesma lei.

O incremento na atenção pública após o evento extremo no RS parece ter resultado em uma mudança de política pública, considerando a sanção da referida lei. No entanto, é preciso ter cautela quanto a afirmações sobre a existência de um papel central e único da opinião pública como indutor de mudanças em políticas públicas. Resgatam-se aqui as argumentações de Howlett (2000), para o qual existe apenas um link indireto entre a opinião pública e mudanças em políticas públicas. A forma como a população percebe uma determinada questão seria apenas um dos elementos das "condições de fundo", havendo também influência dos demais aspectos que envolvem o processo político. Burstein (2003), por outro lado, reforça o vínculo. O autor usou dados de 30 estudos empíricos sobre o impacto da opinião pública sobre políticas públicas e concluiu que (1) a opinião pública afetou as políticas em três quartos das vezes em que seu impacto foi medido. Ademais, os resultados mostraram que, quanto mais "saliente" ou notável for o assunto, ou seja, quanto maior for a atenção do público para uma determinada questão, maior é o impacto da opinião pública nas políticas.

Mesmo que a atenção pública tenha tido papel relevante na adoção da lei supracitada, seria importante questionar em até que ponto essas mudanças serão efetivas, ou se surgiram para dar uma resposta imediata para a sociedade. No caso em específico, nota-se que já existe um Plano Nacional de Adaptação (PNA) (Brasil, 2016). Seria mais efetivo, talvez, buscar fortalecer a implementação e monitoramento desse arcabouço normativo já em vigência.

Nesse sentido, seria possível afirmar que as mudanças promovidas nos meses após o evento extremo visaram mais acomodar uma demanda imediata da sociedade, sem que existisse um desejo genuíno de propor medidas que fossem duradouras e eficazes. Bachrach e Baratz (1962) argumentam que existem dinâmicas de poder que não se manifestam apenas nas decisões tomadas, mas também na capacidade de evitar que certos temas avancem, de fato, na agenda governamental. Essas dinâmicas, chamadas pelos autores de não-decisão ou mobilização de viés, permite que elites ou grupos dominantes mantenham o debate restrito a questões consideradas "seguras", excluindo assuntos que poderiam ameaçar seus interesses.

Com base nos resultados apresentados nas Figuras 2 e 3, é possível realizar um diálogo entre a forma como se comportou a opinião pública para com o problema mudanças climáticas após as inundações no RS e o Ciclo de Atenção conforme preconizado por Downs. Essa comparação é apresentada abaixo na Tabela 3.

Tabela 3 – Comparação entre o Ciclo de Atenção de Downs e os estágios observados para a atenção pública sobre o tema mudanças climáticas, FSP (27/01/2024 – 31/10/2024)

Estágios do Ciclo de Atenção (Downs, 1972)	***1. Pré-problema***	***2. Descoberta e entusiasmo***	***3. Compreensão do custo***	***4. Declínio gradual do interesse***	***5. Pós-problema***
Descrição	Condição social fortemente indesejada ainda não capturou a atenção pública.	Público subitamente consciente, e a descoberta alarmante é acompanhada por um entusiasmo eufórico para resolver o problema.	Cresce a percepção de que o custo de "resolver" o problema é realmente muito elevado.	Desânimo entre as pessoas para resolver o problema por conta de suas complexidades.	A questão se desloca do centro da atenção pública para um "limbo" prolongado" de pouco interesse social.
Estágios observados (Notícias FSP)	***1. Pré-problema***	***2. Aumento súbito de interesse público e abertura "janela de oportunidades"***	***3. Janela de oportunidades para (propor) ações***	***4. Declínio súbito do interesse público***	***5. Pós-problema/ pré-problema***
Descrição	Condição social fortemente indesejada ainda não recapturou a atenção pública.	Drama ou crise recoloca determinada condição social de volta no centro da atenção pública. Abre-se uma janela para propor medida.	Há uma janela de oportunidades de curta duração para (propostas) que visam resolver o problema.	O problema perde rapidamente a atenção da sociedade e/ ou compete com outros problemas sociais.	A questão volta para um estágio similar ao pré-problema à espera de uma nova crise e/ou outros problemas reaparecem.

Fonte: Downs (1972) e os autores

Notam-se algumas similaridades entre o Ciclo de Atenção de Downs e os estágios observados nos resultados do presente trabalho. De fato, em ambos há um aumento súbito de interesse público para um determinado problema social, que marca o início de um momento em que pode haver maior susceptibilidade para a proposição de soluções para a questão (estágios 2 e 3). Depois, ocorre um declínio de interesse seguido por um período de baixo interesse da sociedade para o problema. Todavia, nos estágios observados com base nas notícias sobre mudanças climáticas no jornal FSP, não foi possível identificar um declínio gradual do interesse público, e sim uma queda abrupta. Isso pode estar relacionado a dois fatores: (1) problemas ambientais como as mudanças climáticas não são mais novidade e são rotineiramente alvo de notícias, seja após mais uma ocorrência crítica ou por outros motivos, e (2) o volume de notícias que atualmente circulam é muito maior, não só pelo advento da criação dos jornais *online*, mas também pela velocidade na qual atualmente novidades são "consumidas", comparando com 1972.

A janela de oportunidades de 30 dias identificada neste trabalho representaria um momento curto para que propostas pudessem ser colocadas e tivessem maior chance de avançar. Esse período, que abrangeria os estágios 2 e 3, tanto do Ciclo de Atenção de Downs quando do "nosso" Ciclo (Tabela 3), é consideravelmente menor do que os mesmos estágios identificados em Reamer *et al.* (2024). Nesse estudo, os períodos 2 e 3 do Ciclo levaram cinco anos para serem percorridos. Todavia, algumas diferenças entre os dois trabalhos devem ser mencionadas: o estudo analisou 12 anos de cobertura em seis jornais sobre a preservação de baleias, um tema bem delimitado. De forma análoga, pesquisas mais longas no Brasil, com foco específico dentro das mudanças climáticas, como a adaptação local a eventos extremos, poderiam aprofundar as análises sobre o uso do Ciclo de Atenção de Downs, avaliando se a atenção

pública geraria apenas desdobramentos imediatos com foco em resposta e recuperação, conforme argumentam Amaral, Quevedo e Souza (2024), ou se outro comportamento emergiria.

Em relação ao recorte temático, importa ainda dialogar com Fortunato e Camargo (2018), que fazem uma crítica quanto ao uso do Ciclo de Downs para assuntos não especificamente determinados. O presente trabalho se propôs a fazer isso, enfocando o tema da mudança climática em geral, sem um recorte cronológico, geográfico ou quanto aos atores especificamente envolvidos[8]. Sem tal recorte, de acordo com Fortunato e Camargo, seria impossível determinar quando o estágio 5 ocorreria, o qual representa o momento pós-problema, no qual a temática deixaria de receber a atenção pública. Para os autores, um tema de preocupação ambiental mais amplo, tal como a "poluição" ou "degradação", desde a concepção do Ciclo de Atenção de Downs em 1972, nunca deixou de sair da atenção do público e, nesse sentido, as ideias de Downs seriam mais bem aplicadas para recortes mais específicos. Em nosso trabalho, como visto na Tabela 3 acima, adaptamos a definição do Ciclo de Downs, entendendo que o tema da Mudança do Clima no seu sentido mais amplo, ao adentrar a 5ª fase, não desapareceria da atenção pública para um "limbo prolongado de pouco interesse social". Entraria, na verdade, em um estágio no qual simultaneamente estaria no pós e pré-problema, reforçando a ideia da existência de um processo cíclico quanto à atenção do público para um problema ambiental não especificamente delineado.

Nesta pesquisa, partiu-se da hipótese de que as publicações dos jornais refletem de forma direta a atenção pública para um determinado tema. Nesse sentido, a oferta de notícias seria um "proxy" da sua demanda. Similarmente argumenta Downs. Para ele, a própria audiência gerencia a oferta, perdendo ou mantendo o interesse por um assunto em particular. Tal visão pode ser interpretada como uma simplificação da realidade, pois o que é transmitido pela mídia é o resultado de algo mais complexo, que é determinado por um conjunto de fatores sociais e culturais.

Para Denis McQuail (2010), a mídia (o autor usa o termo comunicação em massa) poderia ser considerada "um fenômeno tanto 'social' quanto 'cultural'. A instituição da mídia [...] faz parte da estrutura da sociedade, e sua infraestrutura tecnológica é parte da base econômica e de poder, enquanto as ideias, imagens e informações disseminadas pela mídia são evidentemente um aspecto importante da nossa cultura" (McQuali, 2009, p. 70, tradução nossa). Nesse sentido, nem a mídia determinaria linearmente a opinião pública (como argumenta a teoria da agulha hipodérmica[9]), nem a opinião pública gerenciaria o que surge na mídia, conforme argumentado em Downs (1972).

A mídia seria, até certo ponto, uma indutora da opinião pública a partir da construção de narrativas, como argumentam McComas e Shanahan (1999). Nesses casos, ocorreria o enquadramento ou *framing* das notícias por parte da mídia, que visaria "construir uma realidade" (Scheufele, 1999), com o objetivo de influenciar como um determinado conteúdo é recebido e percebido pela população. Seria uma forma de "selecionar alguns aspectos da realidade percebida e torná-los mais salientes em um texto comunicativo, de modo a promover uma definição específica para um problema" (Entman, 1993, p. 52, tradução nossa), ou então a mídia poderia buscar "formar uma agenda" (*agenda-setting*)[10], não para influenciar como as pessoas devem pensar, mas, sim, quais problemas deveriam ser considerados mais prioritários (Mccombs, 2008). Quanto maior for a veiculação de um determinado tema, maior seria o estímulo para as pessoas formarem suas opiniões sobre esse assunto (Coleman, 2009).

Há também que complexificar o papel da população, que representa um ator ativo e com grande diversidade, que seleciona as informações conforme suas crenças e vieses. Assim argumenta a Teoria dos Usos e Gratificações, que identifica o público como ativo na escolha da mídia, utilizada para atender necessidades informativas, sociais ou de entretenimento, invertendo a lógica de teorias centradas apenas nos efeitos da mídia. Em outras palavras, "o uso da mídia depende das satisfações, necessidades, desejos ou motivos percebidos pelo seu público" (McQuail, 2010, p. 352, tradução nossa).

A população poderia, até mesmo, optar por ignorar determinados assuntos quando, por exemplo, se trata de opiniões percebidas como minoritárias, reforçando consensos aparentes, segundo a teoria

da Espiral do Silêncio (Noelle-Neumann, 1991). Para a autora, há um medo do isolamento que faz com que os indivíduos tentem avaliar o clima de opinião pública constantemente. Os resultados dessa estimativa afetam seu comportamento em público, especialmente sua disposição ou não de expressar opiniões abertamente. Haveria, ainda, um terceiro ator, que seriam os líderes da opinião pública, que representaria um ente intermediário, como um "*broker*" das notícias para o segmento da sociedade com o qual eles dialogam. O modelo do *Two-Step Flow of Communication* mostra que líderes de opinião mediam as mensagens da mídia, retransmitindo-as em suas redes sociais. Assim, os efeitos da mídia seriam limitados e filtrados pelas interações interpessoais (Katz, Lazarsfeld, 1955).

Uma amostragem mais ampla, que abrangesse um número maior de jornais e outros meios de comunicação, poderia ajudar a lidar melhor com as complexidades expostas acima. Ao considerar um número maior de jornais, seria possível diminuir os riscos de *framing* ou *agenda-setting* inerentes a vieses específicos de um único meio de comunicação. Ao ampliar os tipos de meios de comunicação contemplados, incluindo, por exemplo, matérias veiculadas em plataformas *online*, redes sociais, *podcasts* e vídeos, seria possível contemplar uma maior heterogeneidade de "consumidores" de notícias, evitando a obtenção de uma amostragem distorcida por conta de escolhas (ou rejeições) específicas de determinados grupos ou de seus líderes de opiniões.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa ora apresentada teve como objetivo analisar uma crise socioambiental ocorrida no Brasil à luz do Ciclo de Atenção de Downs (1972). Em termos práticos, o estudo evidenciou existir um breve momento de "aquecimento" da atenção pública logo após a ocorrência de um evento de impacto ambiental severo no Brasil. Durante esse período, foram propostas medidas e políticas públicas que visavam endereçar ou abordar o problema em questão. Argumentou-se sobre a possível abertura de uma "janela de oportunidades" que indicaria haver maior receptividade para mudanças em políticas públicas após o evento.

No que se refere à sua contribuição para os temas de pesquisa abordados no artigo, o trabalho aplica o modelo analítico de Downs a um caso contemporâneo no Brasil, evidenciando a atualidade de ideias concebidas há mais de 50 anos e demonstrando sua pertinência, desde que devidamente contextualizadas e complementadas para a complexificação dos resultados.

É importante ressaltar que, por conta de a pesquisa explorar como a atenção pública se comportou após a ocorrência de somente um evento crítico a partir de uma amostragem centrada exclusivamente em um único jornal, os resultados devem ser absorvidos com cautela, não sendo possível realizar considerações de cunho mais generalizado.

Ademais, ao considerar apenas o título das notícias para verificar a centralidade da matéria quanto ao tema das mudanças climáticas, não é possível afirmar que 100% das matérias incluídas possuíam de fato esse tema com objeto principal do seu conteúdo. Mais pesquisas são necessárias para complementar os achados e análises decorrentes, seja a partir de uma amostragem que explora a ocorrência de mais de uma crise ambiental e/ou que contempla mais de um periódico ou outras mídias existentes.

NOTAS

1 | Representa o aquecimento anormal da superfície do Oceano Pacífico próximo à linha do Equador. O fenômeno ocorre a cada 5 a 7 anos e atualmente está incidindo desde junho de 2023, causando diferentes impactos em todas as regiões do Brasil (Inmet, 2024).

2 | Tem-se também medidas de mitigação da mudança do clima, que consistem em iniciativas que visam reduzir os riscos e impactos climáticos por meio da redução ou remoção de gases de efeito estufa.

3 | Grau de suscetibilidade e incapacidade de um sistema [...] de lidar com os efeitos adversos da mudança do clima, entre os quais a variabilidade climática e os eventos extremos (Brasil, 2009). "Issue-attention Cycle".

4 | "Issue-attention Cycle".

5 | "The list of subjects or problems to which governmental officials, and people outside the government closely associated with those officials, are paying some serious attention at any given time".

6 | "[…] the means and mechanisms of problem recognition and issue selection are tightly connected with the way a social problem is recognized and perceived on the public/media agenda.

7 | Traduções nossas. Vide páginas 13 a 20 da referida publicação para os termos originais em inglês

8 | Apesar de usar o momento do evento climático extremo ocorrido no RS em 2024, a verificação da atenção pública foi realizada quanto ao problema das mudanças climáticas de forma mais ampla, conforme descrito no item 3 – Métodos.

9 | Também conhecida como teoria da Bala Mágica, concebe a comunicação midiática como um processo de estímulo-resposta direta, no qual os indivíduos receberiam as mensagens de forma passiva, sem possibilidade de questionamento ou resistência. Difundida sobretudo nas décadas de 1930 e 1940, essa perspectiva foi posteriormente amplamente rejeitada pela literatura acadêmica, por "exagerar muito a probabilidade de efeito e a vulnerabilidade do receptor à influência" (Mcquail, 2010, p. 391, tradução nossa).

10 | Aqui, usa-se o mesmo termo já discutido anteriormente sobre identificação de fenômenos sociais que podem se tornar problemas a serem enfrentados pelo poder público.

DECLARAÇÃO SOBRE O USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Os autores declaram que não utilizaram tecnologias de inteligência artificial generativa ou assistida por IA na criação, redação ou revisão deste manuscrito.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. Agência Brasil, 2024. Rain in Rio Grande do Sul could impact the national economy by R$ 97 billion. Available in: https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2024-07/chuvas-no-rs-podem-impactar-em-r-97-bilhoes-economia-nacional#:~:text=A%20trag%C3%A9dia%20clim%C3%A1tica%20no%20Rio,na%20economia%20brasileira%2C%20este%20ano. Accessed on: 15/11/2024.

AMARAL, M. F.; QUEVEDO, J. P.; SOUZA, E. Evento climático extremo e vulnerabilidades: a comunicação de um desastre no Twitter. **Intexto**, n. 56, 2024. Available at: DOI: https://doi.org/10.19132/1807-8583.56.135975. Accessed on: 15 nov. 2024.

BACHRACH, P.; BARATZ, M. S. Two Paces of Power. *In*: **Paradigms of political power**. Routledge, 2017. p. 118-131. Available at: https://doi.org/10.4324/9781315125992. Accessed on: 01 oct. 2025.

BIRKLAND, T. A. **An introduction to the policy process**: theories, concepts, and models of public policy making. London: Routledge, 2019. Available at: https://doi.org/10.4324/9781351023948. Accessed on: 01 oct. 2025.

BRAZIL. Ministério do Meio Ambiente. **National Adaptation Plan to Climate Change**. Brasília, 2016. Available at: https://antigo.mma.gov.br/clima/adaptacao/plano-nacional-de-adaptacao.html, Accessed on: 01 oct. 2025.

BRAZIL. Law 12.187, of 29 of December 2009. Establishes the National Policy on Climate Change - PNMC and provides other measures. Brasília, DF: **Official Journal of the Union**, 2009. Available at: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.html. Accessed on: 01 oct. 2024.

BURSTEIN, P. The impact of public opinion on public policy: a review and an agenda. **Political research quarterly**, v. 56, n. 1, p. 29-40, 2003. Available at: https://doi.org/10.1177/106591290305600103. Accessed on: 01 oct. 2025.

CLARKE, B. *et al.* Climate change. El Niño and infrastructure failures behind massive floods in southern Brazil. London: **Grantham Institute for Climate Change**, 2024. Available at: https://spiral.imperial.ac.uk/handle/10044/1/111882. Accessed on: 15 nov. 2024.

COBB, R. W.; ELDER, C. D. **Participation in American Politics**: the dynamics of agenda building. Boston, MA: Allyn and Bacon, 1972. Available at: https://doi.org/10.2307/1958664. Accessed on: 01 oct. 2025.

COLEMAN, R. *et al.* Agenda setting. *In*: **The handbook of journalism studies**. Routledge, 2009. p. 167-180. Available at: https://doi.org/10.4324/9780203877685. Accessed on: 01 oct. 2025.

DOWNS, A. Up and down with ecology: the "issue-attention cycle". *In*: **Agenda setting. Routledge**, 2016. p. 27-33. Available at: https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781315538389-4/ecology-issue-attention-cycle-anthony-downs. Accessed on: 01 oct. 2025.

ENTMAN, R. M. Framing: towards clarification of a fractured paradigm. **McQuail's reader in mass communication theory**, v. 390, p. 397, 1993.

FEDERAL SENATE OF BRAZIL. Agência Senado, 2024. **The tragedy in Rio Grande do Sul showed that Brazil needs to prepare for climate change**. Available: https://www12.senado.leg.br/noticias/infomaterias/2024/06/tragedia-no-rs-mostrou-que-brasil-precisa-se-preparar-para-mudancas-no-clima#:~:text=Nos%20dias%20finais%20de%20abril,173%20mortos%20e%2038%20desaparecidos. Accessed on: 15 nov. 2024.

FORTUNATO, I.; DE CAMARGO PENTEADO, C. L. A visibilidade de desastres ecológicos no século XXI: revisitando o issue-attention cycle de Downs. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 40, n. 3, p. 42188, 2018. Available at: https://doi.org/10.4025/actascihumansoc.v40i3.42188. Accessed on: 01 oct. 2025.

GLYNN, C. J.; HERBST, S.; LINDEMAN, M.; O'KEEFE, G. J.; SHAPIRO, R. Y. **Public opinion**. Routledge, 2018.

GOVERNMENT OF RIO GRANDE DO SUL. **Government of Rio Grande do Sul, o futuro nos une, 2024**. Governor presents a report on the first 30 days since the start of the floods. Available at: https://www.estado.rs.gov.br/leite-apresenta-balanco-de-30-dias-apos-inicio-das-enchentes. Accessed on: 15 nov. 2024.

HOWLETT, M. A dialética da opinião pública: efeitos recíprocos da política pública e da opinião pública em sociedades democráticas contemporâneas. **Opinião Pública**, v. 6, p. 167-186, 2000. Available at: https://doi.org/10.1590/S0104-62762000000200001. Accessed on: 01 oct. 2025.

INMET. National Institute of Meteorology, 2024. **El Niño**: learn about the phenomenon's impact on Brazil. Available at: https://portal.inmet.gov.br/noticias/el-ni%C3%B1o-saiba-como-foi-a-atua%C3%A7%C3%A3o-do-fen%C3%B4meno-no-brasil. Accessed on: 15 nov. 2024.

IVC. Verified Communication Institute, 2023. **Newspapers in Brazil**. Available at: https://static.poder360.com.br/2024/01/circulacao-jornais-2015-2023-IVC.png. Accessed on: 25 sept. 2025.

JANN, W., WEGRICH, K. "Theories of the policy cycle". *In*: FISCHER, F.; MILLER, G. **Handbook of public policy analysis**. [s.l.], Routledge, 2017 p. 69-88. Available at: https://doi.org/10.4324/9781315093192. Accessed on: 01 oct. 2025.

KATZ, E.; LAZARSFELD, P. F. **Personal Influence** (Glencoe, IL, Free Press). 1955.

KINGDON, J. W. **Agendas, alternatives, and public policies**. New York: HaperCollins College Publisher, 1995.

MCCOMAS, K.; SHANAHAN, J. Telling stories about global climate change: measuring the impact of narratives on issue cycles. **Communication research**, v. 26, n. 1, p. 30-57, 1999. Available at: https://doi.org/10.1177/009365099026001003. Accessed on: 01 oct. 2025.

MCCOMBS, M. **Setting the agenda**: the mass media and public opinion, 2008.

MCQUAIL, D. **McQuail's mass communication theory**. Sage publications, 2010.

NOELLE-NEUMANN, E. The theory of public opinion: the concept of the spiral of silence. **Annals of the International Communication Association**, v. 14, n. 1, p. 256-287, 1991. Available at: https://doi.org/10.1080/23808985.1991.11678790. Accessed on: 01 oct. 2025.

R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Available at: https://www.R-project.org. Accessed on: 30 nov. 2024.

REAMER, M. *et al.* A "war" over lobster and whales: the issue-attention cycle, media discourse, and political ecology of right whale science and conservation in six US newspapers. **Frontiers in communication,** v. 9, p. 1417414, 2024. Available at: https://doi.org/10.3389/fcomm.2024.1417414. Accessed on: 01 oct. 2025.

SCHEUFELE, D. A. Framing as a theory of media effects. **Journal of communication**, v. 49, n. 1, p. 103-122, 1999. Available at: https://doi.org/10.1111/j.1460-2466.1999.tb02784.x. Accessed on: 01 oct. 2025.

STAGGENBORG, S. **Social movements**. Oxford University Press, USA, 2016.

UNDRR. The human cost of disasters: an overview of the last 20 years (2000-2019). Geneva: **United Nations Office for Disaster Risk Reduction**, 2020. Available at: https://www.undrr.org/quick/50922. Accessed at: 20 nov. 2024.

WICKHAM, H. **Rvest**: easily harvest (Scrape) web pages. R package version 1.0.4, 2024. Available at: https://github.com/tidyverse/rvest, https://rvest.tidyverse.org/. Accessed on: 30 nov. 2024.

Social action to address the climate catastrophe of May 2024 in the Porto Alegre Metropolitan Region: developing a contingency plan to build socio-environmental resilience at the Filhos de Sepé settlement

Ação social no enfrentamento à catástrofe climática de maio de 2024 na Região Metropolitana de Porto Alegre: construção do plano de contingência do Assentamento Filhos de Sepé para a resiliência socioambiental

Camila Traesel Schreiner [1]

Alice Audibert [2]

Elisangela Telockenn [3]

Jaime Roque Monteiro Carvalho [4]

Isabel Cristina Monjelo Ribeiro Dalenogare [5]

Janine de Almeida Engelmann [6]

Letícia Rodrigues Nunes [7]

Carolina Silveira Costa [8]

Gabriela Coelho-de-Souza [9]

[1] PhD in Rural Development, Postdoctoral Researcher, Postgraduate Program in Rural Development, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PGDR/UFRGS); Researcher, Centre for Studies in Sustainable Rural Development and the Atlantic Forest (Desma), Porto Alegre, RS, Brazil
E-mail: camilatraesel@gmail.com

[2] Degree in Geography, Master's Student, Postgraduate Program in Rural Development, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PGDR/UFRGS), PROFOREXt/UFRGS scholarship recipient, Integração Gaúcha Settlement, Eldorado do Sul, RS, Brazil
E-mail: aliceaudibert1999@gmail.com

[3] Certification in Cooperativism, PROFOREXt/UFRGS Scholarship Recipient - Local Education Agent, Filhos de Sepé Settlement, Women of the Land Group, Viamão, RS, Brazil
E-mail: elisangelatelockrnn@gmail.com

[4] Veterinary Medicine, UFRGS/PROFOREXt Scholarship Recipient - 19 de Setembro Settlement, Guaíba, RS, Brazil
E-mail: jaime.r.medvet@gmail.com

[5] Certification in Accounting, Women of the Land Group, Filhos de Sepé Settlement, Viamão, RS, Brazil
E-mail: isabelcristinamonjeloribeiroda@gmail.com

[6] Certification in Human Resources, PROFOREXt/UFRGS Scholarship Recipient - Local Education Agent, Integração Gaúcha Settlement, Eldorado do Sul, RS, Brazil
E-mail: janineengelmannrh@gmail.com

[7] Undergraduate Student, International Relations, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brazil
E-mail: leticiarrnunes@gmail.com

[8] Master's Degree in Rural Development, Doctoral Candidate, Postgraduate Program in Rural Development, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PGDR/UFRGS), Osório, RS, Brazil
E-mail: silveiraca2016@gmail.com

[9] PhD in Botany, Professor, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Coordinator, AsSsAN Circle - Reference Circle in Agroecology, Sociobiodiversity, Sovereignty and Food and Nutritional Security, Regional Coordinator of PROFOREXt, São Francisco de Paula, RS, Brazil
E-mail: gabrielacoelhoufrgs@gmail.com

doi:10.18472/SustDeb.v16n2.2025.58048

Received: 30/04/2025
Accepted: 25/11/2025

ARTICLE- DOSSIER

ABSTRACT

Extreme weather events are a consequence of climate change, whose effects have become more frequent and severe, as has been observed in the Porto Alegre Metropolitan Region (PAMR). In this socio-biodiverse area, communal areas, such as settlements resulting from agrarian reform, have been severely affected. Against this backdrop, the aim is to analyse the social action involved in creating a contingency plan for the Filhos de Sepé settlement, taking into account the associated impacts and strategies adopted. The methodology involved fieldwork and the systematic analysis of the participatory contingency planning stages. The settlement demonstrated responsiveness and solidarity with other settlements and territories by implementing strategies such as community kitchens, collective sewing, support brigades, animal rescue, and native seedling production. This historical social organisation, based on popular organisation, enabled the creation of a participatory contingency plan in response to organised civil society, thereby contributing to the socio-environmental resilience of PAMR territories.

Keywords: Floods. Curricularisation of Extension Activities. Participatory Methodologies. Climate Change. Collective Territories.

RESUMO

Eventos climáticos extremos são decorrentes dos efeitos das mudanças climáticas, os quais vêm se tornando frequentes e severos, como aconteceu na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA). Nesse território sociobiodiverso, territórios coletivos, como os assentamentos de reforma agrária, foram drasticamente impactados. Nesse contexto, objetiva-se analisar a ação social no processo de construção do plano de contingência do Assentamento Filhos de Sepé, considerando os impactos e

estratégias adotados. A metodologia consistiu em trabalho de campo com sistematização e análise das etapas de construção participativa do plano de contingência. O assentamento mostrou sua capacidade responsiva e de solidariedade com os demais assentamentos e territórios, implementando estratégias de cozinhas solidárias, costura coletiva, brigadas de apoio, resgate animal e produção de mudas nativas. A organização social histórica, baseada na organização popular, permitiu a construção de um plano de contingência participativo como resposta da sociedade civil organizada, vindo a contribuir para a resiliência socioambiental dos territórios da RMPA.

Palavras-chave: *Enchentes. Curricularização da extensão. Metodologias participativas. Mudanças climáticas. Territórios coletivos.*

1 INTRODUCTION

Extreme weather events are a consequence of climate change, which has become increasingly severe in recent years, resulting in significant and growing impacts on societies, economies, and ecosystems. In the case of Rio Grande do Sul, the last few years have been characterised by a series of events that began in mid-2023 (Castanheira; Padilha, 2024). This sequence began in June 2023 when an extratropical cyclone hit the state, primarily impacting the Porto Alegre Metropolitan Region (PAMR) and areas close to the Serra Gaúcha and North Coast regions (Rückert; Vicente; Gomes, 2024).

In September of that year, the state experienced flooding in the Taquari River Valley, which was considered the greatest natural disaster in its history at the time. Then, in January 2024, severe storms hit PAMR and the Serra Gaúcha region again, resulting in fatalities, fallen trees, roof damage and blocked highways. These events culminated in the floods of May 2024, constituting the largest hydrological catastrophe ever recorded in Brazil in terms of extent.

Magalhães Filho *et al.* (2024) state that this extreme climatic event results from the interaction among three environmental dimensions: meteorological, geomorphological-hydrological, and anthropogenic. The meteorological situation was characterised by a critical combination of climatic factors, including the *El Niño* phenomenon, low-pressure areas, high temperatures, and humidity. These factors blocked cold fronts and concentrated instability over the state, resulting in extreme rainfall.

Moreover, the region's geomorphological and hydrological features, characterised by the confluence of the Jacuí, Taquari, and Caí rivers in areas with steep slopes, favour rapid runoff and mass landslides. As these watercourses approach the metropolitan area and Lake Guaíba, they slow down and overflow into floodplains, exacerbating the severity and duration of flooding (Magalhães Filho *et al.*, 2024).

Ultimately, human intervention turned a natural event into a situation of urban and social vulnerability. The disorderly occupation of floodplains, driven by population growth in the Jacuí Delta region and along the Guaíba River, greatly exacerbated the impact of the floods (Magalhães Filho *et al.*, 2024).

These three dimensions are well known to researchers and public managers, and demonstrate that the event could have been predicted and mitigated through preventive action and adaptation strategies. However, the lack of effective planning and institutions' structural unpreparedness highlight significant shortcomings in public management when it comes to climate emergencies. Magalhães Filho *et al.* (2024, p. 28) emphasise that:

> Historically, the strategy to mitigate these [flood] risks has focused on implementing structural measures, such as dikes and walls. More recently, this has been supplemented by non-structural measures, including warning systems, monitoring and land-use regulation. However, in many cases, these measures either do not exist or are inadequate.

Rizzotto, Costa, and Lobato (2024) build on this analysis, highlighting governmental decisions that have exacerbated Rio Grande do Sul's vulnerability, including the relaxation of environmental regulations for dam construction and insufficient investment in the recovery of Porto Alegre's containment system, which has been compromised since the September 2023 floods. They also point to failure to comply with legislation concerning Permanent Protection Areas and Legal Reserves (Agroforestry Charter & Nature-Based Solutions, 2024). These issues revealed formal institutions' unpreparedness in the face of the region's increasingly frequent and intense extreme weather events.

Government action to address the floods occurred primarily during and after the climatic event, leaving few, if any, preventive measures in place. Emergency measures adopted by the federal and state governments included declaring a state of public calamity to release extraordinary resources, providing financial aid to families, mobilising the Armed Forces to provide logistical support, rescue victims, transport supplies, and distribute drinking water and food (Rizzotto; Costa; Lobato, 2024).

Alongside state action, Tilly (1978) defined that civil society played a central role in addressing the crisis through social mobilisation. Local and collective initiatives, which were often self-managed, responded swiftly to the humanitarian emergency. In several cities, community groups, churches, neighbourhood collectives, and social movements organised networks to donate food, clothing, mattresses and hygiene products, and set up temporary shelters and kitchens with the help of volunteers. These actions were made possible by social organisations' leading role in disaster response, which often act with greater agility and effectiveness than formal government bodies.

Updated data from the Civil Defence (2025) shows that the floods affected around 2.4 million people in Rio Grande do Sul, spanning 478 of the state's 497 municipalities (approximately 96%). There were 184 deaths, 806 injuries, and 25 people missing. During the flooding, around 600,000 people were displaced, with over 70,000 seeking shelter. According to Emater/Ascar (2024), 7,437 agrarian reform plots spanning 226 settlements were impacted in Rio Grande do Sul. These figures reveal the severity of the climatic disaster.

The series of extreme weather events that have hit Rio Grande do Sul since mid-2023 has exposed the state's institutions' vulnerability to disasters and emergencies, as well as the absence of effective public policies to prevent and manage climate risks. Considering the exposed social vulnerability and the actions taken, it is clear that overcoming disasters cannot be limited to government intervention. The various social actors must be valued and integrated into the reconstruction process and the building of climate resilience.

Dowbor *et al.* (2024) argue that including all stakeholders in the recovery process ensures that their needs and concerns are considered, resulting in more legitimate and effective responses. The authors also argue that "interacting and organising makes the community more resilient, increasing its chances of surviving, adapting to, and recovering from a catastrophic event". In this context, the concept of socio-environmental resilience emerges. This refers to the capacity of social and environmental systems to absorb and adapt to shocks, stress and changes while maintaining their structure and function (Berkes; Folke, 1998). Coutinho *et al.* (2020) state that territorial resilience involves water, energy, food, and socio-environmental security, all of which are considered within the Nexus+ approach. Socio-environmental security encompasses the protection and management of risks and threats affecting society and the environment, including safeguarding against extreme weather events that can trigger catastrophes.

Therefore, developing contingency plans to anticipate and mitigate climate risks is essential for building Rio Grande do Sul's socio-environmental resilience (Brazil, 2023). Social participation must be central to this process. Incorporating affected communities is essential to ensure that decisions are based on accurate, localised information and community involvement. Rizzotto, Costa, and Lobato (2024, p. 3) reinforce this idea:

> Emergencies create chaos within the management system, requiring specific contingency plans for each event. At the same time, states and municipalities must develop disaster risk management plans that involve different sectors and members of society. These plans should not only focus on disaster preparedness and response, but also on preventing future risks and mitigating existing ones [...].

In this context, this article aims to analyse the social action involved in creating a contingency plan for extreme weather events in the Filhos de Sepé settlement in Viamão, considering the impacts and strategies adopted to build socio-environmental resilience in the metropolitan area.

In addition to this introduction, the article is organised into five sections. The second section presents the methodology. The third section presents the context of the Filhos de Sepé settlement, along with the diagnosis of the impacts of floods, particularly on this settlement. The fourth section describes how the settlement is organised during floods. The fifth section presents the policies, actions and social mobilisation within the settlement. Finally, this study ends with final considerations.

2 METHODOLOGY

The methodology involved fieldwork, systematisation and analysis of the stages involved in creating a contingency plan for PAMR settlements. This plan was developed by the Brazilian National Training Programme in Technical Assistance and Rural Extension for Agrarian Reform Settlements and Contributions to the 2030 Agenda (In Portuguese, *Programa Nacional de Formação em Assistência Técnica e Extensão Rural para Assentamentos de Reforma Agrária e Contribuições para a Agenda 2030* - ProforExt) at the regional Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). ProforExt is a national programme developed in partnership with 17 higher education institutions, the Ministry of Agrarian Development and Family Agriculture (In Portuguese, Ministério do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar - MDA), the Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra), and rural social movements. The programme aims to promote sustainable development in rural settlements, *quilombola* (a resident of a "*quilombo*" in Brazil) communities and indigenous communities by providing technical training, promoting agroecology, and offering rural assistance. The programme employs young people from settlements as local education agents (LEAs), who are community leaders trained to disseminate knowledge. The programme is also aligned with the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs).

The stages for constructing contingency plans were as follows: a) Diagnosing the impact of floods on PAMR settlements; b) Producing a technical document to guide the construction of a contingency plan for settlements at risk; c) Presenting and discussing the document in the Filhos de Sepé settlement; d) Systematising and producing a contingency plan for the settlement.

Diagnosis was carried out between July and August 2024 using Google Forms. Thirty-two questions were developed and divided into three categories according to the socio-environmental resilience guidelines and security criteria proposed by Coutinho *et al.* (2020). These categories were: a) social security involving water and energy security; b) economic security involving food security; and c) socio-environmental security.

Young LEAs were responsible for coordinating diagnosis with the leaders of their settlements and establishing mobilisation strategies with settled families. Seventy-two responses were obtained from the following settlements: Filhos de Sepé, in the municipality of Viamão; Integração Gaúcha, in the municipality of Eldorado do Sul; Santa Rita de Cássia 2, in the municipality of Nova Santa Rita; Jânio Guedes, in the municipality of São Jerônimo; and 19 de Setembro, in the municipality of Guaíba. Diagnosis presented data from all the responses, as well as specific information from eight respondents from the Filhos de Sepé settlement.

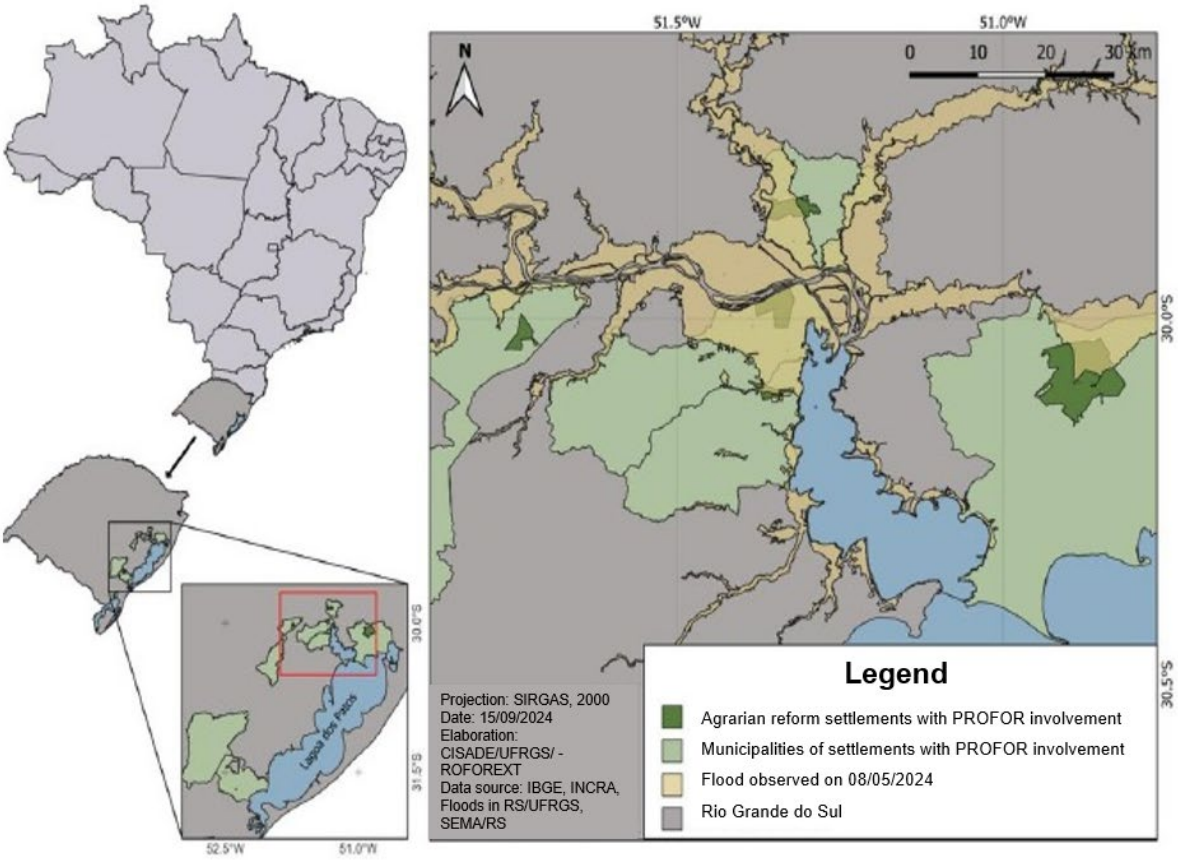


Figure 1 – Location of ProforExt settlements and flood zone resulting from the May 2024 floods in settlements in the Porto Alegre Metropolitan Region

Source: Prepared by Julia Ilha, 2024

The second stage, which took place between October 2024 and March 2025, involved producing a preliminary document that summarised the discussions and proposed actions for contingency plans, and presented a diagnosis. The results of this analysis were presented as part of undergraduate programmes in economics, international relations, and nutrition, the Postgraduate Programme in Rural Development, and an extension course. The interaction between ProforExt and teaching activities integrated the process of incorporating extension into the curriculum in the 2024-2 semester (Coelho-de-Souza *et al.*, 2025). Strengthening this process is one of ProforExt's objectives.

Training in climate emergencies, the SDGs, and metropolitan settlements brought together young LEAs, female farmers, settlement leaders, undergraduate and postgraduate students, professors, and researchers. Based on the diagnosis and proposals for the contingency plan developed within their respective disciplines, they worked through participatory methodologies (see Chart 1). The material was organised, resulting in the preliminary technical document. This document then served as the basis for the third stage, which was carried out in the Filhos de Sepé settlement.

In April 2025, the participatory construction of a contingency plan for the Filhos de Sepé settlement took place at an event aimed at discussing the preliminary technical document and providing feedback on the results to the participating families. This stage was organised by young LEAs and the Women of the Land Group, following the methodology presented in Chart 1. The fourth stage involved systematising event results and producing a contingency plan for the Filhos de Sepé settlement.

The article analysed social action at the various stages of creating a contingency plan for extreme weather events in the Filhos de Sepé settlement. The aim was to characterise the strategies adopted by the settlement and their contribution to building socio-environmental resilience in the metropolitan area.

Chart 1 – Participatory methodologies used in contingency plan construction for the Filhos de Sepé settlement

Events	*Audiences*	*Questions*	
 Training in climate emergencies, SDGs, and settlements in the Porto Alegre metropolitan region	Young local education agents, female farmers and settlement leaders, undergraduate and postgraduate students, professors, and researchers	What were the greatest impacts on the settlements during flooding? What were the greatest challenges for the settlements in the reconstruction process? What measures can be taken before, during, and after a new event?	
 Development of a contingency plan for climate emergencies	Families from the Filhos de Sepé settlement, young local education agents, undergraduate and postgraduate students, and professors	Do the results presented reflect the reality of the Filhos de Sepé settlement? What was missing? Or what does it not reflect? How was the organisation in the Filhos de Sepé settlement? Before? During? After? What measures can be taken in case of a new episode? Before? During? After?	

Source: Prepared by the authors based on events promoted by ProforExt-UFRGS in November 2024 and April 2025

3 FILHOS DE SEPÉ SETTLEMENT CONTEXT, VIAMÃO, RS

The Filhos de Sepé settlement, located in the Águas Claras district of the municipality of Viamão in Rio Grande do Sul, represents a milestone in the state's land struggles and is a concrete example of collective socio-environmental resilience. The settlement was established in 1998 by activists from the Landless Workers' Movement (In Portuguese, *Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra* - MST). It is now home to 376 families from 115 municipalities in Rio Grande do Sul, which gives the community a rich diversity of knowledge, agricultural practices, and organisational experience.

The area, which covers 9,450 hectares and was previously occupied by eucalyptus monocultures (Diel, 2011), underwent a process of occupation and territorial reconstruction. This involved environmental recovery and the implementation of agroecological practices as a strategy of resistance and sustainable production. The transformation of a degraded area into a productive and diverse territory was a collective undertaking by the settled families. Today, they maintain a wide variety of productions, notably the cultivation of agroecological rice on approximately 1,600 hectares annually, as well as vegetables, fruits, dairy cattle and family-run agro-industrial products such as dairy goods, bread, pasta, honey, jams, and sausages (Diel, 2011).

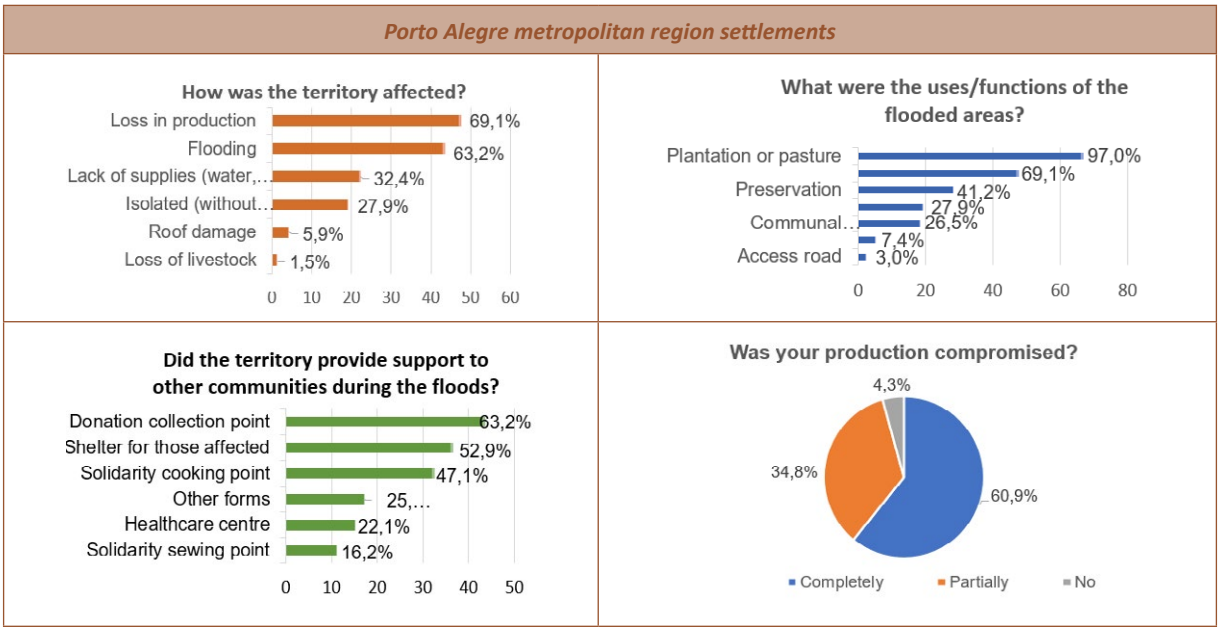
The settlement's history is characterised by experiences of self-management, solidarity and the development of community infrastructure (Bogni, 2020; Preiss, 2017). These factors have strengthened internal ties and improved the community's ability to respond to crises. Having prior experience of situations such as the ongoing processes of organisational and political training promoted by the MST, as well as the current situation with the Covid-19 pandemic, was crucial in developing a solid base of mutual support. This support is fundamental in critical episodes such as the 2024 climate catastrophe.

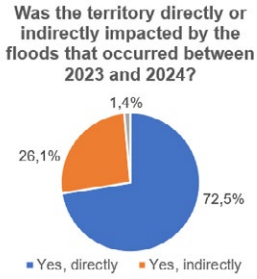
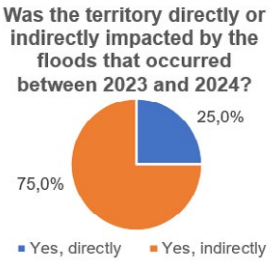
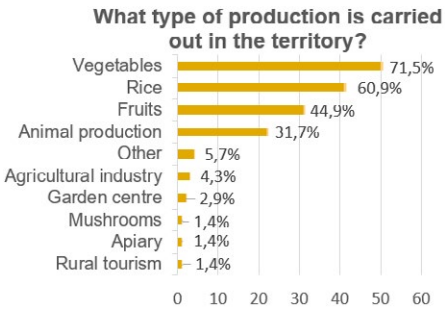
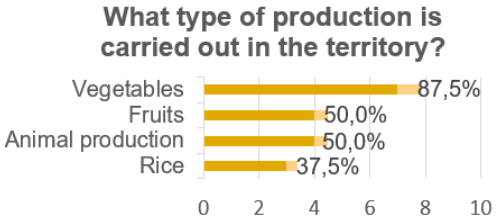
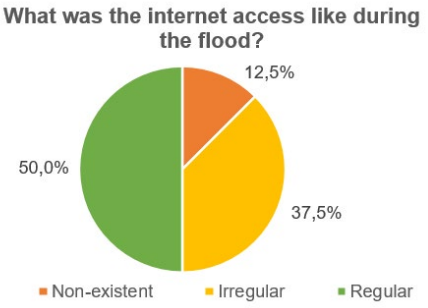
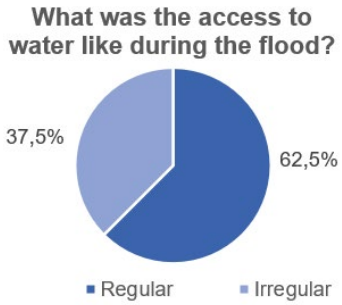
The section below provides an overview of the consequences of flooding in the Filhos de Sepé settlement, as well as the actions taken during and after the floods. It also characterises the settlement's contribution to the territory's socio-environmental resilience.

3.1 DIAGNOSIS OF THE IMPACT OF FLOODING IN SETTLEMENTS

Diagnosis presents the results relating to the settlements participating in ProforExt. Chart 2 shows the details for the Filhos de Sepé settlement. Of the 72 responses from families interviewed, the results demonstrate that 63% were affected by flooding, 92% experienced crop losses, and 69% suffered impacts to their homes.

Chart 2 – Graphical representation of the results of the flood impact assessment carried out in the Filhos de Sepé settlement. Viamão, RS



Porto Alegre metropolitan region settlements	*Filhos de Sepé settlement*
	
	
Filhos de Sepé settlement	
	

Source: Prepared by the authors based on data from the ProforExt Regional UFRGS diagnosis

The flood caused partial losses in agricultural production for 75% of families in the Filhos de Sepé settlement. This suggests that, despite being affected, they were still able to preserve some of their production. Conversely, 25% of respondents reported total losses, suggesting that all families interviewed experienced some impact on their production.

Vegetable production was the type most affected by the settlement, followed by fruit, animal, and milk production, and finally rice production. The fact that vegetables were the most affected crop reveals their high vulnerability to extreme weather events. These crops are generally more sensitive, with a short cycle, low resistance to flooding and natural disasters, and a high dependency on daily management. Vegetable gardens, which are often found in floodplain areas or near homes, were severely damaged by the heavy rainfall. This had a direct impact on the subsistence and income generation of settled families.

Losses in fruit growing and livestock production suggest that activities with longer cycles and more intensive structural investments were also significantly damaged, despite rice production being a traditional flooded area crop. Thus, the data reveal that the floods affected different production systems in different ways.

In terms of basic infrastructure, 37.5% of families in the Filhos de Sepé settlement experienced irregular access to drinking water during the crisis period, highlighting a serious water security problem.

Contamination of water sources and damage to supply structures pose a direct threat to public health, particularly in an emergency. This data relates to the daily lives of people who depend on water for consumption, hygiene, animal care, and maintaining productive activities. Most of these activities are agroecological and require constant irrigation.

Meanwhile, analysis of internet access shows that 50% of families had a regular connection, while the other half experienced difficulties, with 37.5% reporting irregular connections and 12.5% being completely disconnected. Based on the presented data, it can be concluded that the Filhos de Sepé settlement was partially impacted, affecting agricultural production, access to drinking water and internet access. This highlights the several dimensions of vulnerability faced by the settled families. At the same time, the settlement was crucial in supporting other settlements and territories, as will be seen in the following sections.

4 FILHOS DE SEPÉ SETTLEMENT ORGANISATION DURING THE FLOODS

The Filhos de Sepé settlement implemented several key initiatives during the climate crisis, which can be categorised into five main areas: community kitchen; sewing and clothing preparation for donation; animal rescue; support brigades; and native seedling production and planting.

4.1 COMMUNITY KITCHEN

The immediate response to the need for food was organised through the establishment of a community kitchen, which went through three distinct phases of implementation: structuring, collecting food, and distributing meals. The mobilisation of volunteers to contribute to the kitchen work was achieved during the initial structuring phase via WhatsApp groups. The Cooperative of Organic Producers of Agrarian Reform of Viamão (In Portuguese, *Cooperativa dos Produtores Orgânicos de Reforma Agrária de Viamão*) gymnasium was adapted as a central production space. Families provided the equipment and household utensils, including pots, stoves, cookers, gas, and firewood.

The second stage focused on food procurement, starting with the settlement's own resources. Families donated some of their produce, including perishable items such as sweet potatoes, cassava, vegetables, pulses and fruit, as well as non-perishable goods from cooperative stocks, particularly beans and rice. As the situation worsened and continued, external food donations from various supporters supplemented this effort.

The settlement began providing food aid to critical areas such as the settlements in Eldorado do Sul that had been completely flooded. In these extreme cases, Civil Police helicopters were used to carry out the initial distribution, transporting meals to locations where families were stranded. The displaced families were soon organised in more accessible locations so they could receive the donations.

Over time, the distribution system has become more complex. Initially, the meals were intended for displaced families who had settled and for volunteers involved in rescue operations. Vulnerable urban communities, such as families in the Mathias Velho neighbourhood in Canoas, have been included in the solidarity network as it has expanded over time. Unfortunately, the community kitchens in this neighbourhood were flooded. These kitchens were already supported by the Food Acquisition Programme. PAMR settlements made weekly food deliveries to these kitchens, which benefited families facing food insecurity. The youth organisation *Levante Popular da Juventude* played a central role in the logistics of receiving and distributing food to shelters housing displaced families in this area. Monteiro (2025) described that:

> Community kitchens have a broader role than simply producing food. They also provide spaces for sharing and support between volunteers and the community. It is through building these bonds that opportunities for other initiatives are created, such as income generation, education through literacy classes and pre-university courses, and cultural activities. These social processes enable the promotion of human, social and financial dignity and autonomy. Furthermore, they bring urban and rural women workers closer together (including peasant women who produce and supply these organisations with healthy products).

In this case, the logistics of distributing the aid were supported by donations, particularly contributions via *PIX Solidário* — a mechanism for receiving financial resources through *PIX* (a real-time instant payment system developed by the Central Bank of Brazil) transactions — and by the hard work of many women. One of the reported challenges was the lack of involvement from more families, which led to a small number of people being overloaded with work.

In June 2024, as soon as the water levels at the Integração Gaúcha settlement in Eldorado do Sul had receded, a space was cleaned and organised. The settlement had previously depended on donated meals. Once conditions were appropriate, the kitchen was relocated to Eldorado do Sul, which made food production and distribution more logistically efficient. From then on, meal preparation took place in a local kitchen, replacing the production that had previously taken place at the Filhos de Sepé settlement in Viamão.

4.2 INITIATIVES FOR SEWING AND PREPARING CLOTHES FOR DONATION

A support network was set up to complement the efforts of the community kitchens, and this network was based on sewing initiatives. The process began with the collection and sorting of clothing donations, with items in good condition being separated for direct distribution. Damaged or unusable items were transformed into new products, primarily underwear and quilts.

The “Witches’ Workshop” initiative arose from conviviality in community kitchens, where a group of women started making underwear from available fabric offcuts (Canzarolli, 2024). Therefore, alongside the community kitchen, this workshop empowered women to produce items with dignity and support, particularly through sewing for their peers during times of crisis. These efforts fostered the integration of women from both rural and urban areas. At the same time, a textile recycling programme was developed in collaboration with religious groups, transforming unusable clothing into quilts and pet beds.

Developed under adverse conditions, these actions demonstrated the community’s capacity for self-organisation and creativity in transforming limited resources into concrete solutions to immediate problems. The fact that these initiatives were predominantly female-led highlighted women’s central role in building networks of solidarity and care during the climate emergency.

4.3 ANIMAL RESCUE

Excessive rainfall caused flooding in the low-lying areas in the Filhos de Sepé settlement, endangering the livestock. In order to protect the animals from the flood and ensure they had enough to eat, families who lived on higher ground arranged themselves to provide shelter for the cattle and horses. According to reports from participants at the meeting in the settlement, some of these areas were previously considered unsuitable for food production or as pasture because they were dominated by signal grass (*Brachiaria* spp.), an invasive species that cattle do not find very palatable. However, due to food restrictions, the animals started eating this grass, which helped to naturally control the invasive species.

In Eldorado do Sul's other settlements, rescuing horses, cattle, and companion animals also required human intervention, involving the use of individual boats or those organised by Civil Defence and other environmental agencies. Despite rescue efforts, significant numbers of animals were lost in all settlements due to flooding, as well as difficulties in sheltering them and providing them with veterinary care. While some animals were relocated to higher ground, many were lost due to limited space, food and adequate veterinary resources.

The initiatives in these settlements included creating publicity pages for rescues, restructuring the animals' diets upon their return and caring for those that returned ill. Many animals fell ill due to prolonged contact with contaminated floodwater and excessive humidity. To aid their recovery, natural remedies such as homoeopathy were employed alongside specific diets.

4.4 SUPPORT BRIGADES FOR OTHER AFFECTED SETTLEMENTS

Within the MST's organisational structure, a "brigade" is a group responsible for specific actions in areas such as health, education, youth agitation, propaganda, and security. This organisational structure was mobilised during the response to the climate catastrophe to create emergency brigades composed of families who had set up camps in various regions of southern Brazil. These brigades began acting directly in territories affected by floods, initially carrying out cleaning activities, providing health support and organising food supplies, once the waters had receded.

Subsequently, brigades were formed to restore productive areas through activities such as planting trees, recovering soil, resuming crop production and restructuring productive spaces such as greenhouses and garden beds. In Eldorado do Sul, these efforts were backed by institutional partnerships, including the special agronomy course offered by the Brazilian National Programme for Education in Agrarian Reform (In Portuguese, *Agronomia do Programa Nacional de Educação na Reforma Agrária*) at the Universidade Federal da Fronteira Sul, Pontão campus.

During this time, the Filhos de Sepé community stood out as active collaborators in the brigades, sending members to support the settlements hit hardest by the disaster. The Filhos de Sepé families contributed to clean-up brigades and reorganisation of productive areas, as well as to care and health promotion activities, providing psychological support, and distributing food and medicine. Such initiatives foster solidarity within agrarian reform communities and emphasise the pivotal role of collective organisation in coping with, caring for, and rebuilding following extreme events.

4.5 NATIVE SPECIES SEEDLING PRODUCTION AND PLANTING

The Women of the Land Centre is a women-led initiative from the Filhos de Sepé settlement. It was created to promote the recovery of degraded areas and strengthen environmental conservation practices. In the context of addressing the impacts of climate change, the initiative involves producing seedlings of native and endangered species. This contributes to the conservation of biodiversity and the restoration of ecosystems.

The main activities carried out include seed collection, seedling production and planting in degraded areas, both within and outside the settlement. The project prioritises endangered species in order to restore ecosystems and form ecological corridors. Women manage the entire process, thereby reinforcing their leading role in sustainability practices.

In addition to increasing the amount of vegetation and improving the condition of ecosystems, such as soil conservation, water resources and air quality, the Women of the Land Centre is a strategy for

strengthening the community and generating income. This reaffirms the importance of collective organisation in building more resilient territories.

Thus, the settlement's resilience in the face of floods was no accident, but rather a trajectory that has been built from the outset on the principles of solidarity, sustainability, and popular organisation.

5 COPING STRATEGIES: MEASURES FOR THE CONTINGENCY PLAN IN THE FILHOS DE SEPÉ SETTLEMENT, VIAMÃO

Rizzotto, Costa, and Lobato (2024) pointed out that the floods that devastated Rio Grande do Sul in 2024 forcefully demonstrated the need to develop comprehensive and well-structured contingency plans. They must operate at different scales simultaneously, taking into account the particularities of each territory and community at both the state and local levels. In this context, the ProforExt project is an important initiative for the participatory development of these plans in the territories. It brings together a variety of stakeholders: LEAs, interns, professors, and UFRGS undergraduate and postgraduate students, as well as leaders and families from the settlements. Integrating academic knowledge with local expertise was fundamental to formulating proposals that adequately addressed the community's specific needs. Below are the proposals resulting from this process of dialogue and collaboration.

While the strategies for the Filhos de Sepé settlement are already at an advanced stage of consolidation, plans for other settlements in the region are still being developed.

5.1 GENERAL PROPOSALS FOR ADDRESSING CLIMATE EMERGENCIES

5.1.1 PREVENTION PHASE (BEFORE THE EXTREME WEATHER EVENT)

The preventative approach is long-term and based on three main pillars. The first pillar concerns territorial and environmental planning. This includes conducting a meticulous topographic survey to identify vulnerable areas and define safe escape routes. In addition, a continuous community environmental education programme is proposed, focusing specifically on preventing and responding to climate disasters. This programme aims to empower residents to take action from the identification of risks to post-emergency actions. Ongoing environmental education is key to building long-term resilience. This includes training programmes specifically designed for children and young people, which address sustainable practices and climate risk management. These programmes are complemented by periodic events that maintain the visibility of the topic within the community and enable the contingency plan to be updated regularly.

The second pillar involves the development of preventive infrastructure. Specific actions include implementing natural barriers made from riparian vegetation and physical barriers to mitigate the effects of flash floods. A fundamental strategy for preserving heirloom varieties and the community's genetic and cultural heritage is the construction of seed banks in elevated and protected locations. Elevated structures such as stilt houses and mezzanines are intended for the safe storage of food, animal feed, and essential equipment, complementing these actions.

The third preventive component relates to alert systems. The proposal emphasises the need for effective and accessible mechanisms, including systems that are independent of an internet connection. These systems could include community radios and would ensure that alerts reach the entire population, even in situations where conventional communications have failed. This demand is especially directed at competent public bodies.

5.1.2 RESPONSE PHASE (DURING THE CLIMATE EMERGENCY)

When a climate emergency occurs, action protocols must be activated immediately. Community kitchens that have been set up in advance should be operational quickly, alongside the distribution of emergency kits containing non-perishable food, clothing, and basic medicines. Escape routes mapped during the preventive phase are crucial for the safe evacuation of people, animals, and agricultural machinery.

The previously trained local brigades now play a central role in rescue operations and the complex logistics of distributing donations. Protecting production systems during the emergency requires strategic decision-making, with the highest priority given to safeguarding human and animal life. To this end, shelter locations for people and animals that have been identified in advance are essential, as are strategic stocks of easily prepared foods such as dehydrated soups and pre-cooked grains that can be quickly mobilised.

5.1.3 RECOVERY PHASE (POST-EMERGENCY)

Now that the most acute phase of the crisis is over, clean-up, reconstruction and recovery efforts can begin. Organised community efforts to clean and repair damaged infrastructure, such as bridges, roads, housing and productive spaces, are a practical solution and an important way of strengthening community ties. At the same time, political mobilisation for public reparations policies is essential, particularly with regard to agricultural credit lines with reduced interest rates and accessible climate insurance, as these can mitigate family farmers' economic losses.

Effective reconstruction efforts require intersectoral coordination between different levels of government (federal, state and municipal) and community organisations. In the agricultural sector, post-disaster agroecological recovery should include analysing and restoring soils, agrobiodiversity and production systems, and providing ongoing technical assistance to help farmers adapt to new climatic patterns.

5.2 PUBLIC POLICIES, SUPPORT DURING THE RECOVERY PHASE, AND SOCIAL ACTION

A state of public calamity was declared in 78 municipalities in May 2024, and a state of emergency was declared in 340. This decision was made based on the affected areas, damages incurred, and the intensity of the disaster, according to the Brazilian Classification and Coding of Disasters (Civil Defence, 2021). The municipality of Viamão has been classified as being in a state of emergency. This situation was identified at the settlement meeting as an obstacle to accessing public policies and calls for proposals involving mixed initiatives with the third sector (Fundação Grupo Boticário, 2025).

Municipalities that have been declared to be in a state of public calamity have greater access to financial resources and specific benefits, such as the FGTS Calamity Withdrawal. They also receive priority access to humanitarian aid and infrastructure reconstruction compared to municipalities that have been declared to be in a state of emergency. While both can receive government support and access support policies, classification as a state of public calamity influences access priority (Rio Grande do Sul, 2024b).

According to official documents on the impact of floods on rural families (Emater/Ascar, 2024), 206,000 rural properties were affected, including 7,437 plots distributed across 226 settlements. However, no detailed information was provided on the settlements affected. Meanwhile, the municipality of Viamão reported that Itapuã was the area worst affected, making no mention of Águas Claras, home to the Filhos

de Sepé settlement (GZH, 2024). The municipality received 71 reconstruction grants, each worth R$ 5,100.00 (*reais* is Brazil's currency) (Viamão, 2025), but none were allocated to families in the settlement.

Chart 3 presents the main actions of the settlement's contingency plan. Despite the impact on productive areas and the loss of livestock, particularly in lower-lying areas, and the absence of a pre-defined structure and organisation for responding to climate disasters, the MST's organic nature, and experience accumulated through solidarity actions, such as those during the pandemic and in the struggle for land, were fundamental to the swift and effective response to the catastrophe. Dowbor *et al.* (2024) mentioned that the participatory construction of a contingency plan strengthened collective spaces for sharing experiences, enabling families to process their losses and pain. This strengthened collective experiences, thus enabling involvement and coordination with actions that have the potential to be more legitimate and effective.

Chart 3 – Specific areas of action in the contingency plan for the Filhos de Sepé settlement

Specific areas of action in the contingency plan for the Filhos de Sepé settlement
Agriculture: Key aspects of the preventative phase include constructing natural barriers and strategically storing seeds in elevated locations. Once they have emerged, the focus shifts to protecting agricultural equipment in safe areas. During the post-emergence period, the priority should be to replant with species that are better adapted to extreme weather conditions, thereby ensuring greater future resilience.
Production structures: Preventative measures include raising electrical installations and machinery, and constructing warehouses with elevated mezzanines and/or stilt-house models. Following an emergency, it is essential to undertake community clean-up and structural repair efforts to enable rapid restructuring.
Animal protection: Prior preparation involves identifying elevated pastures and building up feed reserves. In an emergency, temporarily relocating animals to higher pastures is a practical solution. Later on, access to veterinary services and herd replacement programmes becomes a priority.
Access to credit and insurance: Prior legal advice when setting up agricultural, residential and equipment insurance contracts is an essential preventative measure. After disasters, actively seeking specific credit lines for reconstruction can significantly aid the recovery of family-run production units.
Guaranteeing basic security: Throughout all phases, it is essential to ensure the population's continuous access to basic elements of survival and communication. This includes alternative drinking water supply systems (e.g., wells and protected cisterns), strategic community stockpiles of food and clothing, and solutions for maintaining energy and communication, such as electric generators and community radios, especially important in situations of interruption of conventional services.

Source: ProforExt-UFRGS Project data, 2025

The plan was developed based on the community's lived experience of the settlement, and was firmly rooted in traditional knowledge and community organisation. Key challenges included the process of internalisation within a large-population settlement, while its strengths lay in its organic organisation and articulation across different sectors. Furthermore, the need for technical support and public resources became evident, highlighting the need for technicians with diverse expertise in the planning and monitoring stages of the plan. Technical assistance is required during the response period to ensure that actions are carried out in accordance with the plan's guidelines, particularly regarding the construction of shelters for farm animals. This is one area where losses could have been minimised. Support is needed during the recovery period to help resume agricultural processes.

Therefore, contingency plans for collective territories must be integrated into a state plan involving municipal, state, and federal authorities. This plan must coherently coordinate actions in Civil Defence, social assistance, health and agriculture, and support and strengthen the plans for these territories. A key lesson from developing the settlement plan is that resilience requires constant preparation, adequate infrastructure, access to resources, and the capacity to respond to disasters.

From a regional perspective, the settlement was able to create a support network for its own families and assist those in other settlements that were more severely affected, such as the Integração Gaúcha settlement in Eldorado do Sul, which was completely flooded. The settlement also provided meals for families in urban areas displaced by climate change. Hence, the settlement emerged as a driving force in responding to the extreme weather event. Despite its own challenges, its ability to contribute to the safeguarding and rebuilding of other territories underscores the pivotal role of Filhos de Sepé in the solidarity network between settlements and other regions, emphasising its contribution to PAMR's socio-environmental resilience.

Furthermore, the PAMR settlement's socio-environmental resilience lies in promoting water, energy and food security through ecosystem services. Coelho-de-Souza *et al.* (2024) express that interrelationships between urban and rural areas characterised by the conservation of native ecosystems have the capacity to unite regions, thereby strengthening resilience in the face of climate emergencies.

6 FINAL CONSIDERATIONS

The floods that affected Rio Grande do Sul in 2024 put the resilience of its settlements to the test, revealing their collective strength as well as the vulnerabilities caused by the lack of effective public policies. In the Filhos de Sepé settlement, decades of social organisation translated into concrete acts of solidarity in response to the catastrophe, as evidenced by the community kitchens, sewing workshops, garden centre and engagement in building a contingency plan. These initiatives are the result of years of social mobilisation that have enabled the development of a collective vision for caring for the territory.

At the same time, this extreme weather event highlighted that, without institutional support, even collective territories are subject to structural limitations. This means the state must recognise the strategic role of family farming in building resilient territories, guarantee access to credit and agricultural insurance, and establish permanent mechanisms for popular participation in creating and implementing contingency plans for these territories. Therefore, participatory contingency planning is an essential strategy for civil society when it comes to addressing climate disasters.

Building socio-environmental resilience in territories requires the integration of all sectors through intersectoral and participatory processes. In this context, organised social movements, such as the Filhos de Sepé settlement, have demonstrated an exceptional capacity to bolster the resilience of their own territory and that of other settlements, as well as that of PAMR.

The results of the actions taken under the contingency plan, such as crop losses, animal suffering, the need to safeguard seeds, and the construction of natural barriers, highlight the need to address the impact of predominantly rural flooding. However, their contribution to PAMR's resilience lies in the complementarity between rural and urban areas. These territories are based on a process of social mobilisation that strengthens a collective identity and produces ecosystem services that maintain socio-environmental resilience. They demonstrate a particular ability to adapt to and mitigate the effects of extreme weather events in PAMR.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to express our sincere gratitude to the Women of the Land Group, the settled farmers who contributed valuable information by completing the diagnostic questionnaires and participating in the in-person meetings despite their daily struggles. We would also like to thank international relations, economics, and nutrition undergraduate students, as well as Rural Development Postgraduate Programme postgraduate students at UFRGS, for their participation in the process. We

would like to thank the MDA, INCRA, and Universidade Federal de Goiás for their support of ProforExt, and Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (In Portuguese, *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior*) for supporting the first author with a postdoctoral fellowship through the Institutional Postdoctoral Programme, and the second author with a master's scholarship through the Social Demand Programme.

STATEMENT ON THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

The authors exclusively used ChatGPT (GPT-5, OpenAI) and Deepseek (V3.2-Exp, Hangzhou Deepseek Artificial Intelligence Basic Technology Research Co., Ltd.) for linguistic editing and stylistic enhancement. The authors developed and verified all scientific content, analysis and intellectual contribution, and take full responsibility for the accuracy and integrity of the manuscript.

REFERENCES

BERKES, F.; FOLKE, C. (Eds.). **Linking Social and Ecological Systems**: management practices and social mechanisms for building resilience. Cambridge University Press, 1998.

BOGNI, A. **Caminhos que emergem das águas**: trajetórias sociais e produtivas do assentamento Filhos de Sepé-RS. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020. Available from: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/268403. Accessed on: Oct. 03 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. Departamento de Emergências em Saúde Pública. **Guia para elaboração de planos de contingência**. Brasília: Ministério da Saúde, 2023.

CANZAROLLI, R. **Costurando solidariedade**: 'Aquelas máquinas ali, na costura solidária na garagem, me fizeram sentir, refletir, chorar, sorrir, esperançar...'. Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra - MST. Available from: https://mst.org.br/2024/06/17/costurando-solidariedade/. Accessed on: Apr. 13 2025.

CARTA das Agroflorestas & Soluções Baseadas na Natureza. 2024. Available from: https://www.ufrgs.br/cisade/wp-content/uploads/2024/06/Carta-das-Agroflorestas-e-Solucoes-Baseadas-na-Natureza.pdf. Accessed on: Apr. 13 2025.

CASTANHEIRA, N. P.; PADILHA, R. Culpa, responsabilidade e mudanças climáticas: o caso das enchentes no Rio Grande do Sul. **Revista Opinião Filosófica**, v. 15, n. 2, e1219, p. 1-21, Jul.-Aug. 2024.

COELHO-DE-SOUZA, G. *et al.* Aprendizados sobre sociobiocotidiano e juventude de assentamentos atravessados pela emergência climática: diálogo entre movimento da juventude e de gênero, agroecologia e curricularização da extensão. In: SILVA, A. C. de L. *et al.* **ProforExt**: Programa Nacional de Formação em ATER para Assentamentos de Reforma Agrária e Contribuições para a Agenda 2030. Goiânia, GO: Cegraf UFG, 2025. Available from: https://portaldelivros.ufg.br/index.php/cegrafufg/catalog/book/788. Accessed on: Jun. 25 2025.

COELHO-DE-SOUZA, G. *et al.* Restauração ecológica para o SocioBioCotidiano: Nexus + no contexto da catástrofe climática no território do PAN Lagoas do Sul. **Sustainability in Debate**, v. 15, n. 2, nov. 2024. p. 204-242. Available from: https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/view/54267. Accessed in: Apr. 2025.

COUTINHO, S. M. *et al.* The Nexus+ Approach applied to studies of impacts, vulnerability and adaptation to climate change in Brazil. **Sustainability in Debate**, v. 11, n. 3, p. 40-56, dez. 2020. Available from: https://doi.org/10.18472/SustDeb.v11n3.2020.33514. Accessed in: Apr. 2025.

DEFESA CIVIL atualiza balanço das enchentes no RS - 24/4. Rio Grande do Sul, 25 abr. 2025. Available from: https://www.estado.rs.gov.br/defesa-civil-atualiza-balanco-das-enchentes-no-rs-24-. Accessed on: Apr. 25 2025.

DEFESA CIVIL. Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade). 2021. Available from: https://www.defesacivil.rs.gov.br/upload/arquivos/202105/04095316-cobrade-classificacao-e-codificacao-brasileira-de-desastres.pdf. Accessed on: Oct. 03 2025.

DIEL, A. **Assentamento Filhos de Sepé**: construção social da agroecologia no MST. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Available from: https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/268403/001193087.pdf?isAllowed=y&sequence=1. Accessed on: Apr. 29 2025.

DOWBOR, M.; RESENDE, R. C.; MACHADO, F. V.; SALMI, F. Catástrofes político-climáticas e a (não) participação social: o caso das enchentes no Rio Grande do Sul. **Redes**, v. 29, n. 1, Dec. 3 2024.

EMATER/ASCAR-RS. **Impactos das chuvas e cheias extremas no Rio Grande do Sul em maio de 2024**. 2024. Available from: https://estado.rs.gov.br/upload/arquivos/202406/relatorio-sisperdas-evento-enchentes-em-maio-2024.pdf. Accessed in: Mar. 2025.

FUNDAÇÃO Grupo Boticário. **Projeto teia de Soluções**. 2025. Available from: https://chamada.teiadesolucoes.com.br/. Accessed on: Apr. 13 2025.

GZH. **Moradores de Itapuã, em Viamão, sofrem com cheia do Guaíba; 43 pessoas estão abrigadas em escola**. 2024. Available from: https://gauchazh.clicrbs.com.br/porto-alegre/noticia/2024/05/moradores-de-itapua-em-viamao-sofrem-com-cheia-do-guaiba-43-pessoas-estao-abrigadas-em-escola-clw80v7f000960148pm06d1jw.html. Accessed in: Mar. 2025.

MAGALHÃES FILHO, F. J. C.; MENDES, A. T.; DOS SANTOS, G. R.; BENETTI, A. D.; DORNELLES, F. Enchentes e inundações no Rio Grande do Sul em 2024: impactos e desafios para a gestão integrada de políticas públicas no saneamento básico. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**. Rio de Janeiro: Ipea, n. 33, p. 23-32, dez. 2024. Available from: https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/af4e321f-ad7b-4ec0-9fd9-79b6afb2917b/content. Accessed on: Oct. 03 2025.

MONTEIRO, L. G. **Cozinhas Solidárias**: exemplo de resistência frente ao fracasso do neoliberalismo. Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra - MST. Available from: https://mst.org.br/2025/02/17/cozinhas-solidarias-exemplo-de-resistencia-frente-ao-fracasso-do-neoliberalismo/. Accessed in: Apr. 2025.

PREISS, P. V. **As alianças alimentares colaborativas em uma perspectiva internacional**: afetos, conhecimento incorporado e ativismo político. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017. Available from: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/178604. Accessed on: Oct. 03 2025.

RIO GRANDE DO SUL. Decreto nº 57.626, de 21 de maio de 2024. 2024a. Reitera o estado de calamidade pública no território do Estado do Rio Grande do Sul afetado pelos eventos climáticos de chuvas intensas. **Diário Oficial do Estado**. Available from: https://diariooficial.rs.gov.br/materia?id=1000161. Accessed on: Apr. 12 2025.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 16.134, de 24 de maio de 2024**. 2024b. Institui o Plano Rio Grande, Programa de Reconstrução, Adaptação e Resiliência Climática do Estado do Rio Grande do Sul. Available from: https://leisestaduais.com.br/rs/lei-ordinaria-n-16134-2024-rio-grande-do-sul-institui-o-plano-rio-grande-programa-de-reconstrucao-adaptacao-e-resiliencia-climatica-do-estado-do-rio-grande-do-sul-cria-o-fundo-do-plano-rio-grande-funrigs-e-da-outras-providencias. Accessed on: Mar. 13 2025.

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**, Rio de Janeiro, v. 48, n. 141, ed. 141, abr.-jun., 2024. Available from: https://www.saudeemdebate.org.br/sed/article/view/9837. Accessed on: Oct. 03 2025.

RÜCKERT, A. A.; VICENTE, F. J.; GOMES, L. F. R. The 2024 Climate Tragedy in Rio Grande do Sul, Brazil. Notes on a foreseen catastrophe. **Geografares**, n. 39, 2024. Available from: http://journals.openedition.org/geografares/16717. Accessed on: Apr. 13 2025.

TILLY, C. **From Mobilization to Revolution**. Reading, MA: Addison-Wesley, 1978.

VIAMÃO. **Famílias que receberam auxílio reconstrução em Viamão**. Available from: https://www.viamao.rs.gov.br/portal/noticias/0/3/9055/familias-que-receberam-auxilio-reconstrucao-em-viamao. Accessed on: Mar. 10 2025.

Ação social no enfrentamento à catástrofe climática de maio de 2024 na Região Metropolitana de Porto Alegre: construção do plano de contingência do Assentamento Filhos de Sepé para a resiliência socioambiental

Social action to address the climate catastrophe of May 2024 in the Porto Alegre Metropolitan Region: developing a contingency plan to build socio-environmental resilience at the Filhos de Sepé settlement

Camila Traesel Schreiner [1]

Alice Audibert [2]

Elisangela Telockenn [3]

Jaime Roque Monteiro Carvalho [4]

Isabel Cristina Monjelo Ribeiro Dalenogare [5]

Janine de Almeida Engelmann [6]

Letícia Rodrigues Nunes [7]

Carolina Silveira Costa [8]

Gabriela Coelho-de-Souza [9]

[1] Doutorado em Desenvolvimento Rural, Pós-doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Pesquisadora, Núcleo de Estudos em Desenvolvimento Rural Sustentável e Mata Atlântica (Desma), Porto Alegre, RS, Brasil
E-mail: camilatraesel@gmail.com

[2] Licenciatura em Geografia, Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PGDR/UFRGS), bolsista do PROFOREXt/UFRGS, Assentamento Integração Gaúcha, Eldorado do Sul, RS, Brasil
E-mail: aliceaudibert1999@gmail.com

[3] Técnico em Cooperativismo, Bolsista PROFOREXt/UFRGS - Agente Local de Formação, Assentamento Filhos de Sepé, Grupo Mulheres da Terra, Viamão, RS, Brasil
E-mail: elisangelatelockrnn@gmail.com

[4] Medicina Veterinária, Bolsista PROFOREXt/UFRGS - Assentamento 19 de Setembro, Guaíba, RS, Brasil
E-mail: jaime.r.medvet@gmail.com

[5] Técnico em Contabilidade, Grupo Mulheres da Terra, Assentamento Filhos de Sepé, Viamão, RS, Brasil
E-mail: isabelcristinamonjeloribeiroda@gmail.com

[6] Técnico em Recursos Humanos, Bolsista PROFOREXt/UFRGS - Agente Local de Formação, Assentamento Integração Gaúcha, Eldorado do Sul, RS, Brasil
E-mail: janineengelmannrh@gmail.com

[7] Graduanda, Relações Internacionais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) Porto Alegre, RS, Brasil
E-mail: leticiarrnunes@gmail.com

[8] Mestrado em Desenvolvimento Rural, Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PGDR/UFRGS), Osório, RS, Brasil
E-mail: silveiraca2016@gmail.com

[9] Doutorado em Botânica, Docente, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Coordenadora do AsSsAN Círculo - Círculo de Referência em Agroecologia, Sociobiodiversidade, Soberania e Segurança Alimentar e Nutricional, Coordenadora Regional do PROFOREXt, São Francisco de Paula, RS, Brasil
E-mail: gabrielacoelhoufrgs@gmail.com

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.58048

Received: 30/04/2025
Accepted: 25/11/2025

ARTICLE- DOSSIER

RESUMO

Eventos climáticos extremos são decorrentes dos efeitos das mudanças climáticas, os quais vêm se tornando frequentes e severos, como aconteceu na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA). Nesse território sociobiodiverso, territórios coletivos, como os assentamentos de reforma agrária, foram drasticamente impactados. Nesse contexto, objetiva-se analisar a ação social no processo de construção do plano de contingência do Assentamento Filhos de Sepé, considerando os impactos e estratégias adotados. A metodologia consistiu em trabalho de campo com sistematização e análise das etapas de construção participativa do plano de contingência. O assentamento mostrou sua capacidade responsiva e de solidariedade com os demais assentamentos e territórios, implementando estratégias de cozinhas solidárias, costura coletiva, brigadas de apoio, resgate animal e produção de mudas nativas. A organização social histórica, baseada na organização popular, permitiu a construção de um plano de contingência participativo como resposta da sociedade civil organizada, vindo a contribuir para a resiliência socioambiental dos territórios da RMPA.

Palavras-chave: Enchentes. Curricularização da extensão. Metodologias participativas. Mudanças climáticas. Territórios coletivos.

ABSTRACT

Extreme weather events are a consequence of climate change, whose effects have become more frequent and severe, as has been observed in the Porto Alegre Metropolitan Region (PAMR). In this socio-biodiverse area, communal areas, such as settlements resulting from agrarian reform, have been severely affected. Against this backdrop, the aim is to analyse the social action involved in creating a contingency plan for the Filhos de Sepé settlement, taking into account the associated impacts and strategies adopted. The methodology involved fieldwork and the systematic analysis of the participatory contingency planning stages. The settlement demonstrated responsiveness and solidarity with other settlements and territories by implementing strategies such as community kitchens, collective sewing, support brigades, animal rescue, and native seedling production. This historical social organisation, based on popular organisation, enabled the creation of a participatory contingency plan in response to organised civil society, thereby contributing to the socio-environmental resilience of PAMR territories.

Keywords: *Floods. Curricularisation of Extension Activities. Participatory Methodologies. Climate Change. Collective Territories.*

1 INTRODUÇÃO

Eventos climáticos extremos são decorrentes das mudanças climáticas, os quais têm se tornado cada vez mais severos, resultando em impactos significativos e crescentes sobre as sociedades, economias e ecossistemas. No caso do Rio Grande do Sul, os últimos anos foram marcados por uma sucessão iniciada em meados de 2023 (Castanheira; Padilha, 2024), mais precisamente em junho de 2023, quando um ciclone extratropical atingiu o estado, afetando principalmente a Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) e áreas próximas à Serra Gaúcha e ao Litoral Norte (Rückert; Vicente; Gomes, 2024).

Em setembro do mesmo ano, o estado enfrentou enchentes no Vale do Rio Taquari, consideradas até então o maior desastre natural de sua história. Posteriormente, em janeiro de 2024, a RMPA e a Serra Gaúcha voltaram a ser impactadas por fortes temporais, que resultaram em vítimas fatais, quedas de árvores, destelhamentos e bloqueio de rodovias. Todos esses eventos culminaram nas enchentes de maio de 2024, configurando, assim, a maior catástrofe hidrológica em extensão já registrada no Brasil.

Segundo Magalhães Filho *et al.* (2024), esse evento climático extremo pode ser compreendido a partir da interação de três dimensões ambientais: meteorológica, geomorfológica-hidrológica e antrópica. A dimensão meteorológica foi marcada por uma combinação crítica de fatores climáticos, como o fenômeno *El Niño*, zonas de baixa pressão atmosférica e a presença de calor e umidade, que atuaram no bloqueio de frentes frias e na concentração de instabilidades sobre o estado, resultando em volumes extremos de chuva.

Associado a isso, a dimensão geomorfológica e hidrológica da região, caracterizada pela confluência dos rios Jacuí, Taquari e Caí em áreas com alta declividade, favoreceu o rápido escoamento e a ocorrência de deslizamentos de massa. À medida que esses cursos de água se aproximam da região metropolitana e do lago Guaíba, perdem velocidade e extravasam para planícies inundáveis, ampliando a magnitude e a duração das cheias (Magalhães Filho *et al.*, 2024).

Por fim, a dimensão antrópica foi a que transformou um evento natural em um cenário de vulnerabilidade urbana e social: a ocupação desordenada das planícies de inundação, impulsionada pelo crescimento populacional na região do Delta do Jacuí e entorno do Guaíba, ampliou significativamente os impactos das enchentes (Magalhães Filho *et al.*, 2024).

As características dessas três dimensões, amplamente conhecidas por pesquisadores e gestores públicos, evidenciam que o evento poderia ter sido previsto e mitigado por meio de ações preventivas e estratégias de adaptação. No entanto, a ausência de planejamento eficaz e o despreparo estrutural

das instituições revelam falhas graves na gestão pública diante de emergências climáticas. Magalhães Filho *et al.* (2024, p. 28) destacam que:

> Historicamente, a estratégia para mitigar esses riscos [de enchentes] focou a implementação de medidas estruturais, como diques e muros, complementadas mais recentemente por medidas não estruturais, incluindo sistemas de alerta, monitoramento e regulamentação do uso do solo – em muitos casos, não existentes de fato ou não totalmente adequados, ou seja, insuficientes.

Rizzotto, Costa e Lobato (2024) complementam essa análise ao apontar decisões governamentais que agravaram a vulnerabilidade do território gaúcho, como a flexibilização de normas ambientais para a construção de barragens e falta de investimentos na recuperação do sistema de contenção de Porto Alegre, já comprometido desde as enchentes de setembro de 2023, além da ausência do cumprimento da legislação voltada às Áreas de Proteção Permanente e Reserva Legal (Carta das Agroflorestas & Soluções Baseadas na Natureza, 2024). Tais questões revelaram o despreparo das instituições formais ante a crescente frequência e intensidade dos eventos climáticos extremos na região.

As ações dos governos no enfrentamento das enchentes ocorreram, essencialmente, durante e após o evento climático, isto é, havendo pouca ou nenhuma iniciativa de caráter preventivo. Os governos federal e estadual adotaram medidas emergenciais como o reconhecimento do estado de calamidade pública para a liberalização de recursos extraordinários, repasses financeiros às famílias, mobilização das Forças Armadas para apoio logístico, resgate de vítimas e transporte de suprimentos, além da distribuição de água potável e alimentos (Rizzotto; Costa; Lobato, 2024).

Paralelamente às ações estatais, a sociedade civil, por meio da mobilização social, cujo conceito é apresentado por Tilly (1978), desempenhou um papel central no enfrentamento da crise. Iniciativas locais e coletivas, muitas vezes autogeridas, responderam com agilidade à urgência humanitária. Em diversas cidades do estado, grupos comunitários, igrejas, coletivos de bairro e movimentos sociais articularam redes de doação de alimentos, roupas, colchões e produtos de higiene, além de estruturarem abrigos e cozinhas provisórias com apoio voluntário. Essas ações se deram pelo protagonismo das organizações sociais na resposta a catástrofes, atuando, em muitos casos, com maior agilidade e eficácia do que as instâncias governamentais formais.

Dados atualizados da Defesa Civil (2025) mostram que as enchentes atingiram aproximadamente 2,4 milhões de pessoas no Rio Grande do Sul, em 478 dos 497 municípios que foram atingidos no estado (aproximadamente 96%). Foram registradas 184 mortes, 806 feridos e 25 pessoas desaparecidas. Durante o período das enchentes, cerca de 600 mil pessoas ficaram desalojadas e mais de 70 mil foram para abrigos. De acordo com a Emater/Ascar (2024), 7.437 lotes da reforma agrária distribuídos em 226 assentamentos foram afetados no Rio Grande do Sul. Os altos números apresentados revelam a gravidade que foi o desastre climático.

É evidente que essa série de eventos climáticos extremos no Rio Grande do Sul, desde meados de 2023, revela a fragilidade das instituições estatais diante de situações de desastres e emergências, bem como a ausência de políticas públicas eficazes voltadas à prevenção e à gestão de riscos climáticos. Nesse sentido, considerando o cenário de vulnerabilidade social exposto e a forma como as ações foram tomadas, fica claro que a superação dos desastres não pode se restringir à atuação governamental. É necessário valorizar e integrar os diversos atores sociais no processo de reconstrução e na construção da resiliência climática.

Segundo Dowbor *et al.* (2024), ao incluir todas as partes interessadas no processo de recuperação, garante-se que suas necessidades e preocupações sejam consideradas, tornando as respostas legítimas e mais eficazes. Os autores acrescentam ainda que, "ao interagir e se organizar, a comunidade se torna mais resiliente, aumentando suas chances de sobreviver, se adaptar e se recuperar de um evento catastrófico". Nesse contexto, desponta o conceito de "resiliência socioambiental", que se refere à

capacidade de sistemas sociais e ambientais de absorver e se adaptar a choques, estresse e mudanças, mantendo sua estrutura e função (Berkes; Folke, 1998).

De acordo com Coutinho *et al.* (2020), a resiliência dos territórios envolve as seguranças hídrica, energética, alimentar e socioambiental, as quais são articuladas à abordagem Nexus+, sendo que a segurança socioambiental está relacionada à proteção e gestão de riscos e ameaças que afetam tanto a sociedade quanto o ambiente, incluindo a proteção a eventos meteorológicos extremos que podem desencadear catástrofes.

Portanto, a construção da resiliência socioambiental do Rio Grande do Sul deve estar fundamentada na elaboração de planos de contingência (Brasil, 2023) capazes de antecipar e mitigar os riscos climáticos, tendo a participação social como um elemento central do processo. A incorporação das comunidades atingidas é essencial para que as decisões sejam tomadas com base em informações precisas e contextualizadas às realidades locais e ao envolvimento das comunidades. Rizzotto, Costa e Lobato (2024, p. 3) reforçam essa ideia:

> A emergência cria um caos de gestão no sistema que deve ser enfrentado por planos de contingência específicos para cada um dos eventos. Simultaneamente, é fundamental que estados e municípios desenvolvam planos de gestão de riscos de desastres, envolvendo os diferentes setores e atores da sociedade – e não apenas sobre medidas de preparação e respostas aos desastres, mas também de prevenção de riscos futuros à mitigação dos riscos existentes [...].

Nesse contexto, o objetivo deste artigo se centra em analisar a ação social no processo de construção do plano de contingência ao enfrentamento a eventos climáticos extremos no Assentamento Filhos de Sepé, no município de Viamão, considerando os impactos e estratégias adotadas que contribuem para a construção da resiliência socioambiental dos territórios na Região Metropolitana.

O artigo está organizado em cinco seções, além desta introdução. Na segunda seção, é apresentada a metodologia. A seguir é apresentado o contexto do assentamento Filhos de Sepé e o diagnóstico dos impactos das enchentes, em especial referente a esse assentamento. Na quarta seção, é apresentada a organização do assentamento durante as enchentes. Na quinta seção, são apresentadas as políticas, ações e mobilização social no assentamento. Por fim, são apresentadas as considerações finais.

2 METODOLOGIA

A metodologia constou de trabalho de campo, sistematização e análise das etapas de construção do plano de contingência dos assentamentos da RMPA, desenvolvido pelo Programa Nacional de Formação em Assistência Técnica e Extensão Rural para Assentamentos de Reforma Agrária e Contribuições para a Agenda 2030 (ProforExt) da Regional UFRGS. O ProforExt é um programa nacional desenvolvido em parceria entre 17 instituições de ensino superior, o Ministério do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar (MDA), o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra) e movimentos sociais do campo. Sua proposta é promover desenvolvimento sustentável em assentamentos rurais, comunidades quilombolas e indígenas por meio de formação técnica, agroecologia e assistência rural. O programa atua com os jovens de assentamentos como Agentes Locais de Formação (ALFs) – lideranças comunitárias capacitadas para multiplicar conhecimentos – e está alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU.

As etapas para a construção dos planos de contingência consistiram em: a) realização de um diagnóstico dos impactos das enchentes sobre os assentamentos da RMPA; b) produção de um documento técnico balizador para a construção do plano de contingência para os assentamentos em risco; c) apresentação

e discussão do documento no Assentamento Filhos de Sepé; e d) sistematização e produção do plano de contingência desse assentamento.

O diagnóstico foi planejado e executado entre os meses de julho e agosto de 2024, a partir da plataforma Formulários Google, onde foram elaboradas 32 questões divididas em três eixos, conforme as diretrizes da resiliência socioambiental, e as seguranças propostas por Coutinho *et al.* (2020): a) segurança social, envolvendo as seguranças hídrica e energética; segurança econômica, envolvendo a segurança alimentar; e a segurança socioambiental.

Os jovens agentes locais de formação foram os responsáveis pela articulação do diagnóstico com as lideranças dos seus assentamentos, buscando estabelecer as estratégias de mobilização com as famílias assentadas. Foram obtidas 72 respostas dos assentamentos: Assentamento Filhos de Sepé, no município de Viamão; Assentamento Integração Gaúcha, no município de Eldorado do Sul; Assentamento Santa Rita de Cássia 2, no município de Nova Santa Rita; Assentamento Jânio Guedes, no município de São Jerônimo; e Assentamento 19 de Setembro, município de Guaíba. O diagnóstico apresentou dados das respostas totais, além de informações específicas dos oito respondentes do Assentamento Filhos de Sepé.

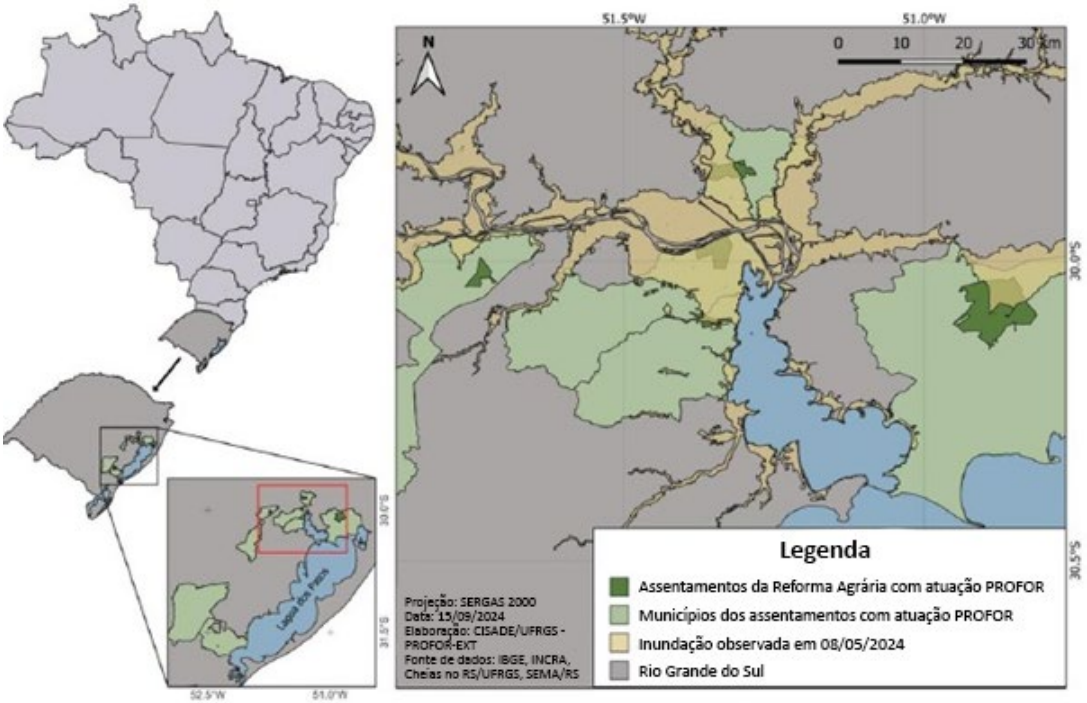


Figura 1 – Localização dos assentamentos do ProforExt e mancha de inundação resultante das enchentes de maio de 2024 nos assentamentos da Região Metropolitana de Porto Alegre

Fonte: Elaborada por Julia Ilha, 2024

A segunda etapa, realizada entre outubro de 2024 e março de 2025, constou da produção de um documento preliminar com o diagnóstico e sistematização de discussões e propostas de ação para os planos de contingência. Os resultados do diagnóstico foram apresentados em disciplinas dos cursos de graduação em Ciências Econômicas, Relações Internacionais e Nutrição, do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural e em um curso de extensão. A interação entre o ProforExt com as atividades de ensino integrou o processo de curricularização da extensão no semestre 2024-2 (Coelho-de-Souza *et al.*, 2025), cujo fortalecimento é um dos objetivos do ProforExt.

A Formação em Emergência Climática, ODS e Assentamentos da Região Metropolitana reuniu os jovens agentes locais de formação, agricultoras e lideranças de assentamentos, alunos e professores de graduação e pós-graduação, e pesquisadores que, a partir do diagnóstico e das propostas para o plano de contingência desenvolvidas nas disciplinas, trabalharam por meio de metodologias participativas, conforme Quadro 1. O material foi sistematizado dando origem ao documento técnico preliminar, o qual foi base para a terceira etapa realizada no Assentamento Filhos de Sepé.

A construção participativa do plano de contingência do Assentamento Filhos de Sepé ocorreu em abril de 2025 em um evento que teve como objetivo a discussão do documento técnico preliminar, assim como a devolutiva dos resultados às famílias participantes do diagnóstico. Essa etapa foi organizada pelos jovens agentes locais de formação e o Grupo Mulheres da Terra, e seguiu a metodologia apresentada no Quadro 1. A quarta etapa constou da sistematização dos resultados do evento e produção do plano de contingência do Assentamento Filhos de Sepé.

A análise do artigo considerou a ação social nas diferentes etapas do processo de construção do plano de contingência para o enfrentamento de eventos climáticos extremos no Assentamento Filhos de Sepé, buscando caracterizar as estratégias adotadas pelo assentamento e sua contribuição para a construção da resiliência socioambiental dos territórios na Região Metropolitana.

Quadro 1 – Metodologias participativas utilizadas na construção do plano de contingência do Assentamento Filhos de Sepé

Eventos	*Público*	*Questões trabalhadas*	
	Jovens agentes locais de formação, agricultoras e lideranças de assentamentos, alunos e professores de graduação e pós-graduação, e pesquisadores	Quais foram os maiores impactos nos assentamentos durante o processo das enchentes? Quais foram os maiores desafios para os assentamentos no processo de reconstrução? Quais medidas podem ser tomadas em caso de novo episódio: antes, durante e depois	
	Famílias do Assentamento Filhos de Sepé, jovens ALF, alunos de graduação e pós-graduação, e professores	Os resultados apresentados refletem a realidade do Assentamento Filhos de Sepé? O que faltou? Ou que não reflete? Como foi a organização no Assentamento Filhos de Sepé antes, durante e depois? Quais medidas podem ser tomadas antes, durante e depois em caso de novo episódio?	

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos eventos promovidos pelo ProforExt-UFRGS em novembro de 2024 e abril de 2025

3 CONTEXTO DO ASSENTAMENTO FILHOS DE SEPÉ, VIAMÃO – RS

O Assentamento Filhos de Sepé, situado no distrito de Águas Claras, no município de Viamão – RS, representa um marco da luta pela terra no estado e um exemplo concreto de construção coletiva de resiliência socioambiental desde sua origem. Conquistado em 1998 por militantes do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST), o assentamento abriga hoje 376 famílias oriundas de 115 municípios do Rio Grande do Sul, o que confere à comunidade uma rica diversidade de saberes, práticas agrícolas e experiências de organização.

Instalado em uma área de 9.450 hectares anteriormente ocupada por monocultivos de eucalipto (Diel, 2011), o processo de ocupação e reconstrução territorial implicou na recuperação ambiental e na implantação de práticas agroecológicas como estratégia de resistência e produção sustentável. A conversão de uma área degradada em território produtivo e diverso foi um desafio assumido coletivamente pelas famílias assentadas, que hoje mantêm uma ampla variedade de produções, com destaque para o arroz agroecológico — plantado em cerca de 1.600 hectares anualmente —, além do cultivo de hortaliças, frutas, gado leiteiro e produtos da agroindústria familiar, como laticínios, pães, massas, mel, geleias e embutidos (Diel, 2011).

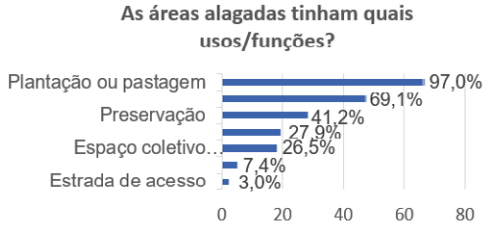
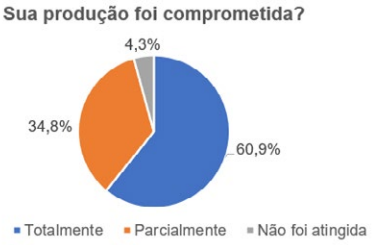
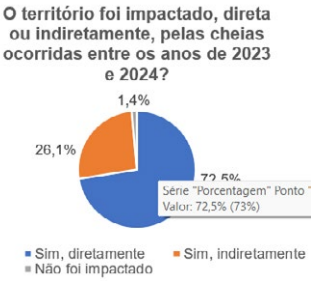
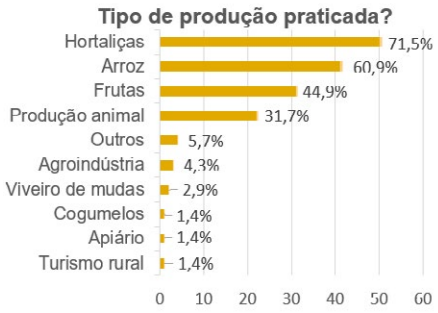
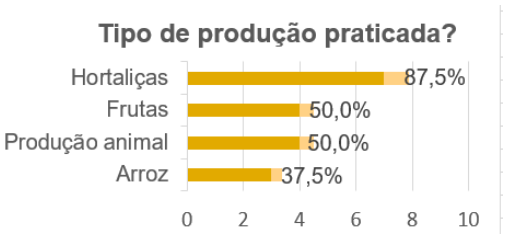
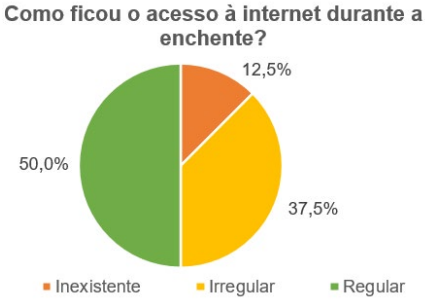
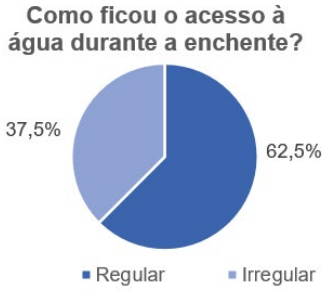
A história do assentamento é marcada por experiências de autogestão, solidariedade e construção de infraestrutura comunitária (Bogni, 2020; Preiss, 2017), o que contribuiu para o fortalecimento de vínculos internos e a capacidade de resposta diante de crises. A vivência anterior com situações como a pandemia de Covid-19 e os processos permanentes de organização e formação política promovidos pelo MST foram determinantes para o desenvolvimento de uma base sólida de apoio mútuo, fundamental em episódios críticos como a catástrofe climática de 2024.

A seguir são apresentados os impactos das enchentes sobre o Assentamento Filhos de Sepé e as ações desenvolvidas no período das enchentes e no pós-enchente, caracterizando a contribuição do assentamento para a resiliência socioambiental do território.

3.1 DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS DAS ENCHENTES NOS ASSENTAMENTOS

O diagnóstico apresenta resultados referentes aos assentamentos participantes do ProforExt, com detalhamento para o Assentamento Filhos de Sepé, conforme o Quadro 2. Os resultados demonstram que, das 72 respostas das famílias entrevistadas, 63% foram atingidas por inundação, sendo que 92% tiveram perda nas plantações e 69% tiveram impactos sobre as moradias.

Quadro 2 – Representação gráfica dos resultados do diagnóstico dos impactos das enchentes realizado no Assentamento Filhos de Sepé, Viamão – RS

Porto Alegre metropolitan region settlements	
	
	
Porto Alegre metropolitan region settlements	*Filhos de Sepé settlement*
	
	
Filhos de Sepé settlement	
	

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados do diagnóstico do ProforExt Regional UFRGS

No Assentamento Filhos de Sepé, 75% das famílias relataram perdas parciais da produção agrícola no pós-enchente, indicando que, embora afetadas, conseguiram preservar parte da produção. Por outro lado, 25% das respostas apontaram perdas totais, o que evidencia que 100% das famílias entrevistadas tiveram algum grau de impacto na sua produção.

Também referente ao assentamento, a produção de hortaliças foi a mais atingida, seguida pelas frutas e pela produção de animais e leite e, por fim, a produção de arroz. O destaque das hortaliças como o tipo de produção mais afetado revela a alta vulnerabilidade dessas culturas ante os eventos climáticos extremos. Em geral, trata-se de cultivos mais sensíveis, com ciclo curto, baixa resistência a alagamentos e eventos da natureza que dependem de manejo diário. As hortas, frequentemente instaladas em áreas de várzea ou próximas das moradias, foram duramente comprometidas pelos grandes volumes de chuvas, afetando diretamente tanto a subsistência quanto a geração de renda das famílias assentadas.

As perdas nas áreas de fruticultura e produção pecuária indicam que os danos foram significativos também em atividades com ciclos mais longos e investimentos estruturais mais intensos como a produção de arroz, apesar de ser uma cultura que tradicionalmente utiliza áreas alagadas. Assim, os dados revelam que as enchentes afetaram de forma heterogênea os diferentes sistemas produtivos.

No campo da infraestrutura básica, 37,5% das famílias do assentamento Filhos de Sepé sofreram com a irregularidade no acesso à água potável, evidenciando um problema grave de segurança hídrica durante o período de crise. A contaminação de fontes e a danificação de estruturas de abastecimento representam riscos diretos à saúde coletiva, sobretudo em um cenário de emergência. Esse dado dialoga com o cotidiano de quem depende da água para consumo, higiene, cuidados com os animais e manutenção das atividades produtivas — que, em sua maioria, são de base agroecológica e exigem práticas constantes de irrigação.

Paralelamente, a análise sobre o acesso à internet mostra que 50% das famílias mantiveram conexão regular, enquanto a outra metade enfrentou dificuldades — com 37,5% relatando conexão irregular e 12,5% totalmente desconectados. Com base nos dados apresentados, é possível verificar que o Assentamento Filhos de Sepé foi parcialmente afetado, com impactos na produção agrícola, no acesso à água potável e internet, evidenciando as múltiplas dimensões da vulnerabilidade enfrentada pelas famílias assentadas. Ao mesmo tempo, o assentamento se mostrou essencial como suporte para os outros assentamentos e territórios, como apresentado nas próximas seções.

4 ORGANIZAÇÃO DO ASSENTAMENTO FILHOS DE SEPÉ DURANTE AS ENCHENTES

As principais iniciativas implementadas pelo Assentamento Filhos de Sepé durante a crise climática podem ser categorizadas em cinco eixos centrais: cozinha solidária, iniciativas de costura e preparação de roupas para doação, resgate animal, brigadas de apoio, e produção e plantio de mudas nativas.

4.1 COZINHA SOLIDÁRIA

A resposta imediata às necessidades alimentares se estruturou através da organização de uma cozinha solidária, a qual passou por três fases distintas de implementação — estruturação, arrecadação de alimentos e distribuição de marmitas. Na fase inicial de estruturação, os voluntários foram mobilizados por meio de grupos de WhatsApp, reunindo pessoas dispostas a contribuir com o trabalho nas cozinhas. O ginásio da Cooperativa dos Produtores Orgânicos de Reforma Agrária de Viamão (Cooperav) foi adaptado como espaço central de produção, utilizando equipamentos e utensílios domésticos disponibilizados pelas próprias famílias — incluindo panelas, fogões, fogareiros, gás e lenha.

A segunda etapa concentrou-se no abastecimento e obtenção de alimentos, começando com os recursos internos do assentamento. As famílias doaram parte de suas produções, incluindo alimentos perecíveis, como batata-doce, mandioca, verduras, legumes e frutas, além de itens não perecíveis dos estoques das cooperativas, especialmente feijão e arroz. À medida que a situação se agravava e se delongava, esse esforço foi complementado por doações externas de alimentos provenientes de diversos apoiadores.

O assentamento passou a fornecer apoio alimentar para regiões críticas, como os assentamentos completamente inundados em Eldorado do Sul. Nesses casos extremos, inicialmente, a distribuição foi realizada através de helicópteros da Polícia Civil, que transportavam as marmitas para locais onde as famílias estavam ilhadas. Logo, passou-se a organizar as famílias desabrigadas em locais mais acessíveis para que pudessem receber as doações.

O sistema de distribuição evoluiu em complexidade ao longo do tempo. Inicialmente, as marmitas foram destinadas às famílias assentadas desabrigadas e aos voluntários envolvidos nas operações de resgate. Com o passar dos dias, a rede de solidariedade se ampliou, passando a atender também comunidades urbanas em situação de vulnerabilidade, como as famílias do Bairro Mathias Velho, em Canoas. Nesse bairro existiam cozinhas solidárias — que, infelizmente, foram inundadas —, as quais já eram previamente atendidas pelo Programa de Aquisição de Alimentos (PAA). Os assentamentos da RMPA realizavam, semanalmente, entregas de alimentos a essas cozinhas, beneficiando famílias em situação de insegurança alimentar. Nesse território, a organização de jovens do Levante Popular da Juventude cumpriu papel central na logística de recebimento e distribuição dos alimentos aos alojamentos de famílias desabrigadas.

Conforme descrito por Monteiro (2025),

> O papel que as Cozinhas Solidárias têm cumprido ultrapassa o ato da produção de alimentos, tornando-as espaços de compartilhamento e acolhimento entre voluntários e comunidade. É a partir da construção desses laços que muitas abrem caminhos para outras iniciativas como a geração de renda; educação através de turmas de alfabetização, cursinhos pré-vestibulares; e atividades culturais. São processos sociais como esse que possibilitam a promoção da dignidade e da autonomia humana, social e financeira. Além disso, aproxima trabalhadoras urbanas de trabalhadoras do campo (camponesas que produzem e ofertam produtos saudáveis a essas organizações).

Nesse caso, a logística de distribuição foi sustentada por doações, em especial as contribuições via PIX solidário, um mecanismo organizado para o recebimento de recursos financeiros através de transações PIX, e pelo trabalho, em grande parte, realizado por mulheres. Um dos desafios relatados foi a falta de envolvimento de maior número de famílias, levando à sobrecarga de trabalho a algumas poucas pessoas.

Assim que o nível das águas baixou em junho de 2024 no Assentamento Integração Gaúcha, em Eldorado do Sul — que anteriormente dependia da doação de marmitas —, foi realizada a limpeza e organização de um espaço. Com as condições adequadas, a cozinha foi transferida para Eldorado do Sul, o que facilitou a logística de produção e distribuição de alimentos. A partir de então, a preparação das refeições passou a ser feita em uma cozinha local, substituindo a produção que anteriormente ocorria no Assentamento Filhos de Sepé, em Viamão.

4.2 INICIATIVAS DE COSTURA E PREPARAÇÃO DE ROUPAS PARA DOAÇÃO

Paralelamente ao esforço das cozinhas comunitárias, desenvolveu-se uma rede complementar de apoio através de iniciativas de costura. O processo começou com o recebimento e triagem de doações

de roupas, cujos itens em boas condições eram separados para distribuição direta. As peças danificadas ou inutilizáveis foram transformadas em novos produtos através de duas linhas de ação principais — roupas íntimas e acolchoados.

O "Ateliê das Bruxas" foi uma iniciativa que surgiu a partir do convívio nas cozinhas comunitárias, onde um grupo de mulheres passou a produzir roupas íntimas utilizando retalhos de tecidos disponíveis (Canzarolli, 2024). Portanto, paralelamente à cozinha solidária, esse ateliê iniciou esforços de mulheres que produziam com dignidade e acolhimento, especialmente por meio da costura para as demais companheiras na calamidade. Esses esforços potencializaram a integração das mulheres do campo e da cidade. Simultaneamente, em articulação com grupos religiosos, desenvolveu-se um trabalho de reciclagem têxtil que transformava roupas sem condições de uso em acolchoados e camas para animais de estimação.

Essas ações, desenvolvidas em condições tão adversas, demonstraram a capacidade de auto-organização da comunidade e a criatividade na transformação de recursos limitados em soluções concretas para os problemas imediatos. O caráter predominantemente feminino dessas iniciativas destacou o papel central das mulheres na construção das redes de solidariedade e cuidado durante a emergência climática.

4.3 RESGATE ANIMAL

No Assentamento Filhos de Sepé, o excesso de chuvas provocou alagamentos nas áreas de várzea, ameaçando a sobrevivência dos animais ali criados. Para salvá-los da enchente e da fome, famílias com áreas de relevo mais elevado se organizaram coletivamente para acolher bovinos e equinos. Conforme relatos de participantes do encontro no assentamento, parte dessas áreas era anteriormente considerada inviável, tanto para a produção de alimentos quanto para pastagens, por ser dominada pelo capim-braquiária (*Brachiaria* spp.), uma espécie invasora pouco palatável ao gado. No entanto, devido à restrição alimentar, os animais passaram a consumir essa gramínea, o que acabou contribuindo para o controle natural da invasora.

Nos demais assentamentos de Eldorado do Sul, o resgate de equinos, bovinos e animais de companhia também exigiu ação humana, com o uso de embarcações individuais ou organizadas pela Defesa Civil e outros órgãos ambientais. Apesar dos esforços de resgate, houve perdas significativas de animais em todos os assentamentos, tanto devido aos alagamentos quanto às dificuldades no acolhimento e nos cuidados veterinários. Embora alguns animais tenham sido deslocados para tais lotes mais altos, muitos ainda assim se perderam devido ao espaço e alimentação limitados e à falta de recursos adequados de atendimento veterinário.

As iniciativas nesses assentamentos incluíram a criação de páginas para divulgação de resgates, a organização da reestruturação alimentar dos animais após o retorno, e o cuidado com aqueles que voltaram adoecidos. Muitos animais desenvolveram doenças em função do contato prolongado com a água contaminada das enchentes e da exposição excessiva à umidade. Para auxiliar na recuperação, foram utilizadas medicações naturais, como a homeopatia, além de alimentação específica.

4.4 BRIGADAS DE APOIO A OUTROS ASSENTAMENTOS AFETADOS

No contexto organizativo do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST), o termo "brigada" refere-se à formação de grupos responsáveis por ações específicas nas áreas de saúde, educação, juventude (agitação e propaganda), segurança, entre outras. Durante o enfrentamento da catástrofe climática, essa estrutura organizativa foi mobilizada para a criação de brigadas emergenciais, compostas por famílias acampadas e assentadas em diversas regiões do Sul do Brasil. Essas brigadas passaram

a atuar diretamente nos territórios afetados pelas enchentes, realizando, inicialmente, atividades de limpeza, apoio à saúde e organização da alimentação, logo após o recuo das águas.

Posteriormente, constituíram-se também brigadas voltadas para a recuperação das áreas produtivas, com ações de plantio de árvores, recuperação de solos, retomada de cultivos e reestruturação de espaços produtivos como estufas e canteiros. Nos assentamentos de Eldorado do Sul, essas ações contaram com o apoio de parcerias institucionais, como a turma especial de Agronomia do Programa Nacional de Educação na Reforma Agrária (Pronera), vinculada à Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) — Campus Pontão.

Nesse processo, a comunidade do Assentamento Filhos de Sepé destacou-se como colaboradora ativa nas brigadas, enviando membros para apoiar diretamente os assentamentos mais severamente atingidos. As famílias do Filhos de Sepé contribuíram não apenas nas brigadas de limpeza e na reorganização das áreas produtivas, mas também em ações de cuidado e promoção da saúde, prestando suporte psicológico e distribuindo alimentos e medicamentos. Essas ações reforçam a solidariedade entre as comunidades da reforma agrária e evidenciam o papel central da organização coletiva como estratégia de enfrentamento, cuidado e reconstrução diante de eventos extremos.

4.5 PRODUÇÃO E PLANTIO DE MUDAS DE ESPÉCIES NATIVAS

O Viveiro Mulheres da Terra é uma iniciativa protagonizada por mulheres do Assentamento Filhos de Sepé, criada para promover a recuperação de áreas degradadas e fortalecer práticas de conservação ambiental. Inserida no contexto de enfrentamento aos impactos das mudanças climáticas, a ação fomenta a produção de mudas de espécies nativas e ameaçadas de extinção, contribuindo para a conservação da biodiversidade e restauração ecológica.

Entre as principais atividades desenvolvidas, destacam-se a coleta de sementes, a produção de mudas e o plantio em áreas degradadas dentro e fora do assentamento. O projeto prioriza espécies ameaçadas, visando à restauração de ecossistemas e à formação de corredores ecológicos. As mulheres assumem a gestão de todo o processo, reforçando seu protagonismo nas práticas de sustentabilidade.

Além de ampliar a cobertura vegetal e melhorar as condições ecossistêmicas — como a conservação do solo, dos recursos hídricos e da qualidade do ar —, o Viveiro Mulheres da Terra atua como estratégia de fortalecimento comunitário e geração de renda, reafirmando a importância da organização coletiva para a construção de territórios mais resilientes.

Assim, a resiliência demonstrada pelo assentamento diante das enchentes não foi fruto do acaso, mas, sim, de uma trajetória construída desde o início com base em princípios de solidariedade, sustentabilidade e organização popular.

5 ESTRATÉGIAS DE ENFRENTAMENTO: MEDIDAS PARA O PLANO DE CONTINGÊNCIA NO ASSENTAMENTO FILHOS DE SEPÉ, VIAMÃO

As enchentes que assolaram o Rio Grande do Sul em 2024 demonstraram de forma contundente a necessidade de desenvolver planos de contingência abrangentes e bem estruturados, conforme apontado por Rizzotto, Costa e Lobato (2024). Estes devem operar simultaneamente em diferentes escalas — tanto no âmbito estadual quanto no nível local — com adaptações específicas que considerem as particularidades de cada território e comunidade. Nesse cenário, o projeto ProforExt se apresenta como uma iniciativa importante para a construção participativa desses planos nos territórios, reunindo diversos atores: agentes locais de formação, estagiários, professores e estudantes de graduação e pós-graduação da UFRGS, e principalmente, lideranças e as famílias dos assentamentos. Essa integração entre saberes acadêmicos e conhecimentos locais mostrou-se fundamental para formular propostas

adequadas às necessidades concretas da comunidade. A seguir, são apresentadas as propostas construídas a partir desse processo de diálogo e colaboração.

Vale destacar que, enquanto as estratégias para o Assentamento Filhos de Sepé já se encontram em fase avançada de consolidação, os planos para outros assentamentos da região seguem em processo de construção.

5.1 PROPOSTAS GERAIS PARA O ENFRENTAMENTO DE EMERGÊNCIAS CLIMÁTICAS

5.1.1 FASE DE PREVENÇÃO (ANTES DO EVENTO CLIMÁTICO EXTREMO)

O eixo preventivo é de longo prazo e se fundamenta em três pilares principais. O primeiro diz respeito ao planejamento territorial e ambiental, que inclui a realização de um minucioso levantamento topográfico para mapeamento de áreas vulneráveis e definição de rotas de fuga seguras. Paralelamente, propõe-se um programa contínuo de educação ambiental comunitária, com foco específico na prevenção e resposta a desastres climáticos, visando capacitar os moradores para atuarem desde a identificação de riscos até as ações pós-emergenciais. A educação ambiental continuada se configura como eixo estratégico para construção de resiliência no longo prazo. Isso inclui programas específicos de capacitação voltados para crianças e jovens, abordando tanto práticas sustentáveis quanto gestão de riscos climáticos, complementados por eventos periódicos que mantenham o tema na pauta comunitária e permitam a atualização constante do plano de contingência.

O segundo pilar envolve a estruturação de infraestruturas preventivas. Entre as medidas concretas estão a implantação de barreiras naturais utilizando vegetação ripária, combinadas com barreiras físicas para reduzir o impacto das enxurradas. A construção de casas de sementes em locais elevados e protegidos é uma estratégia fundamental para preservar as variedades crioulas, patrimônio genético e cultural da comunidade. Complementam essas ações o desenvolvimento de estruturas elevadas, como palafitas e mezaninos, destinadas ao armazenamento seguro de alimentos, ração animal e equipamentos essenciais.

O terceiro componente preventivo refere-se aos sistemas de alerta. Aqui, a proposta enfatiza a necessidade de mecanismos eficazes e acessíveis, incluindo sistemas independentes de conexão à internet, como rádios comunitários, garantindo que os alertas cheguem a toda a população mesmo em situações de falha nas comunicações convencionais. Essa demanda se dirige especialmente aos órgãos públicos competentes.

5.1.2 FASE DE RESPOSTA (DURANTE A EMERGÊNCIA CLIMÁTICA)

Quando ocorre a emergência climática, deve-se prever a imediata ativação de protocolos de ação. As cozinhas comunitárias, previamente estruturadas, devem entrar em funcionamento rapidamente, acompanhadas da distribuição de kits emergenciais contendo alimentos não perecíveis, roupas e medicamentos básicos. A utilização das rotas de fuga mapeadas na fase preventiva se torna crucial para a evacuação segura não apenas das pessoas, mas também dos animais e maquinários agrícolas.

Nesse momento crítico, as brigadas locais — previamente capacitadas — assumem papel central nas operações de resgate e na complexa logística de distribuição de doações. A proteção dos sistemas produtivos durante a emergência exige decisões estratégicas, com absoluta prioridade para a salvaguarda da vida humana e animal. Para isso, são essenciais os locais de abrigo previamente identificados para as pessoas e animais, assim como a disponibilidade de estoques estratégicos de alimentos de fácil preparo, como sopas desidratadas e grãos pré-cozidos, que possam ser rapidamente mobilizados.

5.1.3 FASE DE RECUPERAÇÃO (APÓS A EMERGÊNCIA)

Superado o momento mais agudo da crise, iniciam-se as ações de limpeza, reconstrução e recuperação. Os mutirões organizados para limpeza e reparo de infraestruturas danificadas (como pontes, estradas, espaços de moradia e produtivos) são uma solução prática, ao mesmo tempo que representam um importante mecanismo de fortalecimento dos laços comunitários. Paralelamente, é fundamental a mobilização política por políticas públicas de reparação, com especial atenção para linhas de crédito agrícola com juros reduzidos e seguros climáticos acessíveis, que possam amenizar as perdas econômicas dos agricultores familiares.

A articulação intersetorial entre diferentes esferas governamentais (federal, estadual e municipal) e as organizações comunitárias se mostra imprescindível para garantir a eficácia e abrangência das ações de reconstrução. No âmbito produtivo, o fortalecimento agroecológico pós-desastre deve incluir a análise e recuperação de solos, da agrobiodiversidade e dos sistemas de produção como um todo, acompanhada de assistência técnica permanente para adaptação aos novos padrões climáticos.

5.2 POLÍTICAS PÚBLICAS, FOMENTOS NA FASE DE RECUPERAÇÃO E AÇÃO SOCIAL

Em maio de 2024, o estado do Rio Grande do Sul (2024a) decretou 78 municípios em estado de calamidade pública e 340 municípios em estado de emergência, considerando áreas afetadas, danos ocorridos e intensidade do desastre, conforme a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Defesa Civil, 2021). O município de Viamão foi classificado como estado de emergência, situação que foi apontada na reunião do assentamento como um impeditivo no acesso a políticas públicas e editais de iniciativas mistas envolvendo o 3o setor (Fundação Grupo Boticário, 2025).

Municípios decretados como calamidade pública têm maior acesso a recursos financeiros e benefícios específicos (como o Saque FGTS Calamidade), prioridade em ajuda humanitária e reconstrução de infraestrutura, em comparação com municípios decretados como emergência. Embora ambos possam receber apoio governamental e acessar políticas de apoio, a classificação como calamidade pública influencia na prioridade do acesso (Rio Grande do Sul, 2024b).

Nos documentos oficiais sobre os impactos das enchentes sobre as famílias rurais (Emater/Ascar, 2024), 206 mil propriedades rurais foram afetadas, sendo 7.437 lotes distribuídos em 226 assentamentos, mas não houve detalhamento sobre os assentamentos afetados. Ao mesmo tempo, o município de Viamão veiculou que a área mais atingida foi a localidade de Itapuã, não tendo nenhuma menção à localidade de Águas Claras, onde se localiza o Assentamento Filhos de Sepé (GZH, 2024). O município recebeu 71 Auxílios Reconstrução — no valor de R$ 5.100,00 (Viamão, 2025), sendo que nenhum foi destinado às famílias do assentamento.

As ações principais do plano de contingência do assentamento são apresentadas no Quadro 3. Apesar de ter sofrido impactos nas áreas produtivas e perdas de animais de criação, especialmente nas partes mais baixas do território, e de não possuir uma estrutura e organização predefinida para desastres climáticos, a organicidade do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST) e a experiência acumulada em ações solidárias — como as da pandemia de Covid 19 e as próprias experiências da luta pela terra — foram fundamentais para uma resposta rápida e eficiente à catástrofe. Nesse sentido, a construção participativa do plano de contingência, ao fortalecer espaços coletivos de compartilhamento das vivências, permitiu que as famílias elaborassem suas perdas e dores, fortalecendo vivências coletivas, permitindo, assim, um envolvimento e articulação com ações com potencial de serem mais legítimas e eficazes, conforme Dowbor *et al.* (2024).

Quadro 3 – Eixos específicos de ação no plano de contingência do Assentamento Filhos de Sepé

Eixos específicos de ação no plano de contingência do Assentamento Filhos de Sepé
Agricultura: Na fase preventiva, destacam-se a construção de barreiras naturais e o armazenamento estratégico de sementes em locais elevados. Durante a emergência, o foco se volta para a proteção dos equipamentos agrícolas em áreas seguras. No período pós-emergência, o replantio deve priorizar espécies melhor adaptadas aos extremos climáticos, garantindo maior resiliência futura.
Estruturas produtivas: As medidas preventivas incluem a elevação de instalações elétricas e máquinas, construção de galpões com mezaninos elevados e/ou em modelo palafitado. Logo após a emergência, os mutirões de limpeza e recuperação das estruturas são essenciais para uma reestruturação rápida.
Proteção animal: A preparação prévia envolve a identificação de pastagens elevadas e a formação de estoques de ração. Durante as emergências, a alocação temporária dos animais em lotes mais altos se mostra como solução prática. Na fase posterior, o acesso a serviços veterinários e a programas de reposição de rebanhos torna-se prioritário.
Acesso a créditos e seguros: O acesso à assessoria jurídica prévia no estabelecimento de contratos de seguros agrícolas, residenciais e de equipamentos constitui medida preventiva essencial. Após os desastres, a busca ativa por linhas de crédito específicas para reconstrução pode fazer diferença significativa na recuperação das unidades produtivas familiares.
Garantia de segurança básica: Ao longo de todas as fases, é fundamental assegurar o acesso contínuo da população a elementos básicos de sobrevivência e comunicação. Isso inclui: sistemas alternativos de abastecimento de água potável (como poços e cisternas protegidas); estoques comunitários estratégicos de alimentação e vestuário; e soluções para manutenção de energia e comunicação, como geradores de energia elétrica e rádios comunitárias, especialmente importantes em situações de interrupção dos serviços convencionais.

Fonte: Dados Projeto ProforExt-UFRGS, 2025

A construção do plano foi calcada na vivência do assentamento e embasada nos saberes tradicionais e na organização comunitária, apresentando como grande desafio o processo de internalização em um assentamento de grande contingente populacional, e como potencialidade a organicidade e articulação de sua organização nos diferentes setores.

Além disso, ficou evidente a necessidade de apoio técnico e recursos públicos, sendo apontada a necessidade de técnicos com diferentes expertises na etapa de planejamento e monitoramento do plano; durante o período de resposta, a assistência técnica que venha a cumprir as ações conforme as diretrizes do plano, em especial na criação de espaços de acolhimento aos animais de criação, o que se constituiu como uma das maiores perdas que poderiam ser minimizadas. No período de recuperação, o apoio nos processos de retomada da agricultura.

Portanto, os planos de contingência de territórios coletivos devem estar integrados a um plano estatal, por parte dos poderes municipal, estadual e federal, que articulem de forma coerente as ações de defesa civil, assistência social, saúde e agricultura, respaldando e fortalecendo os planos desses territórios. Uma das grandes lições da construção do plano no assentamento é a de que a resiliência vai além da capacidade de reagir a desastres — ela exige preparação constante, infraestrutura adequada e acesso a recursos.

Em uma visão regional, o assentamento teve condições de criar uma rede de apoio para suas famílias e apoiar outros assentamentos mais afetados, como o Assentamento Integração Gaúcha, de Eldorado do Sul, que ficou completamente inundado, além da produção de marmitas para famílias urbanas em situação de refugiados climáticos urbanos. Assim, o assentamento se revelou como uma força de ação social no enfrentamento do evento climático extremo. Tal capacidade de contribuir na salvaguarda e reconstrução de outros territórios, mesmo enfrentando suas próprias dificuldades, destaca o papel central do Filhos de Sepé na rede de solidariedade entre os assentamentos e de outros territórios, ressaltando sua contribuição na resiliência socioambiental da RMPA.

Além disso, a resiliência socioambiental promovida pelo assentamento para a RMPA está na promoção das seguranças hídrica, energética e alimentar por meio dos serviços ecossistêmicos. Conforme

Coelho-de-Souza *et al.* (2024), as inter-relações entre os territórios urbanos e rurais, caracterizados pela conservação dos ecossistemas nativos, têm a capacidade de unir regionalmente os territórios, fortalecendo a resiliência ante as emergências climáticas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As enchentes que atingiram o Rio Grande do Sul em 2024 colocaram à prova a capacidade de resiliência dos assentamentos, revelando tanto sua força coletiva quanto as fragilidades deixadas pela ausência de políticas públicas efetivas. No Assentamento Filhos de Sepé, a resposta à catástrofe mostrou como décadas de organização social podem se traduzir em ações concretas de solidariedade, pois as cozinhas comunitárias, os mutirões de costura, o viveiro de mudas e o engajamento na construção de um plano de contingência são fruto de anos de mobilização social que permitem a construção de uma visão coletiva sobre o cuidado com o território.

Ao mesmo tempo, esse evento climático extremo evidenciou que sem apoio institucional, mesmo territórios coletivos enfrentam limites estruturais. Isso significa a necessidade do Estado em reconhecer o papel estratégico da agricultura familiar na construção de territórios resilientes, garantir acesso a crédito e seguro agrícola, e criar mecanismos permanentes de participação popular na construção e articulação dos planos de contingência dos territórios. Portanto, um plano de contingência participativo configura-se como estratégia essencial da sociedade civil para o enfrentamento de catástrofes climáticas.

A construção da resiliência socioambiental nos territórios exige a integração de todos os setores por meio de processos intersetoriais e participativos. Nesse contexto, movimentos sociais organizados — como o Assentamento Filhos de Sepé — demonstraram especial capacidade de desenvolver contribuições efetivas para a resiliência do seu território, dos territórios dos assentamentos, bem como contribuir para a resiliência regional da RMPA.

Os resultados das ações do plano de contingência, como a perda da agricultura, o sofrimento dos animais, a necessidade de salvaguarda de sementes, a construção de barreiras naturais, apontam para o enfrentamento de uma realidade impactada pelas enchentes eminentemente rural. Mas sua contribuição para a resiliência da RMPA está na complementaridade entre o rural e o urbano, na medida em que esses territórios ao mesmo tempo em que estão calcados em um processo de mobilização social que fortalece uma identidade coletiva, produzem serviços ecossistêmicos que mantêm a resiliência socioambiental, apresentando especial capacidade para adaptação e mitigação a eventos climáticos extremos na RMPA.

AGRADECIMENTOS

Especialmente ao Grupo Mulheres da Terra, às agricultoras e agricultores assentados que, com sua luta cotidiana, contribuíram com informações ao responderem aos questionários de diagnóstico e participarem dos encontros presenciais. Aos estudantes de graduação dos cursos de Relações Internacionais, Economia e Nutrição, e aos estudantes de pós-graduação do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural (PGDR) da UFRGS, pela participação no processo. Ao MDA, Incra e à UFG pelo apoio ao ProforExt. À Capes, pelo apoio via bolsa do Programa Institucional de Pós-Doutorado (PIPD) à primeira autora e via bolsa de mestrado do Programa de Demanda Social (DS) à segunda autora.

DECLARAÇÃO SOBRE O USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Os autores utilizaram ChatGPT (GPT-5, OpenAI) e Deepseek (V3.2-Exp, Hangzhou DeepSeek Artificial Intelligence Basic Technology Research Co., Ltd.) exclusivamente para edição linguística

e aprimoramento estilístico. Todo o conteúdo científico, análise e contribuição intelectual foram desenvolvidos e verificados pelos autores, que assumem total responsabilidade pela precisão e integridade do manuscrito.

REFERÊNCIAS

BERKES, F.; FOLKE, C. (Eds.). **Linking Social and Ecological Systems**: management practices and social mechanisms for building resilience. Cambridge University Press, 1998.

BOGNI, A. **Caminhos que emergem das águas**: trajetórias sociais e produtivas do assentamento Filhos de Sepé-RS. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020. Available from: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/268403. Accessed on: Oct. 03 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. Departamento de Emergências em Saúde Pública. **Guia para elaboração de planos de contingência**. Brasília: Ministério da Saúde, 2023.

CANZAROLLI, R. **Costurando solidariedade**: 'Aquelas máquinas ali, na costura solidária na garagem, me fizeram sentir, refletir, chorar, sorrir, esperançar...'. Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra - MST. Available from: https://mst.org.br/2024/06/17/costurando-solidariedade/. Accessed on: Apr. 13 2025.

CARTA das Agroflorestas & Soluções Baseadas na Natureza. 2024. Available from: https://www.ufrgs.br/cisade/wp-content/uploads/2024/06/Carta-das-Agroflorestas-e-Solucoes-Baseadas-na-Natureza.pdf. Accessed on: Apr. 13 2025.

CASTANHEIRA, N. P.; PADILHA, R. Culpa, responsabilidade e mudanças climáticas: o caso das enchentes no Rio Grande do Sul. **Revista Opinião Filosófica**, v. 15, n. 2, e1219, p. 1-21, Jul.-Aug. 2024.

COELHO-DE-SOUZA, G. *et al.* Aprendizados sobre sociobiocotidiano e juventude de assentamentos atravessados pela emergência climática: diálogo entre movimento da juventude e de gênero, agroecologia e curricularização da extensão. In: SILVA, A. C. de L. *et al.* **ProforExt**: Programa Nacional de Formação em ATER para Assentamentos de Reforma Agrária e Contribuições para a Agenda 2030. Goiânia, GO: Cegraf UFG, 2025. Available from: https://portaldelivros.ufg.br/index.php/cegrafufg/catalog/book/788. Accessed on: Jun. 25 2025.

COELHO-DE-SOUZA, G. *et al.* Restauração ecológica para o SocioBioCotidiano: Nexus + no contexto da catástrofe climática no território do PAN Lagoas do Sul. **Sustainability in Debate**, v. 15, n. 2, nov. 2024. p. 204-242. Available from: https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/view/54267. Accessed in: Apr. 2025.

COUTINHO, S. M. *et al.* The Nexus+ Approach applied to studies of impacts, vulnerability and adaptation to climate change in Brazil. **Sustainability in Debate**, v. 11, n. 3, p. 40-56, dez. 2020. Available from: https://doi.org/10.18472/SustDeb.v11n3.2020.33514. Accessed in: Apr. 2025.

DEFESA CIVIL atualiza balanço das enchentes no RS - 24/4. Rio Grande do Sul, 25 abr. 2025. Available from: https://www.estado.rs.gov.br/defesa-civil-atualiza-balanco-das-enchentes-no-rs-24-. Accessed on: Apr. 25 2025.

DEFESA CIVIL. Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade). 2021. Available from: https://www.defesacivil.rs.gov.br/upload/arquivos/202105/04095316-cobrade-classificacao-e-codificacao-brasileira-de-desastres.pdf. Accessed on: Oct. 03 2025.

DIEL, A. **Assentamento Filhos de Sepé**: construção social da agroecologia no MST. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Available from: https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/268403/001193087.pdf?isAllowed=y&sequence=1. Accessed on: Apr. 29 2025.

DOWBOR, M.; RESENDE, R. C.; MACHADO, F. V.; SALMI, F. Catástrofes político-climáticas e a (não) participação social: o caso das enchentes no Rio Grande do Sul. **Redes**, v. 29, n. 1, Dec. 3 2024.

EMATER/ASCAR-RS. **Impactos das chuvas e cheias extremas no Rio Grande do Sul em maio de 2024**. 2024. Available from: https://estado.rs.gov.br/upload/arquivos/202406/relatorio-sisperdas-evento-enchentes-em-maio-2024.pdf. Accessed in: Mar. 2025.

FUNDAÇÃO Grupo Boticário. **Projeto teia de Soluções**. 2025. Available from: https://chamada.teiadesolucoes.com.br/. Accessed on: Apr. 13 2025.

GZH. **Moradores de Itapuã, em Viamão, sofrem com cheia do Guaíba; 43 pessoas estão abrigadas em escola**. 2024. Available from: https://gauchazh.clicrbs.com.br/porto-alegre/noticia/2024/05/moradores-de-itapua-em-viamao-sofrem-com-cheia-do-guaiba-43-pessoas-estao-abrigadas-em-escola-clw80v7f000960148pm06d1jw.html. Accessed in: Mar. 2025.

MAGALHÃES FILHO, F. J. C.; MENDES, A. T.; DOS SANTOS, G. R.; BENETTI, A. D.; DORNELLES, F. Enchentes e inundações no Rio Grande do Sul em 2024: impactos e desafios para a gestão integrada de políticas públicas no saneamento básico. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**. Rio de Janeiro: Ipea, n. 33, p. 23-32, dez. 2024. Available from: https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/af4e321f-ad7b-4ec0-9fd9-79b6afb2917b/content. Accessed on: Oct. 03 2025.

MONTEIRO, L. G. **Cozinhas Solidárias**: exemplo de resistência frente ao fracasso do neoliberalismo. Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra - MST. Available from: https://mst.org.br/2025/02/17/cozinhas-solidarias-exemplo-de-resistencia-frente-ao-fracasso-do-neoliberalismo/. Accessed in: Apr. 2025.

PREISS, P. V. **As alianças alimentares colaborativas em uma perspectiva internacional**: afetos, conhecimento incorporado e ativismo político. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017. Available from: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/178604. Accessed on: Oct. 03 2025.

RIO GRANDE DO SUL. Decreto nº 57.626, de 21 de maio de 2024. 2024a. Reitera o estado de calamidade pública no território do Estado do Rio Grande do Sul afetado pelos eventos climáticos de chuvas intensas. **Diário Oficial do Estado**. Available from: https://diariooficial.rs.gov.br/materia?id=1000161. Accessed on: Apr. 12 2025.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 16.134, de 24 de maio de 2024**. 2024b. Institui o Plano Rio Grande, Programa de Reconstrução, Adaptação e Resiliência Climática do Estado do Rio Grande do Sul. Available from: https://leisestaduais.com.br/rs/lei-ordinaria-n-16134-2024-rio-grande-do-sul-institui-o-plano-rio-grande-programa-de-reconstrucao-adaptacao-e-resiliencia-climatica-do-estado-do-rio-grande-do-sul-cria-o-fundo-do-plano-rio-grande-funrigs-e-da-outras-providencias. Accessed on: Mar. 13 2025.

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**, Rio de Janeiro, v. 48, n. 141, ed. 141, abr.-jun., 2024. Available from: https://www.saudeemdebate.org.br/sed/article/view/9837. Accessed on: Oct. 03 2025.

RÜCKERT, A. A.; VICENTE, F. J.; GOMES, L. F. R. The 2024 Climate Tragedy in Rio Grande do Sul, Brazil. Notes on a foreseen catastrophe. **Geografares**, n. 39, 2024. Available from: http://journals.openedition.org/geografares/16717. Accessed on: Apr. 13 2025.

TILLY, C. **From Mobilization to Revolution**. Reading, MA: Addison-Wesley, 1978.

VIAMÃO. **Famílias que receberam auxílio reconstrução em Viamão**. Available from: https://www.viamao.rs.gov.br/portal/noticias/0/3/9055/familias-que-receberam-auxilio-reconstrucao-em-viamao. Accessed on: Mar. 10 2025.

Climate change and the adaptive adjustments of traditional extractive communities in the Médio Juruá territory, Central Amazon

A mudança climática e os ajustes adaptativos de comunidades tradicionais extrativistas no território do Médio Juruá, Amazônia Central

David Franklin da Silva Guimarães [1]

Thaís Carla Vieira Alves [2]

Marcileia Couteiro Lopes [3]

Samela da Silva Teixeira [4]

Almira Silva do Nascimento [5]

Lívia Ribeiro Cruz [6]

[1] PhD in Environmental Sciences and Sustainability in the Amazon, Environmental Analyst, Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation - ICMBio, Carauari, Amazonas, Brazil
E-mail: david.guimaraes@icmbio.gov.br

[2] Master's Degree in Environmental Studies and Sustainability in the Amazon, PhD student, Federal University of Amazonas - Ufam, Manaus, Amazonas, Brazil
E-mail: alves.thais@ufam.edu.br

[3] PhD in Environmental Sciences and Sustainability in the Amazon, Adjunct Professor, Federal University of Amazonas - Ufam, Manaus, Amazonas, Brazil
E-mail: mlopes@ufam.edu.br

[4] Bachelor's degree in Forestry Engineering, Master's student, Postgraduate Program in Forestry and Environmental Sciences, Federal University of Amazonas - Ufam, Manaus, Amazonas, Brazil
E-mail: samelaengflorestal@gmail.com

[5] Technologist in Environmental Management, Local Coordinator, Juruá Institute - IJ, Carauari, Amazonas, Brazil
E-mail: almira.silva27@gmail.com

[6] Master of Ecology, PhD Student, State University of Campinas - Unicamp, Campinas, São Paulo, Brazil
E-mail: liviacruz@asu.edu

doi:10.18472/SustDeb.v16n2.2025.58115

Received: 04/05/2025
Accepted: 01/12/2025

ABSTRACT

In the Médio Juruá territory, local governance is strongly led by extractive communities. However, climate change has made the adaptations of riverine socio-ecological systems insufficient in the face of transformations in the region's physical-climatic rhythms. With this in mind, this study aimed to analyse climate change in terms of temperature and fluvial disasters, its socio-environmental implications and the adaptive adjustments adopted by extractivist communities in Médio Juruá. We combined analysis of physical climate data and semi-structured interviews with social actors from traditional riverside communities in the region. We found that climate change is already impacting the region. Extractive communities are feeling the impacts of increased excessive heat, rainfall, and extreme fluvial events, which are altering the dynamics of work and life in these communities. Communities are responding with a series of autonomous, adaptive adjustments, while government strategies are limited to emergency support. Traditional extractive communities need robust adaptation policies and programs that can increase the resilience of their socio-ecological systems.

Keywords: Resilience. Adaptation. Extreme events. Heat increase. River environmental disasters.

RESUMO

O território do Médio Juruá possui uma alta governança promovida pelas comunidades extrativistas. Entretanto, a mudança climática tem tornado as adaptações dos sistemas socioecológicos ribeirinhos insuficientes diante das transformações dos ritmos físicos climáticos da região. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo analisar alterações climáticas de temperatura e dos desastres fluviais, suas implicações socioambientais e os ajustes adaptativos às comunidades extrativistas do Médio Juruá. Para tanto, a pesquisa contou com análise estatística dos dados físicos climáticos e entrevistas semiestruturadas com atores sociais de comunidades tradicionais ribeirinhas da região. Os dados demonstram que a mudança climática já gera impactos na região. As comunidades extrativistas sentem o aumento do calor excessivo, precipitação e de eventos extremos fluviais que já alteram a dinâmica de trabalho e da vida nas comunidades. As comunidades já respondem com uma série de ajustes adaptativos autônomos, enquanto as estratégias governamentais só são vinculadas a apoio emergencial. As comunidades tradicionais extrativistas necessitam de políticas e programas de adaptações robustos que possam aumentar a resiliência de seus sistemas socioecológicos.

Palavras-chave: *Resiliência. Adaptação. Eventos extremos. Aumento do calor. Desastres ambientais fluviais.*

1 INTRODUCTION

The socioecological systems composed of traditional riverine and extractivist communities[1] in the Amazon are based on a series of strategies historically adapted to the physical environment of the tropics and to the isolation caused by the precariousness of transportation routes (Moran, 1974). This high adaptive capacity is due to the plasticity of human responses to the environment, both socioculturally and physiologically (Filizola *et al.*, 2006; Laraia, 1996; Moran, 1994).

The historical adaptability of human societies to environmental conditions occurs mainly through regulatory or adaptive adjustments (Moran, 1994), which may be social, behavioural or cultural, and are important to the relationship between humans and their environment. In the Amazon floodplains, this historical adaptation capacity is well represented in the dwellings of riverine communities. The houses are built on stilts (*palafitas*) to match the height of the floods or float on the water (*flutuantes*) to withstand the seasonality of the rivers. The cultural strategy of shelter is among the most common regulatory mechanisms.

Climate change has brought critical conditions to communities located in the floodplains and uplands through the intensification of extreme climatic events (Artaxo, 2020; IPCC, 2014). This new hydroclimatological context creates insecurity for socioecological systems, especially for communities whose livelihoods are highly dependent on the environment, thereby exposing them to greater risk.

Extreme events represent abrupt variations in local climatological conditions that exceed normal thresholds and can expose human societies to increased vulnerability (Marchezini *et al.*, 2023). In the Amazon, extreme climatic events are mainly associated with floods, droughts, and heavy rainfall, leading to disasters due to their impacts on human settlements (Guimarães *et al.*, 2021; Vasconcelos *et al.*, 2020).

Adaptive capacity is understood as the potential to shift toward a more desirable state in the face of risks and impacts of climate change (Eakin *et al.*, 2014). Adaptation, in turn, is defined as the process of making the necessary adjustments to anticipate and prevent the impacts of climate change (IPCC, 2007).

According to IPCC (2007), there are several categories of adaptation, with emphasis on autonomous, anticipatory, and planned adaptation. Autonomous adaptation refers to the immediate response to the occurrence of extreme events. Anticipatory adaptation occurs when governments and society adopt measures before such events take place. Planned adaptation, meanwhile, results from political decisions, such as climate change adaptation plans (May; Vinha, 2012).

Another strategic approach to climate adaptation centres on collective action, emphasising social organisation, social capital, and social justice (Engle, 2011). However, adaptation actions and measures are still not treated as priorities by governments, hindering the implementation of adaptive strategies and amplifying vulnerabilities (Dos Santos *et al.*, 2024; Teixeira *et al.*, 2021).

The Médio Juruá territory, located in the western Brazilian Amazon, is recognised regionally for its strong social organisation, well-structured environmental governance, and a socioeconomic system based on sociobiodiversity productive chains (Guimarães *et al.*, 2023). Nevertheless, the occurrence of extreme climatic events in the region has been causing significant social losses and altering the lifestyles of extractivist populations. In this context, the present study aimed to analyse temperature-related climate changes and fluvial environmental disasters, their socio-environmental implications, and the adaptive adjustments of traditional riverine and extractivist communities in the Médio Juruá.

This research is based on the premise that hydroclimatic dynamics can be understood through the concepts of holorhythms and rhythmanalysis. Holorhythms encompass the totality of all rhythms within the climatic realm: social, biological, and physical (Sette, 2000). Rhythmanalysis refers to the theory that seeks to understand the polyrhythms of bodies and space, systematically integrating diverse disciplines (Tarifa, 2002). Therefore, research grounded in these epistemologies confers a higher level of complexity to the analyses than a disciplinary lens would do, observing phenomena through a systematic, interdisciplinary lens.

2 METHODOLOGY

2.1 STUDY AREA

The Médio Juruá territory, the locus of this study, is characterised by the presence of two sustainable use conservation units: the Médio Juruá Extractive Reserve, federally managed, and the Uacari Sustainable Development Reserve[2], under Amazonas state management (Figure 1). Together, the two sustainable use protected areas cover more than 920,000 hectares. In this region, there are over 1,200 families from traditional riverine and extractivist communities who make their living from family

agriculture, co-management of pirarucu (*Arapaima gigas*), rubber tapping (*Hevea brasiliensis*), and the harvesting of açaí (*Euterpe precatoria*) and oilseeds such as andiroba (*Carapa guianensis*) and murumuru (*Astrocaryum murumuru*).

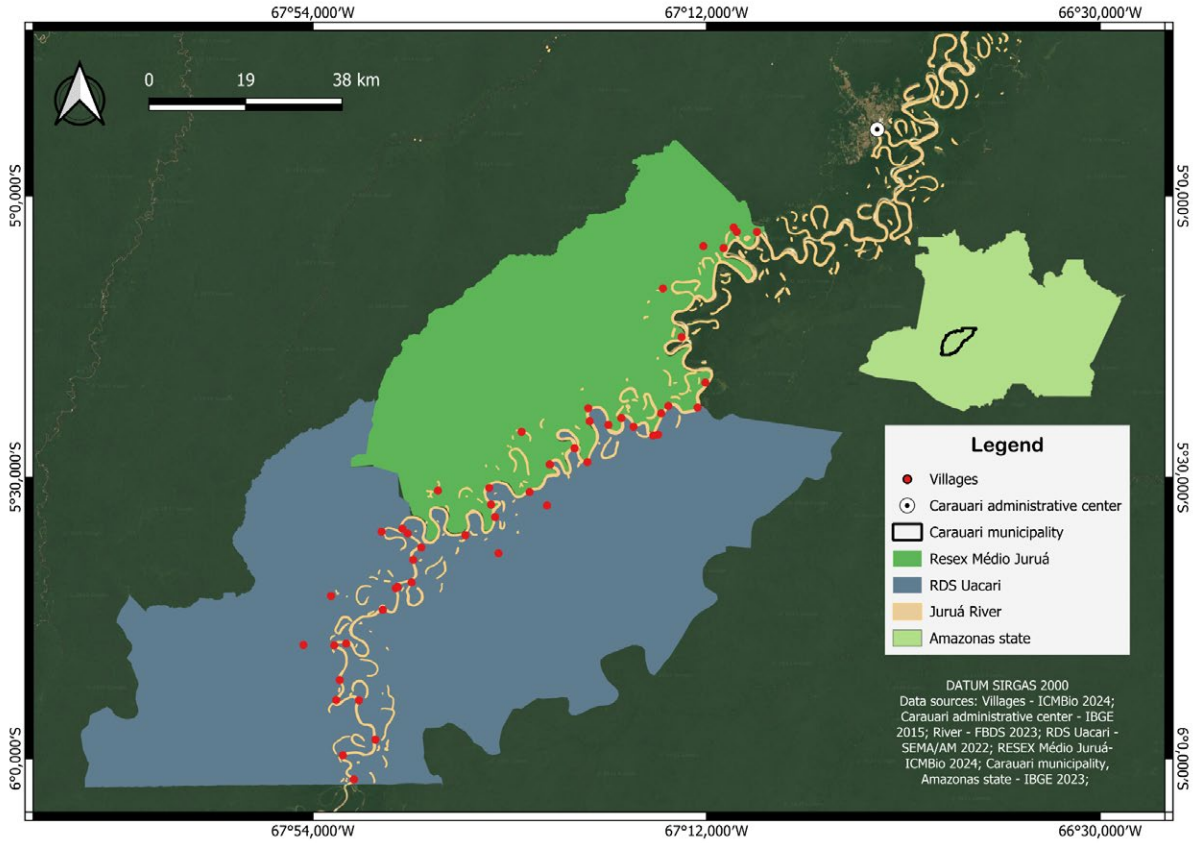


Figure 1 – Map of the Médio Juruá territory.

Source: authors

The Juruá River region lies within fault structures associated with neotectonic reactivations (Passos; Soares, 2017). The Juruá River is known for its meanders, which make it extremely sinuous and further increase the distances between villages located along its margins. This sinuosity is related to lithological and topographic characteristics and can be influenced by changes in the climatic seasonality (Passos; Campos-Silva, 2019).

Rivers in the Amazon have four well-defined seasons: the rising water period, the flood, the receding water period, and the dry season (Witkoski, 2010). These seasons represent the river's natural cycle of flooding and receding throughout the year. The dynamics of the hydrological cycle in the Amazon reshape both space and landscape through alternating drought and flood periods, a phenomenon known as seasonality (Abreu; Oliveira, 2012).

The hydrological system in the region is also influenced by the Intertropical Convergence Zone (ITCZ), the inflow of moisture from the Atlantic Ocean carried by trade winds, and the exchanges of heat and humidity between the vegetation and the atmosphere within the region itself (Marengo *et al.*, 2001; Tucci, 2002).

2.2 DATA COLLECTION

This research was conducted through the collection of primary data via semi-structured interviews, aiming to better understand climate change in the Médio Juruá region through the perceptions of local people. It also included secondary data from documents in the archives of Inmet (National Institute of Meteorology), Civil Defence, ICMBio (Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation, a federal environmental agency in Brazil), Idam (Institute for Sustainable Development of Agriculture and Forestry of the Amazonas State), and Sema (Amazonas State Secretariat for the Environment). To complement the information collected, a bibliographic review was carried out on the studied themes using databases such as Google Scholar, the Capes Journals Portal, SciELO, and Web of Science, with the following keywords: climate change, impacts of extreme events, adaptive adjustments, Médio Juruá, and traditional populations. Thus, data collection consisted of a combination of secondary and primary data.

To identify extreme hydrological events in the Carauari region, we accessed and processed public temperature data from Inmet. We used data from the hydroclimatological station of Eirunepé/Amazonas (Code 82610), located upstream on the Juruá River. The Eirunepé station was selected for the historical temperature series analysis because it contains more recent and complete data and is located closer to the municipality of Carauari. The Carauari station has records up to 1990, which would compromise the analysis of more recent data.

Regarding environmental disasters in the municipality of Carauari, we obtained records from the Integrated Disaster Information System (S2iD), the platform of the National System for Protection and Civil Defence, which aims to improve and bring transparency to risk and disaster management in Brazil through the digitalisation of processes regarding such disaster events and the publication of systematised information (Brasil, 2025).

Through statistical analysis (Mann-Kendall test) of these physical data, normality thresholds were established, and events that exceeded those thresholds were identified as extreme temperature events in the region. Primary data for this research were obtained through individual semi-structured interviews in traditional riverine communities of the municipality of Carauari.

The number of interviewees was based on the number of households in the selected villages. It is important to note that this qualitative component of the research prioritised the representation of community leaders. In total, 72 family leaders from different communities in the Médio Juruá territory were interviewed—47 men and 25 women. Unfortunately, greater gender parity could not be achieved, as men are still the majority in leadership positions in the territory.

The interview group included fishers, extractivists, family farmers, pirarucu (*Arapaima gigas*) managers, and riverine residents who held leadership positions within their villages or local organisations. The extractivist and riverine communities of the Médio Juruá are composed of migrants from northeastern Brazil who arrived during the rubber boom[2] and intermingled with Indigenous peoples from ethnic groups such as the Kulina and Kanamari, originary peoples in the Médio Juruá region. Most interviewees identify as Catholic, due to the work carried out in the territory by the Basic Education Movement (MEB), an initiative linked to the Catholic Church that supported traditional populations in their process of social organisation (Guimarães *et al.*, 2023).

Throughout history, these traditional populations have played a fundamental role in conserving natural environments by maintaining sustainable land and resource use practices, particularly in the Médio Juruá region, known for its struggles and resistance to the rubber exploitation system. Therefore, understanding adaptive adjustments in response to climate change reinforces the importance of effectively protecting these territories to safeguard traditional knowledge and the ways of life of the communities that rely on them.

Semi-structured interviews followed a script of 37 open- and closed-ended questions addressing climate perception, adaptation, and vulnerability. The goal was to assess whether the intensity or scarcity of factors such as heat and rainfall affect community dynamics and livelihoods, as well as to evaluate the effectiveness of both governmental adaptive strategies and those developed by the communities themselves in different situations, such as rising temperatures, rainfall, extreme floods, and extreme droughts. Interviews were conducted with one adult resident per household who had lived in the community for more than eight years.

Participants were selected using the snowball sampling method, and data collection continued until responses reached saturation, that is, when no new information emerged (Baldin; Munhoz, 2011). This technique allowed participants to suggest other individuals who could contribute to the study, thereby maximising heterogeneity in data collection.

The analysis and interpretation of information were carried out through content analysis, using manual coding of variables to ensure greater objectivity and to go beyond the surface level of the text (Rocha; Deusdará, 2005). To ensure the interpretations were unbiased, data validation was conducted through external peer review. It is worth noting that in this research, interviewees were treated as research participants, and several excerpts of their statements appear in the text to give voice to their perceptions of extreme events, such as increased temperatures, heavy rains, extreme floods, and droughts, as well as the adaptive adjustments observed in riverine socioecological systems.

Since this research involved human participants, all methodological procedures were submitted to the Ethics and Research Committee of the Federal University of Amazonas (CEP/Ufam), CAAE No. 54763221.0.0000.5020, and to the Brazilian Biodiversity Authorisation and Information System (Sisbio), No. 80629-1.

Integrating data analysis with information on the social impacts of climate transformations in the Amazon region is essential for understanding climate change across this vast territory (Vasconcelos, 2020). This methodological effort is crucial for environmental science studies because it enables correlating different disciplines to elucidate phenomena and their consequences (Moran, 2011).

For this study, temperature data from the Eirunepé station covering the period from 1988 to 2021 were considered. The 90th percentile was calculated to identify extreme temperature events in the region over the historical series.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 CHANGES IN TEMPERATURE AND SOCIO-ENVIRONMENTAL IMPLICATIONS

The temperature considered extreme for the Eirunepé station was any temperature above 34°C, which showed statistical significance with the following values: S = 217; Z = 3.2021; p = 0.001364. Figure 2 shows the relationship between the number of days per year and each temperature level for the analysed period.

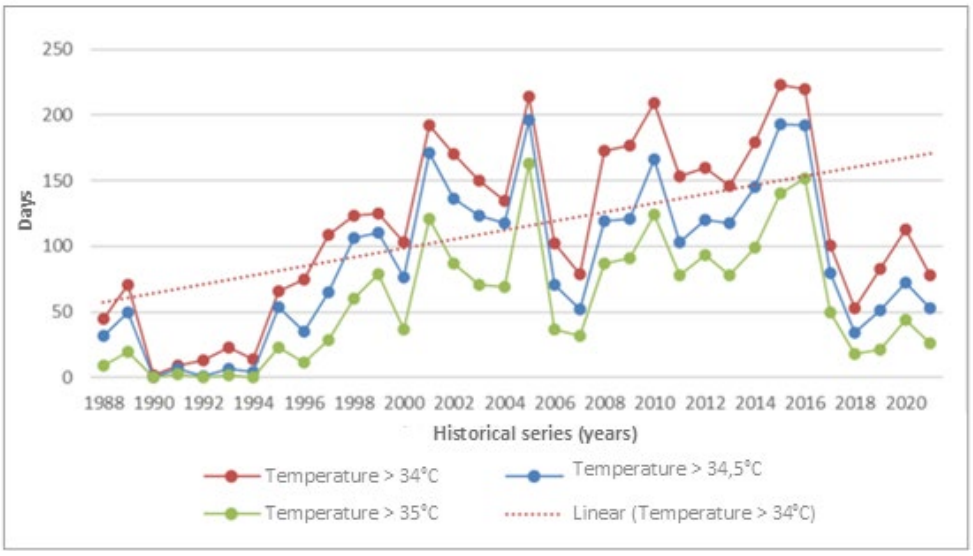


Figure 2 – Number of days per year with maximum temperature over the 90th percentile (34ºC) in the municipality of Eirunepé/AM

Source of data: INMET. Figure made by the authors

During the period analysed, an average of 114 days with maximum temperatures above 34°C were identified, reaching as many as 223 days above 34°C in 2015. Similarly, the average was 87 days with maximum temperatures above 34.5°C, and 57 days with temperatures above 35°C. This high number of hot days indicates a sustained increase in heat in the Juruá River region, with a statistically significant upward trend over the period analysed. These days with temperatures above 34°C are considered extreme temperature events for that region.

Extreme temperature events were identified in the years 2015, 2016, and 2005, respectively. In 2015 and 2016, El Niño events were particularly strong in the Pacific Ocean, and their effects were felt in the Juruá River region near Eirunepé, in the Amazon (Ggweather, 2021). According to the study, the year 2005 can be considered atypical because the extremes in temperature were not influenced by El Niño; instead, the phenomenon can be explained by temperature variations in the Tropical North Atlantic.

Applying the Mann–Kendall test to the 34-year historical series showed that the trend is statistically significant and exponential. Temperature in the Amazon has risen by an average of 0.65°C over the last century (Marengo; Souza Jr., 2018). This temperature increase in the region is linked to global warming, which has been intensified by rising emissions of greenhouse gases in the Earth's atmosphere (Fearnside, 2018).

The year 2017 is considered the hottest since the mid-20th century in the Amazon region (Marengo; Souza Jr., 2018). Climate change projections for the Amazon indicate a temperature increase of up to 4°C and a 40% reduction in rainfall (IPCC, 2014). Thus, global warming will bring enormous implications for the hydrological regulation provided by the Amazon through evapotranspiration, which helps promote rainfall across South America (Marengo; Souza Jr., 2018).

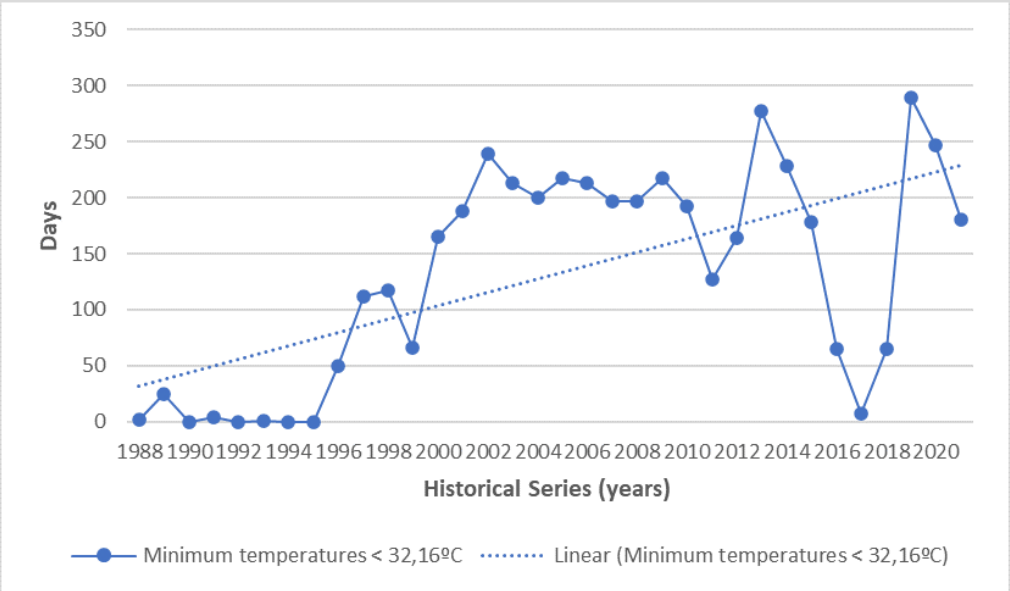
Future scenarios for the Amazon foresee an incremental increase in regional temperatures (IPCC, 2014). This process will trigger transformations in Amazonian ecosystems, particularly affecting species and populations in terms of phenology, biotic interactions, extinction rates, and species distribution (Marengo; Souza Jr., 2018).

Results from the Eirunepé station indicate an increase in the region's nighttime minimum temperature, the period in which minimum temperatures occur. In 2019, a record of days with minimum temperatures

above 22.16°C (the 90th percentile) was reached, totalling 289 days (Figure 3). This exponential temperature increase has direct implications for the livelihoods of riverine populations and has been increasingly perceived by community members:

> Over the past 15 years, the heat has been getting worse. And every year it just gets worse. Sometimes you take a bath and go to sleep, and until that little bit of coolness comes in the early morning, you don't sleep, as you keep soaked in sweat. (JC, Rubber tapper, 2021).

Figure 3 – Number of days per year with minimum temperatures above the 90th percentile (22,16ºC) in the municipality of Eirunepé/AM.



Source of data: INMET. Figure made by the authors

Hotter nights have made it difficult for agro-extractivist producers in the region to rest, as those living in the forest do not have access to electricity or resources to relieve the heat, such as fans or air conditioners. Mr Joaquim's perception reflects the long-term experience of a rubber tapper who has lived for over 90 years along the Juruá River, relying on natural resources. Living in the forest, he clearly perceives the region's climate changes and is concerned about the transformations they bring.

These trends of rising minimum temperatures have also been observed in the Manaus region, where results do not indicate variability in the average temperature but do show a clear trend (Vasconcelos, 2020). This trend has been affecting agricultural work in the region:

> You go to the cassava field, and it's already hot. Then there's this unbearable heat, you just can't stand it. In the past, you could work the whole day in the field. Sometimes you'd stop for a drink of water, sit by the trunk of a tree, and cool off for two or five minutes... Now, you come back from the field at 10 a.m. already exhausted. (JC, Rubber tapper, 2021).

Thus, rising temperatures have become a crucial factor changing the daily work routines of agro-extractivist populations in the Juruá River region of Carauari. The heat has made it increasingly difficult for farmers to remain in their planting areas, particularly cassava fields, due to high exposure to sunlight. Climate change tends to increase population vulnerability and lead to more illnesses (Sette, Ribeiro *et*

al., 2011). This vulnerability is even greater for populations living in the forest who depend on income from managing natural resources.

Studies indicate that climate change will directly affect working conditions worldwide in the near future. Labour-intensive activities, such as agriculture, are expected to experience a drastic reduction in the number of workers, potentially leading to greater food insecurity and a decrease in food produced by family farming (Souza *et al.*, 2020).

The absence of hydroclimatological stations in the municipality of Carauari with a long historical record is a limiting factor for more precise climate studies in the region. However, the data obtained from the Eirunepé station, located along the same Juruá River, combined with local residents' perceptions already demonstrate that the socioenvironmental impacts of climate change have arrived in the region.

3.2 SEASONAL VARIABILITY AND EXTREME FLUVIAL EVENTS IN CARAUARI

Human adaptation strategies in the riverine regions of Carauari are increasingly insufficient in the face of the intensity and timing of extreme climatic events, which are becoming progressively more frequent. Extreme climate events in the Amazon have been attributed to El Niño and La Niña phenomena, which increase or decrease rainfall and cause changes in river discharge and water levels (Zeng *et al.*, 2008).

According to the Brazilian Disaster Classification (Cobrade), extreme flood events are classified as *inundações* (floods) and extreme drought events as *estiagens* (droughts). Both are hydrological disasters, also known as fluvial environmental disasters (Guimarães *et al.*, 2023). It is important to note that events do not need to exceed normality thresholds in order to be classified as disasters; in this framework, impacts to humans are central to determining disaster status. Thus, in the Amazon, where traditional riverine communities live along riverbanks, these events generate enormous socioeconomic losses and place their livelihoods in socioenvironmental vulnerability.

> Floods, like the 2021 one, affect everything. Economically, people can't collect fruits [andiroba and murumuru]. Socially, homes go underwater, material belongings, production… So it affects every aspect of community life: social, economic, and cultural, especially for families. (MS, Farmer, 2022).

By analysing environmental disaster occurrences in the municipality of Carauari using records from the Integrated Disaster Information System (S2iD), we focused on the typology of these disasters and their relationship with extreme events in the region from 2005 to 2025.

When considering disasters linked to the Juruá River's seasonality, it becomes clear that they are the most frequently declared by public authorities over the years. This is due to the importance of river resources for municipalities in the interior of Amazonas, such as Carauari, where access to food and transportation relies on rivers, which are also tightly connected to cultural identity and belonging to place. Overall, "in Amazonas, 89.79% of disasters recorded since 2005 are related to riverine events (droughts, floods, and fluvial erosion), totalling 386 events" (Guimarães *et al.*, 2021).

In Carauari, five drought-related disasters and six flood-related disasters were officially declared. Drought disasters occurred in 2005 and 2010, while flood declarations are associated with events in 2012, 2013, 2015, 2017, 2019, and 2021. Because of the strong relationship between communities and rivers, these disasters are most perceptible to the population and, consequently, are most often reported by municipal governments.

The events of 2013 and 2014 were influenced by La Niña and/or an increase in sea-surface temperature in the South Atlantic (Marengo; Espinoza, 2016). Another factor is related to the 2015 floods in the Juruá

region: rainfall amounts were more than twice the volume recorded in normal years (Espinoza *et al.*, 2014). As for droughts, the 2005/2006 events were linked to anomalous warming of the Tropical North Atlantic (Marengo *et al.*, 2018), while the 2010/2011 period had the highest warming ever recorded in the Tropical Atlantic, combined with an El Niño event (Liberato, 2014).

A similar study was conducted by Pereira and Szlafsztein (2016) on natural disaster risks and the main human, material, environmental, social, and economic data in the Purus River basin. The goal was to catalogue past disasters to anticipate future events. Their results showed:

> The 21 municipalities with more than 40% of their territory in the Purus River basin recorded 104 disasters between 1971 and 2012. The most recurrent (70%) were disasters associated with increased precipitation, such as floods, flash floods, fluvial and linear erosion, waterlogging, landslides, windstorms, and thunderstorms. [...] The municipalities of Boca do Acre (AM) and Rio Branco (AC) were the most susceptible to precipitation-related disasters (8 and 16 records). Except for the southwestern Acre municipalities of Senador Guiomard, Capixaba, Bujari, and Acrelândia, the remaining municipalities were classified as low or moderate threat. (p. 77-78)

> 12 out of 17 years with extreme hydrological variations in the Purus basin can be explained by changes in meteorological and hydrological parameters in the Amazon region. (p. 87)

Among the damages caused during low-rainfall periods are increases in natural and human-induced fires for field clearing, resulting in crop and livestock loss and worsening air quality. Environmental damages also include:

> Impacts on fauna and water resources. Water scarcity dries up many channels, causing mortality among aquatic and terrestrial species. Such extreme events also reduce the availability of water for human consumption and compromise much of the river transportation system, isolating many localities due to difficulties in travel, distribution, and access to supplies, fuel, and medicine. Limited water availability often leads not only to respiratory illnesses but also to waterborne diseases due to animal die-offs and high sediment concentrations. (p. 84-85)

Thus, the increasing frequency and intensity of extreme hydrological events in the Juruá River region have produced major socioeconomic impacts on riverine communities, qualifying these events as environmental disasters, as their effects go beyond the adaptive capacities that socioecological systems have developed over decades. In this context, socioecological systems have been developing a series of adaptive adjustments in response to climate change.

3.3 ADAPTATIONS TO CLIMATE CHANGE IN THE MÉDIO JURUÁ TERRITORY

When addressing the transformations in climatic rhythms in the Médio Juruá, the first cultural adjustment in human adaptability identified by research participants was a response to intense heat. All interviewees emphasised changes in working hours in the region's agriculture. According to most accounts, work previously occurred from 7:00 a.m. to 11:30 a.m. and from 2:00 p.m. to 5:00 p.m., totalling 7 hours and 30 minutes of labour. However, due to rising temperatures in the region, the schedule shifted to 6:30 a.m. to 9:30 a.m. and 3:30 p.m. to 5:00 p.m., totalling 5 hours of work. This reduction in working hours in family agriculture activities is reshaping labour relations in the region and decreasing production in these socioecological systems, generating impacts on income generation and food security.

> The heat… I also want to talk about the sun. In the past, when we went to plant in the fields, you could work comfortably until around 11 or 11:30 in the open fluvial beaches. We used to plant a lot on fluvial beaches. We would leave at 6:30 or 7:00. You could plant until 11 with no problem, then go back home for lunch. Now, by 9 in the morning, the sun has the same intensity it used to have at 11 or 11:30, and anyone who insists on being stubborn and working under that harsh sun is having serious health problems. In São Raimundo, a man went out on a sunny day like that, and before even reaching the community, he died holding onto the handle of his boat's motor. The sun is so unbearable that when you're out in it, you can feel it harming you. And that sun is tied to the heat, and the heat is absurd. It's so intense that if you insist on working, you suffocate, you feel your heart beating abnormally, you feel yourself overheating, and your body works so hard to regulate its temperature that you end up feeling sick […] (MC, Rubber tapper, 2022).
>
> Back then, with my mother, we would always leave around 7:30 or 8:00 and return around 11 or 11:30 for lunch. Today, you have to leave no later than 6:30 in the morning to go to the fields and be back by 9:30 at the latest because of the heat. (MS, Farmer, 2022).
>
> Today, people have to leave for the fields at 6 a.m. at the latest, and by 9:30, they can't handle it anymore. (FS, Oilseed collector, 2021).

This reduction in working time was also documented by Vasconcelos (2020) when studying the impacts of climate change in the Rio Negro region. In that context, farmers likewise reduced their exposure to the sun during agricultural activities.

Throughout the 21st century, rising temperatures are expected to reduce labour activity, especially in occupations that require direct exposure to sunlight, such as agriculture (Souza *et al.*, 2020). High solar exposure tends to generate socioeconomic impacts, but above all, it affects workers' health and decreases productivity. Therefore, other adaptations, such as adjusting clothing for sun exposure and reducing work time with longer rest cycles, are recommended to mitigate the effects of climate change on the capacity of outdoor workers (Souza *et al.*, 2020).

Other adaptive adjustments to support human adaptation within these socioecological systems in the face of climate change were also identified by research participants (Table 1).

Table 1 – Adaptive adjustments by type of climatic event: rise in temperature, rainfall, extreme flood, extreme drought

Category	*Event*	*Adjustments*
Work	Rise in temperature	Reduced time working in the fields Planting other crops Returning to activities that do not take place in exposed areas
	Intense rainfall	Suspension of work on rainy or stormy days
	Extreme floods	Planting less in floodplain areas and more on upland; avoiding the planting of species susceptible to water stress; interruption of agro-extractivist activities; early harvesting of cassava; collective efforts (*mutirões*) for flour production
	Extreme droughts	Construction of wooden walkways (*trapiches*) to facilitate movement during work activities

Category	Event	Adjustments
Housing	Rise in temperature	To present concepts and information related to scientific production; to integrate with the information discussed by the participants in the first activity.
	Extreme floods	Raising house floors; relocating homes to higher areas; staying temporarily on houseboats (*chalanas*); building elevated platforms (*marombas*) to lift appliances and furniture
Food	Rise in temperature	Greater purchase of industrialised foods
	Intense rainfall	Avoiding the planting of species susceptible to water stress
	Extreme floods	Lake preservation; increased fishing during certain periods
	Extreme droughts	Protecting lakes for community consumption; increased acquisition of industrialised foods
Nature	Rise in temperature	Planting trees near houses to provide shade
	Extreme floods	Avoiding latex extraction from rubber trees affected by water stress, and adding new rubber trees along tapping trails
Education	Rise in temperature	Holding classes outside the classrooms Changes in school schedules
	Extreme floods	Suspension of classes; difficulty reaching school
	Extreme droughts	Parents accompanying children to school
Health	Rise in temperature	Less time exposed to the sun Carrying out activities during periods of lower solar incidence
	Extreme floods	Greater care with water due to waterborne diseases; increased malaria prevention
Leisure	Rise in temperature	Changing the time of soccer matches
	Extreme floods	Holding canoe-racing tournaments
Religion	Extreme floods	Changing the dates of festivals and religious celebrations
Migation	Extreme floods	Temporary relocation to another community
Mobility	Extreme droughts	Avoiding long-distance travel during the dry season

Source: Authors

Adaptive adjustments were identified across the categories of housing, labour, food, nature, education, health, and leisure. In a study conducted by Teklay *et al.* (2025) in Ethiopia, similar shifts were observed, such as changes in crop types and the adoption of genetically improved varieties, adaptations that were only possible through effective technical assistance and rural extension services. Thus, one possible pathway to avoiding the replacement of traditional crops is the development and consolidation of varieties that are better adapted to the new climatic conditions of the region. However, this would only be achievable with technological development and a more consistent presence of agricultural extension.

As in the labour category, solar exposure was also relevant in relation to health issues, as interviewees mentioned reduced solar exposure as an adaptation to avoid health problems. This preventative approach also appears in the leisure category, as the timing of soccer matches was shifted to avoid the hottest hours of the day.

In relation to heavy rainfall, adjustments were identified in agricultural labour: on days with intense precipitation, work in forests, fields, and rivers becomes impossible, hindering the activities of agroextractivist workers. This directly impacts household income due to the loss of workdays. Food practices are also affected, as some species are highly sensitive to either excess or scarcity of water, leading, for example, to the abandonment of banana cultivation (*Musa* sp.).

Regarding extreme floods, interviewees reported a series of long-standing adaptations developed to maintain livelihoods in riverine socioecological systems. In the labour category, most adjustments were linked to cassava production, one of the most impacted crops during floods in the region. The flooding of swidden fields causes major economic losses for family farmers, who see their investments of time and labour wiped out by extreme flooding.

In the housing category, two types of adjustments were identified: preventive and emergency. Relocating homes and raising house floors are considered preventive measures (Guimarães *et al.*, 2019). Emergency adjustments include building *marombas* (elevated wooden platforms inside the houses) and temporarily living in *chalanas* (houseboats). These adaptations entail high costs, and many residents cannot afford structural changes to their homes, meaning climate change further intensifies the socioeconomic vulnerability of these communities.

Related to the food category, it is worth noting that communities in the region have adopted fishing agreements to protect certain lakes for their own consumption and to establish managed fisheries for species such as pirarucu and tambaqui. Even though not directly driven by climate change, this can be understood as a strategy that leverages food security and community resilience in the face of climatic extremes. Such agreements serve as fisheries governance tools and are essential for maintaining food security year-round, generating commercial fishing income, and protecting fish stocks. Food scarcity caused by extreme events has also been documented elsewhere, as in the study by Chowdhury *et al.* (2025) in northwestern Bangladesh, where farmers reported similar impacts, highlighting that regions of the Global South share considerable similarities in how climate change affects socially and economically vulnerable populations dependent on natural resources.

Due to the high mortality of rubber trees during floods, interviewees noted that rubber tappers avoid latex extraction from affected trees so they can recover from attacks by xylophagous insects.

In the education category, during extreme floods such as the 2021 event, classes were suspended because schools were underwater and because the physical space of schools was very hard to access due to the amount of mud in the paths. The need to suspend classes due to extreme floods was similarly documented in other studies in the Amazonian region (Vasconcelos, 2020). In health, adjustments involved preventive measures against waterborne diseases, including drinking filtered water and maintaining constant surveillance for malaria symptoms.

Another important point is temporary migration, which occurs between Médio Juruá communities and even to the municipal centre of Carauari during floods. In some cases, this migration becomes permanent, as reported:

> We are going to face many delicate situations if the effects of climate change continue. One is the rural exodus. If you conduct a survey, there are more than 20 families who moved to town because of last year's flood [2021]. (MC, Rubber tapper, 2022).

This migration concerns conservation unit management bodies and community organisations, as it may lead to a large rural exodus, a practice that has been reduced in recent decades thanks to improved living conditions in the communities. Poorer families face greater difficulty developing adaptation strategies; thus, for many, remaining in their socioecological systems, even under extreme climatic impacts, is often the only path (Bedran-Martins, 2016).

In relation to droughts, fewer adjustments were identified compared to floods, but communities have begun to develop strategies to deal with extreme droughts. One challenge that emerges is accessing lakes during the dry season, even more so during events of extreme droughts. Construction of *trapiches* (wooden docks) is a strategy to overcome this challenge, as they connect villages or places of fish processing to the lakes, enabling land transportation of the produce. The construction of *trapiches* and elevated walkways is done through collective efforts, and it is important for both the outflow of fish and the facilitation of people's movement within the villages.

Lake protection is a year-round activity, but in extreme droughts, these lakes become crucial for community food security, as many households rely almost exclusively on fishing for animal protein. Another adjustment is the increased purchase of industrialised foods due to the reduced availability of local protein sources.

In relation to access to food, during the 2021 flood, public authorities and civil society responded mainly with reactive measures, such as food basket distribution and the construction of *marombas* in flooded areas to allow for movement and protect appliances and furniture. It is important to highlight the coordinated action of organisations participating in the Médio Juruá Territory Forum, which, together with multiple partners, mobilised humanitarian aid by distributing food baskets and hygiene items and providing 1,050 prepaid cards of R$ 300 to affected families. With this collective mobilisation and support from the Fórum's regional governance structure, more than 3,000 food baskets were delivered to riverine families in the Médio Juruá Extractive Reserve, the Uacari Sustainable Development Reserve, surrounding areas, fishing agreement territories, and the Indigenous land of the Deni People.

These emergency response strategies in Médio Juruá demonstrate the territory's high level of social organisation. Strengthening this collective action is essential for consolidating programs and policies that enhance the adaptive capacity of local communities (Bulkeley, 2010).

Resilience, indicating both how people absorb impacts and when transformations in their ways of life become necessary, depends on the perception of thresholds, when communities reach their limits and seek new ways of living, dwelling, and producing in Amazonian floodplain environments (Filizola *et al.*, 2006; Guimarães *et al.*, 2019; IPCC, 2024; Vasconcelos, 2020).

However, even with these adaptation processes, extreme events create disruptions that farmers cannot manage, leading to the abandonment of crops, the loss of vulnerable species, and reduced production of key foods for household sovereignty, such as cassava and sweet potato.

It is important to emphasise that communities themselves develop these autonomous adaptations as strategies to remain within their socioecological systems. Yet they occur without government support, which makes more resource-intensive strategies, such as structural home adaptations or the purchase of industrialised foods like chicken, sausage, canned goods, and other animal proteins, difficult. These alternatives require financial resources and often lead to nutritional losses. Therefore, government measures are essential so that riverine socioecological systems can adjust to new climatic conditions brought about by climate change.

4 CONCLUSION

The methodology used to compare climatic data with social actors' perceptions in the Médio Juruá territory enabled understanding the region's socio-environmental impacts of climate change. Riverine populations clearly perceive the extreme increase in heat. These perceptions corroborate the physical indicators obtained in this study and demonstrate how climatic rhythms regulate life in the Médio Juruá. According to interviewees, these transformations have become more noticeable over the past two decades and are linked to environmental imbalance.

The Juruá River region shows an exponential increase over the years in the number of days with maximum and minimum temperatures above the 90th percentile, indicating a rise in extreme events in the region. Traditional communities are already modifying their ways of life to maintain their labour and social practices in the face of this new reality. One strategy identified for coping with extreme heat is changing and reducing working hours involving sun exposure, meaning farmers leave earlier and return earlier. However, this adjustment directly affects family farmers' production.

Extreme hydrological events, floods and droughts, are also producing social impacts and altering the dynamics of riverine socioecological systems in the Médio Juruá. The increased frequency of extreme floods and droughts affects production and social activities and isolates communities in the region.

Numerous adaptive adjustments were identified, particularly in the labour and food categories, where adjustments were reported for all extreme events. In the labour category, in addition to the shift in working hours, interviewees highlighted the abandonment of species vulnerable to water stress or intense heat. In the food category, the increased consumption of industrially processed foods stands out, an adjustment observed during both droughts and heat-related events.

Extreme floods were the events most frequently present across all categories of adaptive adjustments, with multiple strategies reported. This is explained by the high frequency and severity of the impacts caused by floods in the territory, as well as the central role of the river in the region's socioecological systems. However, further studies are needed to better understand the direct impacts of floods on productivity and social relationships in the region.

Research participants recognised the difficulties in implementing adaptive measures due to financial constraints, the ineffectiveness of existing measures, and the volatility of climatic rhythms in the Médio Juruá. This insecurity places the communities' livelihoods at risk, pushing them toward the limits of their socioecological systems and making it harder for them to remain in their traditional territories.

Territorial management, popular participation, and the polycentric governance already present in the Médio Juruá will be crucial for climate adaptation. However, without government involvement in the development of adaptive strategies across different public policies, ensuring the conditions for these systems to persist will be very difficult. In the face of socio-environmental disasters in the region, governmental responses have been largely emergency-based and reactive, consisting mainly of distributing food baskets and building *marombas*, especially by government entities.

Governments at various levels perform poorly in addressing climate issues, allowing impacts to unfold without structural or long-term responses. An important pathway for resilience in the Médio Juruá is the development of a climate change adaptation plan, built in a participatory and integrated manner.

The Médio Juruá reveals a central contradiction of climate change: the populations that conserve the forest the most are those who suffer the most from the consequences of this environmental crisis. Government support made available to these communities is still minimal when compared to their contribution to maintaining ecosystem services through forest conservation.

Greater effort is recommended in conducting research on climate change impacts and adaptation among traditional peoples and communities in the Amazon, given the scarcity of scientific studies addressing these themes and the need for better understanding the climatic vulnerabilities to which these populations are exposed.

STATEMENT ON THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

The authors used ChatGPT (version GPT-5.1, OpenAI) for language editing and stylistic polishing only. All scientific content, analysis, and intellectual input were developed and verified by the authors; we take full responsibility for the accuracy and integrity of the manuscript.

NOTES

1 | Traditional communities, including riverine peoples and extractivists, are culturally differentiated groups, which self-recognize as such and maintain specific social organization characteristics, occupying and using territories and natural resources to guarantee cultural, social, religious, ancestral and economic reproduction, based on traditional knowledge and practices (Brasil, 2007, p.1).

2 | Historical period between 1880 and 1910 in which there was a high global demand for rubber, especially to produce tires, making Amazonian rubber the main Amazonian exports, and one of the most important in Brazil.

REFERENCES

ABREU, R. P.; OLIVEIRA, H. S. A influência das mudanças sazonais nos aspectos naturais e sociais no careiro da várzea – Am. Eixo temático: clima, ambiente e atividades rurais. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v. 2, n. 5, p.1399 –1408, 2012.

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

BALDIN, N.; MUNHOZ, E. M. B. **Snowball (bola de neve)**: uma técnica metodológica para pesquisa em educação ambiental comunitária. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. 2011. p. 329-341.

BEDRAN-MARTINS, A. M. B. **Avaliação dos impactos de políticas públicas de transferência de renda na qualidade de vida no semiárido nordestino face às mudanças climáticas**. São Paulo, 2016. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2016.

BULKELEY, H. Cities and governing of climate change. Annu. **Rev. Environ. Resour**. v. 35, p. 229-53, 2010.

CHOWDHURY, J. M. A. S.; KHALEK, M. A.; KAMRUZZAMAN, M. Farmers' climate change perception, impacts and adaptation strategies in response to drought in the Northwest area of Bangladesh. **Climate Services**, v. 38, p. 100540, 2025.

DOS SANTOS, Y. C. *et al.* Enfrentamento aos riscos das mudanças climáticas no semiárido brasileiro: a adaptação climática como uma nova agenda governamental. **Revista de Gestão dos Países de Língua Portuguesa**, v. 22, n. 1, p. 46-66, 2023.

EAKIN, H. *et al.* Differentiating capacities as a means to sustainable climate change adaptation. **Global Environmental Change**, v. 27, p. 1-8, 2014.

ENGLE, N. L. Adaptive capacity and its assessment. **Global Environmental Change**, v. 21, p. 647-56, 2011.

ESPINOZA, J. C.; MARENGO, J. A.; RONCHAIL, J.; MOLINA, J.; NORIEGA, L.; GUYOT, J. L. The extreme 2014 flood in South-Western Amazon basin: the role of tropical-subtropical South Atlantic SST gradient. **Environ. Res. Lett**. 9: 124007. DOI: 10.1088/1748-9326/9/12/124007. 2014

FEARNSIDE, P. M. A vulnerabilidade da floresta amazônica perante as mudanças climáticas. **Oecologia Australis**, v. 13, n. 4, p. 609-618. 10.4257/oeco.1304.05. 2009.

FEARNSIDE, P. M. Dams in the Amazon: Belo Monte and Brazil's hydroelectric development of the Xingu River Basin. **Environmental management**, v. 38, n. 1, p. 16-27, 2006. Available at: https://doi.org/10.1007/s00267-005-0113-6.

FILIZOLA, N. P.; SILVA, A. V. da; SANTOS, A. M. C. dos; OLIVEIRA, M. A. Cheias e secas na Amazônia: breve abordagem de um contraste na maior bacia hidrográfica do globo. *In*: **T&C Amazônia**, v. 9, p. 42-49, 2006.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GOLDEN GATE WEATHER SERVICES. **El Niño and La Niña Years and Intensities**. 2021. Available at: https://ggweather.com/enso/oni.htm

GUIMARÃES, D. F. da S.; BELMIRO, C. dos S.; VASCONCELOS, M. A. de; PEREIRA, H. dos S. Percepção de risco e avaliação de respostas governamentais por populações ribeirinhas em Cacau Pirêra, Iranduba/AM. **Sustainability in Debate**, v. 10, n. 3, p. 236–275, 2019. Available at: https://doi.org/10.18472/SustDeb.v10n3.2019.23711.

GUIMARÃES, D. F. S.; VASCONCELOS, M. A.; WEIL, A. G.; SCHOR, T. Os povos da floresta na produção do espaço e da sustentabilidade na Amazônia: o caso do território do Médio Juruá – Carauari/AM. **Antíteses**, [S. l.], v. 16, n. 31, p. 059–086, 2023. DOI: 10.5433/1984-3356.2023v16n31p059-086. Available at: https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/antiteses/article/view/47613. Access at: 4 maio 2025.

GUIMARÃES, D. F. S.; VASCONCELOS, M. A.; VIDAL, T. D. C. S.; dos SANTOS, P. H. A relação entre eventos climáticos extremos e desastres ambientais fluviais no Amazonas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, p. e25510917882-e25510917882, 2021. Available at: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i9.17882.

IPCC Summary for policymakers. *In*: **Climate Change 2014**: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA) ed C B Field *et al.* (Cambridge University Press) p. 1–32.

IPCC Fourth Assessment, Impacts [2007]. Intergovernmental Panel On Climate Change. **Climate Change 2007**: impacts, adaptation and vulnerability. Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change, Summary for Policymakers, April. Available at: http://www.ipcc.ch/.

IPCC. **Climate Change 2007**: the physical science basis, summary for policy makers, February 2007.

LARAIA, R. de B. **Cultura – Um Conceito Antropológico**. 11.ª edição, Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1996.

LIBERATO, A. M. **Estudo de Eventos Climáticos Extremos na Amazônia Ocidental e seus Impactos na Hidrovia Rio Madeira**. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina grande. Campina Grande, 2014. Available at: http://dca.ufcg.edu.br/posgrad_met/teses/AiltonMarculinoLiberato_2014.pdf. Access at: 05 jan. 2018.

MARCHEZINI, V. *et al.* O que são eventos extremos? Uma reflexão sobre as diferentes perspectivas do termo. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 2, 2023.

MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; SOARES, W. R.; ALVES, L. M.; NOBRE, C. A. Extreme climatic events in the Amazon basin. Climatological and hydrological context of recent floods. **Theor Appl Climatol**. v. 107, p. 73–85, 2012.

MARENGO, J. A.; ESPINOZA, J. C. Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 3, p. 1033-1050. 2016. Available at: https://doi.org/10.1002/joc.4420.

MARENGO, J. A.; SOUZA, JR. C. **Mudanças climáticas, impactos e cenários para a Amazônia**. São Paulo. p. 1-33, 2018

MARENGO, J. A. *et al.* Onset and end of the rainy season in the Brazilian Amazon Basin. **Journal of Climate**, v. 14, n. 5, p. 833-852, 2001. Available at: https://doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014<0833:OAEOTR>2.0.CO;2

MAY, P. H.; VINHA, V. Adaptação às mudanças climáticas no Brasil: o papel do investimento privado. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 229–246, 2012. Available at: https://doi.org/10.1590/S0103-40142012000100001.

MORAN, E. F. **A Ecologia Humana das Populações da Amazônia**. São Paulo, Vozes, 1974.

MORAN, E. **Adaptabilidade Humana**: uma introdução à antropologia ecológica. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 1994

MORAN, E. F. **Meio ambiente e ciências sociais**: interações homem-ambiente e sustentabilidade. São Paulo: editora Senac São Paulo, 2011.

PASSOS, M. S.; CAMPOS-SILVA, J. V. **Análise Temporal da dinâmica fluvial do Rio Juruá, AM, Brasil**. *In*: 16º SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA: geociências e geopolítica na Amazônia. 2019.

PASSOS, M. S.; SOARES, E. A. A. Análise multitemporal do sistema fluvial Solimões-Amazonas entre os tributários Purus e Negro, Amazônia Ocidental, Brasil. Geologia USP. **Série Científica**, v. 17, n. 1, p. 61-74, 2017.

PEREIRA, D. M.; SZLAFSZTEIN, C. F. Ameaças e desastres naturais na Amazônia Sul Ocidental: análise da Bacia do Rio Purus. **Raega – O Espaço Geográfico em Análise**, v. 35, p. 68-94, 2016.

ROCHA, D.; DEUSDARÁ, B. Análise de Conteúdo e Análise do Discurso: aproximações e afastamentos na (re) construção de uma trajetória. **Alea: estudos neolatinos**, v. 7, p. 305-322, 2005.

SETTE, D. M. **O holorritmo e as interações trópico-extratrópico na gênese do clima e as paisagens do Mato Grosso**. 2000. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

SETTE, D. M.; RIBEIRO, H. Interações entre o clima, o tempo e a saúde humana. **InterfacEHS – Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 6, n. 2, 2011.

SOUZA, P. M. B. *et al.* Influence of Climate Change on Working Conditions in The Late 21st Century1. **Ambiente & Sociedade** [online]. v. 23, 2020.

TARIFA, J. R. **Os climas nos maciços litorâneos da Juréia-Itatins**: um ensaio de ritmanálise. 2002. Tese (Livre Docência) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

TEKLAY, A. *et al.* Climate change perceptions and adaptation responses among smallholder farmers across three locations in Megech Watershed, Ethiopia. **Climate Services**, v. 38, 2025, p. 100566.

TEIXEIRA, R. L. P. *et al.* Pensando no hoje e no futuro: iniciativas de mudanças climáticas nas capitais do Nordeste do Brasil. **Confins. Revista Franco-Brasileira de Geografia**, n. 52, 2021. Available at: https://journals.openedition.org/confins/41749. Access at: 20 set. 2022.

TUCCI, C. E. M. **Impactos da variabilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos.** Brasília: Agência Nacional de Águas, 2002. 150 p.

VASCONCELOS, M. A. **A natureza mudou**: alterações climáticas e transformações nos modos de vida da população no baixo Rio Negro, Amazonas. Tese (Doutorado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade) – Universidade Federal do Amazonas, 2020.

WITKOSKI, A. C. **Terras, florestas e águas de Trabalho**: os camponeses amazônicos e as formas de uso de seus recursos naturais. 2. ed. São Paulo. 2010.

ZENG, N. *et al.* Causes and impacts of the 2005 Amazon drought. **Environmental Research Letters**, v. 3, n. 1, p. 014002, 2008.

A mudança climática e os ajustes adaptativos de comunidades tradicionais extrativistas no território do Médio Juruá, Amazônia central

Climate change and the adaptive adjustments of traditional extractive communities in the Médio Juruá territory, Central Amazon

David Franklin da Silva Guimarães [1]

Thaís Carla Vieira Alves [2]

Marcileia Couteiro Lopes [3]

Samela da Silva Teixeira [4]

Almira Silva do Nascimento [5]

Lívia Ribeiro Cruz [6]

[1] *Doutorado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, Analista Ambiental do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, Carauari, Amazonas, Brasil*
E-mail: david.guimaraes@icmbio.gov.br

[2] *Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, Doutoranda, Universidade Federal do Amazonas – Ufam, Carauari, Amazonas, Brasil*
E-mail: alves.thais@ufam.edu.br

[3] *Doutorado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, Professora Adjunta, Universidade Federal do Amazonas – Ufam, Manaus, Amazonas, Brasil*
E-mail: mlopes@ufam.edu.br

[4] *Bacharelado em Engenharia Florestal, Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal do Amazonas – Ufam, Manaus, Amazonas, Brasil*
E-mail: samelaengflorestal@gmail.com

[5] *Tecnóloga em Gestão Ambiental, Coordenadora Local, Instituto Juruá - IJ, Carauari, Amazonas, Brasil*
E-mail: almira.silva27@gmail.com

[6] *Mestrado em Ecologia, Doutoranda, Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, Campinas, São Paulo (SP), Brasil*
E-mail: liviacruz@asu.edum

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.58115

Received: 04/05/2025
Accepted: 01/12/2025

ARTICLE- DOSSIER

RESUMO

O território do Médio Juruá possui uma alta governança promovida pelas comunidades extrativistas. Entretanto, a mudança climática tem tornado as adaptações dos sistemas socioecológicos ribeirinhos insuficientes diante das transformações dos ritmos físicos climáticos da região. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo analisar alterações climáticas de temperatura e dos desastres fluviais, suas implicações socioambientais e os ajustes adaptativos às comunidades extrativistas do Médio Juruá. Para tanto, a pesquisa contou com análise estatística dos dados físicos climáticos e entrevistas semiestruturadas com atores sociais de comunidades tradicionais ribeirinhas da região. Os dados demonstram que a mudança climática já gera impactos na região. As comunidades extrativistas sentem o aumento do calor excessivo, precipitação e de eventos extremos fluviais que já alteram a dinâmica de trabalho e da vida nas comunidades. As comunidades já respondem com uma série de ajustes adaptativos autônomos, enquanto as estratégias governamentais só são vinculadas a apoio emergencial. As comunidades tradicionais extrativistas necessitam de políticas e programas de adaptações robustos que possam aumentar a resiliência de seus sistemas socioecológicos.

Palavras-chave: Resiliência. Adaptação. Eventos extremos. Aumento do calor. Desastres ambientais fluviais.

ABSTRACT

In the Médio Juruá territory, local governance is strongly led by extractive communities. However, climate change has made the adaptations of riverine socio-ecological systems insufficient in the face of transformations in the region's physical-climatic rhythms. With this in mind, this study aimed to analyze climate change in terms of temperature and fluvial disasters, its socio-environmental implications and the adaptive adjustments adopted by extractivist communities in Médio Juruá. We combined analysis of physical climate data and semi-structured interviews with social actors from traditional riverside communities in the region. We found that climate change is already impacting the region. Extractive communities are feeling the increase in excessive heat, rainfall and extreme fluvial events, which are altering the dynamics of work and life in the communities. Communities are responding with a series of autonomous adaptive adjustments, while government strategies are only linked to emergency support. Traditional extractive communities need robust adaptation policies and programs that can increase the resilience of their socio-ecological systems.

Keywords: *Resilience. Adaptation. Extreme events. Heat increase. River environmental disasters*.

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas socioecológicos das populações tradicionais ribeirinhas e extrativistas da Amazônia possuem uma série de estratégias historicamente adaptadas ao ambiente físico dos trópicos e ao isolamento provocado pela precariedade das vias de transporte (Moran, 1974). Esse alto poder de adaptação se deve à plasticidade da resposta humana ao ambiente em termos socioculturais e fisiológicos (Filizola *et al.*, 2006; Laraia, 1996; Moran, 1994).

A adaptabilidade histórica das sociedades humanas às condições do meio se dá, principalmente, por meio de ajustes reguladores ou adaptativos (Moran, 1994), os quais podem ser sociais, comportamentais ou culturais, e são importantes para a relação do homem com o meio. Na várzea amazônica, essa capacidade histórica de adaptação é bem representada nas residências dos ribeirinhos. As casas são elevadas à altura das enchentes (palafitas) ou flutuam nas águas (flutuantes) para resistir à sazonalidade dos rios. A estratégia cultural de abrigo está entre os mecanismos reguladores mais comuns.

O advento da mudança climática trouxe condições críticas às comunidades localizadas nas várzeas e na terra firme por meio da intensificação de eventos extremos climáticos (Artaxo, 2020; IPCC, 2014). Essa nova conjuntura hidroclimatológica gera insegurança aos sistemas socioecológicos, principalmente os que mantêm fortes vínculos ao ambiente, e expõe-los a uma maior situação de risco.

Os eventos extremos representam variações bruscas das condições climatológicas locais, ultrapassando limiares de normalidade, que podem colocar sociedades humanas em vulnerabilidade (Marchezini *et al.*, 2023). Na Amazônia, os eventos extremos climáticos estão associados principalmente a inundações, secas, estiagens e chuvas intensas, adquirindo contornos de desastres pelos impactos gerados a assentamentos humanos (Guimarães *et al.*, 2021; Vasconcelos *et al.*, 2020).

A capacidade adaptativa é compreendida como o potencial de mudar para um estado mais desejável ante os riscos e impactos das mudanças climáticas (Eakin *et al.*, 2014). Já a adaptação configura-se como o processo dos ajustes necessários para antever os impactos da mudança climática (IPCC, 2007).

De acordo com o IPCC (2007), existem várias categorias de adaptação, com destaque para a autônoma, a prévia e a planejada. A adaptação autônoma é a resposta imediata à ocorrência de eventos extremos. A adaptação prévia ocorre quando os governos e a sociedade adotam medidas antes da ocorrência dos eventos. Já a adaptação planejada é resultante de decisões políticas, como é o caso dos planos de adaptação à mudança climática (May; Vinha, 2012).

Outra abordagem estratégica para adaptação climática está relacionada à atuação coletiva, conferindo a parâmetros como organização, capital social e justiça social centralidades (Engle, 2011). Entretanto, as ações e medidas de adaptação ainda não são encaradas como prioridade pelos governos, o que dificulta a implementação de estratégias adaptativas e maximiza as vulnerabilidades (Dos Santos *et al.*, 2024; Teixeira *et al.*, 2021).

O território do Médio Juruá, localizado na Amazônia ocidental, possui uma alta organização social, governança ambiental e socioeconomia baseada nas cadeias da sociobiodiversidade (Guimarães *et al.*, 2023). Entretanto, a ocorrência de eventos extremos climáticos na região já gera prejuízos sociais importantes e altera o *modus* de vida das populações extrativistas. Diante disso, o presente trabalho teve como finalidade analisar alterações climáticas de temperatura e os desastres ambientais fluviais, suas implicações socioambientais e os ajustes adaptativos às comunidades tradicionais ribeirinhas e extrativistas do Médio Juruá.

A presente pesquisa partiu da premissa do entendimento da dinâmica hidroclimática a partir do entendimento de holorritmos e ritmanálise. Os holorritmos contemplam a totalidade de todos os ritmos no âmbito climático: sociais, biológicos e físicos (Sette, 2000). A ritmanálise trata da teoria que busca a compreensão das polirritmias dos corpos e do espaço, agrupando ciências diferentes de forma sistemática (Tarifa, 2002). Logo, as pesquisas construídas a partir dessas epistemes conferem uma maior relação de complexidade a seus estudos, observando os fenômenos analisados por uma ótica sistemática.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O território do Médio Juruá, lócus desta pesquisa, é uma região marcada pela existência da Reserva Extrativista Médio Juruá, unidade de conservação sob gestão federal, e Reserva de Desenvolvimento Sustentável Uacari, sob gestão estadual (Figura 1), perfazendo uma área superior a 920 mil hectares. Nessa região existem mais de 1200 famílias de comunidades tradicionais ribeirinhas e extrativistas que vivem das cadeias produtivas da agricultura familiar, manejo do pirarucu (*Arapaima gigas*), látex de seringueiras (*Hevea brasiliensis*), extrativismo do açaí (*Euterpe Precatoria*) e oleaginosas, como andiroba (*Carapa guianensis*) e murumuru (*Astrocaryum murumuru*).

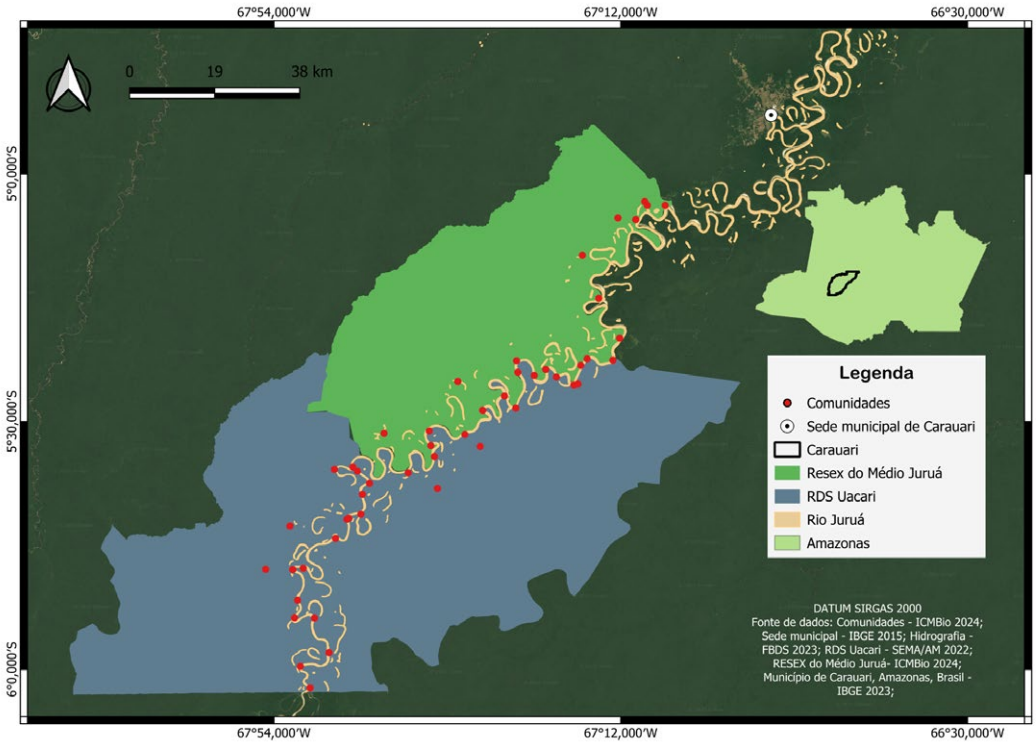


Figura 1 – Mapa do território Médio Juruá

Fonte: Elaborada pelos autores

A região do Rio Juruá encontra-se dentro das estruturas de falhas de reativações neotectônicas (Passos; Soares, 2017). O Rio Juruá é conhecido por possuir meandros que o tornam extremamente sinuoso, aumentando ainda mais as distâncias entre as comunidades localizadas às suas margens. Essa sinuosidade tem relação com características litológicas e topográficas, e pode sofrer alterações provocadas pelo regime de sazonalidade climática (Passos; Campos-Silva, 2019).

Os rios no Amazonas possuem quatro estações bem demarcadas: a enchente, a cheia, a vazante e a seca (Witkoski, 2010). Essas estações representam a sazonalidade do rio que possui pulsos de inundação e vazante ao longo do ano. A dinâmica do regime hidrológico na Amazônia modifica seu espaço, assim como sua paisagem, com regimes de secas e cheias. Tal fato se denomina de sazonalidade (Abreu; Oliveira, 2012).

O sistema hidrológico da região também sofre influências da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), da entrada de vapor advindo do Oceano Atlântico por ventos alísios e das trocas de calor e umidade entre vegetação e atmosfera na própria região (Marengo *et al.*, 2001; Tucci, 2002).

2.2 COLETA DE DADOS

A pesquisa foi realizada a partir da coleta de dados primários, entrevistas semiestruturadas com os sujeitos da pesquisa para melhor entendimento da alteração climática na região do Médio Juruá, bem como pesquisa documental em acervo do Inmet, Defesa Civil, ICMBio, Idam e Sema. Além disso, a fim de complementar as informações, foi realizado levantamento bibliográfico de publicações sobre as temáticas estudadas, em banco de dados como o Google Acadêmico, Portal de Periódicos da Capes, SciELO e *Web of Science* com as palavras-chave: mudança climática, impactos de eventos extremos, ajustes adaptativos, Médio Juruá e populações tradicionais. Logo, a coleta de dados consistiu na combinação de estudos documentais com estudos de campo.

Quanto ao levantamento de dados físicos para identificação dos eventos hidrológicos extremos na região de Carauari, foram realizados processamentos dos dados públicos de temperatura do Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet disponíveis para a estação hidroclimatológica de Eirunepé/ Amazonas (Código 82610), localizada a montante do Rio Juruá. A estação selecionada para análise da série histórica de temperatura foi a de Eirunepé por possuir dados mais atuais, com uma maior série histórica e mais próximo ao município de Carauari. Essa decisão foi tomada por conta de a estação de Carauari só possuir dados até o ano de 1990, interferindo na análise dos dados mais recentes.

Em relação à ocorrência dos desastres ambientais no município de Carauari, foram utilizados registros do Sistema Integrado de Informações sob Desastres (S2iD), a plataforma do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil que tem como objetivo qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas (Brasil, 2025).

A partir da análise estatística (teste Mann-Kendall) desses dados físicos, foram estabelecidos os limiares de normalidade, e os eventos que ultrapassaram esses limiares foram identificados como eventos extremos ocorridos na região relacionados à temperatura. Já os dados primários para essa pesquisa foram coletados por meio de entrevistas semiestruturadas individuais em comunidades tradicionais ribeirinhas do município de Carauari.

O número de entrevistados foi condicionado à quantidade de domicílios das comunidades selecionadas. Cabe ressaltar que esse componente da pesquisa, por se tratar de dados qualitativos, considerou a representação das lideranças das comunidades selecionadas. No total, foram entrevistadas 72 famílias de lideranças de diferentes comunidades do território do Médio Juruá, sendo 47 homens e 25 mulheres. Infelizmente não foi possível obter uma maior paridade de gênero pelos espaços de lideranças ainda estarem ocupados demasiadamente por homens no território.

O grupo entrevistado foi composto de pescadores, extrativistas, agricultores familiares, manejadores de pirarucu e ribeirinhos que ocupavam papéis de liderança nas comunidades ou nas organizações do território do Médio Juruá. As comunidades extrativistas e ribeirinhas do Médio Juruá são formadas pela migração de nordestinos para a região nos ciclos da borracha e por sua miscigenação com povos originários de etnias como Kulinas e Kanamaris. Os entrevistados possuem, em sua maioria, a religiosidade ligada ao catolicismo devido ao trabalho realizado no território pelo Movimento de Educação de Base, articulação ligada à igreja católica, que auxiliou as populações tradicionais em seu processo de organização social (Guimarães *et al.*, 2023).

Ao longo da história, essas populações tradicionais têm desempenhado um papel fundamental na conservação dos ambientes naturais, mantendo práticas sustentáveis de uso da terra e dos recursos, especialmente na região do Médio Juruá, marcado pela luta e resistência ao seringalismo. Portanto, entender os ajustes adaptativos ante as mudanças climáticas é reforçar o papel da proteção efetiva desses territórios para salvaguardar o conhecimento tradicional e os modos de vida das comunidades que dependem deles.

A entrevista semiestruturada foi mediada por um roteiro com 37 perguntas abertas e fechadas sobre a percepção climática, adaptação e vulnerabilidade, a fim de verificar se a intensidade ou escassez de diferentes fatores como calor e chuva influenciam a dinâmica e modos de vida, assim como a avaliação da eficácia das estratégias adaptativas governamentais na comunidade e das estratégias promovidas pela própria comunidade em diferentes períodos e situações, como aumento da temperatura, chuvas, cheias extremas e secas extremas. A aplicação das entrevistas semiestruturadas foi realizada com um morador e/ou uma moradora adulto, por domicílio, com residência na comunidade por mais de oito anos.

A escolha dos sujeitos da pesquisa se deu pelo método bola de neve, em que a coleta é finalizada quando as respostas obtidas começam a ter saturação, pois não há acréscimo de conteúdo nas respostas obtidas (Baldin; Munhoz, 2011). Essa técnica possibilitou que os participantes apontassem outros atores que pudessem contribuir com a pesquisa, na perspectiva de alcançar ao máximo a heterogeneidade na coleta dos dados.

A análise e interpretação das informações foram realizadas a partir da técnica de análise de conteúdo por meio da codificação de variáveis apresentadas e processada de forma artesanal com o intuito de garantir maior objetividade, ultrapassando os níveis superficiais do texto (Rocha; Deusdará, 2005). A validação dos dados dessa análise de conteúdo, como forma de atestar que as interpretações não ocorreram de forma enviesada, ocorre por meio da validação externa por pares convidados para essa análise. Cabe ressaltar que nesta pesquisa os entrevistados e as entrevistadas são sujeitos desta e em vários trechos a transcrição de falas dos atores do Médio Juruá surgiu no texto como forma de garantir a voz deles e delas sobre a percepção acerca dos eventos extremos de aumento de temperatura, chuvas intensas, cheias e secas extremas, bem como os ajustes realizados nos sistemas socioecológicos ribeirinhos.

Por ser uma pesquisa com seres humanos, todo o procedimento metodológico foi encaminhado ao Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal do Amazonas – CEP/Ufam CAAE Nº 54763221.0.0000.5020 e Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (Sisbio) de Nº 80629-1.

A análise de dados de forma conjunta com informações acerca dos impactos sociais das transformações climáticas na região amazônica é fundamental para o entendimento das alterações climáticas nessa vasta região (Vasconcelos, 2020). Esse esforço metodológico é de suma importância para os estudos em ciências ambientais, pois possibilita correlacionar diferentes disciplinas do conhecimento para elucidar fenômenos e suas consequências (Moran, 2011).

Para este estudo, em relação à temperatura, foi considerada a estação de Eirunepé do período de 1988 a 2021. Foi calculado o percentil 90 para a identificação de eventos extremos de temperatura na região para a série histórica do estudo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 AS MUDANÇAS DE TEMPERATURA E SUAS IMPLICAÇÕES SOCIOAMBIENTAIS

A temperatura considerada extrema para essa estação foram as temperaturas acima de 34ºC, demonstrando possuir significância estatística com valores de S:217; Z:3.2021; p:0,001364. Na figura 2, observa-se a relação da quantidade de dias por nível de temperatura para o período analisado.

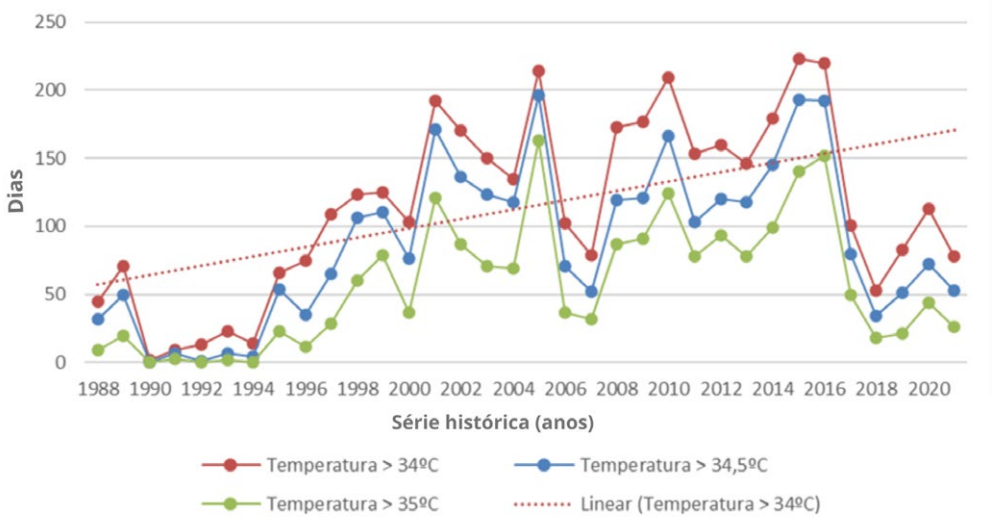


Figura 2 – Quantidade de dias com temperaturas máximas acima do percentil 90 (34ºC) no município de Eirunepé/AM

Fonte: INMET. Elaborada pelos autores

No período, foi identificada uma média de 114 dias com temperaturas máximas acima de 34ºC, chegando a alcançar 223 dias acima de 34ºC no ano de 2015. Da mesma forma, foi identificada uma média de 87 dias com temperaturas máximas superiores a 34,5ºC e 57 dias com temperaturas maiores que 35ºC. Essa alta quantidade de dias quentes revela o aumento contínuo do calor na região do Rio Juruá, com tendência de aumento significativo estatisticamente para o período analisado. Esses dias com temperaturas acima de 34ºC são considerados para aquela região como eventos extremos de temperatura.

Foram identificados eventos extremos de temperatura nos anos de 2015, 2016 e 2005, respectivamente. Os anos de 2015 e 2016 foram marcados por eventos de *El Niño* de grande intensidade no Oceano Pacífico, cujos efeitos foram sentidos na região do Rio Juruá próximo a Eirunepé, na região amazônica (Ggweather, 2021). Ainda de acordo com o estudo, o ano de 2005 representa um ano atípico, pois não foi influenciado pelo *El Niño*, sendo a ocorrência desse fenômeno explicada pelas variações de temperatura do Atlântico Tropical Norte.

Ao aplicar o teste *Mann-Kendall* ao conjunto de dados da série histórica de 34 anos, foi verificado que a tendência tem significância estatística e é exponencial. A temperatura na Amazônia aumentou em média 0,65ºC no último século (Marengo; Souza Jr., 2018). Esse aumento da temperatura na região tem ligação com o aquecimento global que vem sendo intensificado pelo crescimento da emissão de gases poluentes de efeito estufa na atmosfera terrestre (Fearnside, 2018).

O ano de 2017 é considerado o mais quente desde meados do século 20 na região amazônica (Marengo; Souza Jr., 2018). Os cenários projetados para as mudanças climáticas na Amazônia indicam um aumento de 4ºC na temperatura e redução das chuvas em 40% na região (IPCC, 2014). Logo, o aquecimento global trará enormes implicações à regulação hídrica promovida pela Amazônia, por meio da evapotranspiração, auxiliando na formação de chuvas para toda a América do Sul (Marengo; Souza Jr., 2018).

Os cenários da Amazônia vislumbram um futuro em que haverá o aumento incremental da temperatura na região (IPCC, 2014). Esse processo acarretará transformações aos ecossistemas amazônicos, principalmente às espécies e populações em relação à fenologia, nas interações bióticas, nas taxas de extinção e na distribuição das espécies (Marengo; Souza Jr., 2018).

Os resultados para a estação de Eirunepé indicam um aumento da temperatura mínima no período noturno da região, quando ocorrem as mínimas de temperatura, alcançando no ano de 2019 a maior quantidade de dias no período analisado com um total de 289 dias com temperaturas mínimas acima de 22,16ºC, percentil 90 (Figura 3). Esse aumento exponencial da temperatura tem implicações diretas no *modus* de vida das populações ribeirinhas e vêm sendo percebidas pelos comunitários:

> De uns 15 anos pra cá, vem piorando o calor. E todo ano vem só piorando. Às vezes, você toma um banho e vai dormir e, enquanto não chega a friezazinha da madrugada, você não dorme, você fica molhado de suor. (JC Seringueiro, 2021).

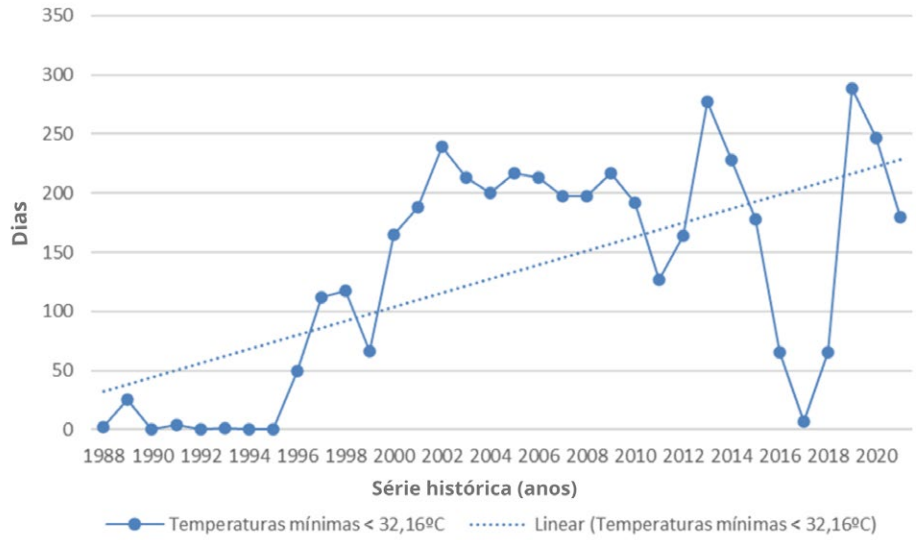


Figura 3 – Quantidade de dias com temperaturas mínimas acima do percentil 90 (22,16ºC) no município de Eirunepé/AM

Fonte: INMET. Elaborada pelos autores

As noites mais quentes têm dificultado o descanso noturno dos produtores agroextrativistas da região que, em meio à floresta, não têm acesso à energia elétrica e a recursos para o alívio do calor, como ventiladores e condicionadores de ar. A percepção do Sr. Joaquim reflete o acúmulo histórico de um seringueiro com mais de 90 anos vividos no Rio Juruá, a partir dos recursos naturais. Ao viver na floresta, ele percebe nitidamente as mudanças do clima da região e se preocupa com as transformações provocadas por elas.

Essas alterações das temperaturas mínimas também foram encontradas na região de Manaus, onde os resultados não indicam uma variabilidade da temperatura média da região, mas uma tendência (Vasconcelos, 2020). Essa tendência vem afetando o trabalho na agricultura da região:

> Você vai pro roçado, já é um tempo quente. Aí, tem um calor sem medida, não tem como você aguentar. Antigamente, você aguentava o dia todo no roçado. Às vezes, você ia beber uma água e tal, lá no toco de uma árvore, mas você esfriava dois minutos - cinco minutos... Agora, você volta às 10h do roçado e já nas bombas. (JC Seringueiro, 2021).

Logo, o aumento da temperatura tem sido fator crucial para a mudança da rotina de trabalho das populações agroextrativistas da região do Rio Juruá em Carauari. Esse calor tem dificultado a permanência dos agricultores em seus locais de plantio, principalmente na cultura da mandioca, devido à alta exposição à luz solar. A mudança climática tem a tendência de aumentar a vulnerabilidade de populações e gerar maiores casos de doenças (Sette; Ribeiro *et al.*, 2011). Essa vulnerabilidade será

bem maior para as populações que vivem na floresta e dependem da renda oriunda do manejo dos recursos naturais.

Estudos apontam que a mudança climática irá afetar diretamente as condições de trabalho em futuro recente no mundo todo, e atividades laborais, como a agricultura, tendem a reduzir drasticamente a quantidade de trabalhadores atuando nessas áreas, podendo ocasionar maior insegurança alimentar e redução de alimentos produzidos pela agricultura familiar (Souza *et al.*, 2020).

A ausência de estações hidroclimatológicas no município de Carauari com uma longa série histórica é um fator limitante a estudos mais precisos sobre o clima para a região. Entretanto, com os dados obtidos para o município de Eirunepé, localizado na mesma calha no Rio Juruá, somados à percepção dos atores locais, já demonstram que os impactos socioambientais da mudança climática já chegaram à região.

3.2 A VARIABILIDADE SAZONAL E OS EVENTOS EXTREMOS FLUVIAIS EM CARAUARI

As estratégias de adaptação humana nas regiões ribeirinhas de Carauari são cada vez mais insuficientes ante a intensidade e temporalidade dos eventos climáticos extremos que estão cada vez mais frequentes. Os eventos climáticos extremos na Amazônia vêm sendo atribuídos aos eventos climáticos *El Niño* e *La Niña*, que geram aumento ou redução da precipitação, ocasionando alterações na descarga e níveis dos rios (Zeng *et al.*, 2008).

Pela Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade), os eventos extremos de cheia são reconhecidos como inundações, e os de seca, como de estiagem. Ambos são desastres hidrológicos que também podem ser conhecidos como desastres ambientais fluviais (Guimarães *et al.*, 2023). Nesse aspecto, cabe ressaltar que os eventos não precisam superar os limiares de normalidade para serem considerados desastres, pois nessa concepção são os impactos humanos a centralidade da determinação desses eventos. Logo, na Amazônia, onde a cultura das populações tradicionais ribeirinhas é viver às margens dos rios, esses eventos provocam enormes prejuízos socioeconômicos e colocam seus modos de vida em vulnerabilidade socioambiental.

> As cheias, como as de 2021, impactam em todos os aspectos. Nessa questão econômica, as pessoas não conseguem coletar as frutas [andiroba e murumuru]. Nessa parte social, na moradia, que vai tudo pra debaixo da água, os bens materiais mesmos, a produção... Então, ela impacta em todos os aspectos da vida da comunidade: social, econômica e cultural nessa parte da família. (MS Agricultor, 2022).

Ao analisar a ocorrência dos desastres ambientais ocorridos no município de Carauari, a partir de registros do Sistema Integrado de Informações sob Desastres (S2iD), foi observada a tipologia desses desastres e sua relação com os eventos extremos ocorridos na região no período de 2005 a 2025.

Ao considerar os desastres ligados à sazonalidade do Rio Juruá, fica evidente que eles são os desastres mais decretados pelos órgãos públicos ao longo dos anos. Esse fato se deve à importância dos recursos fluviais para municípios do interior do estado do Amazonas, como Carauari, que tem nos rios fonte de alimento, meio de transporte e significado de pertencimento. De modo geral, “no Amazonas, 89,79% dos desastres ocorridos desde 2005 têm relação com eventos fluviais (estiagem, inundações e erosões fluviais), totalizando trezentos e oitenta e seis (386)” (Guimarães *et al.*, 2021).

Em Carauari, foram decretados cinco desastres de estiagem e seis de inundação. Os desastres de estiagem foram decretados nos anos de 2005 e 2010, já os de inundação têm relação com os eventos de 2012, 2013, 2015, 2017, 2019 e 2021. Por ter uma forte relação com os rios, esses desastres são os mais perceptíveis pela população e os que têm maior reatividade do poder público municipal.

Os eventos de 2013 e 2014 tiveram influência de *La Niña* e/ou elevação da temperatura da superfície do mar no Atlântico do Sul (Marengo; Espinoza, 2016). Outro fator está relacionado ao período de 2015, quando ocorreram as inundações na região do Juruá devido às precipitações com mais do dobro do volume de chuvas em anos normais (Espinoza *et al.*, 2014). Já para estiagem, os eventos ocorridos em 2005/2006 tiveram relação com o aquecimento anômalo do Atlântico Norte Tropical (Marengo *et al.*, 2018), e o período de 2010/2011 apresentou o maior aquecimento registrado na história do Oceano Atlântico Tropical somado à ocorrência de *El Niño* (Liberato, 2014).

Uma pesquisa semelhante foi desenvolvida por Pereira e Szlafsztein (2016) sobre as ameaças de desastres naturais e os principais dados humanos, materiais, ambientais, sociais e econômicos na Bacia do Rio Purus. O objetivo foi catalogar os desastres ocorridos para prever acontecimentos futuros. E como resultado:

> Os 21 municípios com mais de 40% de seus territórios na área da Bacia do Rio Purus somaram 104 registros de desastres de 1971 a 2012. Os mais recorrentes (70%) foram os desastres associados ao incremento das precipitações, como enchentes, enxurradas, erosões fluviais e lineares, alagamentos, rastejos, vendavais e tempestades. [...] Os municípios de Boca do Acre (AM) e Rio Branco (AC) são mais susceptíveis a desastres por incremento da precipitação (8 e 16 registros. Com exceção dos municípios acreanos Senador Guiomard, Capixaba, Bujari e Acrelândia (SE da bacia), os demais municípios foram classificados como de baixa e moderada ameaça. (p. 77-78).
>
> [...] 12 dos 17 anos identificados com variações hidrológicas extremas na Bacia do Rio Purus se justificam por alterações nas variações de parâmetros meteorológicos e hídricos da região amazônica. (p. 87).

Nos danos causados em situação de poucas chuvas, está inserido o aumento de queimadas ocorridas de forma natural, assim como as realizadas para limpeza do roçado, acarretando a perda da plantação e de animais, além de colaborar com a alteração na qualidade do ar. Ademais, são colocados também como danos ambientais,

> os relativos à fauna e à água. A escassez hídrica provoca a seca de muitos canais, ocasionando a morte de espécies da fauna aquática e terrestre. A incidência desse tipo de fenômeno extremo reduz igualmente a disponibilidade de água para consumo humano, além de comprometer grande parte do sistema de transporte fluvial, isolando muitas localidades pelas dificuldades de deslocamento, escoamento e abastecimento de mantimentos, combustíveis e medicamentos. Com pouca água disponível para consumo, são comuns, além das doenças respiratórias, as doenças de veiculação hídrica pela morte de animais aquáticos e a alta concentração de sedimentos. (p. 84-85).

Dessa forma, a maior frequência e intensidade dos eventos extremos hidrológicos na região do Rio Juruá vem provocando grandes impactos socioeconômicos às populações ribeirinhas da região, configurando-os como desastres ambientais, visto que seus efeitos ultrapassam as adaptações que os sistemas socioecológicos ajustaram ao longo de décadas. Nesse sentido, os sistemas socioecológicos vêm desenvolvendo uma série de ajustes adaptativos diante da mudança climática.

3.3 ADAPTAÇÃO HUMANA À MUDANÇA CLIMÁTICA NO MÉDIO JURUÁ

Ao tratar das transformações nos ritmos climáticos no Médio Juruá, o primeiro ajuste cultural de adaptabilidade humana evidenciado pelos sujeitos da pesquisa foi uma resposta ao calor intenso.

Todos os entrevistados ressaltaram a mudança no horário de trabalho na agricultura na região, que, segundo a maioria dos relatos, ocorria das 7h às 11h30 e das 14h às 17h, totalizando 07 horas e 30 minutos de trabalho, mas devido ao aumento da temperatura na região foi modificado para 6h30 às 9h30 e das 15h30 às 17h, perfazendo 05 horas de trabalho. Essa redução da carga horária nas atividades de agricultura familiar transforma as relações de trabalho na região e reduz a produção oriunda da agricultura familiar nesses sistemas socioecológicos, gerando impactos na geração de renda e na segurança alimentar.

> O calor... Eu quero também falar do sol. Antigamente a gente iria plantar roça e você plantava bem até umas 11h-11h30 na praia. A gente era muito de plantar em praia. Saía às 6h30 ou 7h. Plantava 11h tranquilo, aí voltava pra casa para almoçar. Agora, 9h da manhã o sol está na mesma proporção de calor que ele estava às 11h-11h30 e quem insiste de dar uma de galo cru e insiste naquele sol desordenado está tendo problemas graves de saúde. São Raimundo saiu o caboclo num dia de sol desses antes de chegar na comunidade morreu agarrado no timão do motor dele. É um sol tão insuportável que você está no meio dele e você tá sentindo que aquilo está lhe fazendo mal. E esse sol está vinculado ao calor e o calor está um absurdo. Tá um calor tão grande que se você for insistir no serviço, você se sufoca, você sente que seu coração bate fora do normal, você sente que tá no calor e seu corpo faz um esforço tão grande para manter a temperatura do corpo que você chega a passar mal [...] (MC Seringueiro, 2022).

> Rapaz, antes com a minha mãe, assim, a gente saía sempre às 7h30-8h e voltava 11h-11h30 para voltar pra almoçar. Hoje você já precisa sair no máximo 6h30 da manhã pra ir pro plantio e volta aí às 9h30 já no máximo por conta da quentura (MS Agricultor, 2022).

> Hoje o pessoal no máximo tem que sair pro roçado às 6h da manhã e no máximo até às 9h30, ele não aguenta mais (FS Coletor de sementes oleaginosas, 2021).

Essa redução no tempo de trabalho também foi evidenciada por Vasconcelos (2020) ao estudar os impactos da alteração climática na região do Rio Negro. Na referida pesquisa, os agricultores também reduziram o tempo de exposição solar em atividades como agricultura.

No decorrer do século XXI, o aumento de temperatura irá ocasionar a redução na atividade laboral, principalmente nas que necessitam de exposição solar direta, como é o caso da agricultura (Souza *et al.*, 2020). A alta exposição solar tende a gerar impactos socioeconômicos, mas sobretudo na saúde desses trabalhadores e a queda de rendimento em suas atividades. Logo, outras adaptações, como adequações de roupas próprias para essa exposição e redução do tempo de serviço com ciclos maiores de descanso, são recomendadas para atenuar os efeitos da mudança climática na capacidade dos trabalhadores e trabalhadoras que atuam ao ar livre (Souza *et al.*, 2020).

Outros ajustes adaptativos para garantir a adaptação humana nesses sistemas socioecológicos diante da mudança climática também foram apontados pelos atores da pesquisa (Quadro 1).

Quadro 1 – Ajustes adaptativos para cada tipo de evento climático: aumento da temperatura, chuvas, cheias extremas e secas extremas.

Category	*Event*	*Adjustments*
Trabalho	Aumento da temperatura	Tempo reduzido no roçado Plantio de outras culturas Retorno para outras atividades que não ocorrem em local exposto
	Chuvas intensas	Suspensão do trabalho em dias chuvosos ou com temporais
	Cheias extremas	Plantar menos na várzea e mais em terra firme; Evitar o plantio de espécies suscetíveis ao estresse hídrico; Interrupção dos trabalhos agroextrativistas; Antecipação da colheita de mandioca; Mutirões para produção de farinha
	Secas extremas	Construção de trapiches para locomoção em atividades laborais
Moradia	Aumento da temperatura	Aumento do pé direito das casas para amenizar o calor
	Cheias extremas	Aumento do assoalho; Troca de casa para locais mais altos; Estadia em chalanas; Confecção de marombas para elevar eletrodomésticos
Alimentação	Aumento da temperatura	Aquisição maior de alimentos industrializados
	Chuvas intensas	Evitar o plantio de espécies suscetíveis ao estresse hídrico
	Cheias extremas	Preservação de lagos; Maior pesca no período
	Secas extremas	Proteção de lagos para o consumo da comunidade; Maior aquisição de alimentos industrializados
Natureza	Aumento da temperatura	Plantio de árvores próximas às casas para garantir sombreamento
	Cheias extremas	Evitar coleta de látex de seringueiras afetadas pelo estresse hídrico; Inclusão de novas seringueiras nas estradas de seringa
Educação	Aumento da temperatura	Aulas fora das salas de aula Mudanças de horário
	Cheias extremas	Paralisação das aulas; Dificuldade de locomoção até a escola
	Secas extremas	Acompanhamento dos pais até a escola
Saúde	Aumento da temperatura	Menos tempo exposto ao sol Realizar atividades em horários de menor incidência solar
	Cheias extremas	Maior cuidado com a água devido a doenças de veiculação, maior precaução com a malária
Lazer	Aumento da temperatura	Mudança do horário do futebol
	Cheias extremas	Realização de campeonatos de corrida de canoa
Religioso	Cheias extremas	Mudança nas datas das festas e celebrações religiosas
Migração	Cheias extremas	Mudança temporária de comunidade
Mobilidade	Secas extremas	Evitam-se grandes deslocamentos no período

Fonte: Elaborado pelos autores

Foram identificados ajustes adaptativos nas categorias moradia, trabalho, alimentação, natureza, educação, saúde e lazer. Em estudos conduzidos por Teklay *et al.* (2025) na Ethiopia, também foram encontradas mudanças de culturas agrícolas e uso de variedades com melhoramento genético por parte dos agricultores, o que só foi possível com apoio de uma assistência técnica e extensão rural efetiva. Dessa forma, um caminho possível para não ocorrer a troca de culturas agrícolas é a consolidação de variedades das espécies mais adaptadas às novas condições climáticas da região. Entretanto, isso só será possível com o desenvolvimento de tecnologias e consolidação de uma assistência agrícola mais presente.

Assim como na categoria trabalho, na saúde os sujeitos da pesquisa identificaram a menor exposição solar como uma estratégia utilizada para evitar problemas de saúde. Essa prevenção também ocorre na categoria lazer, na qual ocorreu a mudança no horário das partidas de futebol para não incidir com os horários de maior calor.

Em relação às chuvas intensas, foram identificados ajustes no trabalho relacionados aos dias com ocorrência de muita precipitação, pois inviabiliza o trabalho nas florestas, campos e rios, dificultando as atividades laborais dos agroextrativistas da região. Tal medida impacta diretamente o orçamento das famílias de agricultores que têm a redução dos seus lucros pelos dias não trabalhados. A alimentação também é modificada devido à mudança climática, pois algumas espécies possuem baixa resistência à escassez ou ao excesso de água, logo as populações deixam de plantar espécies como a bananeira (*Musa* sp.).

Quanto às cheias extremas, os entrevistados relatam uma série de ajustes que foram desenvolvidos ao longo do tempo para a manutenção do *modus* de vida nesses sistemas socioecológicos ribeirinhos. Na categoria trabalho, a maior parte dos ajustes relatados tem relação com o cultivo da mandioca, visto que é uma das culturas mais impactadas pela ocorrência de cheias extremas na região. A inundação de roçados gera um alto impacto econômico para as famílias de agricultores familiares que veem todo seu investimento de tempo e trabalho perdido na ocorrência de cheias extremas.

Em relação à moradia, temos dois ajustes realizados: os de prevenção e os emergenciais. As mudanças dos locais das residências e o aumento do assoalho das casas são configurados como ajustes preventivos (Guimarães *et al.*, 2019), já as marombas e o período temporário em chalanas se configuram como emergenciais. Cabe ressaltar que esses ajustes têm um custo alto e nem todos os moradores das comunidades têm condições de arcar com mudanças infraestruturais em suas residências, logo a mudança climática potencializa ainda mais a vulnerabilidade socioeconômica desses atores sociais.

No que se refere à alimentação, vale destacar que as comunidades da região adotaram acordos de pesca para proteger certos lagos para seu próprio consumo e para estabelecer pescas controladas de espécies como o pirarucu e o tambaqui. Embora não seja diretamente impulsionada pelas mudanças climáticas, essa prática pode ser entendida como uma estratégia que fortalece a segurança alimentar e a resiliência da comunidade diante de eventos climáticos extremos. Tais acordos funcionam como ferramentas de governança da pesca e são essenciais para manter a segurança alimentar ao longo do ano, gerar renda com a pesca comercial e proteger os estoques pesqueiros. A escassez de alimentos gerada por eventos extremos também já foi identificada em outros estudos, como o de Chowdhury *et al.* (2025) no noroeste de Bangladesh ao entrevistar agricultores. Dessa forma, os impactos sentidos na região do Sul Global possuem semelhanças consideráveis, demonstrando que os impactos da mudança climática têm atingido fortemente essa região que já possui um conjunto de vulnerabilidades sociais e econômicas, além de possuir uma relação de dependência dos recursos naturais.

Devido à alta mortandade de seringueiras provocada pelas cheias, identificou-se a partir dos relatos que os seringueiros evitam extrair látex dessas árvores para que as seringueiras atacadas pela ação de insetos xilófagos possam se recuperar.

Na educação, em eventos extremos de cheia, como em 2021, ocorreu a paralisação das aulas devido à impossibilidade de realizá-las dentro das escolas inundadas, bem como a locomoção até a escola devido à lama, uma prática já evidenciada em outros estudos (Vasconcelos, 2020). Na saúde, os ajustes foram de precaução a doenças de veiculação hídrica com o consumo de água filtrada e vigilância contínua em relação aos sintomas da malária.

Outro ponto importante é a migração temporária que ocorre entre as comunidades do Médio Juruá e até para a sede do município de Carauari na ocasião das cheias. Cabe ressaltar que em algumas ocasiões essa migração torna-se permanente como relatado.

> Nós vamos ter várias situações delicadas com a continuidade dos efeitos da mudança climática. Uma é o êxodo rural. Se você fizer uma pesquisa, nós temos mais de 20 famílias que vieram pra cidade por causa do impacto da cheia do ano passado [2021] (MC Seringueiro, 2022).

Essa migração preocupa os órgãos gestores e as organizações das unidades de conservação, pois pode provocar um grande êxodo rural na região que já foi minimizado pelas medidas de melhoria de qualidade de vida nas comunidades. As famílias mais pobres possuem dificuldade em desenvolver estratégias adaptativas, por isso um dos caminhos possíveis é a permanência nesses sistemas, mesmo com os impactos gerados pelo extremo climático (Bedran-Martins, 2016).

Para as secas, os ajustes foram em menor quantidade se comparados com os da cheia, mas já começam a ser desenvolvidos pelas comunidades. A construção de trapiches, calçadas elevadas, nas comunidades se dá por meio de mutirão como forma de facilitar o deslocamento dentro das comunidades e para áreas produtivas como ocorre com o manejo do pirarucu, facilitando a mobilidade do pescado até os locais de pré-tratamento e refrigeração.

A proteção de lagos ocorre de forma contínua, entretanto, em secas extremas, esses lagos são cruciais para alimentação das comunidades que dependem quase exclusivamente da pesca para atender sua demanda nutricional de proteína. Outro ajuste nessa categoria está na aquisição de alimentos industrializados devido à baixa disponibilidade de proteína animal nesse período.

Nessa perspectiva da alimentação, a inundação de 2021 contou somente com atividades reativas por parte do poder público, assim como da sociedade civil organizada. Na ocasião, houve a distribuição de cestas básicas e construção de marombas nas áreas alagadas para o trânsito de pessoas e elevação de eletrodomésticos e outros móveis.

Cabe ressaltar a articulação das organizações que compõem o Fórum do Território do Médio Juruá que articularam, com a colaboração de vários parceiros, apoio às famílias de ribeirinhos por meio de ajuda humanitária com a doação de cestas básicas e outros itens de higiene, bem como doação de 1.050 cartões com o valor de R$ 300,00 para as famílias da região. Com essa mobilização das organizações do Médio Juruá e com o apoio da secretaria do Fórum do Território do Médio Juruá, instância de governança regional, foi possível atender com mais de 3.000 cestas básicas as famílias ribeirinhas moradoras da Resex do Médio Juruá, RDS Uacari, áreas do entorno das unidades, área do acordo de pesca e da Terra Indígena do Povo Deni.

As estratégias de resposta emergencial desenvolvidas no Médio Juruá consolidam-se como resultado da alta organização social do território. A atuação dessa articulação deve ser fortalecida para a consolidação de programas e políticas que visem aumentar a capacidade adaptativa das comunidades locais (Bulkeley, 2010).

A resiliência que, ao mesmo tempo, indica como as pessoas estão absorvendo os impactos, pode indicar ainda a real necessidade de transformação dos modos de vida destas (IPCC, 2024). A necessidade de

mudança é dada a partir da percepção do limiar, quando as pessoas chegam ao limite e buscam outras formas de adaptar-se à nova realidade: novas formas de viver, morar e produzir nos ambientes de várzea dos rios da Amazônia (Filizola *et al.*, 2006; Guimarães *et al.*, 2019; Vasconcelos, 2020).

No entanto, mesmo com esses processos de adaptação, a ocorrência de eventos extremos gera transtornos que os agricultores não conseguem lidar, fazendo com que ocorra o abandono do plantio, de espécies vulneráveis e reduzindo a produção de espécies alimentícias importantes para a soberania alimentar das famílias, como a macaxeira e a batata-doce.

Cabe ressaltar que esses ajustes, adaptação autônoma, são produzidos pelas populações como estratégias de continuar nesses sistemas socioecológicos, entretanto ocorrem sem o apoio governamental, o que dificulta estratégias que demandam maior dispêndio financeiro, como no caso adaptações na estrutura das residências e a aquisição de alimentos industrializados, entre eles frango, salsicha, conserva enlatada e outras proteínas de origem animal que, além da demanda financeira, provocam um enorme prejuízo nutricional a essas populações. Logo, são necessárias medidas governamentais para que os sistemas socioecológicos ribeirinhos possam se ajustar às novas condições diante da mudança climática.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia empregada ao discutir os dados climáticos com a percepção de atores sociais do território do Médio Juruá possibilitou a compreensão dos impactos socioambientais da mudança climática na região. As populações ribeirinhas percebem o aumento exagerado do calor na região. Essas percepções corroboram os indicadores físicos obtidos nesta pesquisa e evidenciam como os ritmos climáticos regulam a vida no Médio Juruá. Essas transformações vêm sendo mais perceptíveis pelos sujeitos entrevistados nas últimas duas décadas e são vinculadas ao desequilíbrio ambiental.

A calha do Rio Juruá possui um aumento exponencial ao longo dos anos da quantidade de dias com temperaturas máximas e mínimas acima do percentil 90, denotando o aumento de eventos extremos para a região. As comunidades tradicionais já vêm alterando seu *modus* de vida para a manutenção dos seus processos laborais e sociais diante dessa nova realidade. Uma das estratégias identificadas para enfrentar o calor extremo está na mudança e redução do horário de trabalho com exposição ao sol. Os agricultores estão indo e voltando mais cedo, contudo, esse ajuste impacta diretamente a produção dos agricultores familiares na região.

Os eventos extremos fluviais de inundação e estiagem também já geram impactos sociais e alteram a dinâmica dos sistemas socioecológicos ribeirinhos no Médio Juruá. A maior quantidade de inundações e estiagens extremas impacta a produção, atividades sociais e deixa as populações da região isoladas.

Foram identificados vários ajustes adaptativos na região com destaque para aqueles na categoria trabalho e alimentação, em que foram relatados ajustes para todos os eventos extremos. Em relação ao trabalho, além da alteração no horário de trabalho na agricultura familiar, cabe ressaltar o desuso de espécies suscetíveis ao estresse hídrico ou ao calor intenso. Já na alimentação destaca-se o maior consumo de alimentos industrializados, ajuste presente tanto em eventos de estiagem como provocado pelo aumento da temperatura.

Os eventos extremos que apareceram em todas as categorias de ajustes adaptativos foram as cheias extremas, inundações, para os quais foram apresentadas várias estratégias. Esse fato se deve à maior frequência e à magnitude dos impactos ocasionados por esses eventos no território, bem como a centralidade do rio para os sistemas socioecológicos da região. Contudo, outros estudos são necessários para a compreensão dos impactos diretos das inundações na produção e nas relações sociais da região.

Os sujeitos da pesquisa entendem a dificuldade para efetivarem medidas de adaptação às mudanças climáticas devido a condições financeiras, ineficácia das medidas existentes e volatilidade dos ritmos climáticos na região do Médio Juruá. Essa insegurança põe o *modus* de vida dessas comunidades em questão ao levar esses atores aos limiares desses sistemas, dificultando sua permanência em suas comunidades tradicionais.

A gestão territorial, a participação popular e a governança policêntrica existentes no Médio Juruá serão cruciais para a adaptação à mudança climática. Entretanto, sem a participação governamental no desenvolvimento de estratégias adaptativas em diferentes políticas públicas será muito difícil garantir condições de permanência desses sistemas. Na ocorrência de desastres socioambientais na região, as respostas governamentais conferidas são todas de caráter emergencial e acontecem de forma reativa com a doação de cestas básicas e a construção de marombas como principais estratégias desenvolvidas, principalmente por entes governamentais.

Os governos nos diferentes níveis atuam de forma pífia na temática climática, permitindo que seus efeitos gerem impactos sem respostas estruturais e estruturantes. Um caminho importante para a resiliência no território do Médio Juruá está na construção de um plano de adaptação à mudança climática, construído de forma participativa e integrada.

O Médio Juruá expõe as contradições desencadeadas pela mudança climática: populações que mais conservam as florestas são as que mais sofrem com as consequências dessa crise ambiental. Os benefícios governamentais disponibilizados para essas comunidades ainda são muito tímidos se considerarmos a contribuição delas para a manutenção de serviços ecossistêmicos gerados pela proteção que elas fazem da floresta.

Recomenda-se um maior esforço em pesquisas acerca dos impactos da mudança climática e adaptação de povos e comunidades tradicionais na Amazônia, tendo em vista a escassez de investigações científicas que elucidem essas temáticas para melhor compreensão sobre a vulnerabilidade climática a que essas populações estão expostas.

DECLARAÇÃO SOBRE O USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Os autores utilizaram ChatGPT, versão GPT-5.1, OpenAI apenas para edição linguística e aprimoramento estilístico. Todo o conteúdo científico, análise e contribuição intelectual foram desenvolvidos e verificados pelos autores. Assumimos total responsabilidade pela precisão e integridade do manuscrito.

REFERÊNCIAS

ABREU, R. P.; OLIVEIRA, H. S. A influência das mudanças sazonais nos aspectos naturais e sociais no careiro da várzea – Am. Eixo temático: clima, ambiente e atividades rurais. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v. 2, n. 5, p.1399 –1408, 2012.

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

BALDIN, N.; MUNHOZ, E. M. B. **Snowball (bola de neve)**: uma técnica metodológica para pesquisa em educação ambiental comunitária. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. 2011. p. 329-341.

BEDRAN-MARTINS, A. M. B. **Avaliação dos impactos de políticas públicas de transferência de renda na qualidade de vida no semiárido nordestino face às mudanças climáticas**. São Paulo, 2016. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2016.

BULKELEY, H. Cities and governing of climate change. Annu. **Rev. Environ. Resour**. v. 35, p. 229-53, 2010.

CHOWDHURY, J. M. A. S.; KHALEK, M. A.; KAMRUZZAMAN, M. Farmers' climate change perception, impacts and adaptation strategies in response to drought in the Northwest area of Bangladesh. **Climate Services**, v. 38, p. 100540, 2025.

DOS SANTOS, Y. C. *et al.* Enfrentamento aos riscos das mudanças climáticas no semiárido brasileiro: a adaptação climática como uma nova agenda governamental. **Revista de Gestão dos Países de Língua Portuguesa**, v. 22, n. 1, p. 46-66, 2023.

EAKIN, H. *et al.* Differentiating capacities as a means to sustainable climate change adaptation. **Global Environmental Change**, v. 27, p. 1-8, 2014.

ENGLE, N. L. Adaptive capacity and its assessment. **Global Environmental Change**, v. 21, p. 647-56, 2011.

ESPINOZA, J. C.; MARENGO, J. A.; RONCHAIL, J.; MOLINA, J.; NORIEGA, L.; GUYOT, J. L. The extreme 2014 flood in South-Western Amazon basin: the role of tropical-subtropical South Atlantic SST gradient. **Environ. Res. Lett**. 9: 124007. DOI: 10.1088/1748-9326/9/12/124007. 2014

FEARNSIDE, P. M. A vulnerabilidade da floresta amazônica perante as mudanças climáticas. **Oecologia Australis**, v. 13, n. 4, p. 609-618. 10.4257/oeco.1304.05. 2009.

FEARNSIDE, P. M. Dams in the Amazon: Belo Monte and Brazil's hydroelectric development of the Xingu River Basin. **Environmental management**, v. 38, n. 1, p. 16-27, 2006. Available at: https://doi.org/10.1007/s00267-005-0113-6.

FILIZOLA, N. P.; SILVA, A. V. da; SANTOS, A. M. C. dos; OLIVEIRA, M. A. Cheias e secas na Amazônia: breve abordagem de um contraste na maior bacia hidrográfica do globo. *In*: **T&C Amazônia**, v. 9, p. 42-49, 2006.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GOLDEN GATE WEATHER SERVICES. **El Niño and La Niña Years and Intensities**. 2021. Available at: https://ggweather.com/enso/oni.htm

GUIMARÃES, D. F. da S.; BELMIRO, C. dos S.; VASCONCELOS, M. A. de; PEREIRA, H. dos S. Percepção de risco e avaliação de respostas governamentais por populações ribeirinhas em Cacau Pirêra, Iranduba/AM. **Sustainability in Debate**, v. 10, n. 3, p. 236–275, 2019. Available at: https://doi.org/10.18472/SustDeb.v10n3.2019.23711.

GUIMARÃES, D. F. S.; VASCONCELOS, M. A.; WEIL, A. G.; SCHOR, T. Os povos da floresta na produção do espaço e da sustentabilidade na Amazônia: o caso do território do Médio Juruá – Carauari/AM. **Antíteses**, [S. l.], v. 16, n. 31, p. 059–086, 2023. DOI: 10.5433/1984-3356.2023v16n31p059-086. Available at: https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/antiteses/article/view/47613. Access at: 4 maio 2025.

GUIMARÃES, D. F. S.; VASCONCELOS, M. A.; VIDAL, T. D. C. S.; dos SANTOS, P. H. A relação entre eventos climáticos extremos e desastres ambientais fluviais no Amazonas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, p. e25510917882-e25510917882, 2021. Available at: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i9.17882.

IPCC Summary for policymakers. *In*: **Climate Change 2014**: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA) ed C B Field *et al.* (Cambridge University Press) p. 1–32.

IPCC Fourth Assessment, Impacts [2007]. Intergovernmental Panel On Climate Change. **Climate Change 2007**: impacts, adaptation and vulnerability. Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change, Summary for Policymakers, April. Available at: http://www.ipcc.ch/.

IPCC. **Climate Change 2007**: the physical science basis, summary for policy makers, February 2007.

LARAIA, R. de B. **Cultura – Um Conceito Antropológico**. 11.ª edição, Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1996.

LIBERATO, A. M. **Estudo de Eventos Climáticos Extremos na Amazônia Ocidental e seus Impactos na Hidrovia Rio Madeira**. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina grande. Campina Grande, 2014. Available at: http://dca.ufcg.edu.br/posgrad_met/teses/AiltonMarculinoLiberato_2014.pdf. Access at: 05 jan. 2018.

MARCHEZINI, V. *et al.* O que são eventos extremos? Uma reflexão sobre as diferentes perspectivas do termo. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 2, 2023.

MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; SOARES, W. R.; ALVES, L. M.; NOBRE, C. A. Extreme climatic events in the Amazon basin. Climatological and hydrological context of recent floods. **Theor Appl Climatol**. v. 107, p. 73–85, 2012.

MARENGO, J. A.; ESPINOZA, J. C. Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 3, p. 1033-1050. 2016. Available at: https://doi.org/10.1002/joc.4420.

MARENGO, J. A.; SOUZA, JR. C. **Mudanças climáticas, impactos e cenários para a Amazônia**. São Paulo. p. 1-33, 2018

MARENGO, J. A. *et al.* Onset and end of the rainy season in the Brazilian Amazon Basin. **Journal of Climate**, v. 14, n. 5, p. 833-852, 2001. Available at: https://doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014<0833:OAEOTR>2.0.CO;2

MAY, P. H.; VINHA, V. Adaptação às mudanças climáticas no Brasil: o papel do investimento privado. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 229–246, 2012. Available at: https://doi.org/10.1590/S0103-40142012000100001.

MORAN, E. F. **A Ecologia Humana das Populações da Amazônia**. São Paulo, Vozes, 1974.

MORAN, E. **Adaptabilidade Humana**: uma introdução à antropologia ecológica. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 1994

MORAN, E. F. **Meio ambiente e ciências sociais**: interações homem-ambiente e sustentabilidade. São Paulo: editora Senac São Paulo, 2011.

PASSOS, M. S.; CAMPOS-SILVA, J. V. **Análise Temporal da dinâmica fluvial do Rio Juruá, AM, Brasil**. *In*: 16º SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA: geociências e geopolítica na Amazônia. 2019.

PASSOS, M. S.; SOARES, E. A. A. Análise multitemporal do sistema fluvial Solimões-Amazonas entre os tributários Purus e Negro, Amazônia Ocidental, Brasil. Geologia USP. **Série Científica**, v. 17, n. 1, p. 61-74, 2017.

PEREIRA, D. M.; SZLAFSZTEIN, C. F. Ameaças e desastres naturais na Amazônia Sul Ocidental: análise da Bacia do Rio Purus. **Raega – O Espaço Geográfico em Análise**, v. 35, p. 68-94, 2016.

ROCHA, D.; DEUSDARÁ, B. Análise de Conteúdo e Análise do Discurso: aproximações e afastamentos na (re) construção de uma trajetória. **Alea: estudos neolatinos**, v. 7, p. 305-322, 2005.

SETTE, D. M. **O holorritmo e as interações trópico-extratrópico na gênese do clima e as paisagens do Mato Grosso**. 2000. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

SETTE, D. M.; RIBEIRO, H. Interações entre o clima, o tempo e a saúde humana. **InterfacEHS – Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 6, n. 2, 2011.

SOUZA, P. M. B. *et al.* Influence of Climate Change on Working Conditions in The Late 21st Century1. **Ambiente & Sociedade** [online]. v. 23, 2020.

TARIFA, J. R. **Os climas nos maciços litorâneos da Juréia-Itatins**: um ensaio de ritmanálise. 2002. Tese (Livre Docência) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

TEKLAY, A. *et al.* Climate change perceptions and adaptation responses among smallholder farmers across three locations in Megech Watershed, Ethiopia. **Climate Services**, v. 38, 2025, p. 100566.

TEIXEIRA, R. L. P. *et al.* Pensando no hoje e no futuro: iniciativas de mudanças climáticas nas capitais do Nordeste do Brasil. **Confins. Revista Franco-Brasileira de Geografia**, n. 52, 2021. Available at: https://journals.openedition.org/confins/41749. Access at: 20 set. 2022.

TUCCI, C. E. M. **Impactos da variabilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos.** Brasília: Agência Nacional de Águas, 2002. 150 p.

VASCONCELOS, M. A. **A natureza mudou**: alterações climáticas e transformações nos modos de vida da população no baixo Rio Negro, Amazonas. Tese (Doutorado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade) – Universidade Federal do Amazonas, 2020.

WITKOSKI, A. C. **Terras, florestas e águas de Trabalho**: os camponeses amazônicos e as formas de uso de seus recursos naturais. 2. ed. São Paulo. 2010.

ZENG, N. *et al.* Causes and impacts of the 2005 Amazon drought. **Environmental Research Letters**, v. 3, n. 1, p. 014002, 2008.

Perceived impacts of natural disasters in the Serrana Region of Rio de Janeiro, as reported by members of support organisations

Avaliação da sustentabilidade e resiliência socioambiental Percepção dos impactos ocasionados por desastres naturais na Região Serrana fluminense, segundo membros de entidades de apoio aos afetados

Ana Luiza de Oliveira Maia [1]

Roberta Fernanda da Paz de Souza Paiva [2]

Givanildo de Góis [3]

Paulo Miguel de Bodas Terassi [4]

[1] Master's Degree in Environmental Technology, Professor, School of Industrial Metallurgical Engineering of Volta Redonda, Federal Fluminense University, Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brazil
E-mail: analuizaoliveiramaia@id.uff.br

[2] PhD in Economic Development, Professor, School of Industrial Metallurgical Engineering of Volta Redonda, Federal Fluminense University, Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brazil
E-mail: robertapaz@id.uff.br

[3] PhD in Environmental and Forestry Sciences, Post-Doctoral Researcher, Federal University of Acre, Floresta Campus in Cruzeiro do Sul, Cruzeiro do Sul, Acre, Brazil
E-mail: givanildogois@gmail.com

[4] PhD in Geography, Visiting Professor, Federal University for Latin American Integration (Unila), Foz do Iguaçu, Paraná, Brazil
E-mail: pmbterassi@gmail.com

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.58184

Received: 09/05/2025
Accepted: 04/12/2025

ARTICLE- DOSSIER

ABSTRACT

This study sought to identify, from the perspectives of representatives of associations supporting disaster-affected individuals, the impacts of natural disasters on municipalities in the Mountain Region of Rio de Janeiro and the response mechanisms employed. Qualitative analysis of questionnaire responses from these representatives revealed impacts across health, education, leisure, safety, and the economy. Notable issues included mental health problems in adults and children, difficulties in providing adequate shelter and housing – both for directly affected and at-risk populations – economic

losses, and a pervasive sense of insecurity regarding the risk of further events. Representatives emphasised that public authorities should respond effectively through urban planning, disaster prevention, and the strengthening of health and education services to adequately support affected populations in the short, medium, and long term.

Keywords: Human well-being. Extreme events. Public policies. Risks.

RESUMO

Buscou-se identificar, por meio da percepção de representantes de associações de afetados por desastres, os impactos causados pelos desastres naturais à população dos municípios da Região Serrana do Rio de Janeiro, bem como os mecanismos de resposta a esses eventos. A análise qualitativa das respostas dos questionários aplicados aos representantes de entidades permitiu que fossem identificados impactos de diferentes magnitudes sobre a saúde, educação, lazer, segurança e economia. Destacaram-se, nesse conjunto, os problemas de saúde mental observados em adultos e crianças, os desafios na busca de abrigos e moradias adequadas para as populações afetadas e residentes em áreas de risco, danos econômicos e a insegurança da população diante do risco de novas ocorrências. Segundo os representantes, o poder público precisa agir de maneira eficaz, adotando ações de planejamento urbano e prevenção contra desastres, bem como promover a estruturação dos serviços de saúde e educação para atendimento da população afetada no curto, médio e longo prazos.

Palavras-chave: *Riscos. Eventos extremos. Bem-estar humano. Políticas públicas.*

1 INTRODUCTION

The occurrence of extreme natural disasters has been increasing, generating ever greater impacts that disproportionately affect the poorest and most vulnerable groups, both biophysically and socially (Canil *et al.*, 2020). In its Sustainable Development Goals (SDGs), the United Nations (UN) highlights the need to adopt measures to reduce climate change and its impacts (SDG 13), thereby ensuring population well-being (UN, 2015).

Natural disasters, often intensified by climate change, can result from various natural phenomena. These include geological (such as earthquakes, volcanic activity, and mass movements), hydrological (such as flash floods, regular floods, waterlogging, and landslides), meteorological (such as storms, cyclones, and gales), climatological (such as extreme temperatures, droughts, dry spells, wildfires, and frosts), or biological origins. All these events harm both natural and built environments in the affected regions (Freitas, 2014).

According to data from the World Meteorological Organisation (WMO), between 1970 and 2021, a total of 11,778 disasters attributable to climatic, meteorological and water-related events were reported worldwide, causing 2,087,229 deaths and US$4.3 trillion in economic losses (WMO, 2023).

In Brazil, the *Atlas Digital de Desastres* (Brazil, 2024) recorded 41,791 disasters from 2010 to 2023. Droughts and dry spells accounted for 41.5% of these, most frequently in the Northeast region, which reported 67% of such events. Within the Northeast, 79% of all disasters were of these types. In contrast, the South and Southeast regions experienced primarily rainfall-related events, including heavy rains, flash floods, river floods, inundations, and landslides – accounting for 52% and 55% of occurrences in those regions, respectively.

Among the main impacts of these disasters are mortality and the incidence of communicable and non-communicable diseases, as highlighted by the World Health Organisation (WHO). The organisation estimates an additional 250,000 deaths per year between 2030 and 2050 due to climate change (WHO, 2021).

Beyond mortality, extreme events produce diverse economic, social, and environmental impacts. Their consequences, documented in studies focused on Brazil (Alpino *et al.*, 2022; Freitas, 2020; Freitas *et al.*, 2023) and internationally (McGill *et al.*, 2023; Shi, 2021; Unesco, 2020), extend to specific areas: education (including school closures, reduced attendance, and mobility challenges); (Alves, 2021; Marchezini; Muñoz; Trajber, 2018), food and nutritional security (Alpino *et al.*, 2022), economic costs (Freitas, 2020), and financial stability in middle- and low-income countries (Alalmaee, 2024).

Research shows that disasters harm public health both immediately and over time. Among the most significant effects are mental health disorders in children, adolescents, and adults (Muslu; Manav; Nazik, 2025; Spencer; Thompson, 2024). Studies also show that gender inequalities worsen in disaster-affected regions, as women and female-headed households experience greater impacts (Llorente-Marrón *et al.*, 2020).

The Mountain Region of Rio de Janeiro is highly susceptible to extreme events because of its rugged terrain and high-altitude tropical climate. Interactions between orography and local weather cause heavy rainfall in windward areas (Silva and Oscar Júnior, 2022). Urban population density and the presence of communities in at-risk areas increase the risk of rainfall events. This vulnerability was evident in recent events, such as the major disaster in 2011 with over 900 deaths, and record rainfall in 2022 in Petrópolis, which led to fatalities, material losses, and destruction (Ottero *et al.*, 2018).

Data from Datasus (2024) show that in the state of Rio de Janeiro, between 2010 and 2022, most deaths (61.6%) caused by natural disasters such as floods, landslides, flash floods and mass movements occurred in municipalities in the Mountain Region: Nova Friburgo (22.9%), Petrópolis (20.4%) and Teresópolis (18.3%).

Given the severity of these impacts, disasters in the municipalities of the Mountain Region have been the focus of several studies, mainly addressing economic and health-related consequences (Ottero *et al.*, 2018; Santos *et al.*, 2024; Silva *et al.*, 2020;). However, analyses that consider other dimensions – economic, social, and additional aspects of population life – are still needed. To achieve this, it is essential to understand public perceptions of disaster impacts and mitigation policies (Ma *et al.*, 2025; Vieira; Schimidt; Moura, 2019).

This study aims to identify, from the perspective of representatives of associations supporting disaster-affected people, the impacts of natural disasters and the mechanisms used to respond to them. These representatives live in vulnerable areas and mediate between public authorities and civil society, playing a vital role in developing effective, inclusive public policies. This research forms part of the first author's Master's Dissertation, with contributions from co-authors.

2 METHODOLOGY

2.1 STUDY AREA

The Mountain Region of the state of Rio de Janeiro comprises 13 municipalities: Bom Jardim, Cantagalo, Carmo, Cordeiro, Duas Barras, Macuco, Nova Friburgo, Santa Maria Madalena, São José do Vale do Rio Preto, São Sebastião do Alto, Sumidouro, Teresópolis, and Trajano de Moraes (Figure 1).

This study also includes Petrópolis (RJ), which was part of the Mountain Region until 2018. The Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro (Ceperj) recently reclassified Petrópolis into the Metropolitan Region (SEMPDEC, 2021).

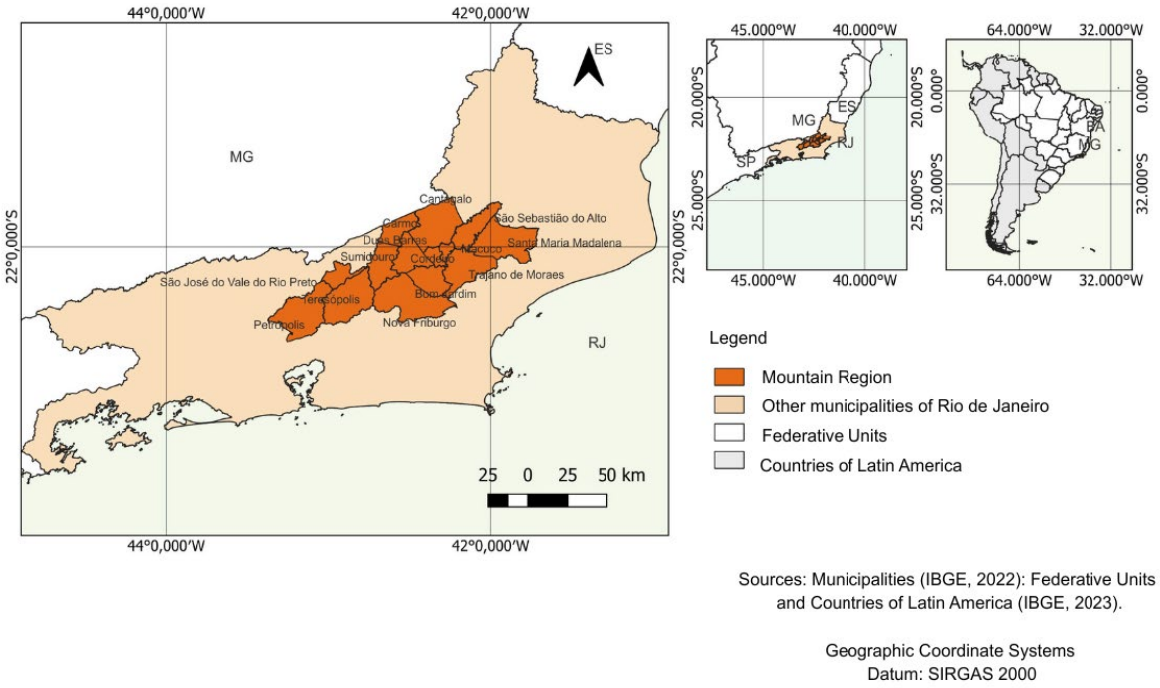


Figure 1 – Location of the Mountain Region, State of Rio de Janeiro, Brazil

Source: Author's own elaboration

In total, the fourteen municipalities are home to 801,381 inhabitants, representing approximately 5% of the state's population (IBGE, 2023). Factors such as the region's natural, geological, and hydrometeorological characteristics, combined with rapid, disorderly growth in environmentally protected areas, such as riverbanks and hillsides, have increased the vulnerability of part of the population to such events (Brazil, 2023).

2.2 METHOD

To understand how association representatives perceive disaster impacts and the response mechanisms, data were collected using a semi-structured questionnaire with 18 open-ended questions. The questionnaire was designed for clarity and objectivity, avoiding ambiguity and facilitating straightforward, clear responses. This allowed respondents to express their perceptions of disasters and government actions.

Overall, the aim was to understand residents' main post-event demands; the principal impacts observed; how the local community organises assistance for those affected, including the role of non-governmental organisations in this process; the main challenges faced; and long-term initiatives for risk reduction and area recovery.

The questions addressed the domains of health, education, cultural values (leisure), security and livelihoods (economy) in the post-disaster context, dimensions considered essential for safeguarding individual freedoms, capabilities and overall well-being (Sen, 2000).

Sampling was purposeful, aiming to select participants who could provide relevant insights and perceptions (Campos; Saidel, 2022). As a qualitative study, the research sought a broad understanding of the investigated problem in its various dimensions. Numerical criteria did not define or represent the sample (Minayo, 1992).

To select the research participants, a preliminary search of social networks was conducted to identify organisations involved in supporting communities affected by natural disasters. After identification, the contact details of these organisations and their representatives were gathered for initial communication. Representatives were contacted and invited to participate in the study. When they agreed, they were asked which method was most suitable for receiving the questionnaire: email (Word, PDF, or Forms) or WhatsApp. These alternatives aimed to facilitate participation, allowing respondents to choose the format that best suited their availability.

Following the initial contact, questionnaires were sent to eleven organisations. All responded (100% response rate); however, three completed questionnaires (27.3%) were excluded from the analysis due to incomplete or insufficiently detailed answers. Thus, the analyses in this study considered responses from eight participants across seven institutions (Table 1).

The distribution of the questionnaires to the eleven institutions and the receipt of responses occurred between December 2023 and January 2024.

Table 1 – Interviewee code, information about the entities, and main area of activity

Code	*Definition/objectives of the entities Municipality*	*Main area of activity*
Interviewee A	Represents a Non-Governmental Organisation (NGO) dedicated to environmental education, specifically targeting the control and reduction of environmental damage in Nova Friburgo.	Nova Friburgo
Interviewee B	Works to secure decent housing and social rent for populations impacted by disasters in the Mountain Region, particularly Petrópolis.	Mountain Region/ Petrópolis
Interviewee C	Defines entity as one that advocates for the rights of affected populations and monitors public actions and resource allocation throughout Brazil.	Brazil
Interviewee D	A Non-Governmental Organisation (NGO) established by local residents and supporters of disaster victims in the city.	Petrópolis
Interviewee E	A Non-Governmental Organisation (NGO) formed by disaster victims to advocate for equal rights.	Teresópolis
Interviewee F	A Non-Governmental Organisation (NGO) that implements sustainable and ongoing community initiatives.	Petrópolis
Interviewee G and H	Organisation founded by Cefet/RJ professors and the Rio de Janeiro Public Prosecutor's Office in 2022 to develop initiatives promoting safety for residents in mountainous areas prone to landslides and floods.	Petrópolis

Source: Author's own elaboration

The interviews were tabulated in Excel and analysed using Bardin's (2011) framework for content analysis.

3 RESULTS AND DISCUSSION

Of the respondents, 62.5% were female and 37.5% male, with a mean age of 49 years. Most of these participants had been living in Petrópolis, Teresópolis, and Nova Friburgo for more than two decades (87.5%), while 12.5% had resided in the area for less than ten years. During this period, all respondents experienced at least one environmental disaster, and some faced multiple such events throughout their lives in these municipalities.

In addition to their varied professional occupations, which include positions such as civil servants, teachers and assistants, these individuals also play active roles within their communities. Engaged in environmental issues and risk-mitigation efforts, they work to raise awareness and implement preventive measures for natural disasters. As active members of their local communities, their experience and commitment help address the environmental and safety challenges faced by the Mountain Region of Rio de Janeiro.

Their perspectives and experiences offer insights into local perceptions and understanding of climate change and its impacts, as well as the measures considered necessary to confront these challenges.

3.1 IMMEDIATE DEMANDS AND OBSERVED IMPACTS FOLLOWING EXTREME EVENTS ACROSS THE DIMENSIONS OF HEALTH, EDUCATION, LEISURE, SAFETY, AND LIVELIHOODS

When asked about the main needs of residents after extreme natural events, seven participants mentioned immediate demands for essential goods and services, such as water, food, hygiene, and cleaning products, as well as the need for temporary shelters and social rent schemes. According to Brazil (2024), temporary shelters offer emergency and provisional accommodation that may last days, weeks or even several months; if their use extends beyond two months, other strategies should be adopted, such as temporary accommodation in family or individual units, social rent, or transfer to a care service within the Unified Social Assistance System (Suas).

The main demands reported in the research were, in general, the typical needs observed in post-disaster contexts. These are initially met through humanitarian actions aimed at providing rapid assistance to victims, including rescue operations, distribution of essential goods and provision of shelters. Effective humanitarian logistics, therefore, contributes to reducing the impacts and suffering of affected populations (Thomas; Kopczak, 2007). In Brazil, however, Costa *et al.* (2015) found that there are still losses and waste of scarce resources in post-disaster actions, indicating the need for improved coordination, training and procedures.

In addition to these immediate demands, respondents were asked to report the main impacts suffered by disaster-affected populations. Representatives highlighted multiple impacts, including the loss of material goods, destruction, loss of loved ones and pets, and the lack of financial means to rebuild their lives.

One respondent stated: *"Losses of people, animals, homes, and a little of each person's history"* (Interviewee A), which indicates intangible impacts, such as loss of identity, as residents lose part of their personal history alongside their material possessions. This highlights the need for psychological support for those affected, who face emotional problems of varying types and intensities. Three respondents noted the need for psychological support and emotional care for victims, as expressed by Interviewee B: *"Priority must be given to feelings after the tragedy."*

According to Beniakar (2009), prolonged exposure to natural disaster events can lead to emotional and/or psychological imbalance, creating a cycle of mutually reinforcing symptoms. In such circumstances, the inability to process multiple losses, combined with grief, causes significant psychological suffering among those affected.

Similarly, research indicates increased demand for mental health support services during environmental disasters (Uddin, 2024). Rafaloski *et al.* (2020) reported that after the catastrophic event in Blumenau in 2008, there was a significant rise in demand for mental health services, as well as an increase in new diagnoses among the affected population. Care units reported increased use of medications to treat sleep disorders, anxiety and depression.

According to the *Practical Guide to Mental Health in Disaster Situations* (Rodríguez *et al.*, 2009), during catastrophic events, individuals are often suddenly confronted with harsh realities that may trigger crises and lead to a loss of emotional stability. This can result in a range of emotional responses such as pain, panic, generalised anxiety, sadness, and disillusionment. In more severe cases, these reactions can develop into mental disorders (Rodríguez *et al.*, 2009).

Regarding healthcare assistance in the post-disaster period, respondents reported that, alongside health professionals, community members and volunteers also participated in response efforts. According to respondents, community action was quick and significant. One stated: *"In 2011, during the first response, while the neighbourhood was isolated, we set up an improvised infirmary in a resident's home, with a nurse, first-aid materials and caregivers"* (Interviewee C).

Volunteer action was also highlighted. Many donations were received at support and collection points. According to Interviewee B: *"Most neighbourhoods had a UBS or PSF healthcare unit where teams provided support, and volunteers always arrived quickly to help. Supplies also arrived through donations; I myself received many supplies and medications at our support point, where professionals cared for families. This happened in most places." And: "Here in my city, everything was centralised in the local gymnasium. In some places, aid arrived by helicopter."*

As for the challenges faced by health teams, respondents pointed to access problems, a shortage of health professionals, and inadequate materials for serving the affected population. *"Lack of appropriate vehicles to reach affected areas and lack of medication."* (Interviewee D). *"Access to the places was extremely difficult. Everything was very complicated, and in some areas, only helicopters could reach them."* (Interviewee E). *"Access to affected locations, limited basic infrastructure, and restricted and inadequate supplies to meet the peak demand."* (Interviewee F). *"There was no health team in the neighbourhood."* (Interviewee C). *"There are no adequate temporary shelters. We do not have enough permanent health professionals."* (Interviewee G).

The impact of these events on healthcare professionals was also reported by one of the interviewees:

> The greatest difficulty was dealing with the loss of people from within their own field, patients and individuals they had been helping for years, who had either died in the landslide or lost family members. There was a complete lack of psychological support, as we saw health workers having to assist the families in their local area while also having to take care of their own relatives. Without the necessary first-aid equipment, they often had to resort to nearby support points and relied on help from volunteers because there were not enough personnel available. (Interviewee B)

It is observed that, in addition to material damage to facilities dedicated to health services, disasters affect healthcare workers, who require follow-up by specialised professionals as well as training to work under extreme conditions such as these, as reported in other studies (Freitas *et al.*, 2020; Manfrini *et al.*, 2023; Santos *et al.*, 2024).

Despite the problems faced by the health service due to extreme events, the interviewees indicated that they were unaware of, or that there were none, long-term initiatives to strengthen the health system.

This perception aligns with the findings of Silva *et al.* (2020), who, from the perspective of healthcare professionals, sought to identify the vulnerabilities and restructuring policies of the health sector in the municipality of Nova Friburgo, Rio de Janeiro, in the context of natural disasters. According to the results, the health sector in the municipality is vulnerable and does not effectively participate in municipal risk management plans, hindering the adoption of effective actions in the face of disasters.

It is evident that the impacts on the mental health of the population were the most frequently mentioned by the interviewees, in addition to the lack of care and follow-up by health professionals for those affected.

In another dimension, the study sought to understand the effects of extreme events on education. According to the interviewees, in many schools, classes were suspended and sometimes not resumed. As alternatives to address the problem, three interviewees mentioned transferring students to other neighbourhoods, shelters, schools, or suitable locations to continue classes, and one respondent mentioned adopting remote learning.

In this dimension, respondents highlighted several major challenges faced by the sector. Most of them (five out of eight interviewees) cited challenges such as the disruption of family structures among students, the need to adapt to the new context, keeping up with the learning schedule despite the trauma, and the use of school facilities as shelters. A reflection of this is seen in the words of Interviewee B, who stated that the difficulties were:

> Returning to normal life without the people who were gone; trying to teach content when the children only wanted to talk about what they saw, heard and witnessed. The absence of staff, teachers, classmates who died in the tragedy and having to talk about it, with no psychological support whatsoever.

It is evident that mitigating the impacts on education depends not only on the recovery of infrastructure and school units but also on psychosocial support for students, staff and families, indicating that health issues are directly related to the educational impacts reported in the study.

Regarding government action to support schools in addressing educational issues in this post-disaster context, most interviewees (four) stated they were unaware of such government involvement, and three were unable to answer. One respondent highlighted the *"lack of effective and robust action by public authorities to re-establish normal pedagogical activities"* (Interviewee C). They also reported that most assistance related to the education sector came from NGOs and volunteers.

According to Unesco (2020), individuals displaced by climate change must have their right to education protected, respected and guaranteed in a systematic, holistic and comprehensive manner.

Finally, five interviewees reported not recognising any long-term recovery strategy implemented to improve the resilience of the city's educational system, emphasising that, in the municipality of Petrópolis, many children did not even return to school in 2022.

Regarding the impacts of disasters on leisure activities and outdoor engagement, the responses indicated that six interviewees either did not know how to answer (three) or did not identify major changes (three). They emphasised that, even before these disasters occurred, opportunities for collective leisure and outdoor activities were already limited. For two interviewees, these activities worsened, as they were often carried out in neighbourhood streets that were subsequently destroyed.

Regarding residents' sense of safety regarding the likelihood of new environmental disasters, most interviewees (70%) disagreed that residents feel secure living in areas of risk. This sense of insecurity among people living in hazardous areas has been reported in other studies (Rosa *et al.*, 2018). However, it is often not sufficient to prompt abandonment of their homes. This may occur due to functional factors when residents have nowhere else to go and remain in the place without paying rent; symbolic factors associated with a sense of belonging to the location; and temporal factors related to the length of residence, which creates strong social ties (Alves *et al.*, 2015).

Housing (including shelters and safe dwellings) was mentioned by the interviewees as a persistent issue faced by residents in at-risk areas and by those affected by disasters, given the minimal or non-existent expectation of meeting this demand.

According to data from the National Confederation of Municipalities (CNM), Brazil's housing deficit reached approximately 5.9 million homes in 2019, most of which are located in urban areas. Of this total, more than 25% live in inadequate, unhealthy conditions, highlighting the urgent need for investment in new housing. Additionally, estimates from 2022 show that more than 10 million people live in at-risk areas in Brazil, while most municipalities face shortages in basic infrastructure, including access to piped water, bathrooms, windows, and sanitation, among other essential needs (CNM, 2023).

Some interviewees also emphasised the government's ineffective intervention in these situations, as reflected in the statement from one community leader: *"Unfortunately, families remain in limbo for many years, fighting for rights that should be guaranteed by law. All become hostages of a miserable and always uncertain social rent. This is the greatest impact; we remain at the mercy of the government."* (Interviewee E)

Another participant offered a similar account, stating: *"Inadequate and violent actions by public authorities… abandonment."* (Interviewee C)

To explore the economic aspects of the affected microregions, several questions were asked. However, few answers provided clear information on the economic impacts of the disasters. In many cases, interviewees reported insufficient knowledge to provide a response, while in others, answers were brief and not suitable for more extensive analysis. Nevertheless, some insights were possible. Two interviewees observed that many businesses, especially small enterprises, closed down following the disasters, arguing that larger companies generally show greater resilience and have better access to government subsidies.

Furthermore, five interviewees emphasised that the limited measures adopted to support the cities' economic recovery were ineffective. They noted initiatives such as credit for micro-entrepreneurs, incomplete structural works, tourism events, loans, credit letters, and account subsidies. According to them, these actions were insufficient to promote genuine economic recovery. Representatives from organisations in Petrópolis and Teresópolis reported that their municipalities remain in financially precarious conditions and have not fully recovered.

Given the frequency of disasters and their impacts across all dimensions discussed, interviewees believe that public authorities should adopt measures to enhance the city's resilience to future disasters. However, according to the responses, very little has been implemented. Four interviewees stated that no such investment exists, while three reported minimal investment in road repairs, flood prevention, and debris removal. One participant highlighted this by stating: *"Very little. Not even the planned construction work is complete, and in some neighbourhoods, the debris from the tragedy has not yet been removed. Some areas remain as they were on the day of the disaster."* (Interviewee B)

Regarding public authorities, interviewees stated: *"If there had been greater concern and interest from politicians, everything could have been avoided."* (Interviewee A). *"Public authorities are not prepared to respond, provide assistance, rebuild, or mitigate risks… the priority is economic 'development' to the detriment of social development. Much of the population is vulnerable. Many deaths could have been avoided."* (Interviewee C). *"There must be joint action by the state, municipal, and federal governments, without focusing solely on partisan politics. They must stop seeing the population as voters and start seeing them as lives that need help."* (Interviewee B)

In this context, it is important to highlight that Federal Law 12.608/2012 established the National Policy on Civil Protection and Defence (PNPDEC), which states that it is the duty of the federal government

to adopt preventive measures to reduce environmental disaster risks. The CNM also recommends prioritising assistance to families living in at-risk areas through humane resettlement strategies, ensuring participation and greater agility in the transfer of necessary resources.

In the event of an environmental disaster, municipalities may request financial assistance from the federal government when deemed necessary. However, resource allocation is not always based on actual demand or need but can instead depend on political alignment between the parties involved. Political actors may compromise the fairness of the process, harm affected communities, and favour allies, even in the context of natural disasters (Henrique; Batista, 2020).

Additionally, respondents highlighted the community's lack of awareness of the true scale of the global climate crisis and the increasing frequency of tragedies. Limited social participation and the election of representatives with little commitment to developing effective solutions contribute to a vicious cycle. This, in turn, places excessive responsibility on non-governmental organisations and volunteer initiatives while reflecting public authorities' inaction.

Beyond housing policies, interviewees also mentioned other measures to mitigate the climate crisis, including the establishment of emergency and warning systems and river drainage. For instance: *"The need for a reliable emergency and warning system, and for the creation of shelters in case of heavy rainfall, along with monitoring of concentrated rainfall volumes and paying attention to official alerts."* (Interviewee F). And: *"What could be done to avoid future disasters because we know they will happen; first and foremost is river drainage."* (Interviewee D)

There was a strong consensus regarding the role of NGOs. Six out of eight interviewees provided positive assessments of their performance, emphasising their importance and effectiveness:

> Without NGOs and social movements, the 2022 tragedy would have been far worse. Without the network they built with the many volunteer doctors, families affected by the socioenvironmental disasters in Petrópolis would have been left almost entirely without assistance, as the municipal government was completely overwhelmed in the initial moments. I say this because volunteers from the institution I founded and preside over helped many families and entire communities. (Interviewee B)

Generally, Paul (2006) notes that NGOs play a crucial role in emergencies due to their independence from government structures, which allows them to mobilise resources and materials more flexibly and to address shortcomings identified during state-coordinated operations.

Five of the eight interviewees also shared broader reflections on the topic, expressing their feelings and perceptions of future scenarios. *"Without NGOs and individuals with empathy, we would not be here today..."* (Interviewee D).

> I have a clear opinion on all this. I am a victim of one of the biggest natural disasters in the country, which struck the Mountain Region of the state of Rio de Janeiro on January 12, 2011. We are still fighting, shouting, and asking for help for the families who are still waiting for their long-awaited homes. I see a public authority completely absent in every aspect... even though housing is guaranteed by law. (Interviewee E)

> I admit my scepticism regarding transformations that could improve resilience, reduce risks, or result in infrastructure that improves physical conditions. As long as representatives of this kind remain in power, I see no reason for optimism, and I find it very difficult in the short or medium term to break the vicious cycle of public ignorance, social detachment from the issues affecting residents, and the election of representatives who are not committed to the interests of their constituents or to

> solutions for social problems. Breaking any of these links will be very difficult. Some of us may act on certain links, but these will be palliative measures while the cycle itself remains unbroken. (Interviewee H)

In summary, the lessons learned reveal that interviewees consistently highlighted common points, notably the persistent absence of effective public-sector action to prevent and mitigate the impacts of extreme climatic events, as well as the indispensable role of volunteers. They also emphasised the multiple losses endured, extending beyond material losses, and underscored the psychological impacts of the tragedies, which negatively affected various aspects of people's lives.

4 FINAL CONSIDERATIONS

The study identified the main impacts of extreme natural events in the Mountain Region of Rio de Janeiro on health, education, leisure, safety, and the economy, as perceived by representatives of organisations working on behalf of affected communities.

Within this set of impacts, particular emphasis was placed on the mental health problems observed among adults and children, conditions that are characteristic of post-disaster situations and may persist if adequate follow-up by health professionals is not ensured, and on the challenges related to accessing shelters and adequate housing for affected populations and those residing in at-risk areas.

With regard to education, in addition to the negative impacts reported, such as the suspension of classes, low attendance, and difficulties in accessing educational facilities, the respondents highlighted the absence and/or ineffectiveness of public actions aimed at rehabilitating and restructuring the educational system, a factor that hinders its resilience in the face of future disasters.

Likewise, the interviewees perceived that the policies adopted to support the economic recovery of the affected regions were insufficient to mitigate the impacts experienced, thereby contributing to increased vulnerability among the affected population. This vulnerability becomes even more evident in the widespread perception that communities do not feel safe, believing that they remain exposed to the risk of recurrent disasters.

The impact on leisure opportunities and outdoor activities was the only theme on which interviewees presented more divergent views. Nonetheless, respondents emphasised that such opportunities were already limited prior to the disasters, indicating the need for public policies that promote leisure provision and, consequently, maintain the population's well-being.

Community solidarity and the role of non-governmental organisations were recognised as essential elements in disaster response, providing vital support to the affected communities. This support was perceived as particularly important given the widespread frustration with the lack of adequate public assistance, which was described as absent, inefficient, or ineffective across all dimensions assessed, despite being essential.

According to the respondents, public authorities must act effectively by adopting urban planning measures and disaster prevention strategies, while also improving the organisation and capacity of health and education services to ensure adequate support for the affected population in the short, medium, and long term.

STATEMENT ON THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

The authors declare that no generative AI or AI-assisted technologies were used in the creation, writing, or editing of this manuscript.

ACKNOWLEDGEMENTS

The first author thanks the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (Capes) for the Master's scholarship granted.

REFERENCES

ALPINO, T. de M. A. *et al.* The impacts of climate change on Food and Nutritional Security: a literature review. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 1, p. 273–286, 2022. Available at: https://doi.org/10.1590/1413-81232022271.05972020

ALVES, B. **The impact of natural disasters on education**: a study for Brazil, 2021. Doctoral Thesis. University of São Paulo.

ALVES, R. B. *et al.* "Home Sweet Home": attachment to place in risk areas in the face of natural disasters. **Psico**., [s. l.], v. 46, n. 2, p. 159–168, 2015. Available at: https://doi.org/10.15448/1980-8623.2015.2.17484

BARDIN, L. **Content Analysis**. Edições 70, Lisbon, 2011.

BENIAKAR, M.; COLLAZO, C. Mental health in disasters: problems, paradoxes and clinical perspectives. *In*: BENIAKAR, M.; THOMÉ, J. T.; TARALLI, I. H. **Intervention in destabilizing borderline situations**: crises and traumas. ABP Ed, Rio de Janeiro, 2009.

BRAZIL, 2023. **Technical Note** No. 1/2023/SADJ-VI/SAM/CC/PR [Internet]. Brasília: Presidency of the Republic; 2023 [cited 2024 Nov 7]. Available at: https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/copy_of_NotaTcnica12023SADJVISAMCCPR_SEI_00042.000497_2023_74.pdf

BRAZIL. Ministry of Integration and Regional Development. **Digital Atlas of Disasters in Brazil**. MIDR, Brasília, 2024. Available at: https://atlasdigital.mdr.gov.br/paginas/downloads.xhtml. Accessed on: October 7, 2024.

BRAZIL. **Technical Note** No. 1/2023/SADJ-VI/SAM/CC/PR. Presidency of the Republic, Brasília, 2023. Available at: https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/copy_of_NotaTcnica12023SADJVISAMCCPR_SEI_00042.000497_2023_74.pdf. Accessed on: October 7, 2024.

BRAZILIAN INSTITUTE OF GEOGRAPHY AND STATISTICS. 2022 **Demographic Census**. IBGE, Rio de Janeiro, 2023. Available at: https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2022/inicial. Accessed on: August 20, 2024.

CAMPOS, C. J. G.; SAIDEL, M. G. B. Sampling in qualitative research: concepts and applications to the field of health. **Revista Pesquisa Qualitativa**, [S. l.], v. 10, n. 25, p. 404–424, 2022. Available at: https://doi.org/10.33361/RPQ.2022.v.10.n.25.545.

CANIL, K.; LAMPIS, A.; SANTOS, K. L. dos. Vulnerability and the social construction of risk: a contribution to planning in the São Paulo macrometropolis. **Cadernos Metrópole**. São Paulo, v. 22, n. 48, p. 397–416, 2020. Available at: https://doi.org/10.1590/2236-9996.2020-4803

COSTA, S. R. A. *et al.* Humanitarian supply chain: an analysis of the processes of action in natural disasters. **Production**, [s. l.], v. 25, n. 4, p. 876–893, 2015.

COSTA, S. R. A. da.; BANDEIRA, R. A. de M.; CAMPOSA, V. B. G.; MELLO, L. C. B. de B. Cadeia de suprimentos humanitária: uma análise dos processos de atuação em desastres naturais. Production, v. 25, n. 4, p. 876-893, out./dez. 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.147513.

DATASUS. Ministry of Health. **Hospital Morbidity of the SUS (SIH/SUS)**. Datasus, Brasília; 2024. Available at: https://datasus.saude.gov.br/acesso-a-informacao/morbidade-hospitalar-do-sus-sih-sus/. Accessed on: August 20, 2024.

FREITAS, A. W. Q.; WITT, R. R.; VEIGA, A. B. G. The health burden of natural and technological disasters in Brazil from 2013 to 2021. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 39, n. 4, e00154922, 2023. Available at: https://doi.org/10.1590/0102-311XEN154922

FREITAS, C. M. de *et al.* Natural disasters and health: an analysis of the situation in Brazil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, p. 3645–3656, 2014. DOI: 10.1590/1413-81232014199.00732014.

FREITAS, C. M. de *et al.* Natural disasters and their costs in health establishments in Brazil from 2000 to 2015. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 36, 2020. Available at: https://doi.org/10.1590/0102-311X00133419

HENRIQUE, A.; BATISTA, M. The politicization of natural disasters: partisan alignment, emergency declarations and the allocation of federal resources to municipalities in Brazil. **Revista do CESOP**, Campinas, 2020. Available at: http://doi.org/10.1590/1807-01912020263522

LLORENTE-MARRON, M. *et al.* Socioeconomic consequences of natural disasters on gender relations: the case of Haiti. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 50, p. 101693, 2020. Available at: https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101693.

MA, Wei *et al.* Urban landscape patterns and residents' perceptions of safety under extreme city flood disasters. **Ecological Indicators**, v. 170, p. 113003, 2025. Available at: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.113003.

MANFRINI, G. G. *et al.* Primary health care actions in natural disasters. **Text & Context Nursing**, Florianópolis, v. 29, e20180256, 2020. Available at: https://doi.org/10.1590/1980-265X-TCE-2018-0256.

MARCHEZINI, V.; MUÑOZ, V. A.; TRAJBER, R. School vulnerability to disasters in Brazil. **Territory**, n. 25 (II), p. 161–178, 2018.

MCGILL, N. *et al.* The impact of climate-related disasters on children's communication and wellbeing: addressing sustainable development goals, **International Journal of Speech-Language Pathology**, [s. l.], v. 25, n. 1, p. 20–26, 2023. DOI: 10.1080/17549507.2022.2156613

MINAYO, M. C. de S. The challenge of knowledge: qualitative research in health. *In*: **The challenge of knowledge**: qualitative research in health. 1992. p. 269–269.

MUNICIPAL SECRETARIAT OF PROTECTION AND CIVIL DEFENSE. **Contingency Plan of the municipality of Petrópolis for forest fires and droughts**. Municipal Secretariat of Protection and Civil Defense, [s. l.], 2023. Available at: https://www.petropolis.rj.gov.br/pmp/phocadownload/defesa-civil/planos-contigencia/plano%20inverno%202023%20-%2002.06.2023.pdf. Accessed on: November 7, 2024.

MUSLU, G. K.; MANAV, G.; NAZIK, F. Turkish validity and reliability study of the parental cognitive perception inventory on the effects of disasters on children's well-being (PCP-DCWB). **Journal of Pediatric Nursing**, 2025. Available at: https://doi.org/10.1016/j.pedn.2025.03.018.

NATIONAL CONFEDERATION OF MUNICIPALITIES. **Technical Study**: disasters force more than 4.2 million people who were neglected by public policies to seek alternative housing in the last ten years. CNM. Brasília, 2023. Available at: https://cnm.org.br/biblioteca/exibe/15075. Accessed on: July 26, 2023.

OTTERO, C. R. *et al.* Frequency Analysis of Rainfall Data Observed in 2011 and 2013 in the Mountain Region, State of Rio de Janeiro. **Brazilian Journal of Meteorology**, [s. l.], v. 33, n. 1, p. 131–139. 2018. Available at: https://doi.org/10.1590/0102-7786331007.

PAUL, B. K. Disaster relief efforts: an update. **Progress in Development Studies**, [s. l.], v. 6, 211. 2006. Available at: http://pdj.sagepub.com/content/6/3/211.

RAFALOSKI, A. R. *et al.* Mental health of people in natural disaster situations from the perspective of the workers involved. **Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v. 44, n. special 2, p. 230–241. DOI: 10.1590/0103-11042020E216.

RODRÍGUEZ, J. *et al.* Pan American Health Organisation. **Practical guide to mental health in disasters**. PAHO, Washington, 2009. Available at: https://emergenciasedesastres.cfp.org.br/wp-content/uploads/sites/17/2011/08/GuiaPracticadeSaludMental_ops_oms1.pdf. Accessed on: August 20, 2024.

ROSA, T. C. S. *et al.* Risk associated with mass movement in Morro Boa Vista (Vila Velha/ES): from territory characterization to the need for public policies. **Cadernos Metrópole**, São Paulo, v. 20, n. 42, p. 399–421, 2018. Available at: https://doi.org/10.1590/2236-9996.2018-4205.

SANTOS, A. V. dos *et al.* Primary care in addressing socio-environmental disasters: the experience of Petrópolis–RJ. **Brazilian Journal of Family and Community Medicine**, v. 19, n. 46, p. 4204–4204, 2024. Available at: https://doi.org/10.5712/rbmfc19(46)4204.

SEN, A. **Development as Freedom**. Translated by Laura Teixeira Motta. Development as Freedom. 8th reprint. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.

SHI, X. *et al.* Impacts and socioeconomic exposures of global extreme precipitation events in 1.5 and 2.0 C warmer climates. **Science of the Total Environment**, [s. l.], 766, 142665, 2021. Available at: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142665.

SILVA, I. V. M. *et al.* Institutional vulnerability of the health sector to disasters: perspective of professionals and managers in Nova Friburgo. **Health in Debate**, [s. l.], v. 44, p. 188–202, 2020. Available at: https://doi.org/10.1590/0103-11042020E213.

SILVA, W. L.; OSCAR JÚNIOR, A. C. Climate extremes related to rainfall in the State of Rio de Janeiro, Brazil: a review of climatological characteristics and recorded trends. **Natural Hazards**, v. 122, n. 2, p.1–20, 2022. DOI: 10.1007/s11069-022-05409-5.

SPENCER, G.; THOMPSON, J. Children and young people's perspectives on disasters–Mental health, agency and vulnerability: a scoping review. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 108, p. 104495, 2024.

THOMAS, A.; KOPCZAK, L. R. Life-saving supply chains – challenges and the path forward. *In*: LEE, H. L.; LEE, C.-Y. (Eds.). **Building supply chain excellence in emerging economies**, p. 93–111. New York: Springer, 2007.

UDDIN, T. *et al.* Health impacts of climate-change related natural disasters on persons with disabilities in developing countries: a literature review. **The Journal of Climate Change and Health**, [s. l.], v. 19, 2024. Available at: https://doi.org/10.1016/j.joclim.2024.100332.

UNITED NATIONS BRAZIL. **Sustainable Development Goals**. UN, Brasília, 2015. Available at: https://brasil.un.org/pt-br. Accessed on November 7, 2024.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANISATION (UNESCO). The impact of climate displacement on the right to education: examining the educational vulnerabilities linked to climate displacement and the implications for national law and policy. **Education 2030**, 2020.

VIEIRA, R.; SCHMIDT, G.; MOURA, J. M. B. M. de. Articles on the perception of community leaders regarding public policies for managing natural disaster risks in the municipality of Blumenau/SC. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 3–30, 2019.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANISATION. E**conomic costs of weather-related disasters soar, but early warnings save lives**. May 22, 2023. Available at: https://wmo.int/media/news/economic-costs-of-weather-related-disasters-soars-early-warnings-save-lives-0



Percepção dos impactos ocasionados por desastres naturais na Região Serrana fluminense, segundo membros de entidades de apoio aos afetados

Perceived impacts of natural disasters in the Serrana Region of Rio de Janeiro, as reported by members of support organisations

Ana Luiza de Oliveira Maia [1]

Roberta Fernanda da Paz de Souza Paiva [2]

Givanildo de Góis [3]

Paulo Miguel de Bodas Terassi [4]

[1] *Mestrado em Tecnologia Ambiental, Professora, Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda, Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil*
E-mail: analuizaoliveiramaia@id.uff.br.

[2] *Doutorado em Desenvolvimento Econômico, Professora, Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda, Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil*
E-mail: robertapaz@id.uff.br

[3] *Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais, Pós-Doutorando, Universidade Federal do Acre, Campus Floresta em Cruzeiro do Sul, Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil*
E-mail: givanildogois@gmail.com

[4] *Doutorado em Geografia, Professor Visitante, Universidade Federal da Integração Latino-Americana (Unila), Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil*
E-mail: pmbterassi@gmail.com

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.58184

Received: 09/05/2025
Accepted: 04/12/2025

ARTICLE- DOSSIER

RESUMO

Buscou-se identificar, por meio da percepção de representantes de associações de afetados por desastres, os impactos causados pelos desastres naturais à população dos municípios da Região Serrana do Rio de Janeiro, bem como os mecanismos de resposta a esses eventos. A análise qualitativa das respostas dos questionários aplicados aos representantes de entidades permitiu que fossem identificados impactos de diferentes magnitudes sobre a saúde, educação, lazer, segurança e economia. Destacaram-se, nesse conjunto, os problemas de saúde mental observados em adultos e crianças, os

desafios na busca de abrigos e moradias adequadas para as populações afetadas e residentes em áreas de risco, danos econômicos e a insegurança da população diante do risco de novas ocorrências. Segundo os representantes, o poder público precisa agir de maneira eficaz, adotando ações de planejamento urbano e prevenção contra desastres, bem como promover a estruturação dos serviços de saúde e educação para atendimento da população afetada no curto, médio e longo prazos.

Palavras-chave: Riscos. Eventos extremos. Bem-estar humano. Políticas públicas.

ABSTRACT

This study sought to identify, from the perspectives of representatives of associations supporting disaster-affected individuals, the impacts of natural disasters on municipalities in the Mountain Region of Rio de Janeiro and the response mechanisms employed. Qualitative analysis of questionnaire responses from these representatives revealed impacts across health, education, leisure, safety, and the economy. Notable issues included mental health problems in adults and children, difficulties in providing adequate shelter and housing – both for directly affected and at-risk populations – economic losses, and a pervasive sense of insecurity regarding the risk of further events. Representatives emphasised that public authorities should respond effectively through urban planning, disaster prevention, and the strengthening of health and education services to adequately support affected populations in the short, medium, and long term.

Keywords: *Human well-being. Extreme events. Public policies. Risks.*

1 INTRODUÇÃO

A ocorrência de desastres naturais extremos vem aumentando, acarretando cada vez maiores impactos que afetam, principalmente, os mais pobres e vulneráveis, biofísica e socialmente (Canil *et al.*, 2020). Em seus Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), a Organização das Nações Unidas (ONU) destaca a necessidade de que se adotem medidas que busquem reduzir as alterações climáticas e seus impactos (ODS 13), garantindo-se o bem-estar da população (ONU, 2015).

Os desastres naturais, intensificados pelas alterações climáticas, podem ser causados por fenômenos naturais de origem geológica (terremoto, vulcão, movimento de massa), hidrológica (inundação brusca e gradual, alagamento, movimento de massa/deslizamentos), meteorológica (tempestade, tormenta, ciclone, vendaval), climatológica (temperatura extrema, seca, estiagem, incêndio florestal, geada, granizo) ou biológica, degradando o ambiente natural e construído das regiões afetadas (Freitas, 2014).

De acordo com dados da World Meteorological Organization (WMO), entre os anos de 1970 e 2021, foram reportados 11.778 desastres atribuídos aos eventos climáticos, meteorológicos e relacionados à água no mundo, causando 2.087.229 mortes e US$ 4,3 trilhões de perdas econômicas (WMO, 2023).

No Brasil, segundo o Atlas Digital de Desastres (Brasil, 2024), entre 2010 e 2023, foram registrados 41.791 desastres. As estiagens e secas foram as que apresentaram maior número de ocorrências (41,5% do total), sendo mais recorrentes na região Nordeste, na qual foram registradas 67% das ocorrências. Quando analisados os dados da Região Nordeste, tem-se que 79% dos desastres registrados foram desses tipos. Já nas regiões Sul e Sudeste registraram-se, na maioria, as ocorrências de chuvas, enxurradas, inundações, alagamentos e movimentos de massa, que representaram nessas regiões, respectivamente, 52% e 55% do total de ocorrências.

Entre os principais impactos desses desastres podem ser citados a mortalidade e o acometimento da população por doenças transmissíveis e não transmissíveis, conforme apontado pela World Health Organization (WHO). Em seus estudos, a organização estima a ocorrência de 250.000 mortes adicionais anuais entre 2030 e 2050 como resultado das alterações climáticas (WHO, 2021).

Além das mortes, a ocorrência de eventos extremos acarreta diversos impactos, sejam econômicos, sociais e ambientais. Estudos já realizados apresentam e discutem esses impactos no Brasil (Alpino, *et al.* 2022; Freitas, 2020; Freitas *et al.*, 2023) e no mundo (MCgill *et al.*, 2023; Shi, 2021; Unesco, 2020).

Tais impactos são observados na educação, como o fechamento de escolas, redução da frequência dos alunos e dificuldades de deslocamento (Alves, 2021; Marchezini; Muñoz; Trajber, 2018); na segurança alimentar e nutricional da população (Alpino *et al.*, 2022); sobre os custos econômicos (Freitas, 2020); e na estabilidade financeira em países de renda média e baixa (Alalmaee, 2024).

As pesquisas indicam, ainda, que a ocorrência de um desastre afeta negativamente a saúde da população, que pode ser acometida por doenças imediatas ou a médio e longo prazos. Entre essas, destacam-se os transtornos mentais, seja em crianças, adolescentes ou adultos (Muslu; Manav; Nazik, 2025; Spencer; Thompson, 2024). Observa-se, ainda, a exacerbação das desigualdades de gênero em regiões afetadas por desastres naturais, onde as mulheres e os lares por elas chefiados são mais afetados (Llorente-Marrón *et al.*, 2020).

A Região Serrana do estado do Rio de Janeiro é uma das áreas mais suscetíveis do país aos eventos extremos devido ao seu relevo acidentado e clima tropical de altitude, posto que a complexa interação entre a orografia e a dinâmica atmosférica regional propicia elevados totais pluviais concentrados em áreas situadas a barlavento neste setor (Silva e Oscar Júnior, 2022).

Combinadas com a alta densidade populacional urbana e a presença de comunidades em áreas de risco, as chuvas acarretam impactos severos. Tal afirmação se confirma ao observar o passado recente onde ocorreu o maior desastre natural do país em 2011, com mais de 900 mortes, e a maior chuva da história registrada em 2022 na cidade de Petrópolis, causando vítimas fatais, perdas materiais e destruição (Ottero *et al.*, 2018).

Segundo dados do Datasus (2024), no estado do Rio de Janeiro, entre os anos de 2010 e 2022, a maioria dos óbitos (61,6%) causados pela ocorrência de desastres naturais, como alagamentos, enchentes, enxurradas e deslizamentos de massa, ocorreu em municípios da Região Serrana, a saber: Nova Friburgo (22,9%), Petrópolis (20,4%) e Teresópolis (18,3%).

Dados seus elevados impactos, os desastres ocorridos em municípios da Região Serrana do Rio de Janeiro já foram objetos de diversos estudos, sendo considerados nessas pesquisas, principalmente, os impactos econômicos e de saúde (Ottero *et al.*, 2018; Santos *et al.*, 2024; Silva *et al.*, 2020). Percebe-se a necessidade de se ampliarem tais análises para que se possa identificar como esses eventos afetam a vida da população nos diversos aspectos, sejam econômicos ou sociais. Para tanto, faz-se necessário o entendimento da percepção da população acerca dos desastres, seus impactos e políticas mitigatórias (Ma *et al.*, 2025; Vieira; Schimidt; Moura, 2019).

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho consiste em identificar, por meio da percepção de representantes de associações de afetados por desastres, os impactos causados pelos desastres naturais à comunidade e o mecanismo de resposta a esses eventos. Esses atores convivem em áreas afetadas e vulneráveis, apresentando-se como interlocutores do diálogo entre poder público e sociedade civil, necessário para que sejam instituídas políticas públicas eficazes e inclusivas. Destaca-se que o estudo faz parte do trabalho de Dissertação de Mestrado desenvolvido pela primeira autora com a contribuição dos demais autores.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A Região Serrana do estado do Rio de Janeiro é composta por 13 municípios: Bom Jardim, Cantagalo, Carmo, Cordeiro, Duas Barras, Macuco, Nova Friburgo, Santa Maria Madalena, São José do Vale do Rio Preto, São Sebastião do Alto, Sumidouro, Teresópolis e Trajano Morais (Figura 1).

Além desses, o estudo também considera a cidade de Petrópolis – RJ, que até 2018 pertencia à Região Serrana do estado, mas, na última atualização da Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro – Ceperj, deixou de fazer parte da formação atual para pertencer à Região Metropolitana (Sempdec, 2021).

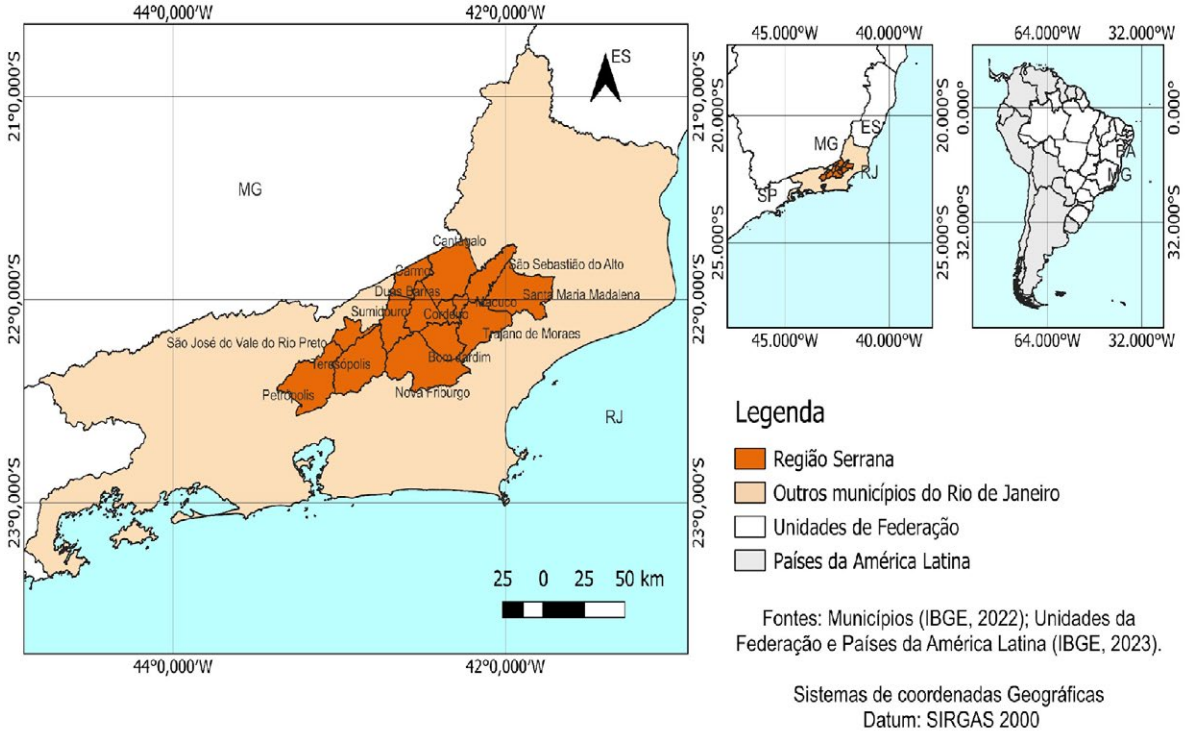


Figura 1 – Localização da Região Serrana, estado do Rio de Janeiro, Brasil.

Fonte: Elaboração própria

No total, os 14 municípios abrigam 801.381 habitantes, o que corresponde à cerca de 5% da população do estado (IBGE, 2023). Fatores como as características naturais, geológicas e hidrometeorológicas da região, somados ao crescimento acelerado e desordenado sobre áreas de proteção ambiental, como margens de rios e encostas, acabaram por tornar parte da população vulnerável às referidas ocorrências (Brasil, 2023).

2.2 MÉTODO

Para identificar a percepção dos representantes de associações de assistência aos afetados pelos desastres acerca dos impactos desses eventos e do mecanismo de resposta a estes, a presente pesquisa coletou os dados por meio da aplicação de questionário semiestruturado, no qual constavam 18 questões abertas. A elaboração das questões presentes no questionário buscou a clareza e a objetividade, evitando ambiguidades e facilitando a interpretação para os entrevistados, que puderam

responder de forma clara como percebem os aspectos relacionados aos desastres vivenciados no período e a atuação governamental acerca do tema.

De maneira geral, buscou-se entender sobre as principais demandas dos moradores após as ocorrências: quais os principais impactos observados; como se dá a organização da comunidade local para oferecer assistência aos afetados, bem como o papel das Organizações Não Governamentais nesse processo; e quais seriam os maiores desafios enfrentados e iniciativas de longo prazo para a redução dos riscos e recuperação das áreas.

As questões propostas permearam as dimensões de saúde, educação, valores culturais (lazer), segurança e meios de subsistências (economia) pós-desastres, consideradas essenciais para que se garantam as liberdades e capacidades de escolha dos indivíduos e, em consequência, seu bem-estar (Sen, 2000).

A amostragem foi feita de maneira intencional, pois buscou-se captar participantes que pudessem oferecer informações e percepções sobre a temática trabalhada (Campos; Saidel, 2022). Por se tratar de pesquisa de cunho qualitativo, buscou-se abranger a totalidade do problema investigado, em suas múltiplas dimensões, não sendo o critério numérico considerado para definição e representatividade da amostra (Minayo, 1992).

Para a seleção dos participantes da pesquisa, foi realizada uma consulta prévia às redes sociais, que permitiu a identificação de organizações voltadas ao apoio das comunidades afetadas pelos desastres naturais. A partir da identificação, buscaram-se os contatos dessas organizações e seus representantes para que o primeiro contato fosse feito. Os representantes foram contatados e convidados a participar da pesquisa e, quando concordavam, eram questionados sobre o meio mais adequado para receber o questionário, que poderia ser via e-mail (*Word*, PDF ou *Forms*) ou *WhatsApp*. Essas alternativas buscavam motivar a participação deles, já que poderiam responder de acordo com a sua disponibilidade.

Após o contato inicial, os questionários foram destinados a onze organizações. Desses, obtiveram-se 100% de respostas, entretanto, três questionários respondidos (27,3%) foram descartados das análises devido ao envio de respostas incompletas e com pouco nível de detalhamento. Assim, as análises realizadas neste estudo consideraram as respostas de oito entrevistados, representantes de sete instituições (Quadro 1).

O envio do questionário para as onze instituições, bem como o recebimento das respostas, ocorreu no período de dezembro/2023 a janeiro/2024.

Quadro 1 – Indicadores socioambientais utilizados para a avaliação das unidades familiares

Código	*Definição/objetivos das entidades*	*Município/Principal área de atuação*
Entrevistado A	Organização Não Governamental (ONG) focada na educação ambiental através do controle e diminuição de danos ambientais em Nova Friburgo.	Nova Friburgo
Entrevistado B	Trabalham em prol de moradia digna e aluguel social para os afetados pelos desastres.	Região Serrana/ Petrópolis
Entrevistado C	Define-se como uma tentativa de reinvindicações pela garantia dos direitos dos afetados, fiscalização das ações e destinação de recursos públicos em todo o território brasileiro.	Brazil
Entrevistado D	Organização Não Governamental (ONG) criada por moradores e apoiadores de vítimas das tragédias na cidade.	Petrópolis

Código	Definição/objetivos das entidades	Município/Principal área de atuação
Entrevistado E	Organização Não Governamental (ONG) formada por vítimas de tragédias com intuito de reivindicar direitos iguais para todos.	Teresópolis
Entrevistado F	Organização Não Governamental (ONG) que atua de forma sustentável e contínua na comunidade.	Petrópolis
Entrevistados G e H	Organisation founded by Cefet/RJ professors and the Rio de Janeiro PuEntidade criada por professores do Cefet/RJ e pelo Ministério Público do Rio de Janeiro em 2022 tendo como proposta desenvolver ações que promovam segurança aos moradores da Região Serrana do estado que vivem em áreas sujeitas a deslizamentos e inundações.	Petrópolis

Fonte: Elaboração própria

As entrevistas recebidas foram tabuladas no programa Excel e analisadas com base no referencial de Bardin (2011) sobre análise de conteúdo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos entrevistados, 62,5% são do sexo feminino e 37,5%, masculino, sendo a idade média do grupo de 49 anos. A maioria desses entrevistados estabeleceu residência em Petrópolis, Teresópolis e Nova Friburgo há mais de duas décadas (87,5%), enquanto 12,5% residem há menos de 10 anos na localidade. Durante esse tempo, todos eles vivenciaram, pelo menos, um desastre ambiental e, alguns, enfrentaram múltiplos eventos desse tipo ao longo de suas vidas nessas localidades.

Para além de suas ocupações profissionais variadas, que incluem funções como servidores públicos, professores e auxiliares, esses indivíduos também desempenham papéis ativos em suas comunidades. Engajados em questões ambientais e de mitigação de riscos, trabalham para promover a conscientização e implementar medidas preventivas relacionadas aos desastres naturais. Como membros ativos das suas comunidades locais e com experiência e dedicação, auxiliam no enfrentamento aos desafios ambientais e de segurança da Região Serrana do Rio de Janeiro.

Suas perspectivas e experiências fornecem uma visão sobre a percepção e o entendimento local das mudanças climáticas e seus impactos, bem como sobre as medidas necessárias para enfrentar esses desafios.

3.1 DEMANDAS IMEDIATAS E IMPACTOS OBSERVADOS DIANTE DA OCORRÊNCIA DE EVENTOS EXTREMOS SOB AS DIMENSÕES DE SAÚDE, EDUCAÇÃO, LAZER, SEGURANÇA E MEIOS DE SUBSISTÊNCIA

Quando questionados sobre as principais necessidades dos residentes após a ocorrência de eventos naturais extremos, sete dos participantes mencionaram como demandas imediatas os bens e serviços essenciais, tais como água, alimentos, produtos de higiene e limpeza, além da importância de abrigos temporários como parte das políticas de aluguel social. Segundo Brasil (2024), os abrigos temporários oferecem acolhimento de caráter emergencial e provisório, que podem durar dias, semanas e até alguns meses. Caso seja necessária sua utilização por mais de dois meses, devem ser adotadas outras estratégias, como o acolhimento temporário em unidade familiar ou individual, o aluguel social ou a transferência para serviço de acolhimento do Sistema Único de Assistência Social (Suas).

As principais demandas citadas na pesquisa foram, de maneira geral, aquelas observadas em momentos pós-desastres. Elas são atendidas, inicialmente, por meio de ações humanitárias, pelas quais busca-se prestar rápida assistência às vítimas, seja no resgate, na entrega de materiais necessários à sobrevivência e na disponibilização de abrigos. Dessa forma, uma Logística Humanitária eficaz contribui para a minimização dos impactos e do sofrimento da população afetada (Thomas; Kopczak, 2007). No Brasil, entretanto, Costa *et al.* (2015) concluíram, em sua pesquisa, que ainda há desperdícios e perdas de recursos escassos nas ações pós-desastres, indicando a necessidade de melhoria na coordenação, no treinamento e nos processos adotados.

Além dessas demandas imediatas, foi solicitado que informassem os principais impactos sofridos pela população atingida por desastres. Os representantes destacaram múltiplos impactos, como a perda de bens materiais, destruição, perdas de entes queridos e animais de estimação, e falta de estrutura financeira para seguir a vida.

Um deles citou *"Perdas de pessoas, de animais, de moradia e um pouco da história de cada um"* (entrevistado A), o que indica impactos intangíveis, como a perda de identidade desses moradores, que, junto com bens materiais, perdem parte de sua história. Isso indica a necessidade de atendimento psicológico aos afetados, que passam a lidar com problemas emocionais de diversos tipos e níveis. Segundo três dos entrevistados, existe a necessidade de apoio psicológico e acolhimento às vítimas, como expresso pelo entrevistado B: *"Precisa dar prioridade aos sentimentos pós-tragédia"*.

Segundo Beniakar (2009), a prolongada exposição das populações aos eventos de desordem natural pode levar a um desequilíbrio emocional e/ou psíquico, criando um ciclo de sintomas que se retroalimentam. Nessa situação, a incapacidade de resolver as variadas perdas, somada ao luto por entes queridos, causa um sofrimento psíquico significativo aos afetados.

Nesse mesmo sentido, pesquisas indicam um aumento na demanda por serviços de apoio à saúde mental em situações de desastres ambientais (Uddin, 2024). De acordo com Rafaloski *et al.* (2020), após o evento catastrófico no município de Blumenau em 2008, houve um aumento significativo na busca por serviços de saúde mental, bem como no número de novos diagnósticos na população afetada. As unidades de atendimento relataram um aumento no uso de medicamentos para tratar problemas como insônia, ansiedade ou depressão.

Conforme o Guia prático de saúde mental em situações de desastre (Rodríguez *et al.*, 2009), durante eventos catastróficos, os indivíduos afetados frequentemente são confrontados de forma súbita com a realidade que precisam enfrentar, o que pode desencadear crises e levar à perda do equilíbrio, resultando em uma variedade de alterações emocionais como dores, pânico, ansiedade generalizada, tristeza e desilusão. Em casos extremos, isso pode evoluir para doenças mentais (Rodríguez *et al.*, 2009).

Quanto à assistência de saúde no pós-desastre, os entrevistados informaram que, além dos profissionais de saúde, participaram das ações os membros da comunidade e voluntários. Segundo os entrevistados, a ação da comunidade foi rápida e importante. Conforme um deles, *"Em 2011, na primeira resposta, enquanto o bairro encontrava-se isolado, organizamos uma enfermaria improvisada na casa de um morador, com enfermeira, materiais de primeiros socorros e cuidadoras"* (entrevistado C).

A atuação dos voluntários também foi destacada. Segundo as respostas, muitas doações foram recebidas nos pontos de apoio e coleta. Conforme o entrevistado B, *"Na maioria dos bairros havia uma UBS ou PSF onde a equipe deu apoio, assim também como os voluntários que sempre chegam rapidamente para ajudar, e os insumos também chegaram através das doações. Eu mesma recebi muitos insumos e medicações no nosso ponto de apoio, e profissionais que assistiam as famílias lá mesmo no ponto de apoio. Assim foi na maioria"*. E ainda: *"Aqui na minha cidade ficou tudo concentrado no ginásio local. Em alguns lugares, a ajuda chegou por helicóptero"*.

Como desafios enfrentados pelas equipes de saúde, os entrevistados destacaram problemas de acesso, falta de profissionais da saúde e de materiais adequados para o atendimento dos afetados: *"Falta de carro compatível para subir a área atingida e falta de medicamentos"* (entrevistado D). *"O acesso aos lugares que estavam totalmente difíceis de chegar. Tudo era muito complicado e em alguns lugares só se conseguia chegar de helicóptero."* (entrevistado E). *"Acesso aos locais atingidos, infraestrutura básica, e estrutura e materiais limitados e inadequados para atender ao pico de demanda."* (entrevistado F). *"Não havia equipe de saúde no bairro."* (entrevistado C). *"Não há abrigos temporários em condições. Não temos profissionais concursados em número suficiente."* (entrevistado G).

O impacto desses eventos sobre os profissionais da saúde também foi relatado por um dos entrevistados:

> A maior dificuldade foi lidar com a perda de pessoas até da própria área, pacientes, pessoas que eles ajudavam há anos e que ou tinham morrido na barreira e perdido familiares. Falta de suporte total na parte psicológica, pois vimos agentes de saúde tendo que socorrer as famílias de sua microárea e tendo que ajudar a sua própria família. Sem equipamentos necessários para um primeiro socorro, tendo que recorrer muitas das vezes nos pontos de apoio próximos e contaram também com a ajuda de voluntários, pois não se tinha pessoal suficientemente. (entrevistado B)

Observa-se que, além dos danos materiais às estruturas voltadas aos atendimentos de saúde, os desastres impactam os trabalhadores de saúde, que precisam de acompanhamento de profissionais, além de treinamento para o trabalho em situações extremas como essas, conforme já relatado em outros estudos (Freitas *et al.*, 2020; Manfrini *et al.*, 2023; Santos *et al.*, 2024).

Apesar dos problemas enfrentados pelo serviço de saúde, dada a ocorrência dos eventos extremos, os entrevistados indicaram não conhecerem ou não haver iniciativas de longo prazo adotadas para fortalecer tal sistema.

Essa percepção se aproxima da conclusão de Silva *et al.*, (2020), que buscaram identificar, por meio da percepção dos profissionais de saúde, as vulnerabilidades e políticas de reestruturação do setor de saúde no município de Nova Friburgo/RJ, diante das ocorrências de desastres naturais. Segundo os resultados, o setor de saúde no município é vulnerável e não participa efetivamente dos planos municipais de gestão de risco, o que dificulta a adoção de ações eficazes diante dos desastres.

Percebe-se que os impactos sobre a saúde mental da população foram aqueles mais citados pelos entrevistados, além da falta de atendimento e acompanhamento por profissionais de saúde para os afetados.

Em outra dimensão, buscou-se entender os impactos dos eventos extremos sobre a educação. Segundo os entrevistados, em muitas escolas as aulas foram suspensas e, às vezes, não retomadas. Como alternativas para a resolução do problema, três entrevistados relataram a transferência dos alunos para outros bairros, abrigos, escolas ou locais onde fosse possível manter as aulas, e um deles citou a adoção do sistema remoto de ensino como alternativa utilizada.

Nessa dimensão, muitos foram os principais desafios enfrentados no setor e enfatizados pelas lideranças. A maior parte delas, cinco de oito entrevistados, citou como desafios a desestruturação dos núcleos familiares sofrida pelos alunos, a necessidade de adaptação ao novo cenário, seguir o cronograma de aprendizagem, apesar dos traumas sofridos, e o uso das unidades escolares como abrigos. Um reflexo disso pode ser observado na fala do entrevistado B, quando diz que as dificuldades estão *"Em voltar a vida normal sem as pessoas que se foram e tentar passar um conteúdo sabendo que as crianças só queriam falar do que viram, ouviram e presenciaram. Dar falta de funcionários, professores, amigos de sala que morreram na tragédia e falar sobre o ocorrido sem nenhuma ajuda psicológica."*

Percebe-se que a mitigação dos impactos na educação depende, além da recuperação da infraestrutura e unidades escolares, do atendimento psicossocial dos alunos, funcionários e famílias, indicando que as questões de saúde estão diretamente relacionadas aos impactos sobre a educação relatados na pesquisa.

Quanto à atuação do governo nas escolas, buscando auxiliar na resolução das questões educacionais no cenário pós-desastre, a maioria dos entrevistados afirmou desconhecer tal atuação do governo (quatro entrevistados) ou não souberam responder (três entrevistados). Um deles destacou a *"Falta de atuação efetiva e contundente do poder público para restabelecimento da normalidade das atividades pedagógicas."* (entrevistado C). Complementar a isso, eles informaram que a maior parte da ajuda recebida para as questões relacionadas ao setor educacional veio das ONGs e voluntários.

Segundo a Unesco (2020), as pessoas deslocadas pelas mudanças climáticas devem ter seu direito à educação protegido, respeitado e garantido de forma sistemática, holística e abrangente.

Por fim, cinco entrevistados disseram não reconhecer nenhum tipo de estratégia de recuperação no longo prazo que foi implementada para melhorar a resiliência do sistema educacional da cidade, ressaltando ainda que no município de Petrópolis muitas crianças sequer voltaram a estudar no ano de 2022.

Quanto aos impactos dos desastres sobre o lazer e a realização de atividades em áreas livres, as respostas indicaram que seis dos entrevistados não sabiam responder (três) ou não identificaram grandes mudanças (três), destacando que, mesmo antes da ocorrência desses desastres, a realização de atividades coletivas de lazer e contato ao ar livre já era precária. Para dois deles, houve piora na realização dessas atividades, que muitas vezes eram praticadas nas ruas dos bairros que foram destruídas.

Em relação à segurança dos moradores quanto à ocorrência de novos desastres ambientais, a maioria dos entrevistados (70%) discorda que os moradores se sintam seguros em habitações em situações de risco. A sensação de insegurança de moradores de áreas de risco foi relatada em outros estudos (Rosa *et al.*, 2018), mas, muitas vezes, não de forma suficiente para que as residências sejam abandonadas. Isso pode acontecer, entre outros, por fatores funcionais, que ocorrem quando os moradores não têm para onde ir e moram no local sem o pagamento de aluguel; fatores simbólicos, aqueles associados ao sentido de pertencimento ao local, e/ou fatores temporais, relacionados ao tempo de residência no local, que acaba por criar laços (Alves *et al.*, 2015).

A questão da habitação (abrigos e moradias seguras) foi citada pelos entrevistados como um problema vivenciado pelos residentes nas áreas de risco e afetadas por desastres, já que há pouca ou nenhuma expectativa de atendimento a essa demanda.

Segundo dados da Confederação Nacional dos Municípios (CNM), em 2019 o déficit habitacional no país alcançou aproximadamente 5,9 milhões de residências, com a maioria significativa localizada em áreas urbanas. Desse total, mais de 25% apresentam condições inadequadas e insalubres para habitação, destacando a urgente necessidade de investimentos na construção de novas estruturas. Adicionalmente, é importante notar que, conforme estimativas de 2022, mais de 10 milhões de pessoas residem em áreas de risco no Brasil, enquanto a maioria dos municípios enfrenta algum tipo de carência em infraestrutura básica, incluindo acesso à água encanada, banheiros, janelas, saneamento, entre outras necessidades essenciais (CNM, 2023).

Alguns entrevistados ainda destacaram a ineficiente intervenção do governo nesses casos, como no trecho em destaque enviado por um líder: *"Infelizmente as famílias ficam em um limbo por muitos anos, lutando por direitos que deveriam ser garantidos por lei. Todas ficaram reféns de um miserável aluguel social que sempre é incerto. Esse é o maior impacto, sofrendo, ficamos reféns do governo"*

(entrevistado E). Algo semelhante também pode ser observado por outro participante, quando diz que: *"atuação inadequada e violenta por parte dos agentes do poder público... abandono"* (entrevistado C).

Por fim, buscando-se entender aspectos econômicos das microrregiões afetadas, muitas perguntas foram formuladas, mas, no entanto, poucas receberam respostas que pudessem indicar os impactos econômicos dos desastres. Em diversos casos, os entrevistados afirmaram não ter conhecimento suficiente para oferecer uma resposta, enquanto em outros casos as respostas foram simplesmente mencionadas e não foram amplamente discutidas. Apesar disso, algumas análises foram possíveis, embora de forma simplificada. Dois entrevistados observaram que muitas empresas fecharam após os desastres, especialmente as de pequeno porte, argumentando que as grandes empresas têm uma maior resiliência e mais acesso a subsídios governamentais.

Além disso, cinco entrevistados enfatizaram que as escassas medidas adotadas para apoiar a recuperação econômica da cidade não foram eficazes. Eles destacaram iniciativas como crédito para microempreendedores, obras estruturais ainda por concluir, eventos turísticos, empréstimos, cartas de crédito e abonos em contas. No entanto, segundo eles, essas ações foram consideradas insuficientes para promover uma verdadeira recuperação da economia local. Representantes das organizações municipais de Petrópolis e Teresópolis afirmaram, respectivamente, que seus municípios estão em uma situação financeira precária e que ainda não se recuperaram totalmente.

Diante da ocorrência dos desastres e da magnitude dos impactos de todas as dimensões relatadas, os entrevistados entendem a necessidade da atuação do poder público no sentido de adotar medidas capazes de tornar a cidade mais resiliente a futuros desastres. Entretanto pouco foi feito, segundo as respostas. Quatro entrevistados afirmaram não existir esse tipo de investimento, enquanto três declaram haver pouco investimento destinado à reforma de vias, prevenção de enchentes e retirada de escombros. Segundo um deles, *"Pouquíssimo. Nem as obras de convenções estão prontas ou em alguns bairros nem retiraram os entulhos da época, tem bairro que tá do jeito do dia da tragédia"* (entrevistado B).

Sobre a atuação do poder público, foi destacado que *"Se houvesse uma preocupação maior e interesse dos políticos, tudo poderia ter sido evitado"* (entrevistado A).

> Que o poder público não está preparado para dar resposta, dar assistência, reconstruir e mitigar riscos... a prioridade é o "desenvolvimento" econômico em detrimento do desenvolvimento social. E a população, em grande parte, está vulnerável. Muitas mortes poderiam ter sido evitadas. (entrevistado C)

> Temos que ter um trabalho em conjunto, governo do estado, do município e governo federal, sem pensarem só na política pública partidária, não pensarem na população como títulos de eleitores, mas como vidas que precisam de ajuda. (entrevistado B)

Nessa perspectiva, é válido ressaltar que a Lei Federal 12.608/2012 instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), que define que é dever da União adotar medidas preventivas necessárias à redução dos riscos de desastres ambientais. A CNM também recomenda a priorização do atendimento das famílias que residem em áreas de risco com estratégias de reassentamento de forma humanizada, com participação e mais celeridade nos repasses necessários.

Em situações de desastres ambientais, os municípios podem solicitar ajuda financeira à União quando entenderem tal necessidade. O que acontece é que nem sempre a alocação de recursos para as cidades se dá pela demanda ou necessidade desses recursos, mas, sim, pelo alinhamento político partidário das duas partes envolvidas. Os agentes políticos acabam prejudicando a lisura do processo, a comunidade afetada e beneficiando aliados, mesmo em situações de desastres naturais (Henrique; Batista, 2020).

Adicionalmente, nas respostas, foi ainda destacada a falta de consciência dentro da comunidade sobre a verdadeira dimensão do problema global das mudanças climáticas e a crescente tendência de tragédias. A escassa participação social e a seleção de representantes pouco comprometidos com o desenvolvimento de soluções efetivas para essa questão resultam em um círculo vicioso. Isso sobrecarrega as Organizações Não Governamentais e as iniciativas voluntárias, ao mesmo tempo que reflete a omissão do poder público.

Além das políticas habitacionais, os entrevistados indicaram ainda, como medidas de mitigação da crise climática, a instalação de sistemas de emergência e sinalização, além de drenagem dos rios: *"Necessidade de um sistema de emergência e sinalização confiável, e implementação de núcleos para refúgio em caso de chuvas fortes, assim como acompanhamento do volume concentrado de chuvas e atenção aos alertas das autoridades"* (entrevistado F) e *"O que poderia ser feito para evitar as próximas porque sabemos que vai acontecer primeiramente é a drenagem dos rios"* (entrevistado D).

Como consenso, mais uma vez, seis de oito dos entrevistados enviaram respostas positivas relacionadas ao trabalho das ONGs nos desastres ocorridos na região, destacando sua importância e eficácia, como:

> Sem as ONGs e movimentos sociais organizados, a tragédia de 2022 teria sido muito maior. E, sem a rede que foi criada entre elas e vários médicos voluntários, as famílias vítimas das tragédias socioambientais de Petrópolis teriam ficado sem assistência quase nenhuma, pois a prefeitura ficou totalmente perdida no primeiro momento. Digo porque eu e os voluntários da Instituição da qual sou a fundadora e presidente ajudamos muitas famílias e comunidades inteiras. (entrevistado B)

Em linhas gerais, Paul (2006) ressalta que as Organizações Não Governamentais (ONGs) exercem um papel importante em emergências, uma vez que defendem e atuam em uma posição de independência e liberdade em relação aos governos, e por isso são capazes de mobilizar uma variedade de recursos e materiais, além de resolver alguns problemas identificados durante as operações coordenadas pelos estados e demais organizações envolvidas.

Cinco dos oito entrevistados deixaram, ainda, suas opiniões gerais sobre o tema, como se sentem e como enxergam a situação e os cenários futuros. *"Sem as ONGs e as pessoas com empatia, não estaríamos aqui hoje."* (entrevistado D).

> Tenho uma opinião formada sobre isso tudo. Sou vítima de um dos maiores desastres naturais do país, que acometeu a região serrana no estado do Rio de Janeiro em 12 de janeiro de 2011. Estamos até hoje lutando, gritando, pedindo ajuda para as famílias que ainda estão aguardando suas tão sonhadas casas. Vejo um poder público totalmente omisso em todos os aspectos... Mesmo moradia estando garantida por lei. (entrevistado E)

> Confesso meu ceticismo em relação a transformações que possam melhorar a resiliência, reduzir riscos, ou resultar em infraestrutura que melhore as condições físicas. Enquanto os representantes forem dessa estirpe, não vejo razão de otimismo, e vejo muito difícil, no curto ou médio prazo, quebrar o círculo vicioso de ignorância da população, alienação social dos temas que afetam os munícipes, e eleição de representantes sem compromisso com o interesse dos eleitores ou soluções para os problemas sociais. Quebrar qualquer desses elos desse círculo vicioso será muito difícil, infelizmente. Podemos, uns e outros, atuar pontualmente em alguns desses elos, mas serão ações paliativas, enquanto o círculo em si não for quebrado. (entrevistado H)

Assim, sobre as lições aprendidas, observou-se que, de forma de geral, os entrevistados ressaltaram pontos em comuns, como é o caso da omissão do poder público na prevenção e no combate dos impactos gerados pelos eventos climáticos extremos, bem como a atuação indispensável dos voluntários. Também muito se falou sobre as múltiplas perdas geradas, que vão além das perdas materiais, ressaltando-se os impactos psicológicos que as tragédias ocasionaram na vida das pessoas e como em diversas áreas esse aspecto influenciou negativamente.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo identificou os principais impactos dos eventos naturais extremos ocorridos na Região Serrana do Rio de Janeiro sobre a saúde, educação, lazer, segurança e economia, de acordo com a percepção de representantes de entidades que trabalham em prol das comunidades afetadas.

Destacaram-se, nesse conjunto, os problemas de saúde mental observados em adultos e crianças, característicos de situações pós-desastres e que podem perdurar, caso não haja acompanhamento adequado por profissionais da saúde, e os desafios na busca de abrigos e moradias adequadas para as populações afetadas e residentes em áreas de risco.

Em relação à educação, além dos impactos negativos indicados, como a suspensão de aulas, baixa frequência e dificuldades de acesso, foi citada a inexistência e/ou ineficácia de ações públicas de recuperação e reestruturação do sistema educacional, o que dificulta sua resiliência diante de novos desastres.

Da mesma forma, os entrevistados percebem que as políticas adotadas para a recuperação econômica das regiões afetadas não foram suficientes para mitigar os impactos causados, o que contribuiu para o aumento da vulnerabilidade dos afetados. Essa vulnerabilidade fica evidente, ainda, no entendimento de que a população afetada não se sente segura, acreditando estar exposta ao risco de novas ocorrências de desastres.

O impacto sobre as opções de lazer e atividades em áreas livres foi o único tema sobre o qual os entrevistados apresentaram maior divergência. Entretanto, destaca-se a indicação de que, mesmo antes das ocorrências, tais opções não eram observadas nas regiões, o que indica a necessidade da adoção de políticas voltadas ao lazer e, em consequência, à manutenção do bem-estar da população.

A solidariedade comunitária e o papel das Organizações Não Governamentais foram percebidos como elementos essenciais na resposta aos desastres, fornecendo apoio vital às comunidades afetadas, diante da frustração popular com a falta de assistência adequada por parte do poder público, cuja ação foi considerada, apesar de essencial, como inexistente, ineficiente ou ineficaz em todas as dimensões avaliadas.

Segundo os respondentes, o poder público precisa agir de maneira eficaz, adotando ações de planejamento urbano e de prevenção de desastres, ao mesmo tempo que promova a estruturação dos serviços de saúde e educação para atendimento da população afetada no curto, médio e longo prazos.

DECLARAÇÃO SOBRE O USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Os autores declaram que não utilizaram tecnologias de inteligência artificial generativa ou assistida por IA na criação, redação ou revisão deste manuscrito.

AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) a bolsa de Mestrado concedida – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ALPINO, T. de M. A. *et al.* The impacts of climate change on Food and Nutritional Security: a literature review. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 1, p. 273–286, 2022. Available at: https://doi.org/10.1590/1413-81232022271.05972020

ALVES, B. **The impact of natural disasters on education**: a study for Brazil, 2021. Doctoral Thesis. University of São Paulo.

ALVES, R. B. *et al.* "Home Sweet Home": attachment to place in risk areas in the face of natural disasters. **Psico**., [s. l.], v. 46, n. 2, p. 159–168, 2015. Available at: https://doi.org/10.15448/1980-8623.2015.2.17484

BARDIN, L. **Content Analysis**. Edições 70, Lisbon, 2011.

BENIAKAR, M.; COLLAZO, C. Mental health in disasters: problems, paradoxes and clinical perspectives. *In*: BENIAKAR, M.; THOMÉ, J. T.; TARALLI, I. H. **Intervention in destabilizing borderline situations**: crises and traumas. ABP Ed, Rio de Janeiro, 2009.

BRAZIL, 2023. **Technical Note** No. 1/2023/SADJ-VI/SAM/CC/PR [Internet]. Brasília: Presidency of the Republic; 2023 [cited 2024 Nov 7]. Available at: https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/copy_of_NotaTcnica12023SADJVISAMCCPR_SEI_00042.000497_2023_74.pdf

BRAZIL. Ministry of Integration and Regional Development. **Digital Atlas of Disasters in Brazil**. MIDR, Brasília, 2024. Available at: https://atlasdigital.mdr.gov.br/paginas/downloads.xhtml. Accessed on: October 7, 2024.

BRAZIL. **Technical Note** No. 1/2023/SADJ-VI/SAM/CC/PR. Presidency of the Republic, Brasília, 2023. Available at: https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/copy_of_NotaTcnica12023SADJVISAMCCPR_SEI_00042.000497_2023_74.pdf. Accessed on: October 7, 2024.

BRAZILIAN INSTITUTE OF GEOGRAPHY AND STATISTICS. 2022 **Demographic Census**. IBGE, Rio de Janeiro, 2023. Available at: https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2022/inicial. Accessed on: August 20, 2024.

CAMPOS, C. J. G.; SAIDEL, M. G. B. Sampling in qualitative research: concepts and applications to the field of health. **Revista Pesquisa Qualitativa**, [S. l.], v. 10, n. 25, p. 404–424, 2022. Available at: https://doi.org/10.33361/RPQ.2022.v.10.n.25.545.

CANIL, K.; LAMPIS, A.; SANTOS, K. L. dos. Vulnerability and the social construction of risk: a contribution to planning in the São Paulo macrometropolis. **Cadernos Metrópole**. São Paulo, v. 22, n. 48, p. 397–416, 2020. Available at: https://doi.org/10.1590/2236-9996.2020-4803

COSTA, S. R. A. *et al.* Humanitarian supply chain: an analysis of the processes of action in natural disasters. **Production**, [s. l.], v. 25, n. 4, p. 876–893, 2015.

COSTA, S. R. A. da.; BANDEIRA, R. A. de M.; CAMPOSA, V. B. G.; MELLO, L. C. B. de B. Cadeia de suprimentos humanitária: uma análise dos processos de atuação em desastres naturais. Production, v. 25, n. 4, p. 876-893, out./dez. 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.147513.

DATASUS. Ministry of Health. **Hospital Morbidity of the SUS (SIH/SUS)**. Datasus, Brasília; 2024. Available at: https://datasus.saude.gov.br/acesso-a-informacao/morbidade-hospitalar-do-sus-sih-sus/. Accessed on: August 20, 2024.

FREITAS, A. W. Q.; WITT, R. R.; VEIGA, A. B. G. The health burden of natural and technological disasters in Brazil from 2013 to 2021. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 39, n. 4, e00154922, 2023. Available at: https://doi.org/10.1590/0102-311XEN154922

FREITAS, C. M. de *et al.* Natural disasters and health: an analysis of the situation in Brazil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, p. 3645–3656, 2014. DOI: 10.1590/1413-81232014199.00732014.

FREITAS, C. M. de *et al.* Natural disasters and their costs in health establishments in Brazil from 2000 to 2015. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 36, 2020. Available at: https://doi.org/10.1590/0102-311X00133419

HENRIQUE, A.; BATISTA, M. The politicization of natural disasters: partisan alignment, emergency declarations and the allocation of federal resources to municipalities in Brazil. **Revista do CESOP**, Campinas, 2020. Available at: http://doi.org/10.1590/1807-01912020263522

LLORENTE-MARRON, M. *et al.* Socioeconomic consequences of natural disasters on gender relations: the case of Haiti. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 50, p. 101693, 2020. Available at: https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101693.

MA, Wei *et al.* Urban landscape patterns and residents' perceptions of safety under extreme city flood disasters. **Ecological Indicators**, v. 170, p. 113003, 2025. Available at: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.113003.

MANFRINI, G. G. *et al.* Primary health care actions in natural disasters. **Text & Context Nursing**, Florianópolis, v. 29, e20180256, 2020. Available at: https://doi.org/10.1590/1980-265X-TCE-2018-0256.

MARCHEZINI, V.; MUÑOZ, V. A.; TRAJBER, R. School vulnerability to disasters in Brazil. **Territory**, n. 25 (II), p. 161–178, 2018.

MCGILL, N. *et al.* The impact of climate-related disasters on children's communication and wellbeing: addressing sustainable development goals, **International Journal of Speech-Language Pathology**, [s. l.], v. 25, n. 1, p. 20–26, 2023. DOI: 10.1080/17549507.2022.2156613

MINAYO, M. C. de S. The challenge of knowledge: qualitative research in health. *In*: **The challenge of knowledge**: qualitative research in health. 1992. p. 269–269.

MUNICIPAL SECRETARIAT OF PROTECTION AND CIVIL DEFENSE. **Contingency Plan of the municipality of Petrópolis for forest fires and droughts**. Municipal Secretariat of Protection and Civil Defense, [s. l.], 2023. Available at: https://www.petropolis.rj.gov.br/pmp/phocadownload/defesa-civil/planos-contigencia/plano%20inverno%202023%20-%2002.06.2023.pdf. Accessed on: November 7, 2024.

MUSLU, G. K.; MANAV, G.; NAZIK, F. Turkish validity and reliability study of the parental cognitive perception inventory on the effects of disasters on children's well-being (PCP-DCWB). **Journal of Pediatric Nursing**, 2025. Available at: https://doi.org/10.1016/j.pedn.2025.03.018.

NATIONAL CONFEDERATION OF MUNICIPALITIES. **Technical Study**: disasters force more than 4.2 million people who were neglected by public policies to seek alternative housing in the last ten years. CNM. Brasília, 2023. Available at: https://cnm.org.br/biblioteca/exibe/15075. Accessed on: July 26, 2023.

OTTERO, C. R. *et al.* Frequency Analysis of Rainfall Data Observed in 2011 and 2013 in the Mountain Region, State of Rio de Janeiro. **Brazilian Journal of Meteorology**, [s. l.], v. 33, n. 1, p. 131–139. 2018. Available at: https://doi.org/10.1590/0102-7786331007.

PAUL, B. K. Disaster relief efforts: an update. **Progress in Development Studies**, [s. l.], v. 6, 211. 2006. Available at: http://pdj.sagepub.com/content/6/3/211.

RAFALOSKI, A. R. *et al.* Mental health of people in natural disaster situations from the perspective of the workers involved. **Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v. 44, n. special 2, p. 230–241. DOI: 10.1590/0103-11042020E216.

RODRÍGUEZ, J. *et al.* Pan American Health Organisation. **Practical guide to mental health in disasters**. PAHO, Washington, 2009. Available at: https://emergenciasedesastres.cfp.org.br/wp-content/uploads/sites/17/2011/08/GuiaPracticadeSaludMental_ops_oms1.pdf. Accessed on: August 20, 2024.

ROSA, T. C. S. *et al.* Risk associated with mass movement in Morro Boa Vista (Vila Velha/ES): from territory characterization to the need for public policies. **Cadernos Metrópole**, São Paulo, v. 20, n. 42, p. 399–421, 2018. Available at: https://doi.org/10.1590/2236-9996.2018-4205.

SANTOS, A. V. dos *et al.* Primary care in addressing socio-environmental disasters: the experience of Petrópolis–RJ. **Brazilian Journal of Family and Community Medicine**, v. 19, n. 46, p. 4204–4204, 2024. Available at: https://doi.org/10.5712/rbmfc19(46)4204.

SEN, A. **Development as Freedom**. Translated by Laura Teixeira Motta. Development as Freedom. 8th reprint. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.

SHI, X. *et al.* Impacts and socioeconomic exposures of global extreme precipitation events in 1.5 and 2.0 C warmer climates. **Science of the Total Environment**, [s. l.], 766, 142665, 2021. Available at: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142665.

SILVA, I. V. M. *et al.* Institutional vulnerability of the health sector to disasters: perspective of professionals and managers in Nova Friburgo. **Health in Debate**, [s. l.], v. 44, p. 188–202, 2020. Available at: https://doi.org/10.1590/0103-11042020E213.

SILVA, W. L.; OSCAR JÚNIOR, A. C. Climate extremes related to rainfall in the State of Rio de Janeiro, Brazil: a review of climatological characteristics and recorded trends. **Natural Hazards**, v. 122, n. 2, p.1–20, 2022. DOI: 10.1007/s11069-022-05409-5.

SPENCER, G.; THOMPSON, J. Children and young people's perspectives on disasters–Mental health, agency and vulnerability: a scoping review. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 108, p. 104495, 2024.

THOMAS, A.; KOPCZAK, L. R. Life-saving supply chains – challenges and the path forward. *In*: LEE, H. L.; LEE, C.-Y. (Eds.). **Building supply chain excellence in emerging economies**, p. 93–111. New York: Springer, 2007.

UDDIN, T. *et al.* Health impacts of climate-change related natural disasters on persons with disabilities in developing countries: a literature review. **The Journal of Climate Change and Health**, [s. l.], v. 19, 2024. Available at: https://doi.org/10.1016/j.joclim.2024.100332.

UNITED NATIONS BRAZIL. **Sustainable Development Goals**. UN, Brasília, 2015. Available at: https://brasil.un.org/pt-br. Accessed on November 7, 2024.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANISATION (UNESCO). The impact of climate displacement on the right to education: examining the educational vulnerabilities linked to climate displacement and the implications for national law and policy. **Education 2030**, 2020.

VIEIRA, R.; SCHMIDT, G.; MOURA, J. M. B. M. de. Articles on the perception of community leaders regarding public policies for managing natural disaster risks in the municipality of Blumenau/SC. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 3–30, 2019.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANISATION. E**conomic costs of weather-related disasters soar, but early warnings save lives**. May 22, 2023. Available at: https://wmo.int/media/news/economic-costs-of-weather-related-disasters-soars-early-warnings-save-lives-0

Municipal climate vulnerability in Western Paraná (2012–2024): a multivariate approach to territorial planning

Vulnerabilidade climática municipal no oeste do Paraná (2012–2024): uma abordagem multivariada para o planejamento territorial

Rafael Venturin Piacentini [1]

Irene Carniatto de Oliveira [2]

[1] *Master's Degree in Energy Engineering in Agriculture, Researcher, Centro de Ciências Exatas e Tecnologias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR, Brazil*
E-mail: labhea.rafaelventurin@gmail.com

[2] *PhD in Forest Engineering, Professor, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR, Brazil*
E-mail: irenecarniatto@gmail.com

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.58151

Received: 07/05/2025
Accepted: 25/11/2025

ARTICLE- DOSSIER

ABSTRACT

This study investigates the occurrence of extreme weather events in municipalities of the Western mesoregion of Paraná, Brazil, between 2012 and 2024, using records from the State Civil Defence database. The adopted methodology involved multivariate statistical analysis using Principal Component Analysis (PCA), applied to data categorised into five event types: flash floods, flooding, heavy rainfall, gales, and hail. The results revealed distinct spatial patterns of municipal vulnerability, allowing the identification of groups of municipalities more prone to specific types of events. The proposed approach contributes to territorial planning and the formulation of public policies aimed at risk management and climate change adaptation.

Keywords: Regional development. Sustainable development. Urban and regional management. Regional infrastructure. Regional policies.

RESUMO

Este estudo investiga a ocorrência de eventos climáticos extremos nos municípios da mesorregião oeste paranaense entre 2012 e 2024 com base nos registros do banco de dados da Defesa Civil do estado do Paraná. A metodologia adotada envolveu a análise estatística multivariada por meio da Análise de Componentes Principais (PCA), aplicada a dados categorizados em cinco tipos de eventos: enxurradas, alagamentos, chuvas intensas, vendavais e granizo. Os resultados revelam padrões espaciais distintos de vulnerabilidade municipal, permitindo identificar grupos de municípios com maior propensão a determinados tipos de eventos. A abordagem proposta contribui para o planejamento territorial e para a formulação de políticas públicas voltadas à gestão de riscos e à adaptação às mudanças climáticas.

Palavras-chave: *Desenvolvimento regional. Desenvolvimento sustentável. Gestão urbana e regional. Infraestrutura regional. Políticas regionais.*

1 INTRODUCTION

In recent decades, the intensification of extreme weather events has highlighted the risks associated with climate change, particularly in territories with high socio-environmental vulnerability. Recent reports indicate an increase in the frequency and intensity of phenomena such as droughts, floods, and windstorms, which calls for more precise territorial analyses (IPCC, 2021). In Brazil, studies show that these events are not evenly distributed, occurring more frequently in certain regions, such as the South, thus requiring specific approaches at the municipal scale (Cunha Ferreira; Kemenes, 2023; Marengo *et al.*, 2023).

Despite advances in scientific production, a methodological gap persists in the integrated application of multivariate statistical tools and spatialisation of territories. Many studies are limited to case analyses or broad-scale assessments, hindering the identification of local patterns (Ferreira *et al.*, 2021; Santos; Bernardino, 2022). Well-structured quantitative research generates testable data that can inform evidence-based public policies (Creswell; Creswell, 2018). Techniques such as factor analysis, clustering, and composite indicators are essential to capture socio-environmental complexity without compromising objectivity (Hair *et al.*, 2019). In the field of climate adaptation, the use of quantitative methods has been central to risk, exposure, and sensitivity assessments at multiple territorial scales (Füssel, 2010; Hallegatte *et al.*, 2016; Hinkel; Bisaro, 2015, 2016; Preston *et al.*, 2011).

Environmental disasters also reflect anthropogenic causes, such as improper land use, unplanned urbanisation, and intensive agro-industrial practices, which intensify socio-spatial vulnerability (Freitas *et al.*, 2021). These events disrupt the ecological and social dynamics of territories, often exacerbated by weak public policies (Silva; Oliveira, 2019).

Climate changes have amplified such disasters, increasing the frequency of heatwaves, intense rainfall, and prolonged droughts (IPCC, 2021). Understanding these phenomena requires regionally focused studies that reveal the interactions between local factors and global dynamics (Pereira *et al.*, 2022). In Brazil, policies such as the National Policy on Climate Change Adaptation (PNPDEC) and the National Plan for Adaptation (PNA) outline mitigation and adaptation guidelines, but their effectiveness depends on subnational governments' technical and financial capacity (MMA, 2016). From this perspective, territorial diagnostics and the use of tools such as PCA and cluster analysis are strategic for supporting public decision-making and empirically mapping local vulnerabilities.

In this study, the concept of climate vulnerability is understood in the classical sense proposed by Adger (2006) and reinforced by the IPCC (2021), as the degree to which a system is susceptible to, or unable to cope with, the adverse effects of climate variability and change. It is a composite construct comprising three interrelated components: exposure, sensitivity, and adaptive capacity (Füssel, 2010; Preston *et al.*, 2011). *Exposure* refers specifically to the magnitude and frequency of climate-related hazards to which a municipality is subject, such as extreme rainfall or drought. *Sensitivity* describes the extent to which the local population, economy and infrastructure are affected when exposed to these hazards. *Adaptive capacity* represents the ability of institutions, communities and infrastructure to anticipate, cope with and recover from adverse events. It is important to stress that exposure is not synonymous with vulnerability; it is only one of its dimensions. Confusing these concepts can lead to analytical errors and an underestimation of the role of socioeconomic and institutional factors in determining climate impacts.

In this context, analysing municipalities in Western Paraná using multivariate statistical techniques contributes to understanding the relationship between socio-environmental vulnerability and extreme events. The literature shows that environmental disasters are associated with failures in territorial governance, socioeconomic vulnerabilities, and land use changes. Therefore, this research seeks to answer the following question: How can the municipalities of Paraná be grouped by the frequency of

extreme climate events from 2012 to 2024? The general objective is to classify the municipalities of Western Paraná according to these criteria.

The scientific relevance of this study lies in the articulation between multivariate statistics and geotechnologies in climate studies (Oliveira *et al.*, 2020; Rodrigues *et al.*, 2023). From an applied perspective, the results guide public managers in planning prevention and response policies for natural disasters, prioritising the most exposed municipalities.

Data from Ciped/Simepar were used, covering 956 extreme events recorded between 2012 and 2024 across 50 municipalities. The variables were processed using Exploratory Factor Analysis (EFA) and Principal Component Analysis (PCA) to identify relevant components. Subsequently, the k-means clustering method was applied to form five clusters, and the results were spatialised using GIS tools in QGIS software.

The results revealed five distinct groupings based on event frequency and type, offering a territorial typology useful for climate risk management. The integration of statistical and geographic methods proved effective in supporting public policies aimed at climate resilience.

2 METHODOLOGY

This study falls within a positivist approach, with a quantitative nature and a descriptive and exploratory design, according to Gil's (2008) classification. The investigation aims to describe patterns and explore relationships among variables associated with the occurrence of extreme weather events.

The study area comprises the 50 municipalities of the Western Mesoregion of Paraná, as shown in Figure 1, according to the classification of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). This region is characterised by high agricultural production, significant urbanisation, and frequent extreme weather events, including windstorms, flash floods, droughts, and hail.

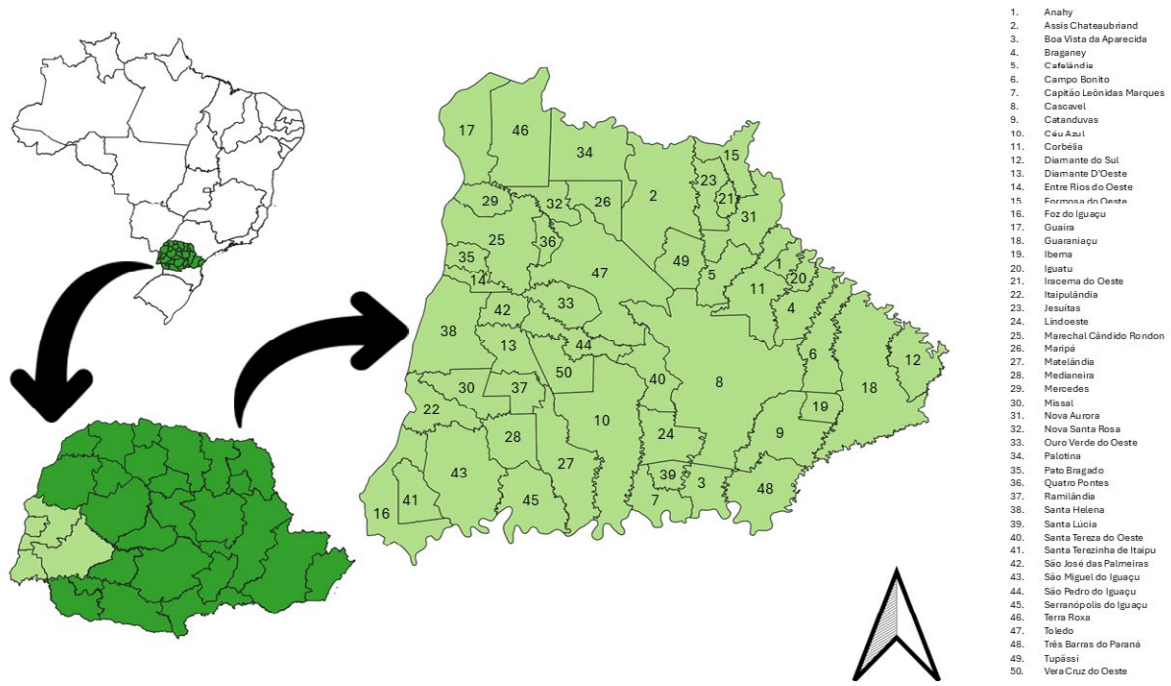


Figure 1 – Location of the study area

Source: Authors' elaboration (2025)

Data were collected in March 2025 from the Disaster Information System of Paraná (SISDC-PR). The temporal scope adopted spans from 2012 to 2024, with the enactment of Law No. 12.608, dated

April 10, 2012, serving as the theoretical framework, which established the National Policy for Civil Protection and Defence. Records of 30 types of extreme weather events were analysed. Raw data were extracted from the Civil Defence of the State of Paraná's disaster registry database for the period from 2012 to 2024, totalling 956 events recorded in the region.

Initially, data entries were standardised by removing duplicate records and correcting geographic and temporal inconsistencies. Subsequently, the data were organised into a matrix, with municipalities as rows and event types as columns, accounting for the annual frequency of each event in each municipality. Standardisation was performed using the following equation, based on the 2022 Demographic Census:

$$X = F \times (a / N) \quad (1)$$

Where:
X = Risk classification for the event;
F = Event frequency;
a = Total number of people affected (including fatalities);
N = Municipal population according to the 2022 Census.

Statistical analysis was performed using Jamovi software, version 2.6.44. Initially, descriptive statistics were applied to identify general patterns of occurrence and variability. Subsequently, Principal Component Analysis (PCA) with varimax rotation was employed to reduce dimensionality and identify underlying factors. The KMO index (0.500) and Bartlett's test of sphericity ($p < 0.001$) indicated the adequacy of the matrix for PCA.

Subsequently, hierarchical clustering analysis was conducted to identify similarities among variables. Based on this analysis, non-hierarchical clustering using the K-means method was applied, with the optimal number of groups determined using the Gap statistic.

Finally, the clustering results were translated into a thematic map using QGIS software, version 3.34.12. For this purpose, the official shapefile of municipalities provided by IBGE was used, enabling the spatial representation of the identified groups and facilitating the visualisation of vulnerabilities at the territorial scale.

3 RESULTS AND DISCUSSION

The standardised data analysis revealed a wide variation in the relative intensity of adverse events across the municipalities of the Western Mesoregion of Paraná, accounting for population size and enabling more equitable comparisons between localities. The total frequency of events showed a higher incidence in Foz do Iguaçu and Cascavel, in contrast to lower records observed in municipalities such as Anahy and Iguaçu. This heterogeneity reflects differences in institutional capacity and population density, underscoring the need for public policies tailored to local specificities (Hinkel; Bisaro, 2016; Preston *et al.*, 2011).

The highest standardised impact values were recorded in Cascavel, Toledo, Foz do Iguaçu, and Marechal Cândido Rondon, all with means exceeding 10,000, which indicated high frequency and intensity proportional to population. Particularly, Cascavel presented a mean of 16,510.05 and a high standard deviation (19,607.48), with elevated skewness (8.53) and kurtosis (28.77), suggesting the occurrence of sporadic, severe extreme events. In contrast, municipalities such as Boa Vista da Aparecida and Jesuítas showed low values, which may indicate either lower exposure or potential under- reporting of events (Gall; Borden; Cutter, 2009).

Windstorms led in average impact (181.29) and total sum (9,064.43), with high skewness (5.42) and kurtosis (30.61), followed by flash floods and hydrometeorological events. Geological and technological events were rare, while viral infectious diseases showed sporadic yet significant impacts, as indicated

by their high kurtosis values (42.44). These characteristics justify the use of Spearman's correlation, which is more robust to skewed distributions and outliers (Ghasemi; Zahediasl, 2012; Mukaka, 2012).

The concentration of impacts in larger municipalities such as Cascavel and Foz do Iguaçu is associated with population density and urban complexity—factors that increase disaster vulnerability (Adger, 2006; Cutter *et al.*, 2003). In Cascavel, initiatives such as risk area mapping and educational campaigns are part of the Municipal Risk Management Programme, whereas Foz do Iguaçu has implemented reforestation and flood control guidelines (Cascavel, 2023; Foz do Iguaçu, 2022), demonstrating the influence of technical capacity on vulnerability patterns.

The correlation matrix (Figure 2) identified territorial clusters with similar behaviours, related to geographic proximity, climate, and governance. These results reinforce the need for integrated territorial approaches encompassing climatic, social, and economic variables and indicate that localised interventions are essential to mitigate the impacts of extreme events.

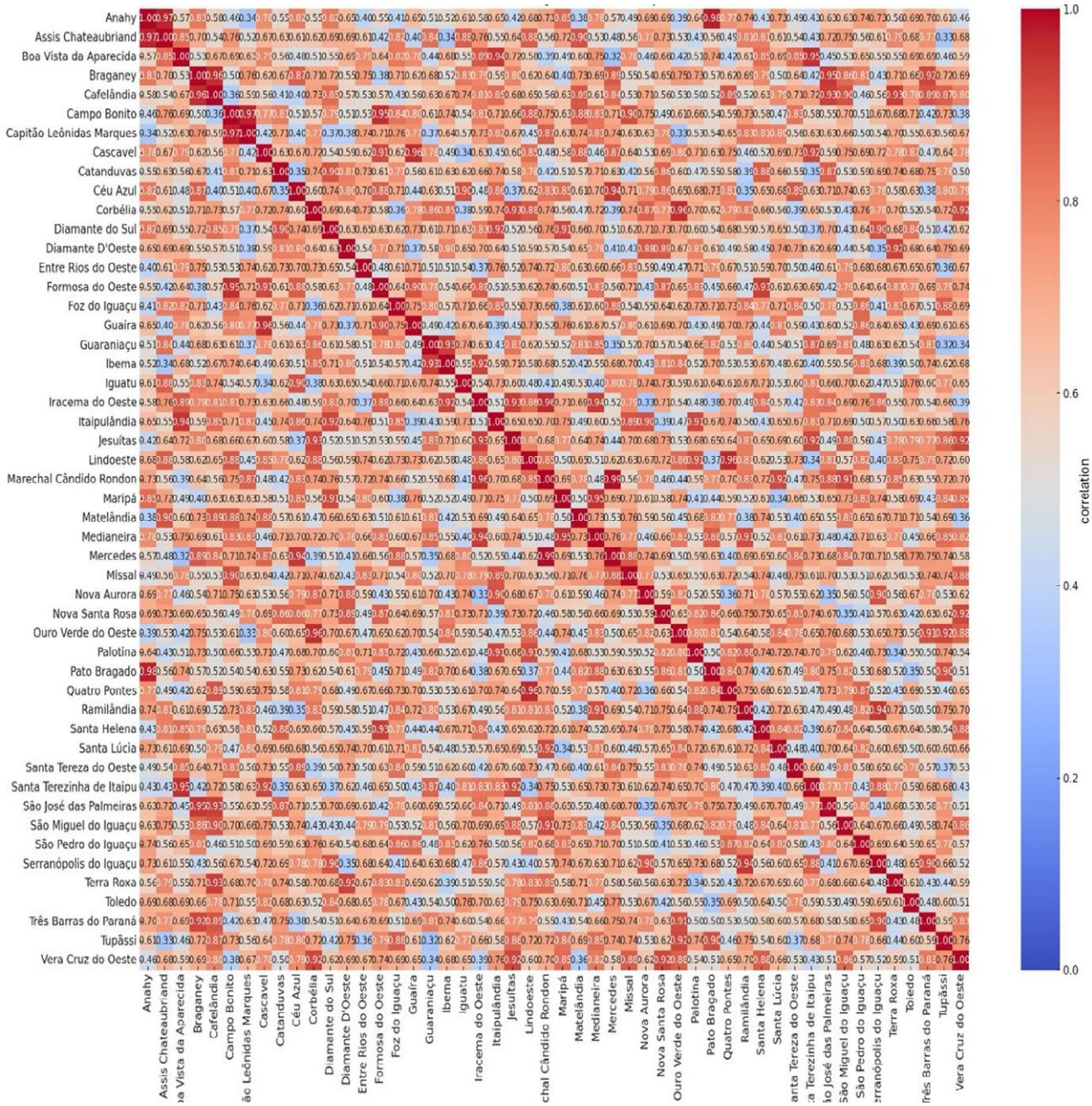


Figure 2 – Correlation matrix

Source: Authors' elaboration (2025)

Among the most relevant clusters, municipalities with correlation coefficients close to 1 stood out, indicating a strong similarity in the records. These patterns may reflect common environmental and structural conditions, such as rivers, topography, and climate, highlighting the importance of coordinated regional strategies. On the other hand, low or negative correlations reveal distinct profiles of incidence and impact, suggesting lower exposure or variations in monitoring capacity, infrastructure, and socioeconomic conditions.

Among the most evident clusters, pairs of municipalities with correlation coefficients above 0.90 also stood out, such as Assis Chateaubriand and Anahy, or Quatro Pontes and Nova Santa Rosa, located in territories with similar spatial and productive configurations. These correlations suggest common patterns of exposure or event recording, indicating that coordinated risk management strategies between neighbouring municipalities could be more effective.

Moreover, strong correlations were identified even between geographically distant municipalities, such as Santa Helena and Assis Chateaubriand, suggesting greater structural and institutional similarities than mere physical proximity. This finding reinforces the importance of regional strategies, both at the micro-regional scale and through inter-municipal cooperation networks for climate change adaptation. Recent experiences in Brazil corroborate this need. Saito *et al.* (2021), for example, highlight the potential of inter-municipal public consortia as instruments to overcome technical and institutional weaknesses in climate risk management, even though they face political-party challenges and local management issues. In the Metropolitan Region of Recife, inter-municipal coordination for climate resilience has been strengthened with support from UNDRR and ICLEI, and joint actions have been promoted for monitoring, risk assessment, and the implementation of low-cost solutions (UNDRR, 2023).

The analysis of correlations among municipalities is essential for understanding spatial dynamics and for guiding territorial planning, thereby enabling integrated risk management strategies. Meanwhile, the correlation matrix of climatic events (Figure 3) revealed patterns of linear association: positive values indicated simultaneity, negative values pointed to inverse relationships, and coefficients close to zero suggested independence among the phenomena.

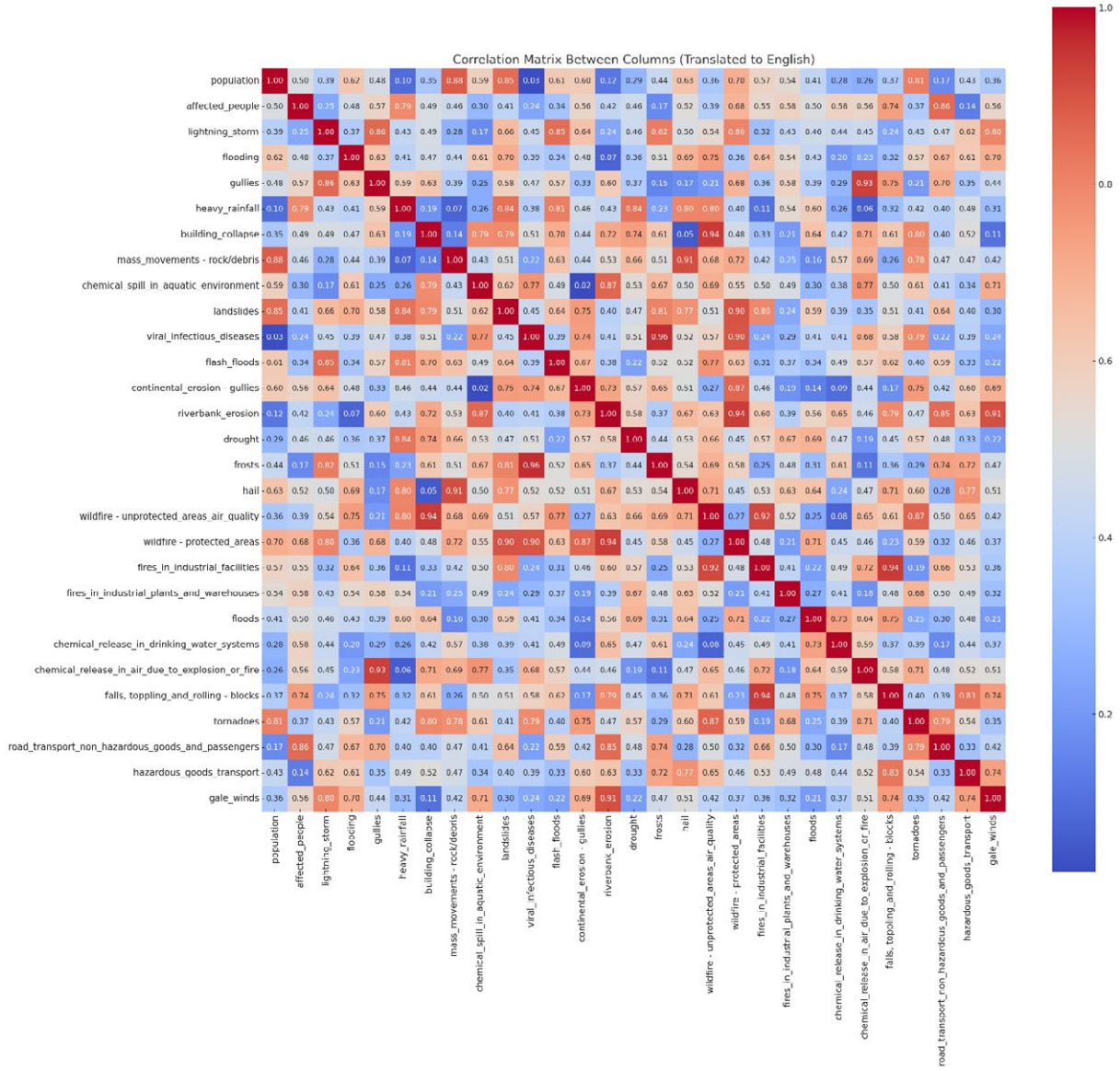


Figure 3 – Correlation Matrix for Extreme Events

Source: Authors' elaboration (2025)

Among the main findings, a strong positive correlation is observed among heavy rains, flooding, and inundation, suggesting that these events often coexist, especially in urban areas with inadequate drainage infrastructure. This result is consistent with studies linking failures in stormwater drainage to higher incidences of flooding and inundation (Brazil, 2012; Tucci, 2008). Furthermore, moderate to high correlations are evident among windstorms, tree or structure falls, and lightning storms, reinforcing the hypothesis that these severe atmospheric phenomena occur sequentially or simultaneously during extreme weather conditions (Silva Dias *et al.*, 2013).

Another relevant pattern is the moderate correlation between forest and urban fires, suggesting a possible relationship between prolonged dry periods and increased fire incidence across different environments. In contrast, events such as frosts show negative correlation with fires, which can be explained by the divergence of climatic conditions required for their occurrence – while fires are associated with dry and hot periods, frosts occur under cold temperatures and high humidity (Machado *et al.*, 2020).

Additionally, some events show low correlations with others, such as the release of chemicals and transport of hazardous materials. These events, primarily anthropogenic in origin, occur despite climatic conditions, justifying their weak association with the other phenomena analysed.

The analysis of the correlation matrix between climate events plays a crucial role in formulating public policies for disaster management. Identifying significant relationships among different kinds of occurrences enables the development of integrated prevention and response strategies that consider patterns of simultaneity and interdependence among the events analysed. Moreover, the results of this analysis provide support to apply more advanced statistical techniques, such as Principal Component Analysis (PCA), allowing a more in-depth approach to identify latent patterns of variability among climate events already recorded in the studied municipalities.

Data adequacy to apply Principal Component Analysis (PCA) was evaluated by the Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) index and Bartlett's Test of Sphericity. The obtained KMO value was 0.500, which reached the minimum acceptable threshold for performing PCA. It suggested that the variables have moderate correlations with each other. Additionally, Bartlett's Test of Sphericity showed a p-value of 0.0001, rejecting the null hypothesis that the correlation matrix is an identity matrix. The results, shown in Table 1, confirm the existence of significant correlations among the variables, justify the statistical use of PCA to reduce data dimensionality and identify latent patterns of variability among the events analysed.

Table 1 – Principal Component Analysis for Extreme Events after Standardisation

Event	*Component*		
	1	*2*	*Singularity*
Floods	**0.99131**	0.10012	0.00729
Flash floods	**0.93652**	**0.33534**	0.01047
Urban flooding	**0.93541**	**0.35074**	0.00200
Infectious and viral diseases	**0.92878**	**0.34550**	0.01799
Hail	**0.87430**	**0.48021**	0.00499
Chemical spillage in lacustrine, riverine, marine and aquifer environments	**0.84161**	**0.53398**	0.00655
Road transport of passengers and non-hazardous cargo	**0.83993**	**0.53617**	0.00704
Heavy rainfall	**0.83270**	**0.51543**	0.04094
Gale	**0.82673**	**0.56147**	0.00127
Drought	**0.70955**	**0.68288**	0.03022
Fires in industrial plants, districts, parks and warehouses	-0.05590	0.00588	0.99684
Landslides	-0.05567	0.01767	0.99659
Wildfires in unprotected areas affecting air quality	-0.05324	0.05191	0.99447
Tornadoes	-0.03306	0.01693	0.99862
Fire in residential clusters	-0.12512	**0.97603**	0.03171
Release of chemicals into drinking water systems	-0.12117	**0.97395**	0.03673
Release of chemicals into the atmosphere due to explosion or fire	-0.12417	**0.96966**	0.04435
Lightning storm	-0.12358	**0.85800**	0.24856
Road transport of hazardous materials	**0.53123**	**0.83980**	0.01253
Collapse of affected buildings	**0.61940**	**0.77245**	0.01967
Affected	**0.63135**	**0.76610**	0.01449
Frost	-0.03255	-0.07715	0.99299
Wildfires in parks, environmental protection areas and national, state or municipal permanent preservation areas	-0.03386	-0.07564	0.99313

Event	Component		
	1	2	Singularity
Mass movements/ rock or dedris flow	-0.02145	-0.03658	0.99820
Falls, toppling and roll - blocks	-0.02145	-0.03658	0.99820
Gullies, gully erosion	-0.01893	-0.03541	0.99839
Guillies	-0.01123	-0.03147	0.99888
Riverbank erosion	-0.00864	-0.02716	0.99919

Source: Authors' elaboration (2025)

Principal Component Analysis (PCA) was applied to reduce the dimensionality of climate and environmental event data, while preserving information variability. The adequacy was confirmed by the KMO index (0.500) and Bartlett's Sphericity Test ($p < 0.001$), indicating significant correlations among variables and justifying the application of the technique.

Two principal components were extracted using the Kaiser-Guttman criterion (eigenvalues > 1) and Monte Carlo Parallel Analysis. The first, "Extreme Hydrometeorological Events," showed high factor loadings for floods (0.991), runoff (0.936), flooding (0.935), heavy rains (0.832), and strong winds (0.826), indicating severe precipitation-related events. The second, "Anthropogenic and Severe Atmospheric Disasters," highlighted residential-area fires (0.976), chemical releases into water (0.973), and building collapse (0.772), reflecting urban and technological risks.

The uniqueness analysis indicated that the extracted components well represent floods (0.007) and flooding (0.002), whereas events such as frost (0.992) and gully erosion (0.998) are less representative and require a specific approach due to their distinct dynamics.

These findings provide relevant insights for public policy. Municipalities affected by events from CP1 should prioritise drainage infrastructure and climate adaptation measures (Santos; Almeida, 2021; Silva *et al.*, 2020), while those affected by CP2 require actions such as industrial monitoring, regulation of hazardous cargo transport, and training (Oliveira; Pereira, 2019). Given the high uniqueness of events, as suggested by Costa *et al.* (2022), it is also essential for more effective, specific management. The Exploratory Factor Analysis (Table 2) reinforces these results by highlighting two main axes of variability, which guide the formulation of differentiated public policies to prevent and mitigate climate and technological risks.

Table 2 – Factor Loadings by Climate Event

Event	Factor		
	1	2	Singularity
Floods	**105.280**	**-0.3738**	0.00352
Flash floods	**102.869**	-0.1077	0.00104
Urban flooding	**102.722**	-0.1231	0.01053
Infectious and viral diseases	**102.015**	-0.1092	0.01861
Hail	**0.98302**	0.0441	0.00400
Chemical spillage in lacustrine, riverine, marine and aquifer environments	**0.95506**	0.1119	0.00697
Road transport of passengers and non-hazardous cargo	**0.95366**	0.1145	0.00757
Gale	**0.94419**	0.1444	4.34e-4
Heavy rainfall	**0.94017**	0.0989	0.04688
Drought	**0.83786**	**0.3130**	0.03237
Collapse of affected buildings	**0.75377**	**0.4434**	0.02148
Road transport of hazardous materials	**0.67212**	**0.5507**	0.00829

Event	Factor		
	1	2	Singularity
Wildfires in parks, environmental protection areas and national, state or municipal permanent preservation areas	-0.04684	-0.0429	0.99468
Frost	-0.04667	-0.0436	0.99462
Fires in industrial plants, districts, parks and warehouses	-0.04413	0.0139	0.99825
Landslides	-0.04146	0.0248	0.99832
Tornadoes	-0.03037	0.0177	0.99911
Falls, toppling and roll - blocks	-0.02707	-0.0201	0.99851
Mass movements/ rock or dedris flow	-0.02707	-0.0201	0.99851
Gullies, gully erosion	-0.02477	-0.0191	0.99872
Fire in residential clusters	0.00590	**0.9861**	0.02380
Release of chemicals into drinking water systems	0.00859	**0.9803**	0.03351
Release of chemicals into the atmosphere due to explosion or fire	0.00661	**0.9766**	0.04199
Lightning storm	0.01982	**0.8023**	0.34572
Wildfires in unprotected areas affecting air quality	-0.03030	0.0466	0.99781
Guillies	-0.01742	-0.0189	0.99913
Riverbank erosion	-0.01454	-0.0171	0.99934

Source: Authors' elaboration (2025).

The determination of the optimal number of clusters in the K-means method was carried out using the Gap statistic, as proposed by Tibshirani *et al.* (2001). The Gap Statistic graph compares the observed intra-cluster dispersion with the expected dispersion in a random distribution. The ideal number of clusters is the point at which the Gap value reaches a plateau with an acceptable standard error, and additional gains become insignificant. Based on this analysis, the optimal number of clusters was determined to be five, as the Gap statistic reached a plateau at this point.

The clustering into five groups revealed distinct patterns of risk and vulnerability among the analysed events. The merger hierarchy identified similarities among events, enabling the definition of specific strategies for disaster mitigation and response. Clusters 2 and 3 have concentrated most of the analysed records, while each one of Clusters 1, 4, and 5 included only one municipality, possibly indicating unique characteristics.

Cluster 2, composed of 43 municipalities, has concentrated the majority of the records (294), suggesting predominant event patterns. Cluster 3, with 106 records and 4 municipalities, represents a second, though smaller, significant group. Clusters 1, 4, and 5 contain a single municipality each: Cascavel, Guaraniaçu, and Foz do Iguaçu, respectively, reflecting distinct patterns. The sum of intra-cluster values (972) demonstrates that segmentation has captured some relevant differences among the groups.

A detailed analysis of those clusters, Table 3, may provide additional insights. For example, if Cluster 2 mainly encompasses hydrological events and Cluster 3 focuses on atmospheric events, this differentiation could guide specific public policies. Thus, the segmentation contributes to planning more effective preventive and response actions, promoting climate resilience and risk management.

Table 3 – Means for clusters from the k-means test after standardisation

Extreme Event	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
Affected	**4.667**	**-0.203**	-0.151	-0.235	4.882
Lightning storm	**5.596**	-0.100	-0.217	-0.217	-0.217
Urban flooding	**1.619**	-0.174	-0.154	-0.196	6.690
Guilles	**-0.141**	0.023	-0.141	-0.141	-0.141
Heavy rainfall	**2.854**	-0.193	-0.099	-0.190	6.015
Building collapses	**4.791**	-0.197	-0.228	-0.228	4.813
Mass movement – rock/debris flow	**-0.141**	-0.141	-0.141	6.930	-0.141
Chemical spillage in lacustrine, riverine, marine and aquifer environments	**2.972**	-0.189	-0.207	-0.207	6.177
Landslides	**-0.308**	-0.090	0.723	1.604	-0.308
Infectious and viral diseases	**1.501**	**-0.171**	-0.150	-0.202	6.664
Flash floods	**1.479**	**-0.168**	-0.166	-0.227	6.638
Continental erosion – guillies, gully erosion	**-0.141**	**0.023**	-0.141	-0.141	-0.141
Riverbank erosion	-0.141	0.023	-0.141	-0.141	-0.141
Drought	3.915	-0.204	-0.044	-0.325	5.362
Frost	-0.291	-0.072	0.994	-0.291	-0.291
Hail	2.497	-0.189	-0.124	-0.213	6.357
Wildfires in unprotected areas affecting air quality	-0.254	-0.153	1.838	-0.254	-0.254
Wildfires in parks, environmental protection areas and national, state or municipal permanent preservation areas	-0.292	-0.175	2.102	-0.292	-0.292
Fires in residential clusters	6.836	-0.163	0.126	-0.163	-0.163
Fires in industrial plants, districts, parks and warehouses	-0.266	-0.229	2.660	-0.266	-0.266
Floods	-0.162	**-0.138**	-0.162	-0.162	6.908
Release of chemicals into drinking water systems	6.811	**-0.135**	-0.166	-0.166	-0.166
Release of chemicals into the atmosphere due to explosion or fire	6.815	**-0.135**	-0.169	-0.169	-0.169
Falls, toppling and rolls – blocks	-0.141	**-0.141**	-0.141	6.930	-0.141
Tornadoes	-0.239	-0.011	0.301	-0.239	-0.239
Road transport of passengers and non-hazardous	2.976	-0.195	-0.139	-0.205	6.184
Road transport of hazardous materials	5.359	-0.207	-0.123	-0.215	4.263
Gale	3.111	-0.193	-0.165	-0.234	6.085

Source: Authors' elaboration (2025)

Cluster analysis was performed using the K-means clustering method and revealed distinct vulnerability profiles of municipalities with respect to extreme events. The segmentation into five clusters allowed us to identify specific patterns that help us understand the predominant risk factors in each group.

Cluster 1: Characterised by climatic events typical of rural areas, such as drought, windstorms, and hail, with occasional records of flash floods. The low incidence of urban events, such as flooding and viral infectious diseases, suggests lower urbanisation and greater exposure to atmospheric phenomena.

Cluster 2: Includes municipalities highly vulnerable to hydrometeorological events, such as flooding, flash floods, windstorms, and hail, in addition to viral infectious diseases. These municipalities, generally more urbanised, require urban planning and robust mitigation strategies.

Cluster 3: Groups municipalities with the highest indices of windstorms, flooding, and hail represent critical scenarios. This group should be prioritised in public policies aimed at prevention and emergency response.

Cluster 4: The largest group identified showed moderate averages of the analysed events, with a focus on drought, windstorms, and hail. These municipalities appeared to be more resilient or to experience fewer recurring extreme events.

Cluster 5: has a mixed profile, with high incidence of windstorms, flooding, hail, and drought, in addition to viral infectious diseases. The combination of climatic and urban events points to the need for integrated urban and environmental adaptation actions.

Thus, cluster spatial analysis, illustrated in the thematic map of Figure 4, highlights the territorial distribution of vulnerability and resilience patterns in the Western mesoregion of Paraná. This approach enables the identification of regional risk concentrations and supports the implementation of more effective strategies for disaster risk management and mitigation.

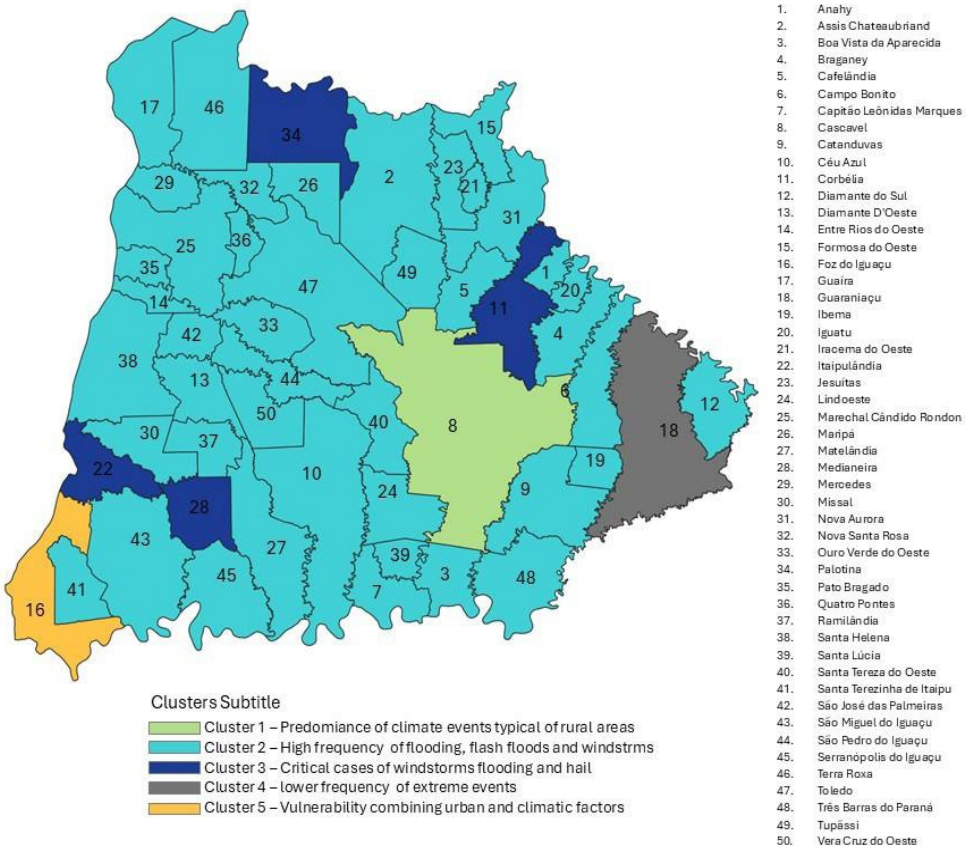


Figure 4 – Thematic map clustering the municipalities

Source: Authors' elaboration (2025)

Figure 4 shows the spatial distribution of the clusters identified by K-means clustering analysis, segmenting the municipalities from the studied region into five distinct groups based on vulnerability indicators to extreme events. Each cluster reflects territorial patterns of risk and resilience, to allow understanding of regional dynamics.

Cluster 1 (green): Composed mainly of rural municipalities, characterised by events such as droughts and windstorms, with a low incidence of flooding and viral infectious diseases.

Cluster 2 (cyan blue): Encompasses most municipalities and reflects high urban vulnerability, with high frequency of floods, flash floods, and windstorms.

Cluster 3 (dark blue): Represents the most critical scenarios, showing the highest rates of windstorms, floods, and hailstorms, and should be prioritised for risk mitigation actions.

Cluster 4 (grey): Includes municipalities with a lower frequency of extreme events, suggesting greater resilience or less exposure to disasters.

Cluster 5 (yellow): Displays a mixed profile, combining urban and climatic vulnerabilities, which requires differentiated risk management strategies.

Clusters' spatialisation highlights regional vulnerability patterns and supports the formulation of public policies to prevent and adapt the population to extreme climate events. Thus, to complement this analysis, the line chart of means by cluster (Figure 6) allows comparison of the average frequency of adverse events per group. Lines indicate the most relevant events in each cluster, providing a clear view of the factors that influenced their formation.

These results reinforce the need to have sustainable public policies for each group of municipalities. While Cluster 3 requires emergency interventions to mitigate the effects of recurring disasters, Cluster 4 could be the focus of studies on factors contributing to its resilience. The observed patterns corroborate previous studies indicating that urban density and poor infrastructure are critical factors in greater vulnerability to extreme events in areas such as those represented by Cluster 2 (Smith *et al.*, 2020).

Clusters' spatialisation not only identifies priority areas for mitigation but also suggests the importance of integrating urban and rural planning strategies, especially in Clusters 5 and 2. Given the projected increase in the frequency and intensity of extreme climate events due to climate change, the results presented underscore the importance of regional adaptation strategies, particularly in highly vulnerable clusters.

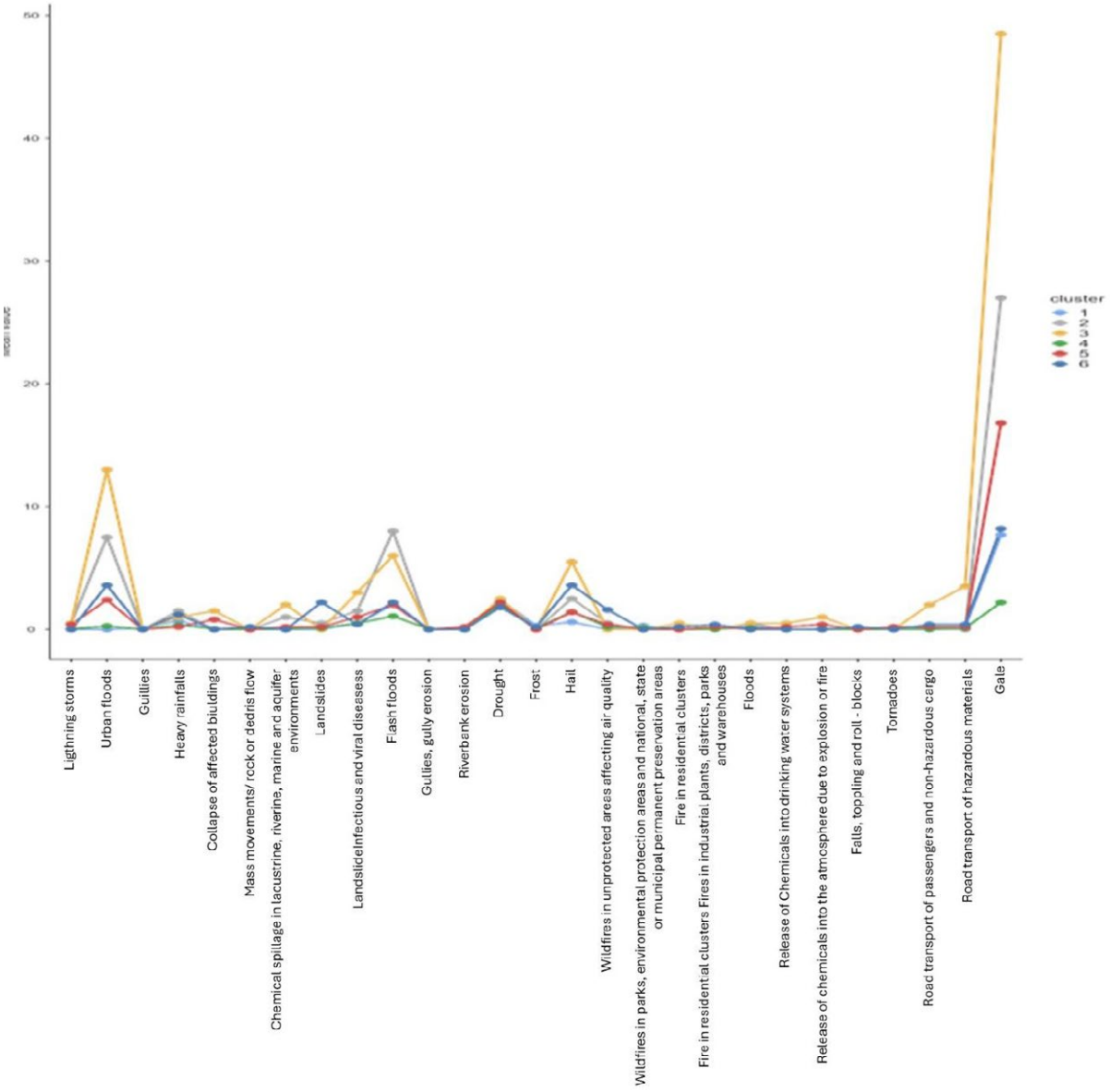


Figure 5 – Means across clusters

Source: Authors' elaboration (2025)

Figure 5 shows that Clusters 2 and 3 show sharp peaks in specific variables, particularly in cases of flooding, flash floods, hailstorms, and windstorms, confirming their high exposure to intense hydrometeorological events. These patterns may be related to higher population density, accelerated urbanisation, and a lack of adaptive infrastructure - common characteristics of vulnerable regions.

Cluster 3, in particular, stands out due to a significant spike in windstorm variable, with an average close to 50, which drastically differentiates it from the other groups. This answer reinforces how difficult the situation is in these municipalities, making them a priority for integrated risk mitigation and climate adaptation actions, such as strengthening urban infrastructure and establishing early warning systems.

In contrast, Cluster 4, which represents the largest group, shows a more stable line near the horizontal axis and indicates a range of low to moderate exposure to adverse events. This profile may reflect geographical features, lower population density, or greater resilience, suggesting that these municipalities experience fewer extreme climate impacts and require fewer emergency investments. However, ongoing preventive strategies may be important to keep this promising scenario.

Subsequently, the cluster scatter plot (Figure 6) provides a visual perspective of the spatial distribution of the groups, allowing for dealing with possible territorial factors associated with the patterns of event occurrences.

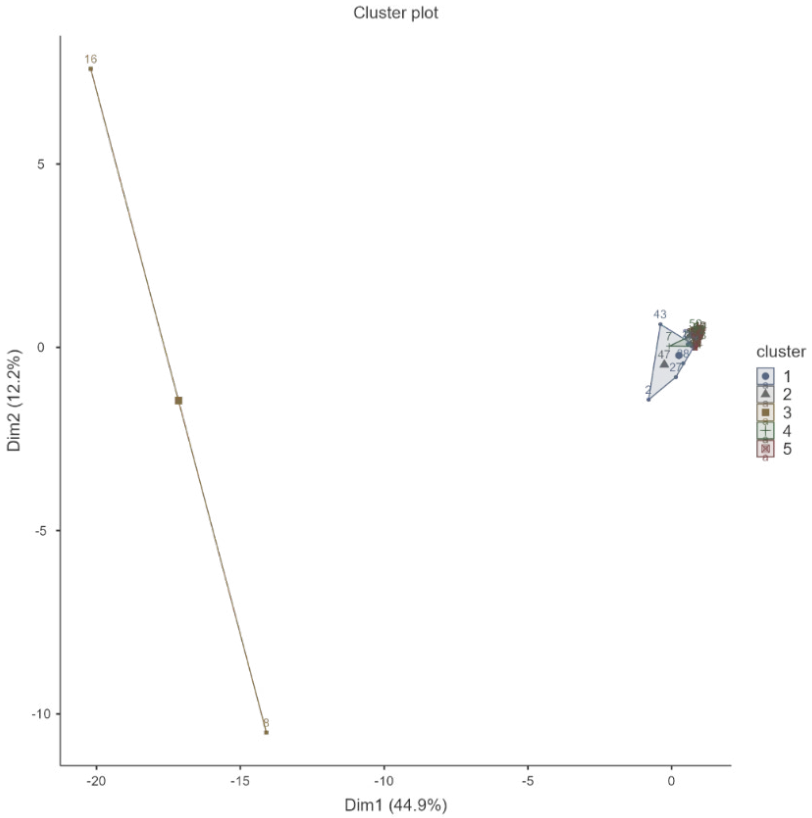


Figure 6 – Scatter and Clustering of Standardised Data by Clusters

Source: Authors' elaboration (2025)

The cluster scatter plot shows the distribution of municipalities in a two-dimensional space, based on the main components that explain data variability. Dimensions Dim1 (44.9%) and Dim2 (12.2%) capture a significant portion of the variance, allowing visualisation of the formed groupings and identification of important patterns.

Cluster 1 (blue) forms a more compact group, indicating greater similarity among its municipalities. This characteristic may be associated with homogeneity in vulnerability indicators analysed, possibly reflecting a predominantly rural profile. On the other hand, Cluster 2 (yellow) is significantly separated from the others, with two municipalities standing out as particularly distant. This configuration suggests that these municipalities have extreme characteristics in some of the analysed variables, which may reflect very specific vulnerabilities or exceptional situations.

Clusters 3, 4, and 5 are located closer together and are slightly dispersed to show some heterogeneity within their groups. Nonetheless, their proximity indicates shared characteristics, which may make it easier to formulate integrated public policies for these municipalities, particularly regarding climate mitigation and adaptation.

This spatial analysis reinforces the conclusions drawn from the previous chart and highlights municipalities that require greater attention due to their specific vulnerabilities. PCA variability provides a detailed view of each component's contribution to the data's variability and supports interpretation of the results.

The arrangement of vectors in the Principal Component Analysis (PCA) variable plot reveals which events have the greatest impact on differentiating municipalities, allowing for more precise interpretation of the predominant risks in each cluster. This analysis is essential to develop public policies to mitigate and adapt municipalities to natural and environmental disasters, and to provide a solid foundation to make preventive actions and territorial management strategies.

Regarding hydrometeorological events such as windstorms, flash floods, and urban flooding, the adoption of Nature-Based Solutions (NBS) has shown positive results in urban contexts. For example, Curitiba's Master Plan integrates green infrastructure as a measure to increase urban resilience, to mitigate flooding, and to promote environmental sustainability (Curitiba, 2023). This kind of intervention can be applied to municipalities in Cluster 3 to prioritise areas with higher vulnerability.

For municipalities in Cluster 5, where hazardous chemical releases and lightning storms are more frequent, public policies inspired by Canada's chemical management framework may be adapted. Canada implements strict control measures, including detailed risk assessments and preventive regulations, which minimise exposure to dangerous substances (Government of Canada, 2020).

Additionally, areas that are prone to wildfires, such as municipalities in Cluster 2, may get some benefit from Integrated Fire Management (IFM), which combines controlled burning with educational and community engagement actions. Experiences conducted at the Serra Geral do Tocantins Ecological Station have demonstrated that IFM significantly reduces wildfire extent while promoting ecological and social benefits (OECO, 2022).

These public policies not only address the specific vulnerabilities of each cluster but also promote climate adaptation and strengthen territorial resilience. The adoption of integrated climate governance systems, based on Sustainable Development Goals (SDGs 13 and 11), can serve as a strategic axis to coordinate action among municipalities with different profiles and consequently maximise the impact of initiatives. Thus, this analysis provides valuable support to decision-makers and policymakers in prioritising actions based on evidence and successful practices in similar contexts.

4 FINAL CONSIDERATIONS

This research aimed to identify and analyse the occurrence of extreme weather events in Paraná municipalities. It used Exploratory Factor Analysis (EFA), Principal Component Analysis (PCA), and cluster grouping techniques. These methods allowed categorising five distinct groups of municipalities based on climatic and socio-environmental indicators, to provide a structured overview of vulnerability and the spatial patterns of these events.

The results revealed distinct territorial patterns: municipalities more exposed to heavy rainfall, prolonged droughts, and rising temperatures, and highlighted the importance of sustainable political actions to regional needs. Cluster analysis enabled the grouping of municipalities with similar characteristics, suggesting the need for public policies that address the specific vulnerabilities of each group. For instance, municipalities that are more exposed to windstorms and floods require investments in resilient infrastructure, while those more susceptible to wildfires demand robust monitoring and prevention strategies. Such actions are essential to mitigate climate impacts and strengthen territorial resilience, especially in a context of fast climate changes.

According to this analysis, reliance on incomplete historical time series and the absence of socioeconomic variables are among the constraints that limit a more comprehensive understanding of the social and economic dynamics associated with extreme events. Moreover, although the applied climatic data are robust, they did not consider variables such as average income, social vulnerability, or available infrastructure - factors that could enrich this research.

While the findings provide valuable inputs for public managers and territorial planning, it is important to emphasise that the limitations discussed here, such as the incomplete historical time series and the absence of socioeconomic variables, require attention when using this study as a direct management tool. The results should therefore be studied primarily as decision-support evidence, to be complemented by broader, more up-to-date local analyses before practical implementation.

For future studies, it is recommended to include social and economic indicators, such as the Municipal Human Development Index (MHDI) and population density, and to link references to climate data for a more holistic perspective. It is also suggested to expand the temporal scope to monitor trends and test the stability of groupings over time.

As a practical outcome, it would be relevant to implement a continuous monitoring system for extreme weather events, with regular updates. Such data could support the formulation of targeted public policies, such as municipal master plans for climate adaptation, investments in resilient infrastructure, and preventive actions aimed at the most vulnerable populations.

Lastly, this study aims to contribute to the field of environmental sciences by offering a replicable methodology for territorial analysis of extreme weather events. By highlighting patterns and trends, it provides essential support to public managers and policymakers in addressing the challenges posed by climate change, protecting communities, and promoting sustainable development.

STATEMENT ON THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

The authors declare that no generative AI or AI-assisted technologies were used in the creation, writing, or editing of this manuscript.

REFERENCES

ADGER, W. N. Vulnerability. **Global Environmental Change**, [s. l.], v. 16, n. 3, p. 268–281, 2006. Available in: https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006.

ALTUNKAYNAK, A.; KUMAR, M.; SINGH, V. P. **Correlation and Regression Analysis in Environmental Sciences**. Water Resources Publications, 2020.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Drenagem Urbana Sustentável**. Brasília: MCIDADES, 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima** – Volume I: Estratégia Geral. Brasília: MMA, 2016. Available in: https://www.gov.br/mma. Accessed on: 3 maio 2025.

CASA CIVIL DO MUNICÍPIO DE CASCAVEL. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Cascavel – PDDU**. Cascavel: Prefeitura Municipal, 2023. Available in: https://www.cascavel.pr.gov.br. Accessed on: 3 maio 2025.

CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. **Research Design**: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. 5. ed. Thousand Oaks: SAGE, 2018.

CUNHA FERREIRA, L. G.; KEMENES, A. A influência dos eventos climáticos extremos na climatologia da planície litorânea piauiense. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 32, n. 19, p. 634–657, 2023. Available in: https://doi.org/10.55761/abclima.v32i19.16349. Accessed on: 3 maio 2025. Portal de Periódicos UFGD

CURITIBA. **Plano Diretor de Curitiba**: soluções baseadas na natureza para drenagem urbana. Curitiba: Prefeitura Municipal, 2023. Available in: www.curitiba.pr.gov.br.

CUTTER, S. L. *et al.* Social vulnerability to environmental hazards. **Social Science Quarterly**, [s. l.], v. 84, n. 2, p. 242–261, 2003. Available in: https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002.

DA SILVA, G. A. M. *et al.* Detecção e atribuição das anomalias anuais dos índices de extremos de chuva e temperaturas máxima e mínima diárias sobre o litoral de São Paulo/Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 5, p. 3008–3043, 2021. Available in: https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.5.p3008-3043. Accessed on: 3 maio 2025. Periódicos UFPE

FERREIRA, C. de C. M.; OLIVEIRA, T. A. de. Os eventos extremos em Juiz de Fora - MG: investigação a partir da técnica dos máximos de precipitação. **Revista de Geografia**, v. 38, n. 3, p. 281–304, 2021. Available in: https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/249645. Accessed on: 4 maio 2025

FOZ DO IGUAÇU. **Plano Municipal de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas – PMMAC**. Foz do Iguaçu: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, 2022. Available in: https://www.pmfi.pr.gov.br. Accessed on: 3 maio 2025.

FREITAS, D. A.; FRAGELLI, T. B. M.; ALMEIDA, D. D. S. Desastres ambientais e vulnerabilidade socioespacial: uma análise da percepção dos moradores do bairro da Glória, em Joinville (SC). **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 23, 2021. Available in: https://rbeur.anpur.org.br. Accessed on: 3 maio 2025.

FÜSSEL, H. M. An updated assessment of the risks from climate change based on the IPCC's SRES. **Climatic Change**, v. 30, n. 3, p. 297–324, 2010.

GALL, M.; BORDEN, K. A.; CUTTER, S. L. When do losses count? Six fallacies of natural hazards loss data. **Bulletin of the American Meteorological Society**, [s. l.], v. 90, n. 6, p. 799–810, 2009. Available in: https://doi.org/10.1175/2008BAMS2721.1.

GHASEMI, A.; ZAHEDIASL, S. Normality tests for statistical analysis: a guide for non-statisticians. **International Journal of Endocrinology and Metabolism**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 486–489, 2012. Available in: https://doi.org/10.5812/ijem.3505.

GOVERNMENT OF CANADA. **Risk Assessment and Management of Chemicals**. Ottawa: Canada.ca, 2020. Available in: www.canada.ca.

HAIR, J. F. *et al.* **Multivariate Data Analysis**. 8. ed. Andover: Cengage, 2019.

HALLEGATTE, S. *et al.* **Shock Waves**: managing the impacts of climate change on poverty. Washington: World Bank, 2016.

HINKEL, J.; BISARO, A. A review and classification of analytical methods for climate change adaptation. **WIREs Climate Change**, v. 6, n. 2, p. 171–188, 2015. DOI: 10.1002/wcc.322.

HINKEL, J.; BISARO, A. Methodological choices in solution-oriented adaptation research: a diagnostic framework. **Regional Environmental Change**, v. 16, n. 1, p. 7–20, 2016. DOI: 10.1007/s10113-014-0682-0.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2021**: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, 2021.

MACHADO, L. A. T. *et al.* Extreme Weather Events in Brazil: floods and droughts. **Frontiers in Climate**, v. 2, 2020. Available in: https://doi.org/10.3389/fclim.2020.583511.

MARÉNGO, J. A. Mudanças climáticas e eventos climáticos extremos foram abordados em palestra pelo climatologista do Cemaden. **Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais**, 2023. Available in: https://www.gov.br/cemaden/pt-br/assuntos/noticias-cemaden/mudancas-climaticas-e-eventos-climaticos-extremos-foram-abordados-em-palestra-pelo-climatologista-do-cemaden. Accessed on: 3 maio 2025.

MUKAKA, M. S. A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**, [s. l.], v. 24, n. 3, p. 69–71, 2012. Available in: https://doi.org/10.4314/mmj.v24i3.

NASCIMENTO, J. M.; ALMEIDA, A. M.; COSTA, C. A. R. Risco e vulnerabilidade: desastres naturais e os desafios das políticas públicas no Brasil. **Revista Gestão – Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 252–269, 2020.

O LIBERAL. **Eventos climáticos extremos se tornarão mais frequentes no Brasil, alertam especialistas**. 11 maio 2024. Available in: https://www.oliberal.com/mundo/eventos-climaticos-extremos-se-tornarao-mais-frequentes-no-brasil-alertam-especialistas-1.812598. Accessed on: 3 maio 2025.

OECO. **Mudança de paradigma**: quando o fogo vira ferramenta de combate à crise climática. OECO, 2022. Available in: www.oeco.org.br.

OLIVEIRA, T.; TAVARES, J.; SILVA, M. Análise dos eventos climáticos extremos e de suas causas climáticas para redução de riscos nas bacias hidrográficas Aguapeí e Peixe, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 2, p. 123–135, 2020. Available in: https://www.scielo.br/j/rbmet/a/vqQTJrVVkqvqfcZjTKGVqWv/. Accessed on: 4 maio 2025.

PEREIRA, H. S.; LIMA, K. M.; ANDRADE, J. R. Mudanças climáticas e impactos regionais: desafios e estratégias para adaptação. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 30, p. 318–333, 2022.

PRESTON, B. L.; YUEN, E. J.; WESTAWAY, R. M. Putting vulnerability to climate change on the map: a review of approaches, benefits and risks. **Sustainability Science**, v. 6, n. 2, p. 177–202, 2011. DOI: 10.1007/s11625-011-0129-1.

RODRIGUES, L. dos S.; SANTOS, C. da S. dos; RITA, F. dos S.; LOPES, G. D.; MARQUES, R. F. de P. V.; ROSA, M. S. da. Análise de índices de extremos climáticos (SPI e SPEI) na região do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana. **Gestão Ambiental,** Campina Grande: EPTEC, 2023. 264f. Available in: https://www.researchgate.net/publication/376034798_ANALISE_DE_INDICES_DE_EXTREMOS_CLIMATICOS_SPI_E_SPEI_NA_REGIAO_BAIXO_PARAIBA_DO_SUL_E_ITABAPOANA. Accessed on: 4 maio 2025.

SAITO, S. M. R. *et al.* Fortalecendo os laços: a cooperação intermunicipal como estratégia de redução de riscos de desastres. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 13, 2021. Available in: https://www.scielo.br/j/urbe/a/LRZtytPMdKd7RXt8fwqH4JD/. Accessed on: 9 maio 2025.

SANTOS, E.; BERNARDINO, D. C. de S. Mudanças climáticas, eventos climáticos extremos e movimentos de massa no Brasil: uma revisão sistemática. **ResearchGate**, 2022. Available in: https://www.researchgate.net/publication/374857371_Mudancas_climaticas_eventos_climaticos_extremos_e_movimentos_de_massa_no_Brasil_Uma_revisao_sistematica. Accessed on: 4 maio 2025

SHARMA, S.; PANIGRAHI, P. K. **Correlation coefficient estimation under non-normal distributions**: a robust approach. Environmental Modelling; Software, v. 141, 2021.

SILVA DIAS, M. A. F. *et al.* A Review of the Influence of the Urban Environment on the Weather and Climate in the Metropolitan Area of São Paulo. **Urban Climate**, v. 6, p. 3-19, 2013.

SILVA, R. F.; OLIVEIRA, M. D. C. Desastres socioambientais e gestão do risco: uma análise crítica das políticas públicas no Brasil. **Revista Katálysis**, v. 22, n. 2, p. 298–308, 2019.

TIBSHIRANI, R.; WALTHER, G.; HASTIE, T. Estimating the number of clusters in a data set via the Gap statistic. **Journal of the Royal Statistical Society**: Series B (Statistical Methodology), v. 63, n. 2, p. 411-423, 2001.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da drenagem urbana**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2008.

UNDRR. **Metropolitan Recife advances coordination of intermunicipal actions for disaster and climate resilience**. United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2023. Available in: https://mcr2030.undrr.org/news/metropolitan-recife-advances-coordination-intermunicipal-actions-disaster-and-climate. Accessed on: 9 maio 2025.

UNISINOS. **Brasil teve 12 eventos climáticos extremos em 2023**. Instituto Humanitas Unisinos, 2024. Available in: https://www.ihu.unisinos.br/639285. Accessed on: 3 maio 2025.

VIANA, V. Mais incêndios e menos desmatamento: o que acontece na Amazônia brasileira? **El País**, 27 out. 2024. Available in: https://elpais.com/america-futura/2024-10-27/mas-incendios-y-menos-deforestacion-que-pasa-en-la-amazonia-brasillena.html. Accessed on: 3 maio 2025

Spatial distribution of socio-environmental vulnerability in urban flood-prone areas in the Municipality of Araruama-RJ

Distribuição espacial da vulnerabilidade socioambiental em áreas de inundação urbana no município de Araruama-RJ

Júlio Cesar Menezes da Silva [1]

Daniel Andrés Rodriguez [2]

Cristiane Nunes Francisco [3]

[1] *Master's Degree in Biosystems Engineering, PhD candidate, Federal Fluminense University, Niterói, RJ, Brazil*
E-mail: j_menezes@id.uff.br

[2] *PhD in Meteorology, Professor, Alberto Luiz Coimbra Institute for Graduate Studies and Research in Engineering – Coppe, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brazil*
E-mail: daniel.andres@coc.ufrj.br

[3] *PhD in Geosciences, Professor, Institute of Geosciences, Geoenvironmental Analysis, Federal Fluminense University (UFF), Niterói, RJ, Brazil*
E-mail: cristianenf@id.uff.b

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.58067

Received: 30/04/2025
Accepted: 04/12/2025

ARTICLE- DOSSIER

ABSTRACT

This study analyses socio-environmental vulnerability in Araruama, a municipality in the Lagos São João Hydrographic Region, in Rio de Janeiro, with a history of hydrometeorological disasters and a high number of homeless people. Based on 2010 Census data integrated with the flood susceptibility zone of the SGB and official and media flood records, thematic maps were developed in a GIS environment and crossed with official and media flood records between 2009 and 2023. Twenty-four affected neighbourhoods were identified. The spatialisation of exposure, combined with social vulnerability, enables the identification of the location of the most affected population. Proximity to water bodies was common among the most critical sectors. Areas of extreme socio-environmental vulnerability are located near a river and exhibit low response capacity. The study highlights the need to adopt monitoring and forecasting systems and public policies for the adaptation of the most affected neighbourhoods

Keywords: Vulnerability. Flood. Socio-environmental.

RESUMO

Este estudo analisa a vulnerabilidade socioambiental em Araruama, município da Região Hidrográfica Lagos São João, no Rio de Janeiro, com histórico de desastres hidrometeorológicos e elevado número de pessoas desabrigadas. A partir de dados do Censo 2010 integrados à mancha de suscetibilidade à inundação do SGB e registros de inundações oficiais e midiáticos, foram elaborados mapas temáticos em ambiente SIG e cruzados com registros oficiais e midiáticos de inundações entre 2009 e 2023. Foram identificados 24 bairros atingidos. Os resultados da espacialização da exposição, junto com a vulnerabilidade social, permitem identificar a localização da população mais atingida. A proximidade a corpos de água foi comum entre os setores mais críticos. Áreas de vulnerabilidade socioambiental extrema localizam-se próximas a um rio e apresentam baixa capacidade de resposta. O estudo ressalta a necessidade de adotar sistemas de monitoramento e previsão, e políticas públicas direcionadas para adaptação dos bairros mais atingidos.

Palavras-chave: *Vulnerabilidade. Inundação. Socioambiental.*

1 INTRODUCTION

Climate change and its effects, intensified by human activities, have increased the occurrence of disasters, and in Brazil, this is also a reality. The National Centre for Monitoring and Early Warning of Natural Disasters (Cemaden) (Ministry of Science, Technology and Innovation, 2024) pointed out an increase in the occurrences of hydrometeorological disasters since 2011, among them floods.

In Brazilian territory, floods represent one of the main socio-environmental challenges. From this perspective, understanding the distribution of socio-environmental vulnerability in areas with the potential to be flooded is essential to guide mitigation and adaptation policies. The occupation of areas with the potential to be flooded by vulnerable populations aggravates the impacts of floods (De Andrade Cristo *et al.*, 2022; Macedo, 2015; Zanetti *et al.*, 2016).

The definition of socio-environmental vulnerability can be understood as the coexistence or spatial overlap of poor, discriminated, and highly deprived population groups (social vulnerability) who live or circulate in risk or environmentally degraded areas (environmental vulnerability) (Cartier *et al.*, 2009). This definition aligns with the vulnerability and exposure framework for climate change in the Sixth Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2023). Since vulnerability is understood as the combination of the degree of alteration the system may undergo (directly, indirectly, positively or negatively) with the degree to which the system's elements (institutions, people and organisations) are prepared for possible climatic impacts. And exposure is understood as the presence of people; livelihoods; species or ecosystems; functions, services and environmental resources; infrastructure; or economic, social or cultural assets in locations and environments that may be negatively affected (AdaptaBrasil, 2025; IPCC, 2014, 2023).

This study aimed to investigate the spatial distribution of socio-environmental vulnerability in the municipality of Araruama-RJ and answer the question: how is socio-environmental vulnerability distributed in urban areas subject to flood risks in Araruama?

The study area is located in the Lagos São João Watershed Hydrographic Region, where the municipality of Araruama presents recurrent impacts related to floods. Until 2014, Araruama was the municipality with the highest number of affected people in the region, with extreme events recorded in 2007, 2010 (Coppetec, 2014) and 2016, according to the Integrated Disaster Information System – S2ID, a platform associated with the National Secretariat for Protection and Civil Defense (Sedec) of the Ministry of Integration and Regional Development (Brazil, 2024). This history of recurrence and event intensity highlights the need to analyse socio-environmental vulnerability, thereby justifying the development of this study.

1.1 DISASTER, RISK AND VULNERABILITY: CONCEPTUAL FRAMEWORK AND STATE OF THE ART

ThDisasters can have various effects on society, with impacts that can manifest in the short or long term (Freitas, 2020; Inouye *et al.*, 2015). The definition of disasters in this study aligns with the United Nations Department for Disaster Risk Reduction's Global Assessment Report (UNDRR, 2022), which defines disasters as "serious disturbances that affect the functioning of communities or societies at any scale." In this study, the term "natural disaster" is not used, as it perpetuates the blame of nature for disasters and removes anthropogenic responsibility (Raju *et al.*, 2022).

From 2001 to 2020, the number of disasters worldwide increased from 350 to 500 per year and will continue to increase (UNDRR, 2022). This scenario is similar in Brazil, where the National Centre for Monitoring and Early Warning of Natural Disasters (Cemaden) recorded the highest number of disaster occurrences in Brazilian territory from 2011 to 2023 (MCTI/Cemaden, 2024). The research pointed to a significant concentration of events in the southeast and south, with predominance of hydrometeorological events.

These occurrences reflect the regions' susceptibility to disasters related to intense rainfall driven by climate change, deficient infrastructure, and municipalities' low adaptive capacity (Ribeiro Gomes *et al.*, 2021). These results indicate a trend of increasing extreme events in Brazil over recent years, particularly since 2017 (Cemaden, 2024), reinforcing the need for urgent actions to reduce the frequency of disasters and risk exposure.

Risk is defined as the potential for a hazardous event for humans that can cause harm (IPCC, 2023). The risk framework addresses the intersection or interaction among exposure, vulnerability, and hazard. This definition of risk takes into account social and environmental dimensions, thereby enabling its analysis and assisting decision-makers in developing strategies to mitigate disasters (Barendrecht *et al.*, 2017).

Disasters tend to be more impactful for the most vulnerable people who are exposed to an extreme event. The vulnerability presented by the IPCC (2007, 2014, 2023) refers to vulnerable, sensitive and exposed people to climate change. Thus, vulnerability is presented as the degree or magnitude of systems that are exposed, sensitive and with low adaptive capacity to climate change and its effects.

In the current context of climate risk, especially based on the Fifth and Sixth IPCC Reports (2014, 2023), vulnerability and exposure begin to be understood as different but interconnected dimensions. Vulnerability indicates the level at which individuals, organisations or systems may be affected, taking into account their sensitivity and ability to adapt. On the other hand, exposure refers to the presence of populations, infrastructures, environmental services and economic activities in regions prone to damage (IPCC, 2012, 2023).

However, separating these components rigidly, as proposed in earlier versions, may complicate communication with managers and decision-makers in complex socio-environmental contexts (Ishtiaque *et al.*, 2022). Thus, this study adopts the integrated approach suggested by Cartier *et al.* (2009) and Goerl (2012), which states that socio-environmental vulnerability arises from the intersection between socially vulnerable groups and environmentally delicate or exposed areas. This strategy aligns with the IPCC's "climate risk flower," in which socio-environmental vulnerability arises from the intersection of the petals of vulnerability and exposure. This guides the creation of indicators that capture these two dimensions simultaneously.

Socio-environmental vulnerability is an important concept for understanding the relationship between the environment and society (Siqueira Malta, 2017).

Socio-environmental vulnerability aims to understand the response capacity of socially vulnerable individuals exposed to damaging disturbances in the face of climate change and its effects (Alves, 2021; Cartier *et al.*, 2009).

The assessment of socio-environmental vulnerability must address the interdependence between social, economic and environmental factors. Quantitative and spatial approaches, using Geographic Information Systems (GIS) for the integrated analysis of census, environmental and remote sensing data, assist in this task (Mattedi *et al.*, 2024).

Socio-environmental vulnerability can be assessed from the spatial overlap between population groups exposed to hazards (Cardoso, 2017; Cartier *et al.*, 2009; Krellenberg *et al.*, 2014). Social inequality plays an important role in increasing population exposure to extreme events, such as floods (Cardoso, 2017; Krellenberg *et al.*, 2014). In this sense, it should be highlighted that the location of the poorest population in hazardous areas is a structural characteristic of many Brazilian cities (Cardoso, 2017).

The estimation of exposure of vulnerable populations results from the juxtaposition of physical and social data (Chand *et al.*, 2024). The integration of social vulnerability with flood or terrain-susceptibility data highlights how the intersection of poverty and exposure can redefine the geography of risk (Fox, 2024; Goerl, 2012). In this way, at the municipal scale, vulnerability can be defined as inversely proportional to municipalities' response capacity and resilience (Gupta *et al.*, 2020).

Through spatial methodologies to map areas susceptible to hydrometeorological events that use GIS and remote sensing data, it is possible to identify system exposure, allowing efficient public policies to be based on detailed spatial analyses (Lins-de-Barros, 2010; Mattedi *et al.*, 2024; Silva *et al.*, 2018; Zanetti *et al.*, 2016).

Urban infrastructure also influences the spatial distribution of socio-environmental vulnerability. The precariousness of drainage, transportation and sanitation infrastructure amplifies the impacts of adverse hydrological events, reinforcing the need for adaptive urban policies (Cardoso, 2017; Chaves *et al.*, 2022; Gaedke *et al.*, 2020).

The study of socio-environmental vulnerability converges towards the need for interdisciplinary approaches and integrated methodologies. The use of GIS, census data and remote sensing techniques is widely employed to identify spatial patterns of vulnerability and support adaptation strategies. Furthermore, the relationship between social vulnerability and exposure is further reinforced, demonstrating that economically disadvantaged populations are disproportionately affected by disasters and requiring structural and social interventions.

2 METHODOLOGY AND STUDY AREA

2.1 STUDY AREA

The Lagos São João Hydrographic Region is composed of 9 municipalities in the state of Rio de Janeiro, among them Araruama. This municipality covers 639 km², with 5 districts, 59 neighbourhoods, and 312 census sectors (Figure 1) (IBGE, 2010). This region is coastal, with a tropical climate characterised by hot, humid summers and dry winters.

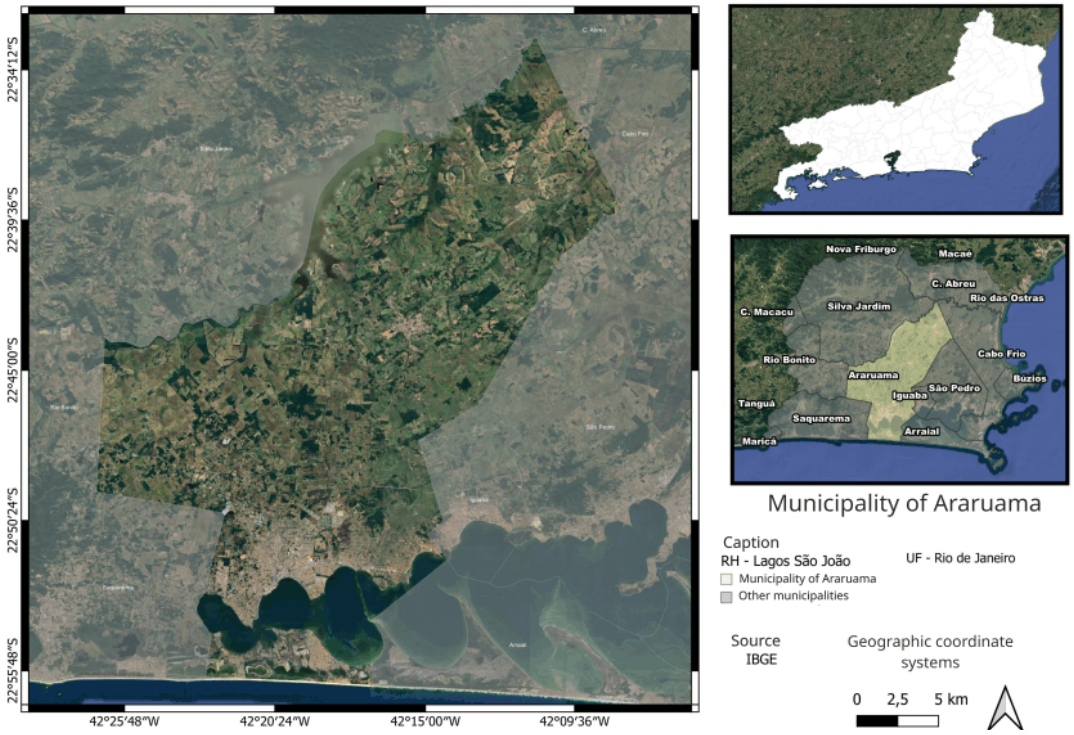


Figure 1 – Location of the Municipality of Araruama-RJ

Source: The authors, 2025

The Integrated Disaster Information System (S2ID, 2024) database records 2 flood events in the city of Araruama. The first record corresponds to the 2010 event, with 122 millimetres of precipitation in 4 hours and a total of 100 homeless people. The second record corresponds to 2016, with precipitation of 148 millimetres in 6 hours, leaving more than 2,500 people displaced (G1, 2016).

The technical report of the State Water Resources Plan of Rio de Janeiro (Perh-RJ) (Coppetec, 2014) presents records of disasters in Araruama between 2000 and 2012. The report highlights two significant flood records: the first in January 2007, which affected 18,000 people, and the second in April 2010, which affected 20,000 people (Coppetec, 2014, p.114).

Perh-RJ and S2ID have only the 2010 record in common. Regarding the locations affected by floods, according to the Basic Sanitation Plan of Araruama (Serenco, 2014), the region presents five flood scenarios: slow or fluvial floods in flat regions, rapid floods or torrential rains, floods due to urban runoff in small basins up to 10 km², floods by torrents in areas with slopes above 6%, and backwater flooding from the stormwater drainage network. The document states that until 2014, there were eight neighbourhoods with flood records, but it does not classify the scenario. The neighbourhoods affected until 2014 were: Bananeiras, Sapolândia, Iguabinha, Coqueiral, Clube dos Engenheiros, Vila Capri, Fazendinha, Park Hotel (Serenco, 2014, p. 144).

2.2 RESEARCH STAGES

For the development of the study, a GIS database was constructed that allowed the generation and application of a synthetic indicator to assess socio-environmental vulnerability in flood areas in Araruama. For the execution of the research, census sector data from the 2010 Demographic Census (IBGE, 2010) and the Susceptibility Map of the Geological Survey of Brazil from 2018 (SGB, 2018) were collected for analysis in a GIS environment.

To adapt the proposed methodology to the theoretical framework of climate risk (IPCC 2014, 2023), it would be necessary to reformulate it as follows:

Climate impact risk: hazard (in this case, floods); vulnerability (sensitivity; adaptive capacity); exposure (demography and density). Thus, the proposed IVS indicators would be partly linked to sensitivity (txd, E, R and IDHM) and partly linked to exposure (nm, mm, dd), together with the floodable percentage indicators (PI), to provide the socio-environmental vulnerability index, while respecting the updated analytical framework.

The adaptive capacity indicators are absent in the study, classically defined by the existence of municipal contingency plans, early warning systems, institutional capacity, etc. Since the study concerns only the municipality of Araruama, the adaptive capacity factor should not vary spatially, which in this case makes the sensitivity factor equivalent to vulnerability.

2.3 VULNERABILITY INDEX

The research began with the collection of quantitative data and cartographic bases to be processed in the GIS environment. The quantitative data are georeferenced census variables that allow for verifying the exposure and response capacity of the local population. These variables are used to estimate the Social Vulnerability Index (IVS) in each census sector (Equation 1), as proposed by Goerl (2012).

$$IVS = \frac{Nm+Mm+Dd+Txd+E+R}{IDHM} \quad \text{Equation (1)}$$

In the estimation of IVS, Nm is the number of residents of the census sector, Mm is the average number of residents per sector, Dd is the demographic density, Txd is the dependency rate corresponding to the percentage of elderly above 65 years and children below 12 years, E (Education) is the percentage of illiterate people above 12 years, R (Income) is the sum of the percentage of heads of household without income and with income up to 1 minimum wage. IDHM is the Municipal Human Development Index published by the Institute of Applied Economic Research (Ipea, 2015; Ipea, 2023). The statistical normalisation technique (Equation 2) was applied to all indicators, since the magnitudes and dimensions of the indicators that comprise IVS are not homogeneous. The indicators of the index characterise each census sector, except for IDHM, which corresponds to the municipality level.

$$Vescalonado = \frac{Vobservado-Vmínimo}{Vmaior-Vmínimo} \quad \text{Equation (2)}$$

The normalisation of Equation 2 standardised the six indicators in the numerator of IVS to obtain results between 0 and 1. The normalised indicators were classified according to the Atlas of Social Vulnerability of Brazilian Municipalities (Ipea, 2017) into: very low (0 to 0.2), low (> 0.2 to 0.3), medium (> 0.3 to 0.4), high (> 0.4 to 0.5) and very high (> 0.5 to 1). The indicators were organised to be integrated in GIS with the vector of census sectors from IBGE (IBGE, 2010), which has the original scale of 1:250,000, as described in the technical documentation of IBGE for the 2010 census grid, using the SIRGAS 2000 Geodetic System. The municipal-level extraction allowed detailed analysis of the area of interest.

2.4 FLOODABLE PERCENTAGE

The SGB (2014), in the Susceptibility Map to mass gravitational movements and flooding, defines areas susceptible to flooding as resulting from natural topographic influence. The identification of areas susceptible to flooding was based on the HAND algorithm (Rennó *et al.*, 2008). This algorithm calculates the height of a given point of the terrain relative to the nearest drainage network. It thus generates an

indicator of hydrological connectivity between the slope and the channel, which can be used as a tool to assist in the topographic analysis aimed at flood susceptibility (Rennó *et al.*, 2015). The SGB defines three degrees of flood susceptibility, according to the HAND value of the terrain: low (high terrace), medium (low terrace) and high (alluvial plain) (SGB, 2014).

In the present research, the "Susceptibility Map to mass gravitational movements and flooding: Municipality of Araruama, RJ" developed by Pedrazzi and Lana (2018) was used to extract the Floodable Percentage (Equation 3) of the exposed sectors. Thus, PI indicates the degree of impact in each sector. For this analysis, all susceptible areas were considered, without differentiation of susceptibility degrees.

$$PI = \frac{AI}{AT} \quad \text{Equation } \mathbf{(3)}$$

Where AI is the area with potential to be flooded of the sector at the sectoral scale, AT is the total area of the sector according to IBGE, and PI is the Floodable Percentage (%) of the sectoral area.

2.5 SOCIO-ENVIRONMENTAL VULNERABILITY INDEX (IVSA)

Socio-environmental vulnerability was determined by the integration between the Social Vulnerability Index (IVS) and the Floodable Percentage (PI). It is considered that socio-environmental vulnerability manifests when IVS is exposed to areas susceptible to flooding. The spatial analysis of this interaction is enabled through GIS, allowing the integrated spatialization of vulnerable areas and terrain susceptible to flooding.

The calculations were performed in the field calculator in the vector layer with the indicators already georeferenced. To obtain the results, Equation 4 was applied, where IVSA represents Socio-environmental Vulnerability, which combines the Social Vulnerability Index (IVS) and the Floodable Percentage (PI).

Both IVS and PI were previously normalised also in the field calculator, presenting rescaled values in the continuous interval from 0 to 1, where 1 represents the extreme of vulnerability. In this research, exposure, which integrates the definition of risk (UNDRR, 2022) and the definition of vulnerability by IPCC (2014, 2023), is highlighted as a key factor in socio-environmental studies.

$$\text{IVSA} = \text{IV} \times \text{PI} \quad \text{Equation } \mathbf{(4)}$$

The result of applying IVSA was compared with information on flood events in the study region, obtained from records in newspapers, electronic magazines, social networks and official documents related to the Basic Sanitation report of the Municipality of Araruama (Serenco, 2014). The media data collection covered the period from 2007 to 2023 and was complemented with information provided by the Araruama City Hall through the Serenco document, by S2ID (2024) and by Fundação Coppetec (2012).

The year 2007 was adopted as the beginning of the time interval due to the first official record presented by Coppetec (2012). For the selection of media records, the keywords "flood", "flooding", "inundation", and "Araruama" were used, associated with the respective years in the analysed interval. Based on the collected information, a database on flood events recorded in the media was developed. This database allowed comparing and validating the areas identified by the media records with the occurrence of events documented in the region.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 VULNERABILITY INDEX

The results obtained were georeferenced products of the social and environmental spectrum in relation to the area of the sector in terrain with potential to be flooded, and finally, the socio-environmental vulnerability map. The first product refers to the IVS of the Municipality of Araruama (Figure 2) integrated with the locations where the city administration indicated flood records up to the year 2014. It was verified the occurrence of 60 sectors in the Very High class, 60 sectors in the High class, 105 in the Medium IVS class, 52 in the Low class and 20 in the Very Low class. It is noted that the Medium, High and Very High classes of social vulnerability are distributed near the Limão and Araruama Lagoon rivers, and also near areas with flood records up to 2014 (Serenco, 2014).

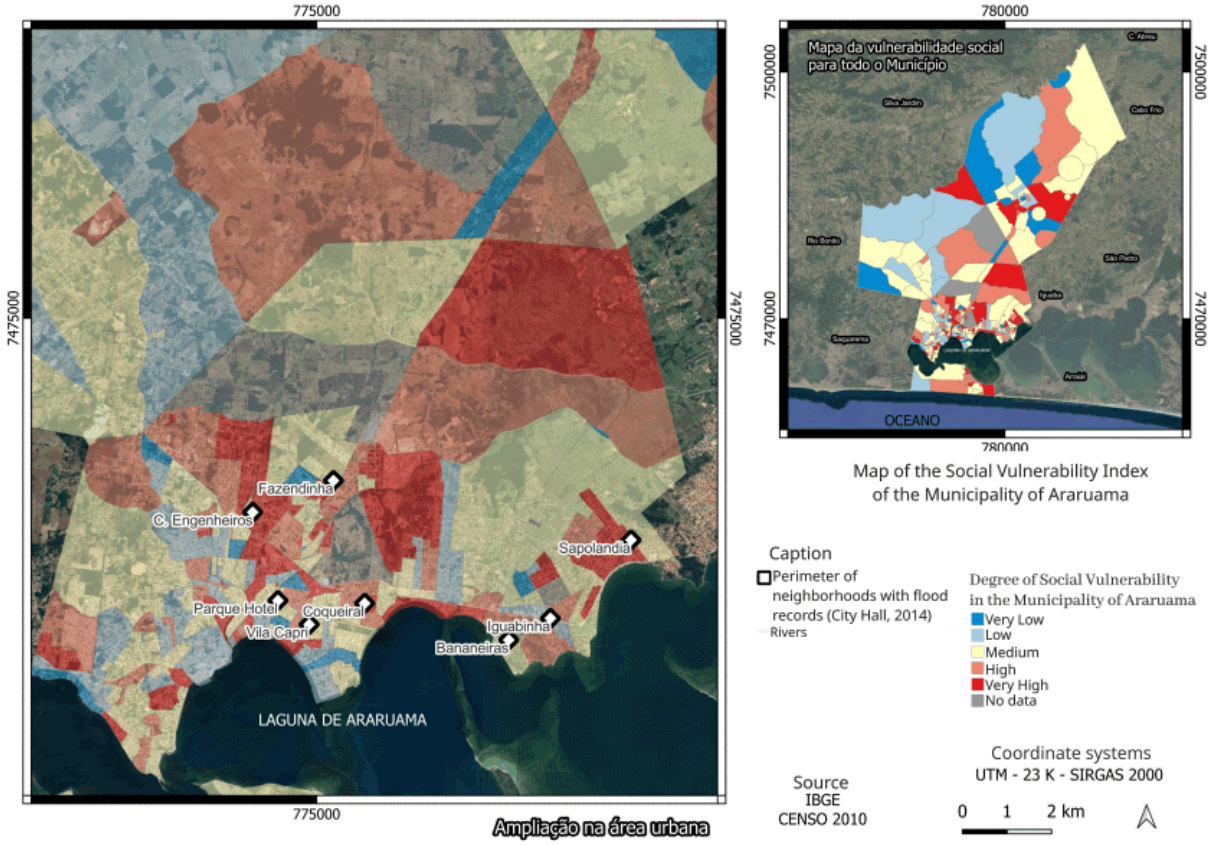


Figure 2 – Vulnerability Map of the social spectrum of the municipality of Araruama

Source: The authors, 2025

With the Number of Residents indicator, it is possible to quantify how many people are present per class. It can be observed that the Medium IVS class has the highest number of people (34,467), followed by the Very High IVS class (32,675), High IVS (25,971), Low IVS (10,417), and Very Low IVS (4,240). The Very High and High IVS classes correspond to 52.7% of the population of Araruama. This magnitude highlights the concerning situation of social vulnerability in the municipality.

In addition to identifying the spatial distribution of social vulnerability, it is important to identify the processes or dimensions of the problem that contribute to the results in the different sectors. For this purpose, a statistical analysis was conducted of the six indicators that characterise each census sector in the IVS. The contribution is obtained by dividing the average of the indicator by the sum of the averages of all indicators. The analysis highlights the Dependency indicator as the one with the highest contribution, 40%, in the IVS index in Araruama (Table 1).

Table 1 – Contribution of the dimensions to the IVS of Araruama-RJ

Variables	*Average*	*Sum of averages*	*Contribution (Average/∑ Average)*
Population Density (Dd)	0,03	1,6	0,018
Number of Residents (Nm)	0,20		0,125
Average number of residents (Mm)	0,21		0,131
Education (E)	0,15		0,093
Income (R)	0,36		0,225
Dependency ratio (Txd)	0,65		0,406

Source: The authors, 2025

In the sector with the highest IVS, the indicators with the greatest contribution were Education, Income and Dependency. Although Dependency is the variable with the greatest overall influence on IVS in Araruama, in the extreme sector of the Very High IVS class, it was Education that contributed the most after normalisation. Nevertheless, Income and Dependency are also in the Very High class, leading to an increase in the IVS value.

Table 2 – Characteristics of the extreme sector of the Social Vulnerability Index

Location: Limão River
IVS VERY HIGH
Km^2: 0,443
Dd: 0,005
Nm: 478
Mm: 3,51
E: 1 (35%)
R: 0,8 (80%)
Txd: 0,6 (25%)

Source: The authors, 2025

The indicators for the sector classified as extreme Very High, located in the Rio do Limão neighbourhood, showed that 80% of residents had an income of at most one minimum wage or had none. Furthermore, it was observed that 35% of the resident population in the sector consisted of illiterate individuals, while 25% had some form of dependency, such as children or elderly persons. Retired elderly may be the only source of income due to retirement; however, the elderly and children may compromise rapid decision-making in the face of a hazardous event (Saito *et al.*, 2021).

3.2 FLOODABLE PERCENTAGE

The result of the floodable percentage of each sector in Araruama (Figure 3) was extracted in the GIS environment using the flood susceptibility vector of the SGB overlaid on the census vector grid. Sectors located within the area with potential to be flooded were considered exposed sectors. The percentage of the area of intersection between the sector and the flood susceptibility indicates exposure. The degree of exposure (Figure 3) is classified following the vulnerability symbology of the Social Vulnerability Atlas

(Ipea, 2015), considering the thresholds: 0 – 0.2, very low; > 0.2 – 0.3, low; > 0.3 – 0.4, medium; > 0.4 – 0.5, high; and > 0.5 – 1, very high.

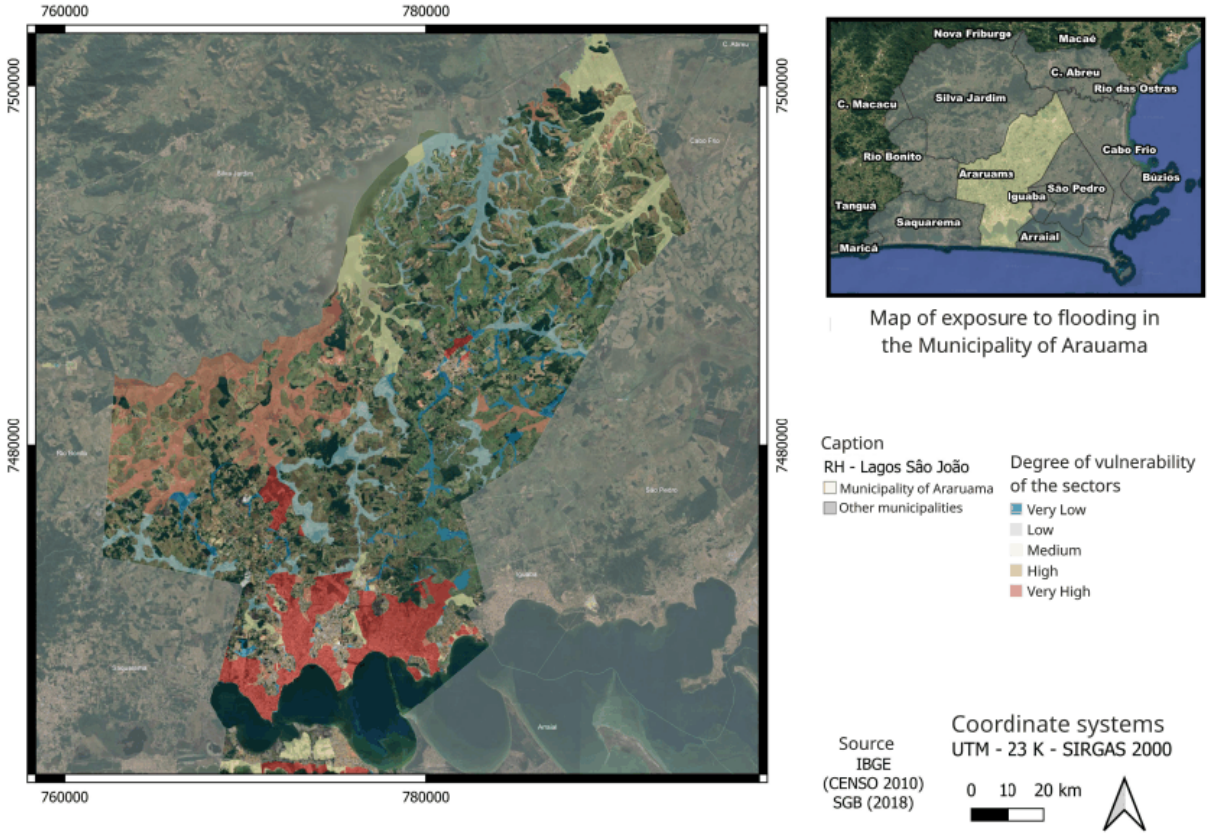


Figure 3 – Map of exposure to flooding in Araruama-RJ

Source: The authors, 2025

Of the 312 sectors of Araruama, 88.1% are exposed to flooding to some degree. Approximately 57.08% were found in the Very High exposure class, 6.7% in the High class, 6.7% in the Medium class, 10.07% in the Low class, and 23.3% in the Very Low class. The High and Very High exposure classes affect 55.6% of the population, more than half of Araruama's population, highlighting the concerning situation of the municipality.

The spatial distribution of exposure (Figure 3) shows that the most exposed sectors are those in the urban area near the Araruama Lagoon shore, Mataruna River and Limão River. The sector with the highest exposure to flooding is located in the Parque Mataruna neighbourhood and has an IVS value of 0.4, within the Medium IVS class. The evaluation of the flood event databases shows no occurrence records for this neighbourhood (Serenco, 2014).

The different flood record databases in Araruama do not show consistency in relation to the number of disasters that occurred. While the Integrated Disaster Information System (S2ID, 2024) presents records of flood occurrences in 2010 and 2016, the State Water Resources Plan of the State of Rio de Janeiro presents records in the years 2007 and 2010 (Coppetec, p. 48). Seeking to consolidate flood event data, the year of occurrence and the affected locations, a media survey was conducted on websites, newspapers, reports and social networks to compare with existing data. The survey identified 24 neighbourhoods with media-recorded flooding events from 2009 to 2023 (Table 3). In 2016, the record for the most neighbourhoods affected in a single event was 11. All neighbourhoods affected in 2016 are included in the SGB flood susceptibility map, but are not indicated in the Serenco (2014) report.

Table 3 – Media records of floods in the Municipality of Araruama in the time interval 2009–2023

Year	*2009*	*2010*	*2011*	*2012*	*2013*	*2014*	*2015*	*2016*	*2017*	*2018*	*2019*	*2020*	*2021*	*2022*	*2023*
Total of neighbourhoods	1	5	0	4	1	0	1	11	6	0	3	8	3	8	5

Source: The authors, 2025

Over the years, there has been significant variability in the number of affected neighbourhoods and precipitation totals since 2016. However, the 2016 event was too impactful and was considered the worst disaster since 2009. In this event, the Araruama police station and the Regional Hospital (G1, 2016) were affected, causing disruption in access to public services.

3.3 SOCIO-ENVIRONMENTAL VULNERABILITY AND INTEGRATION WITH MEDIA RECORDS

Exposure is of great importance in building the IVSA in the research and has resulted in the product shown in Figure 4. The spatial distribution of IVSA results from the crossing of IVS with PI of the terrain that can be flooded (Figure 4). The spatial distribution shows that the Very Low and Medium IVSA classes are predominant in Araruama and distributed throughout the urban area. Additionally, it is possible to note that the Very High IVSA class moves away from the city centre, heading toward the periphery.

In Figure 4, the sectors in red represent the most critical locations in terms of socio-environmental vulnerability, since they bring together social and exposure factors that may amplify flood impacts. The locations of neighbourhoods with flood records identified in the media survey are shown in Figure 4. The neighbourhoods that presented records, along with the number of events recorded in the media, are listed in Table 4.

Table 4 – Neighbourhoods with media records between 2009 and 2023

Neighborhoods	*Number of events by neighbourhood*
Parque Mataruna	8
Centro	6
Rio do Limão	6
Bananeiras	5
Areal	4
Boa perna	4
Havai	3
Clube dos Engenheiros	3
Parque Hotel	3
Vila Capri	3
Parati	2
Praia do Hospício	2

Neighborhoods	Number of events by neighbourhood
Sapolandia	2
Ponte dos Leites	1
Praça da Bandeira	1
Pontinha	1
Quinze de novembro	1
Iguabinha	1
São Vicente	1
Barbudo	1
Fazendinha	1
Jardim São Paulo	1
Novo Horizonte	1
Mutirão	1

Source: The authors, 2025

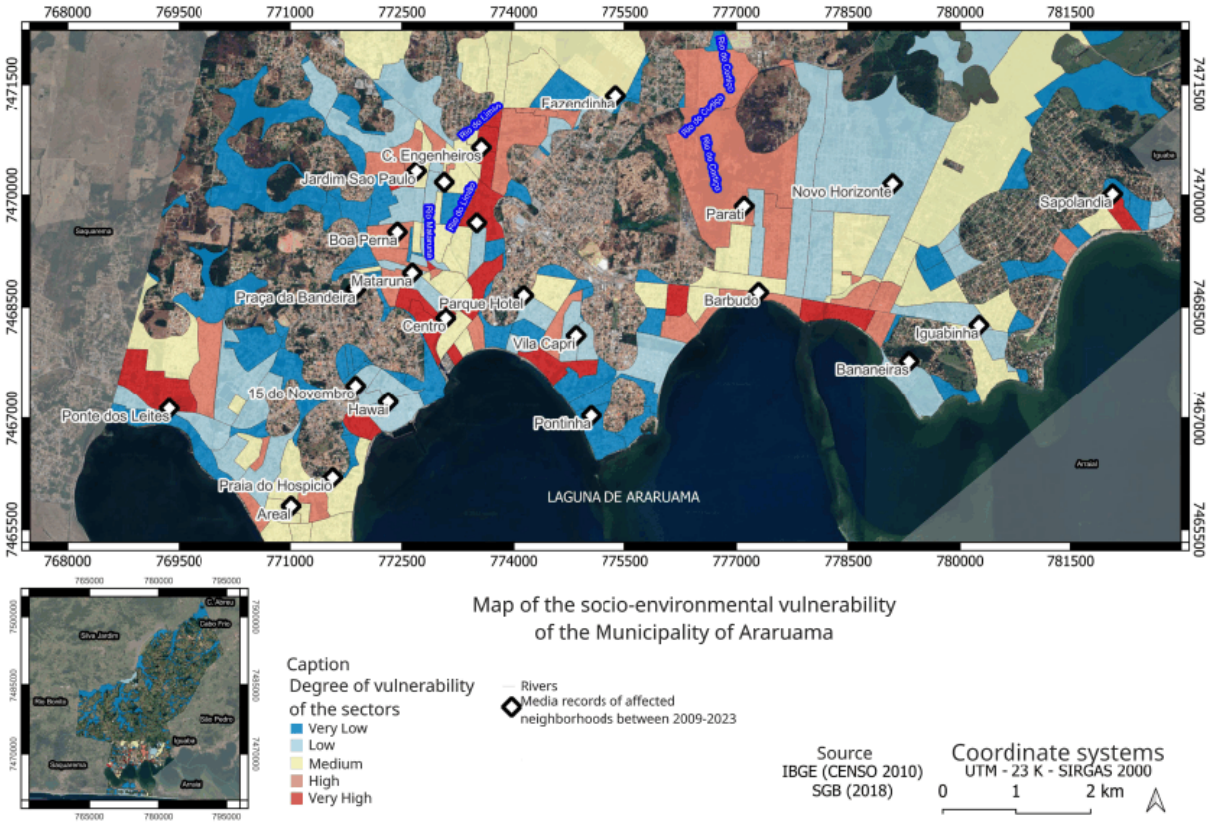


Figure 4 – IVSA and integration with records of flood occurrences in Araruama-RJ

Source: The authors, 2025

The locations affected by floods identified in the media survey are found in susceptible areas. The data from Araruama indicate 8 critical neighbourhoods with flood records (Serenco, 2014), but the media survey identified 24 neighbourhoods. A similar result was found by Farias and Mendonça (2022) in their study in Francisco Beltrão, a municipality located in the state of Paraná, identifying a greater

number of locations with flood susceptibility than those officially recorded by the government and government agencies.

The highest IVSA value (1.00) was observed in only one sector, the Clube dos Engenheiros neighbourhood, which Serenco (2014) cited as having flood records. Table 5 presents the indicators of the sector with extreme IVSA Very High value, along with the corresponding IVS and PI. The sector confirms the relevance of the Education, Income and Dependency indicators, with Income being the one with the greatest influence on the sector's IVSA index. The Dependency indicator reflects that 29% of the residents of the sector are elderly or children. In the sector located near a river, this indicator suggests a concerning situation, as these more vulnerable groups are concentrated in areas of high socio-environmental vulnerability and require priority attention in flood events.

Additionally, 62% of the heads of household in this sector have an income of at most one minimum wage, which indicates that most of the population may not have the resources to replace the goods lost in case of a disaster. These data reinforce the study by Rentschler *et al.* (2022), which showed, on a global scale, that poorer populations are the most impacted by floods, highlighting the socioeconomic fragility of this portion of the population. These results are aligned with the reality observed in Araruama, confirming the relationship between vulnerability, poverty and exposure, and exacerbated by the dependency of part of the population.

Table 5 – Table of the dimensions of extreme IVS, P.I and IVSA sectors

Indexes and Variables	*Sector with extremely very high IVS*	*Sector with very high extreme PI*	*Sector with very high extreme IVSA*
IVS	1	0,4	0,9
IVSA	0,5	0,6	1
Nm	478	527	1050
Mm	3,5	3,23	3,41
R %	80%	36%	62%
E %	35%	3%	21%
Txd%	25%	19%	29%
Area km²	0,4	0,01	0,09
Area i km²	0,2	0,01	0,09
Pi %	58%	100%	99%
Neighborhoods	Rio do Limão	Parque Mataruna	Clube dos Engenheiros
Floods	6	8	3

Source: The authors, 2025

When compared, in the sectors that present extreme values in each of the indicators, IVS, PI and IVSA (Figure 5), it is possible to verify the importance of considering the overlap of vulnerability and exposure in the assessment. The sector with extreme Very High IVS value presents a high percentage of people with income equal to or less than half a minimum wage and other indicators of social exclusion, such as the high illiteracy rate and dependency. The population is smaller than the other indices and is located in a neighbourhood with 6 media-recorded flood events.

In the sector with extreme Very High PI value, the numbers reflect a sector with 100% of the area exposed to floods. The number of residents is even higher than in the sector with extreme Very High IVS value. The exposure of dependents in the sector to the flooded area is still of serious concern.

However, income in this sector is higher, indicating that this group is in a situation of exposure but with a more favourable economic situation, suggesting a greater capacity to adapt or replace what was damaged, perhaps more quickly than in sectors with extreme Very High IVS and Very High IVSA values. In addition to income, the low illiteracy rate shows a higher level of education than in the other two sectors. The low illiteracy rate suggests that the residents of this sector may understand what is happening around them more quickly, favouring rapid decision-making regarding flooding and an efficient response to the event. This sector is located in the Parque Mataruna neighbourhood, which suffered 8 floods, the highest number of events among the neighbourhoods found in the media survey. This reinforces the idea that it is a critical zone from the exposure point of view, but not from the social spectrum. In addition, the exposed population is small, which favours a reduction in IVSA.

The sector with extreme Very High IVSA value identified presents the highest Dependency indicator among the other extreme sectors (Table 3), but Income was the most influential indicator in the IVSA of this sector. Additionally, the extreme IVSA sector also presented the largest number of people in the sector among all extreme sectors, indicating that the interaction between IV with a high number of exposed people, among them dependents, increases its degree of socio-environmental vulnerability. This sector is located in the Clube dos Engenheiros neighbourhood.

The comparison between the three indicators suggests that analysing exposure or social vulnerability separately may neglect assistance to the most vulnerable in the event of floods. The joint assessment of these dimensions allows for better targeting of efforts and resources to serve the population exposed to the disaster and with lower response capacity.

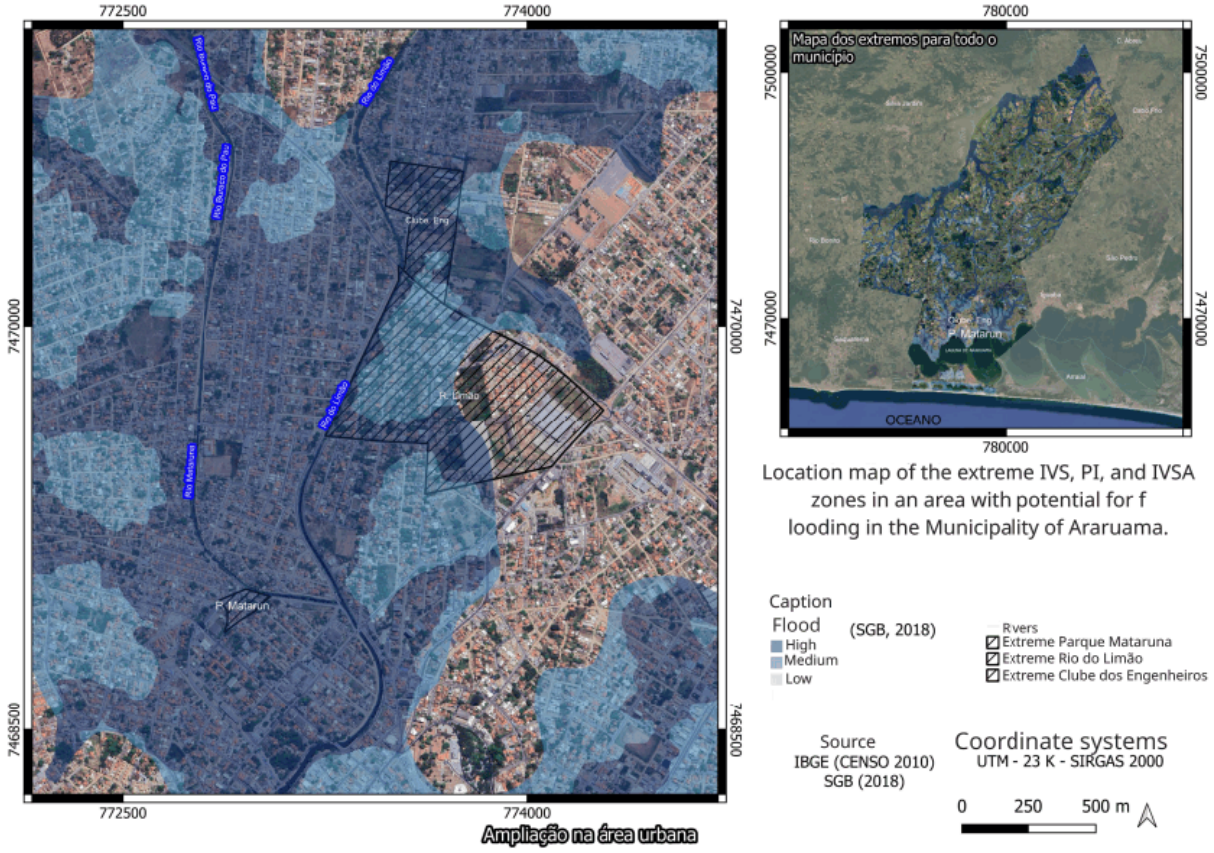


Figure 5 – Location of the sector with extreme IVS, PI and IVSA in Araruama-RJ

Source: The authors, 2025

The sector with extreme Very High IVSA value is located near the sector with extreme Very High IVS value, and both have in common their proximity to the Limão River (Figure 5). The sector with

extreme Very High PI value is located near the Mataruna River. The research showed that socio-environmental vulnerability in Araruama is concentrated mainly in areas close to rivers and within the flood susceptibility zone delimited by SGB (2018). More than half of the municipality's population is exposed to flooding, exceeding the percentage of those classified in high social vulnerability.

The Rio do Limão neighbourhood presented the highest Social Vulnerability Index (IVS), influenced by the income, education and dependency dimensions, which indicates the need for public policies aimed at education and the protection of dependent groups. The Parque Mataruna neighbourhood, although with better socioeconomic indicators, stood out as the most exposed, presenting frequent flood records and demanding improvements in urban infrastructure.

The combination of the social vulnerability index (IVS) and the floodable percentage (PI), forming the Socio-environmental Vulnerability Index (IVSA), confirmed that the most critical sectors are located in flat regions and near water bodies.

The important influence of Income and Dependency was recurring among the extreme IVS and IVSA, reinforcing the importance of specific actions for the elderly and children in risk contexts. These results are aligned with the definition of socio-environmental vulnerability by Cartier (2009) and the definition of risk and vulnerability by IPCC (2014, 2023), by showing that the interaction between exposure to climate change, its effects and social factors can intensify the occurrences of disasters. In this scenario, the most important thing is to prioritise those who suffer most from the temporal records found: the poorest, the elderly and children. In addition, the research highlighted the inconsistency of flood records. These gaps in records may compromise the efficient targeting of adaptive resources in the municipality.

4 CONCLUSION

The study enabled understanding the distribution of socio-environmental vulnerability in Araruama, highlighting the integration of social factors and exposure to floods in understanding risks in the municipality. In general, the most sensitive sectors are located near water bodies, which highlights the importance of public policies that combine urban planning, social inclusion and risk management. The results highlight the importance of accounting for social dimensions when developing adaptive strategies, prioritising the groups most vulnerable to the consequences of extreme events.

The inconsistency in official disaster records points to a significant limitation of the study, indicating the need to improve monitoring systems and to periodically update the number of neighbourhoods with flood records, with easy public access. In addition to inconsistency in disaster data, the temporal gap of the 2010 census may not reflect the contemporary reality of 2025, as the 2022 census data, at the time of the production of the research, were still considered preliminary.

Finally, it is important to highlight that the expansion of the affected area over time underscores the need for ongoing investments in prevention, infrastructure, and technology to reduce flood impacts and decrease the number of affected neighbourhoods.

Therefore, the mapping of the spatial distribution of socio-environmental vulnerability integrated with updated flood records can help decision-makers direct resources to the population with lower capacity to cope with events in the municipality of Araruama. In addition, this study can be applied in other locations subject to flood risk.

STATEMENT ON THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

The authors used ChatGPT (OpenAI, versão 5.1) for language editing and stylistic polishing only. All scientific content, analysis, and intellectual input were developed and verified by the authors; we take full responsibility for the accuracy and integrity of the manuscript.

REFERENCES

ALVES, H. P. F. Socio-environmental vulnerability in the São Paulo Macro-metropolis' three main metropolitan regions: a socio-environmental indicators analysis. **Ambiente & Sociedade**, v. 24, p. e00302, 2021. Available in: https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20200030r2vu2021L1AO.

ARARUAMA. **Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Araruama**. Araruama: Prefeitura Municipal de Araruama, 2017. Available in: https://www.aemerj.org.br/images/pdf/PMMA/PMMAAraruama.pdf

BARENDRECHT, M. H.; VIGLIONE, A.; BLÖSCHL, G. A dynamic framework for flood risk. **Water Security**, v. 1, p. 3–11. 2017. Available in: https://doi.org/10.1016/j.wasec.2017.02.001.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). **Em 2023, Cemaden registrou maior número de ocorrências de desastres no Brasil**. Brasília: MCTI, 19 jan. 2024. Available in: 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.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Sistema Integrado de Informações sobre Desastres – S2ID. Brasília, 2024. Available in: https://s2id.mi.gov.br/paginas/series/

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações – MCTI, 2024.

CARDOSO, M. M. Estudio de la vulnerabilidad socio-ambiental a través de um índice sintético. Caso de distritos bajo riesgo de inundación: Santa Fe, Recreo y Monte Vera, Provincia de Santa Fe, Argentina. **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 48, p. 156-183, 2017. Available in: https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2017v27n48p156.

CARTIER, R. *et al.* Vulnerabilidade social e risco ambiental: uma abordagem metodológica para avaliação de injustiça ambiental. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 25, p. 2695-2704, 2009. Available in: https://doi.org/10.1590/S0102-311X2009001200016.

CHAND, K. *et al.* Integrating geoenvironmental and socioenvironmental analyses for flood vulnerability assessment in the Kullu Valley, Himachal Pradesh, India. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 108, p. 104494, 2024. Available in: https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104494.

CHAVES, S. V. V. *et al.* Vulnerabilidade Social da Cidade de Teresina, Piauí. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 8, n. 2, p. 13-27, 2022. Available in: https://doi.org/10.21680/2447-3359.2022v8n2ID27200.

COPPETEC. Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos. **Elaboração do plano Estadual de recursos hídricos do Estado do Rio de Janeiro**: ocorrências de desastres naturais entre 2000 e 2012 por Região Hidrográfica, 2014. Available in: https://www.agevap.org.br/downloads/Diagnostico-Vulnerabilidades-VolII.pdf.

FARIAS, A.; MENDONÇA, F. Riscos socioambientais de inundação urbana sob a perspectiva do Sistema Ambiental Urbano. **Sociedade & natureza**, v. 34, p. e63717, 2022. Available in: https://doi.org/10.14393/SN-v34-2022-63717.

FOX, S. Integrating social vulnerability into high-resolution global flood risk mapping. **Nature communications**, v. 15, n. 1, p. 3155, 2024. Available in: https://doi.org/10.1038/s41467-025-56676-2.

FREITAS, C. M. de *et al.* Desastres naturais e seus custos nos estabelecimentos de saúde no Brasil no período de 2000 a 2015. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 36, 2020. Available in: https://doi.org/10.1590/0102-311X00133419.

G1. **Araruama, RJ, tem mais de 700 pessoas desalojadas após chuvas**. Available in: https://g1.globo.com/rj/regiao-dos-lagos/noticia/2016/03/araruama-rj-tem-mais-de-700- pessoas-desalojadas-apos-chuvas.html/ .

GAEDKE, P.; LOHMANN, M.; GALVÃO, R. P. Análise de componentes principais aplicada à identificação da vulnerabilidade socioambiental na área urbana de Londrina/PR. **GEOSABERES: Revista de Estudos Geoeducacionais**, v. 11, n. 1, p. 693-710, 2020. Available in: https://doi.org/10.26895/geosaberes.v11i0.963.

GOERL, R. Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco à inundação: estudo de caso do município de Rio Negrinho–SC. **Boletim de Geografia**, 2012. Available in: https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v30i1.13519.

GUPTA, A. K. *et al.* Mapping socio-environmental vulnerability to climate change in different altitude zones in the Indian Himalayas. **Ecological Indicators**, 2020. Available in: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105787.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010**. Available in: https://censo2010.ibge.gov.br.

INOUYE, C. E. N.; DE SOUSA, W. C.; DE FREITAS, D. M.; SIMÕES, E. Modelling the spatial dynamics of urban growth and land use changes in the north coast of São Paulo, Brazil. **Ocean and Coastal Management**, 2015. Available in: https://doi.org/10.1016/J.OCECOAMAN.2014.12.016.

IPCC – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas. Fourth Assessment Report, 2007.

IPCC – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas. Fifth Assessment Report, 2014.

IPCC – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas. Sixth Assessment Report, 2022.

IPEA. **Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros**. 2015. Available in: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/4381/1/Atlas_da_vulnerabilidade_social_nos_ municipios_brasileiros.pdf.

IPEA. **Atlas da vulnerabilidade social**, 2024. Available in: https://ivs.ipea.gov.br/#/.

KRELLENBERG, K. *et al.* Supporting local adaptation: the contribution of socio- environmental fragmentation to urban vulnerability. **Applied Geography**, v. 55, p. 61-70, 2014. Available in: https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.08.013

LINS-DE-BARROS, F. M.; MUEHE, D. Avaliação local da vulnerabilidade e riscos de inundação na zona costeira da Região dos Lagos, Rio de Janeiro. **Quaternary and Environmental Geosciences**, 2010. Available in: https://doi.org/10.5380/abequa.v2i1-2.14106

MATTEDI, M. A. *et al.* Aplicação do índice de vulnerabilidade socioambiental a desastres por meio de Sistema de Informação Geográfica (SIG): estudo de caso do Município de Blumenau (SC). **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 13, n. 1, p. e23423- e23423, 2024. Available in: https://doi.org/10.5585/2024.23423

O SÃO GONÇALO. **Parque Mataruna ganha academia da saúde em praça revitalizada**. 2016. Available in: https://www.osaogoncalo.com.br/regiao-dos-lagos/17268/parque-mataruna- ganha-academia-da-saude-em-praca-revitalizada/. Accessed on: 2024.

PEDRAZZI, A. de C.; LANA, J. C. **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação**: município de Araruama, RJ. Brasília: CPRM [atual SGB – Serviço Geológico do Brasil], set. 2018. Available in: https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/20190.

RAJU, E.; BOYD, E.; OTTO, F. Stop blaming the climate for disasters. **In Communications Earth and Environment**, v. 3, Issue 1. 2022. Nature Publishing Group. Available in: https://doi.org/10.1038/s43247-021-00332-2

RENNÓ, C. D. *et al.* HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 9, p. 3469-3481, 2008. Available in: https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.03.018.

RIBEIRO GOMES, V.; PERES, B.; GUIMARÃES, L. **The use of blue-green infrastructure as a multifunctional approach to watersheds with socio-environmental vulnerability**. 2021. Available in: https://doi.org/10.2166/bgs.2021.119.

SAITO, S. M. *et al.* Disaster risk areas in Brazil: outcomes from an intra-urban scale analysis. **International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment**, v. 12, n. 2, p. 238-250, 2021. Available in: https://doi.org/10.1108/IJDRBE-01-2020-0008

SERENCO. **Elaboração de estudos e projetos para consecução do plano municipal de saneamento básico de Araruama - RJ**. 2014. Available in: https://pmsblsj.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/10/9-c2ba-produto_pmsb_araruama_1013_r0.pdf

SGB. Serviço Geológico do Brasil. Portal Institucional do SGB. 2018. Available in: https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/20190.

SILVA, J. F.; DE BRITO NUNES, H. K.; DE AQUINO, C. M. S. Análise integrada do ambiente como subsídio para identificação de riscos e vulnerabilidades socioambientais em Picos/PI. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 07, p. 2522-2536, 2019. Available in: https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.7.p2522-2536.

SIQUEIRA MALTA, F. **Vulnerabilidade socioambiental**: proposta metodológica e diagnóstico para o município do Rio de Janeiro. 2017. Available in: https://doi.org/10.1590/1413-812320172212.25032017

SZEWRANSKI S. *et al.* Pluvial flood risk assessment tool (PFRA) for rainwater management and adaptation to climate change in newly urbanised areas. **Water 2018**. Available in: https://doi.org/10.3390/w10040386.

UNDRR – United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2022: **Our World at Risk**: transforming governance for a resilient future. Geneva: UNDRR, 2022. Available in: https://www.undrr.org/gar2022

ZANETTI, V. B.; JUNIOR, W. C.; FREITAS, D. M. A climate change vulnerability index and case study in a Brazilian coastal city. **Sustainability**, v. 8, n. 8, p. 811, 2016. Available in: https://doi.org/10.3390/su8080811.

Distribuição espacial da vulnerabilidade socioambiental em áreas de inundação urbana no município de Araruama-RJ

Spatial distribution of socio-environmental vulnerability in urban flood-prone areas in the Municipality of Araruama-RJ

Júlio Cesar Menezes da Silva [1]

Daniel Andrés Rodriguez [2]

Cristiane Nunes Francisco [3]

[1] *Mestrado em Engenharia de Biossistemas, Doutorando, Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, RJ, Brasil*
E-mail: j_menezes@id.uff.br

[2] *Doutorado em Meteorologia, Professor, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil*
E-mail: daniel.andres@coc.ufrj.br

[3] *Doutorado em Geociências, Professor, Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, RJ, Brasil*
E-mail: cristianenf@id.uff.br

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.58067

Received: 30/04/2025
Accepted: 04/12/2025

ARTICLE- DOSSIER

RESUMO

Este estudo analisa a vulnerabilidade socioambiental em Araruama, município da Região Hidrográfica Lagos São João, no Rio de Janeiro, com histórico de desastres hidrometeorológicos e elevado número de pessoas desabrigadas. A partir de dados do Censo 2010 integrados à mancha de suscetibilidade à inundação do SGB e registros de inundações oficiais e midiáticos, foram elaborados mapas temáticos em ambiente SIG e cruzados com registros oficiais e midiáticos de inundações entre 2009 e 2023. Foram identificados 24 bairros atingidos. Os resultados da espacialização da exposição, junto com a vulnerabilidade social, permitem identificar a localização da população mais atingida. A proximidade a corpos de água foi comum entre os setores mais críticos. Áreas de vulnerabilidade socioambiental extrema localizam-se próximas a um rio e apresentam baixa capacidade de resposta. O estudo ressalta a necessidade de adotar sistemas de monitoramento e previsão, e políticas públicas direcionadas para adaptação dos bairros mais atingidos.

Palavras-chave: Vulnerabilidade. Inundação. Socioambiental.

ABSTRACT

This study analyses socio-environmental vulnerability in Araruama, a municipality in the Lagos São João Hydrographic Region, in Rio de Janeiro, with a history of hydrometeorological disasters and a high number of homeless people. Based on 2010 Census data integrated with the flood susceptibility zone of the SGB and official and media flood records, thematic maps were developed in a GIS environment and crossed with official and media flood records between 2009 and 2023. Twenty-four affected neighbourhoods were identified. The spatialisation of exposure, combined with social vulnerability, enables the identification of the location of the most affected population. Proximity to water bodies was common among the most critical sectors. Areas of extreme socio-environmental vulnerability are located near a river and exhibit low response capacity. The study highlights the need to adopt monitoring and forecasting systems and public policies for the adaptation of the most affected neighbourhoods

Keywords: *Vulnerability. Flood. Socio-environmental.*

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas e seus efeitos, intensificados pelas atividades humanas, têm elevado a ocorrência de desastres, e no Brasil essa também é uma realidade. O Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2024) apontou um aumento nas ocorrências de desastres de origem hidrometeorológica desde 2011, entre eles, as inundações.

Em solo brasileiro, as inundações representam um dos principais desafios socioambientais. Sob essa perspectiva, compreender a distribuição da vulnerabilidade socioambiental em áreas com potencial de ser inundadas é essencial para orientar políticas de mitigação e adaptação. A ocupação por populações vulneráveis de áreas com potencial de ser inundadas agrava os impactos das inundações (De Andrade Cristo *et al.*, 2022; Macedo, 2015; Zanetti *et al.*, 2016).

A definição de vulnerabilidade socioambiental pode ser entendida como a coexistência ou sobreposição espacial entre grupos populacionais pobres, discriminados e com alta privação (vulnerabilidade social), que vivem ou circulam em áreas de risco ou de degradação ambiental (vulnerabilidade ambiental) (Cartier *et al.*, 2009). Essa definição está alinhada com a combinação do arcabouço da vulnerabilidade e exposição às mudanças climáticas do Sexto Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2023). A vulnerabilidade é entendida como a combinação do grau de alteração que o sistema pode sofrer (direta, indiretamente, positiva ou negativamente) com grau em que os elementos do sistema (instituições, pessoas e organizações) estão preparados ao possível impacto climático. E exposição é entendida como a presença de pessoas; meios de subsistência; espécies ou ecossistemas; funções, serviços e recursos ambientais; a infraestrutura; ou bens econômicos, sociais ou culturais em locais e ambientes que possam ser afetados negativamente (AdaptaBrasil, 2025; IPCC, 2014, 2023).

Este trabalho teve como objetivo investigar a distribuição espacial da vulnerabilidade socioambiental no município de Araruama-RJ e responder à questão: como está distribuída a vulnerabilidade socioambiental em áreas urbanas sujeitas a riscos de inundação em Araruama?

A área de estudo insere-se na Região Hidrográfica da Bacia Lago São João, onde o município de Araruama apresenta recorrentes impactos relacionados a inundações. Até 2014, Araruama foi o município com o maior número de pessoas atingidas na região, com eventos extremos registrados em 2007, 2010 (Coppetec, 2014) e 2016, segundo o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres – S2ID, plataforma associada à Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Sedec) do Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional (Brasil, 2024). Esse histórico de recorrência e intensidade dos eventos evidencia a necessidade de analisar a vulnerabilidade socioambiental, justificando o desenvolvimento deste estudo.

1.1 DESASTRE, RISCO E VULNERABILIDADE: ARCABOUÇO CONCEITUAL E ESTADO DA ARTE

Os desastres podem ter efeitos diversos na sociedade, e os seus impactos podem se manifestar no curto ou no longo prazo (Freitas, 2020; Inouye *et al.*, 2015). A definição de desastres deste trabalho é alinhada com o departamento das Nações Unidas para redução de desastres disponível no Global Assessment Risk (UNDRR, 2022), que define o termo como "perturbações graves que afetam o funcionamento de comunidades ou sociedades em qualquer escala". Neste trabalho, não é utilizada a definição "desastre natural", pois isso perpetua a culpa da natureza pelos desastres, retirando a responsabilidade antropogênica (Raju *et al.*, 2022).

Do ano de 2001 até 2020, o número de desastres no mundo aumentou de 350 para 500 por ano, e continuará a aumentar (UNDRR, 2022). Esse cenário é semelhante no Brasil, onde o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) registrou o maior número de ocorrências de desastres em solo brasileiro de 2011 até 2023 (MCTI/Cemaden, 2024). A pesquisa apontou uma concentração significativa de eventos no Sudeste e Sul, com predominância de eventos hidrometeorológicos.

Essas ocorrências refletem a suscetibilidade dessas regiões aos desastres relacionados à chuva intensa decorrente das mudanças climáticas, infraestrutura deficiente e baixa capacidade adaptativa dos municípios (Ribeiro Gomes *et al.*, 2021). Esses resultados indicam uma tendência de aumento de eventos extremos nos últimos anos no Brasil, particularmente a partir de 2017 (Cemaden, 2024), reforçando a necessidade de ações urgentes para diminuir a frequência de desastres e exposição ao risco.

Risco é definido como um potencial de evento perigoso para os seres humanos que pode causar danos (IPCC, 2023). O arcabouço do risco trata da intersecção ou interação entre exposição, vulnerabilidade e perigo. Essa definição do risco leva em consideração as dimensões sociais e ambientais, que possibilita sua análise, auxiliando assim os tomadores de decisões em estratégias de mitigação dos desastres (Barendrecht *et al.*, 2017). Os desastres tendem a ser mais impactantes para as pessoas mais vulneráveis que estão expostas a um evento extremo.

A vulnerabilidade apresentada pelo IPCC (2007, 2014, 2023) é em relação às pessoas vulneráveis, sensíveis e expostas às mudanças climáticas. Dessa forma, a vulnerabilidade é apresentada como o grau ou magnitude de sistemas expostos, sensíveis e com pouca capacidade adaptativa às mudanças climáticas e seus efeitos.

No contexto atual do risco climático, especialmente com base no Quinto e Sexto Relatórios do IPCC (2014, 2023), vulnerabilidade e exposição começam a ser entendidas como dimensões diferentes, mas interligadas. A vulnerabilidade indica o nível em que indivíduos, organizações ou sistemas podem ser impactados, levando em conta sua sensibilidade e habilidade de adaptação. Por outro lado, a exposição se refere à presença de populações, infraestruturas, serviços ambientais e atividades econômicas em regiões propensas a danos (IPCC, 2012, 2023). No entanto, separar esses componentes de forma rígida, como proposto em versões anteriores, pode complicar a comunicação com gestores e tomadores de decisão em contextos socioambientais complexos (Ishtiaque *et al.*, 2022). Dessa forma, este estudo adota a abordagem integrada sugerida por Cartier *et al.* (2009) e Goerl (2012), que afirmam que a vulnerabilidade socioambiental surge da interseção entre grupos socialmente vulneráveis e áreas ambientalmente delicadas ou expostas. Essa estratégia está alinhada com a lógica da "flor do risco climático" do IPCC, em que a vulnerabilidade socioambiental surge da interseção entre as pétalas da vulnerabilidade e da exposição. Isso orienta a criação de indicadores que possam captar essas duas dimensões ao mesmo tempo.

Vulnerabilidade socioambiental é um conceito importante para entender a relação entre o meio ambiente e a sociedade (Siqueira Malta, 2017). A vulnerabilidade socioambiental tem como finalidade tentar compreender a capacidade de resposta dos indivíduos socialmente vulneráveis expostos às perturbações danosas diante das mudanças climáticas e de seus efeitos (Alves, 2021; Cartier *et al.*, 2009).

A avaliação da vulnerabilidade socioambiental deve abordar a interdependência entre fatores sociais, econômicos e ambientais. Abordagens quantitativas e espaciais, utilizando Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para a análise integrada de dados censitários, ambientais e de sensoriamento remoto, auxiliam nessa tarefa (Mattedi *et al.*, 2024).

A vulnerabilidade socioambiental pode ser avaliada a partir da sobreposição espacial entre grupos populacionais expostos a perigos (Cardoso, 2017; Cartier *et al.*, 2009; Krellenberg *et al.*, 2014). A desigualdade social tem um importante papel na ampliação da exposição da população a eventos extremos, como inundações (Cardoso, 2017; Krellenberg *et al.*, 2014). Nesse sentido, deve ser destacado que a localização da população mais pobre em áreas perigosas é uma característica estrutural de muitas cidades brasileiras (Cardoso, 2017).

A estimativa da exposição de populações vulneráveis resulta da justaposição de dados físicos e sociais (Chand *et al.*, 2024). A integração da vulnerabilidade social com dados de inundação ou suscetibilidade do terreno de ser inundado destaca como a intersecção entre pobreza e exposição pode redefinir a geografia do risco (Fox, 2024; Goerl, 2012). Dessa forma, na escala municipal, a vulnerabilidade pode ser definida como inversamente proporcional à capacidade de resposta e resiliência dos municípios (Gupta *et al.*, 2020).

Através de metodologias espaciais para mapear áreas suscetíveis a eventos hidrometeorológicos que utilizam SIG e dados de sensoriamento remoto, é possível identificar a exposição de sistemas, permitindo que políticas públicas eficientes sejam fundamentadas em análises espaciais detalhadas (Lins-de-Barros, 2010; Mattedi *et al.*, 2024; Silva *et al.*, 2018; Zanetti *et al.*, 2016).

A infraestrutura urbana também influencia a distribuição espacial da vulnerabilidade socioambiental. A precariedade da infraestrutura de drenagem, transporte e saneamento amplia os impactos de eventos hidrológicos adversos, reforçando a necessidade de políticas urbanas adaptativas (Cardoso, 2017; Chaves *et al.*, 2022; Gaedke *et al.*, 2020).

O estudo da vulnerabilidade socioambiental converge para a necessidade de abordagens interdisciplinares e metodologias integradas. O uso de SIG, dados censitários e técnicas de sensoriamento remoto são amplamente empregados para identificar padrões espaciais da vulnerabilidade e subsidiar estratégias de adaptação. Além disso, a relação entre vulnerabilidade social e exposição é reforçada, demonstrando que populações economicamente desfavorecidas são desproporcionalmente impactadas por desastres, exigindo intervenções estruturais e sociais.

2 METODOLOGIA E ÁREA DE ESTUDO

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A Região Hidrográfica Lagos São João é composta por nove municípios no estado do Rio de Janeiro, entre eles Araruama. Esse município apresenta 639 km² com cinco distritos, 59 bairros e 312 setores censitários (Figura 1) (IBGE, 2010). Essa região é uma área costeira com clima tropical litorâneo, caracterizado por verões quentes, úmidos e invernos secos.

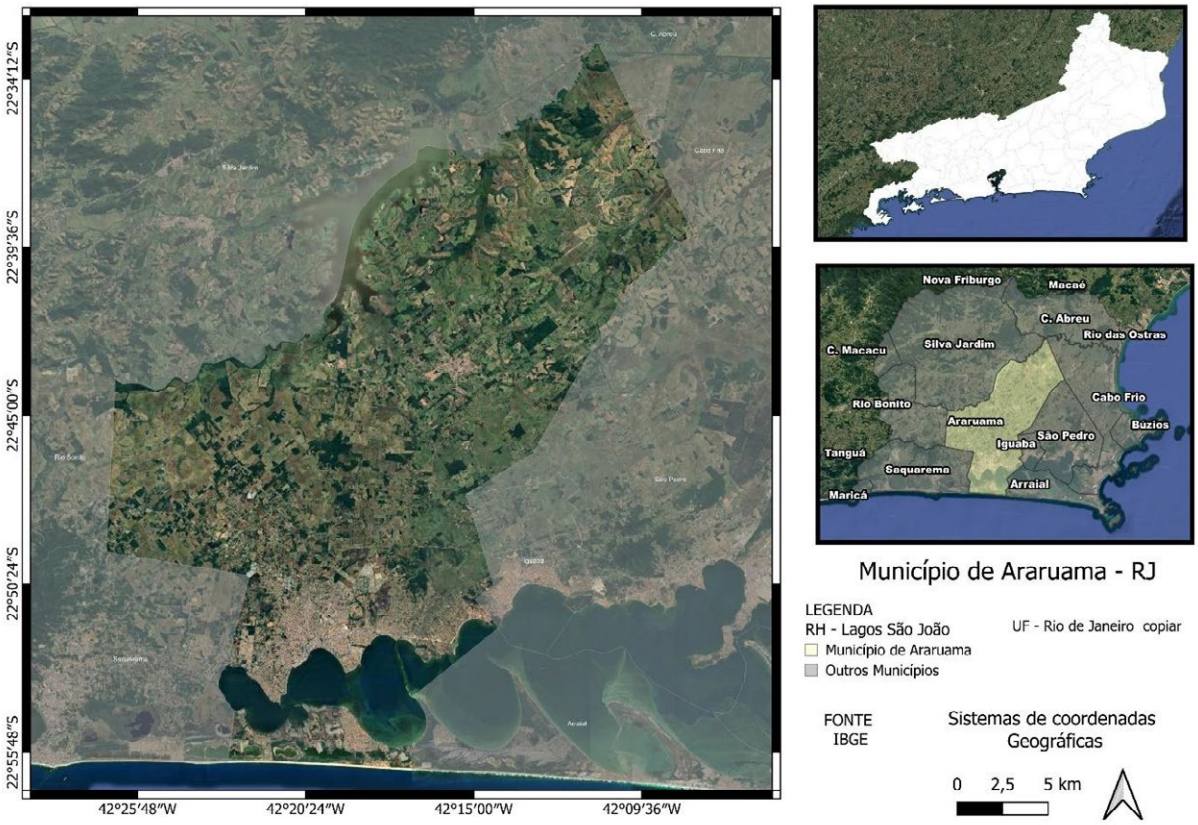


Figura 1 – Localização do município de Araruama – RJ

Fonte: Autores, 2025

A base de dados Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID, 2024) registra dois eventos de inundação na cidade de Araruama. O primeiro registro corresponde ao evento do ano de 2010, com precipitação de 122 milímetros em quatros horas e um total de 100 pessoas desabrigadas. O segundo registro corresponde ao ano de 2016, com precipitação de 148 milímetros em seis horas, deixando mais de 2.500 pessoas desalojadas (G1, 2016).

O relatório técnico do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro (Perh-RJ) (Coppetec, 2014) apresenta registros de desastres em Araruama no período 2000-2012. O relatório destaca dois registros significativos de inundação: o primeiro em janeiro de 2007, que afetou 18.000 pessoas, e o segundo em abril de 2010, que afetou 20.000 pessoas (Coppetec, 2014, p.114). O Perh-RJ e o S2ID possuem em comum apenas o registro de 2010.

Sobre os locais atingidos por inundações, segundo o Plano de Saneamento Básico de Araruama (Serenco, 2014), a região apresenta cinco cenários de inundações: inundações lentas ou fluviais em regiões planas, inundações rápidas ou por chuvas torrenciais, inundações por escoamento urbano em pequenas bacias até 10 km², inundações pelas torrentes em áreas com declividades acima de 6% e inundações por remanso da rede de drenagem pluvial. O documento aponta que até o ano de 2014 existiam oito bairros com registros de inundação, mas não classifica o cenário. Os bairros atingidos até 2014 foram: Bananeiras, Sapolândia, Iguabinha, Coqueiral, Clube dos Engenheiros, Vila Capri, Fazendinha, Park Hotel (Serenco, 2014, p.144).

2.2 ETAPAS DA PESQUISA

Para o desenvolvimento do trabalho, foi construído um banco de dados em ambiente SIG que permitiu a geração e aplicação de um indicador sintético para avaliação da vulnerabilidade socioambiental nas

áreas de inundação em Araruama. Para a execução da pesquisa, foram coletados dados dos setores censitários do Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2010) e da Carta de Suscetibilidade do Serviço Geológico do Brasil do ano de 2018 (SGB, 2018) para análise em ambiente SIG.

Para adequar a metodologia proposta ao arcabouço teórico de risco climático (IPCC 2014, 2023), haveria a necessidade de reformulação, conforme a seguir:

Risco de impactos climáticos: ameaça (nesse caso, inundações); vulnerabilidade (sensibilidade; capacidade adaptativa); e exposição (demografia e densidade). Dessa forma, os indicadores propostos de Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) seriam em parte ligados à sensibilidade (txd, E, R e IDHM), e em parte ligados à exposição (nm, mm, dd), juntamente com os indicadores de percentual inundável (PI), para fornecer a taxa do índice de vulnerabilidade socioambiental, porém respeitando o arcabouço analítico atualizado.

Já os indicadores de capacidade adaptativa estão ausentes no estudo, classicamente definidos por existência de planos de contingência municipais, sistemas de alerta precoce, capacidade institucional, etc. Como o estudo trata apenas do município de Araruama, o fator capacidade adaptativa não deve variar espacialmente, o que nesse caso torna o fator sensibilidade equivalente ao de vulnerabilidade.

2.3 ÍNDICE DE VULNERABILIDADE

A pesquisa iniciou com as coletas de dados quantitativos e bases cartográficas para serem processadas no ambiente SIG. Os dados quantitativos são variáveis do censo georreferenciadas, que permitem verificar a exposição e a capacidade de resposta da população local. Essas variáveis são utilizadas para a estimativa do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) em cada setor censitário (Equação 1), como proposto por Goerl (2012).

$$IVS = \frac{Nm+Mm+Dd+Txd+E+R}{IDHM} \quad \text{Equação (1)}$$

Na estimativa do IVS, Nm é o número de moradores do setor censitário, Mm é a média de moradores por setor, Dd é a densidade demográfica, Txd é a taxa de dependência que corresponde ao percentual de idosos acima de 65 anos e de crianças abaixo de 12 anos, E (Educação) é o percentual de pessoas analfabetas acima de 12 anos, R (Renda) é a soma da porcentagem dos responsáveis sem rendimento e com rendimento de até 1 salário mínimo. IDHM é o Índice de Desenvolvimento Humano municipal divulgado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea, 2015; Ipea 2023). A técnica estatística de normalização (Equação 2) foi aplicada a todos os indicadores, uma vez que as grandezas e dimensões dos indicadores que compõem o IVS não são homogêneos. Os indicadores do índice caracterizam cada setor censitário, com exceção de IDHM que corresponde ao recorte do município.

$$Vescalonado = \frac{Vobservado - Vmínimo}{Vmaior - Vmínimo} \quad \text{Equação (2)}$$

A normalização da equação 2 permitiu padronizar os seis indicadores do numerador que compõe o IVS para obter resultados entre 0 e 1. Os indicadores normalizados foram classificados conforme o Atlas da Vulnerabilidade Social dos Municípios Brasileiros (Ipea, 2017) em: muito baixo (0 até 0,2), baixo (> 0,2 até 0,3), médio (> 0,3 até 0,4), alto (> 0,4 até 0,5) e muito alto (> 0,5 até 1). Os indicadores foram organizados para serem integrados no SIG com o vetor de setores censitários do IBGE (IBGE, 2010), que possui a escala original de 1:250.000, conforme descrito na documentação técnica do IBGE para a malha de setores censitários de 2010, utilizando o Sistema Geodésico SIRGAS 2000. O recorte para o nível municipal permitiu a análise detalhada da área de interesse.

2.4 PERCENTUAL INUNDÁVEL

O SGB (2014), na Carta de Suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação, define as áreas suscetíveis à inundação como resultantes da influência natural topográfica. A identificação de áreas suscetíveis à inundação foi baseada no algoritmo HAND (Rennó *et al.*, 2008). Esse algoritmo calcula a altura de um determinado ponto do terreno em relação à rede de drenagem mais próxima e, dessa forma, gera um indicador da conectividade hidrológica entre a vertente e o canal, que pode ser utilizado como uma ferramenta para o auxílio na análise topográfica voltada para suscetibilidade a inundações (Rennó *et al.*, 2015). O SGB define três graus de suscetibilidade à inundação, de acordo com o valor HAND do terreno: baixo (alto terraço), médio (baixo terraço) e alto (planície aluvial) (SGB, 2014).

Na presente pesquisa, foi utilizada "Carta de Suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: Município de Araruama, RJ" elaborada por Pedrazzi e Lana (2018), para extrair o Percentual Inundável (Equação 3) dos setores expostos. Assim, o PI indica o grau de impacto em cada setor. Para essa análise, foram consideradas todas as áreas suscetíveis, sem diferença de graus de suscetibilidade.

Onde AI é a Área com potencial de ser inundada do setor em escala setorial, AT é a Área Total do setor segundo IBGE, e PI é o Percentual Inundável (%) da área setorial.

2.5 ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL (IVSA)

A vulnerabilidade socioambiental foi determinada pela integração entre o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) e Percentual Inundável (PI). Considera-se que a vulnerabilidade socioambiental se manifesta quando o IVS se encontra exposto às áreas suscetíveis a inundações. A análise espacial dessa interação é viabilizada por meio de SIG, permitindo a espacialização integrada das áreas vulneráveis e do terreno com suscetibilidade a ser inundado.

$$PI = \frac{AI}{AT} \quad \text{Equação (3)}$$

Os cálculos foram realizados na calculadora de campo na camada vetorial com os indicadores prontamente georreferenciados. Para obter os resultados, foi aplicada a Equação 4, onde IVSA representa a Vulnerabilidade Socioambiental, que combina o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) e o Percentual Inundável (PI). Tanto o IVS quanto o PI foram previamente normalizados também na calculadora de campo, apresentando valores reescalados no intervalo contínuo de 0 a 1, onde 1 representa o extremo de vulnerabilidade. Nesta pesquisa, a exposição, que integra a definição de risco (UNDRR, 2022) e a definição de vulnerabilidade do IPCC (2014, 2023), é destacada como um fator-chave nos estudos socioambientais.

$$\text{IVSA} = \text{IV} \times \text{PI} \quad \text{Equação (4)}$$

O resultado da aplicação do IVSA foi confrontado com informações sobre eventos de inundação na região de estudo, obtidos a partir de registros em jornais, revistas eletrônicas, redes sociais e documentos oficiais relacionados ao relatório sobre Saneamento Básico do Município de Araruama (Serenco, 2014). A coleta de dados midiáticos abrangeu o período de 2007 a 2023, e foi complementada com informações disponibilizadas pela Prefeitura de Araruama por meio do documento da Serenco, pelo S2ID (2024) e pela Fundação Coppetec (2012).

O ano de 2007 foi adotado como início do intervalo temporal devido ao primeiro registro oficial apresentado pela Coppetec (2012). Para a seleção dos registros midiáticos, foram utilizadas as palavras-chaves "inundação", "enchente", "alagamento", "Araruama", associadas aos respectivos anos

no intervalo analisado. Com base nas informações coletadas, foi desenvolvida uma base de dados sobre eventos de inundação registrados midiaticamente. Essa base permitiu comparar e validar as áreas identificadas pelos registros midiáticos com a ocorrência de eventos documentados na região.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ÍNDICE DE VULNERABILIDADE

Os resultados obtidos foram produtos georreferenciados do espectro social e ambiental em relação à área do setor em um terreno com potencial de ser inundado e, por fim, o mapa da vulnerabilidade socioambiental. O primeiro produto é referente ao IVS do Município de Araruama (Figura 2) integrado aos locais que a prefeitura apontou registros de inundação até o ano de 2014. Foi verificada a ocorrência de 60 setores em classe Muito Alta, 60 setores em classe Alta, 105 em classe IVS Média, 52 em classe Baixa e 20 Muito Baixa. Nota-se que as classes Média, Alta e Muito Alta da vulnerabilidade social estão distribuídas próximo aos rios do Limão e Laguna de Araruama e, também, próximas das áreas com registros de inundação até 2014 (Serenco, 2014).

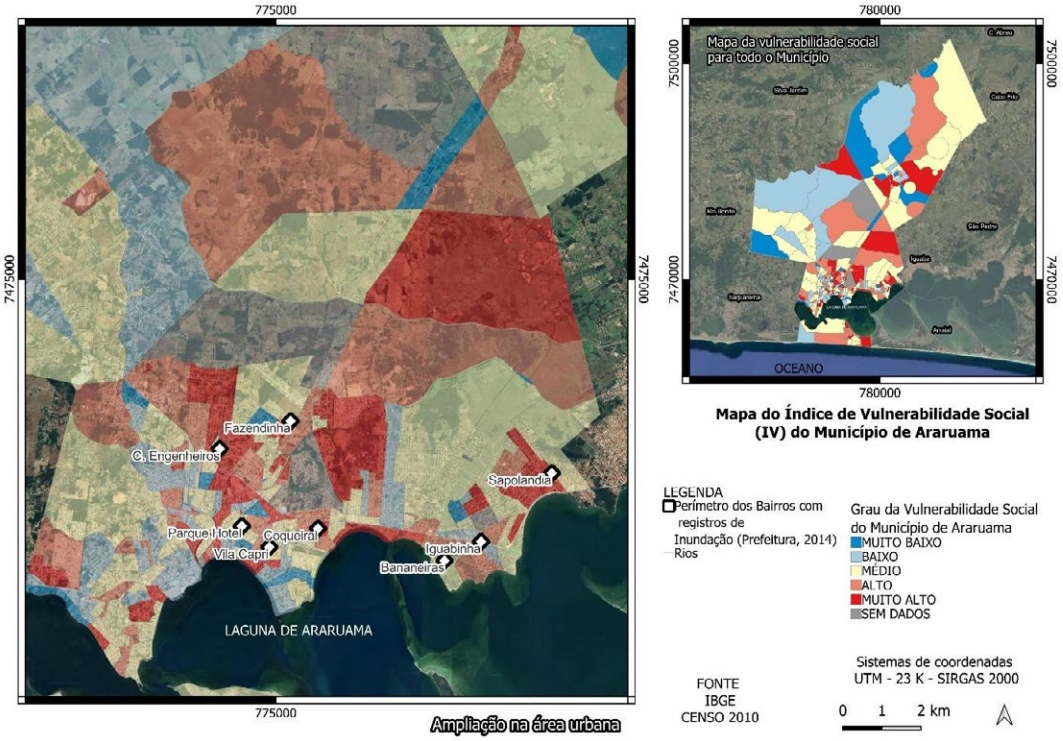


Figura 2 – Mapa da Vulnerabilidade do espectro social do município de Araruama

Fonte: Autores, 2025

Com o indicador Número de Moradores, é possível quantificar pessoas que estão presentes por classe. Pode-se observar que a classe IVS Médio possui o maior número de pessoas (34.467), seguida pela classe IVS Muito Alto (32.675), IVS Alto (25.971), IVS Baixo (10.417) e IVS Muito Baixo (4.240). As classes de IVS Muito Alta e IVS Alta possuem 52,7% da população de Araruama. Essa grandeza destaca a preocupante situação de vulnerabilidade social no município.

Além de identificar a distribuição espacial da vulnerabilidade social, é importante identificar os processos ou dimensões do problema que contribuem para os resultados nos diferentes setores. Com esse fim, foi realizada uma análise estatística dos seis indicadores que caracterizam cada setor

censitário no IVS. A contribuição é obtida dividindo a média do indicador pelo somatório das médias de todos os indicadores. A análise destaca o indicador Dependência como o de maior contribuição, 40%, no índice IVS em Araruama (Tabela 1).

Tabela 1 – Contribuição das dimensões para o IVS de Araruama – RJ

Variáveis	*Média*	*Soma das médias*	*Contribuição (Média/∑ média)*
Densidade Demográfica	0,03	1,6	0,018
Número de Moradores	0,20		0,125
Média de Moradores	0,21		0,131
Educação (Analfabetismo)	0,15		0,093
Renda	0,36		0,225
Dependencia	0,65		0,406

Fonte: Autores, 2025

No setor de maior IVS, os indicadores de maior contribuição foram Educação, Renda e Dependência. Apesar de a Dependência ser a variável com maior influência geral no IVS em Araruama, no setor extremo da classe IVS Muito Alto, foi a Educação que apresentou a maior contribuição com a normalização. Não obstante, Renda e Dependência também se encontram na classe Muito Alto, levando a incrementar o valor do IVS.

Tabela 2 – Características do setor extremo do Índice de Vulnerabilidade Social

Local: Rio do Limão
IVS MUITO ALTO
km2: 0,443
Dd: 0,005
Nm: 478
Mm: 3,51
Educação: 1 (35%)
Renda: 0,8 (80%)
Dependência: 0,6 (25%)

Fonte: Autores, 2025

Os indicadores do setor classificado com valor extremo Muito Alto, localizado no bairro Rio do Limão, evidenciaram que 80% dos moradores possuíam renda de, no máximo, um salário mínimo ou não dispunham de renda. Ademais, observou-se que 35% da população residente no setor era composta por indivíduos analfabetos, enquanto 25% apresentavam alguma forma de dependência, como crianças ou pessoas idosas. Idosos aposentados podem ser a única fonte de renda devido à aposentadoria, no entanto idosos e crianças podem comprometer as tomadas de decisões rápidas perante um evento perigoso (Saito *et al.*, 2021).

3.2 PERCENTUAL INUNDÁVEL

O resultado do percentual inundável de cada setor em Araruama (Figura 3) foi extraído no ambiente SIG utilizando o vetor de mancha de inundação do SGB sobreposto na malha vetorial do censo. Foram considerados como setores expostos à inundação aqueles que se encontram dentro da área com potencial de ser inundada. A percentagem de área de interceptação entre o setor e a suscetibilidade à inundação indica a exposição. O grau de exposição (Figura 3) é classificado seguindo a simbologia da vulnerabilidade do Atlas da Vulnerabilidade Social (Ipea, 2015), considerando os limiares: 0 - 0,2, muito baixo; > 0,2 - 0,3, baixo; > 0,3 - 0,4 médio; > 0,4 - 0,5, alto; e > 0,5 - 1 - muito alto.

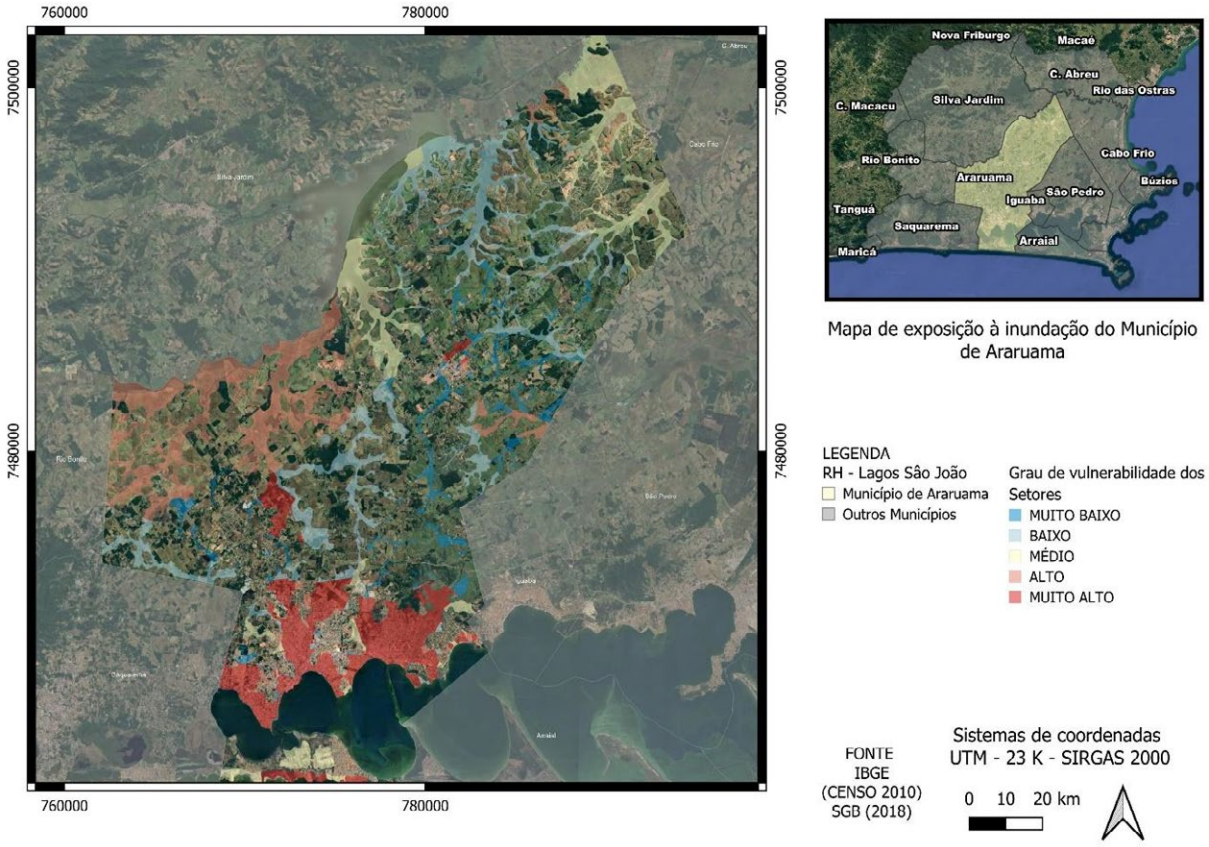


Figura 3 – Mapa de exposição à inundação de Araruama – RJ

Fonte: Autores, 2025

Dos 312 setores de Araruama, 88,1% estão expostos à inundação em algum grau. Foram encontrados aproximadamente 57,08% setores em classe de exposição Muito Alta, 6,7% em classe Alta, 6,7% em classe Média, 10,07% em classe Baixa e 23,3% setores em classe Muito baixa. As classes de exposição Alta e Muito Alta atingem 55,6% da população, mais da metade da população de Araruama, ressaltando a preocupante situação do município.

A distribuição espacial da exposição (Figura 3) mostra que os setores mais expostos são os setores na área urbana próximos à orla da Laguna de Araruama, Rio Mataruna e Rio do Limão. O setor que apresentou o valor extremo de exposição à inundação encontra-se no bairro Parque Mataruna e também apresenta um valor de IVS = 0,4, dentro da classe de IVS Média. A avaliação das bases de dados de eventos de inundação não apresenta registros de ocorrência nesse bairro (Serenco, 2014).

As diferentes bases de dados de registros de inundações em Araruama não apresentam consistência em relação à quantidade de desastres ocorridos. Enquanto o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID, 2024) apresenta registros de ocorrências de inundação em 2010 e 2016, o Plano

Estadual de Recursos Hídricos do estado do Rio de Janeiro apresenta registro nos anos de 2007 e 2010 (Coppetec, 2014, p. 48). Buscando consolidar dados de eventos de inundação, o ano de ocorrência e locais impactados, foi levada adiante uma pesquisa midiática em sites, jornais, reportagens e redes sociais para confrontar com os dados existentes. A pesquisa resultou em um total de 24 bairros com registros midiáticos de inundação no intervalo de 2009 a 2023 (Tabela 3). Em 2016, ocorreu o recorde de bairros atingidos em um único evento, totalizando 11 bairros. Todos os bairros atingidos em 2016 encontram-se incluídos na mancha de susceptibilidade à inundação do SGB, mas não são sinalizados pelo relatório Serenco (2014).

Tabela 3 – Registro midiático de inundações no Município de Araruama no intervalo temporal 2009-2023

Ano	*2009*	*2010*	*2011*	*2012*	*2013*	*2014*	*2015*	*2016*	*2017*	*2018*	*2019*	*2020*	*2021*	*2022*	*2023*
Total de bairros	1	5	0	4	1	0	1	11	6	0	3	8	3	8	5

Fonte: Autores, 2025

Ao longo dos anos, há uma variabilidade significativa na quantidade de bairros atingidos e nos acumulados de precipitação desde 2016. Mas o evento de 2016 foi demasiado impactante e foi considerado o pior desastre desde 2009. Nesse evento, a delegacia de Araruama e o Hospital Regional (G1, 2016) foram atingidos causando perturbação no acesso ao serviço público.

3.3 VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E INTEGRAÇÃO COM REGISTROS MIDIÁTICOS

A exposição tem uma grande importância na construção do IVSA na pesquisa e resultou no produto exposto Figura 4. A distribuição espacial do IVSA resulta do cruzamento IVS com o PI que é o terreno que pode ser inundado (Figura 4). A distribuição espacial mostra que a classe de IVSA Muito baixo e Médio são predominantes em Araruama e distribuídas por toda a área urbana. Ainda é possível notar que a classe IVSA Muito Alto se afasta do centro da cidade direcionando-se à periferia.

Na Figura 4, os setores em vermelho representam os locais mais críticos em termos de vulnerabilidade socioambiental, uma vez que reúnem fatores sociais e de exposição que podem amplificar os impactos de inundações. A localização dos bairros com registros de inundação encontrados na pesquisa midiática está sinalizada na Figura 4. Os bairros que apresentaram registros e a quantidade de eventos registrados na mídia estão elencados na Tabela 4.

Tabela 4 – Bairros com registros midiáticos entre 2009-2023

Bairro	*Número de eventos por bairros*
Parque Mataruna	8
Centro	6
Rio do Limão	6
Bananeiras	5
Areal	4
Boa perna	4
Havai	3
Clube dos Engenheiros	3

Bairro	Número de eventos por bairros
Parque Hotel	3
Vila Capri	3
Parati	2
Praia do Hospício	2
Sapolandia	2
Ponte dos Leites	1
Praça da Bandeira	1
Pontinha	1
Quinze de novembro	1
Iguabinha	1
São Vicente	1
Barbudo	1
Fazendinha	1
Jardim São Paulo	1
Novo Horizonte	1
Mutirão	1

Fonte: Autores, 2025

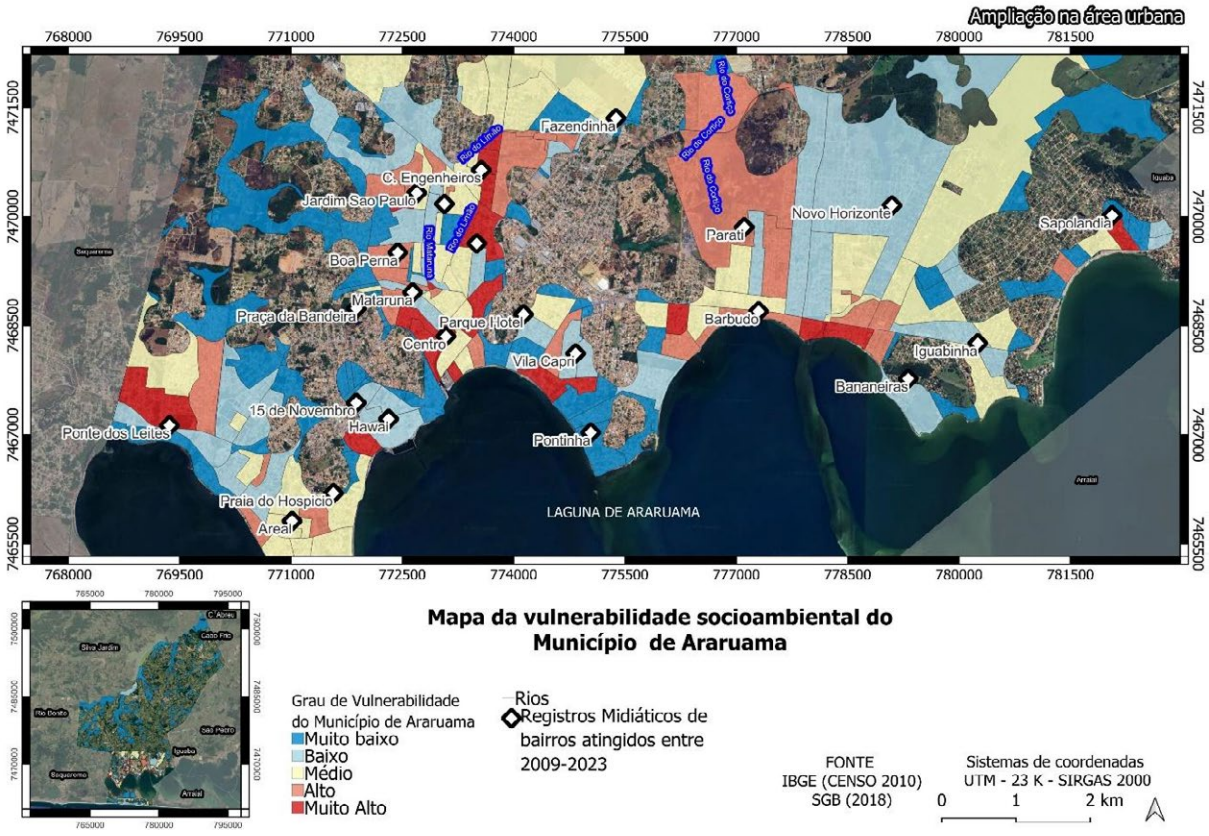


Figura 4 – IVSA e integração com registros das ocorrências de inundações em Araruama – RJ

Fonte: Autores, 2025

Os locais afetados por inundação identificados na pesquisa midiática se encontram em áreas de suscetibilidade. Os dados de Araruama apontam oito bairros críticos com registro de inundação (Serenco, 2014), mas a pesquisa midiática identificou 24 bairros. Resultado similar foi encontrado por Farias e Mendonça (2022) em seu estudo em Francisco Beltrão, município localizado no estado do Paraná, identificando um maior número de locais com suscetibilidade à inundação que o registrado oficialmente pelo governo e órgãos governamentais.

O valor mais alto do IVSA (1,00) foi encontrado em apenas um setor, no bairro Clube dos Engenheiros, que é citado pela Serenco (2014) com registro de inundação. A Tabela 5 apresenta os indicadores do setor com valor extremo de IVSA Muito Alto, junto com os do IVS e PI correspondentes. O setor confirma a relevância dos indicadores Educação, Renda e Dependência, sendo a renda o que apresenta a maior influência no índice IVSA do setor. O indicador Dependência reflete que 29% dos moradores do setor são idosos ou crianças. No setor localizado próximo a um rio, esse indicador sugere uma situação preocupante, pois esses grupos mais vulneráveis estão concentrados em áreas de alta vulnerabilidade socioambiental e necessitam de atenção prioritária em eventos de inundação.

Adicionalmente, 62% dos chefes de família desse setor possuem renda de no máximo um salário mínimo, o que indica que a maioria da população pode não ter recursos para repor os bens perdidos em caso de desastre. Esses dados reforçam o estudo de Rentschler *et al.* (2022), que mostrou, em escala global, que as populações mais pobres são as mais impactadas por inundações, evidenciando a fragilidade socioeconômica dessa parcela da população. Esses resultados estão alinhados com a realidade observada em Araruama, confirmando a relação entre vulnerabilidade, pobreza e exposição, e exacerbada pela dependência de parte da população.

Tabela 5 – Tabela das dimensões dos setores extremos IVS, PI e IVSA

Índices e Variáveis	*Setor com extremo IVS muito alto*	*Setor com extremo PI muito alto*	*Setor com extremo IVSA muito alto*
IVS	1	0,4	0,9
IVSA	0,5	0,6	1
Nº moradores	478	527	1050
M. morador	3,5	3,23	3,41
Renda %	80%	36%	62%
Educação %	35%	3%	21%
Depêndencia%	25%	19%	29%
Área km²	0,4	0,01	0,09
Área i km²	0,2	0,01	0,09
Pi %	58%	100%	99%
Bairro	Rio do Limão	Parque Mataruna	Clube dos Engenheiros
Inundações	6	8	3

Fonte: Menezes, 2024

Quando comparados, nos setores que apresentam valores extremos em cada um dos indicadores, IVS, PI e IVSA (Figura 5), é possível verificar a importância de considerar a superposição da vulnerabilidade e a exposição na avaliação. O setor com valor extremo IVS Muito Alto apresenta um percentual alto de pessoas com renda igual ou inferior a meio salário e outros indicadores de exclusão social, como a alta taxa de analfabetismo e dependência. A população é menor ao ser comparada com os outros índices e encontra-se em um bairro com seis registros midiáticos de inundação.

No setor com valor extremo PI Muito Alto, os números refletem um setor com 100% da área exposta a inundações. O número de moradores é ainda maior do que no setor com extremo IVS Muito Alto. A exposição de dependentes no setor à área inundada ainda é de séria preocupação. Contudo, a renda nesse setor é melhor, indicando que esse grupo está em situação de exposição, mas com uma situação econômica mais favorável, sugerindo uma maior capacidade de se adaptar, ou repor o que foi danificado talvez mais rápido que nos setores com valores extremos de IVS Muito Alto e IVSA Muito Alto. Além da renda, a baixa taxa de analfabetismo mostra um nível de educação mais elevado que nos outros dois setores. O baixo índice de analfabetismo sugere que os moradores desse setor podem entender mais rápido o que acontece ao seu redor, favorecendo uma rápida tomada de decisão referente à inundação e uma resposta eficiente ao evento. Esse setor se encontra no bairro Parque Mataruna, que sofreu oito inundações, o maior número de eventos entre os bairros encontrados na pesquisa midiática, o que reforça a ideia de que se trata de uma zona crítica do ponto de vista de exposição, mas não do espectro social. Ainda, o número de população exposta é baixo, o que favorece a diminuição do IVSA.

O setor com valor extremo IVSA Muito Alto identificado apresenta o maior valor do indicador Dependência entre os outros setores extremos (Tabela 3), mas a Renda foi o indicador mais influente no IVSA desse setor. Adicionalmente, o setor extremo IVSA também apresentou o maior número de pessoas no setor entre todos os setores extremos, indicando que a interação entre o IV com um número elevado de pessoas expostas, entre eles dependentes, incrementa o seu grau de vulnerabilidade socioambiental. Esse setor está localizado no bairro Clube dos Engenheiros.

A comparação entre os três indicadores sugere que analisar separadamente a exposição ou vulnerabilidade social pode negligenciar o auxílio dos mais vulneráveis em caso de desastres de inundações. A avaliação conjunta dessas dimensões permite o melhor direcionamento de esforços e recursos para atender a população exposta ao desastre e com menor capacidade de resposta.

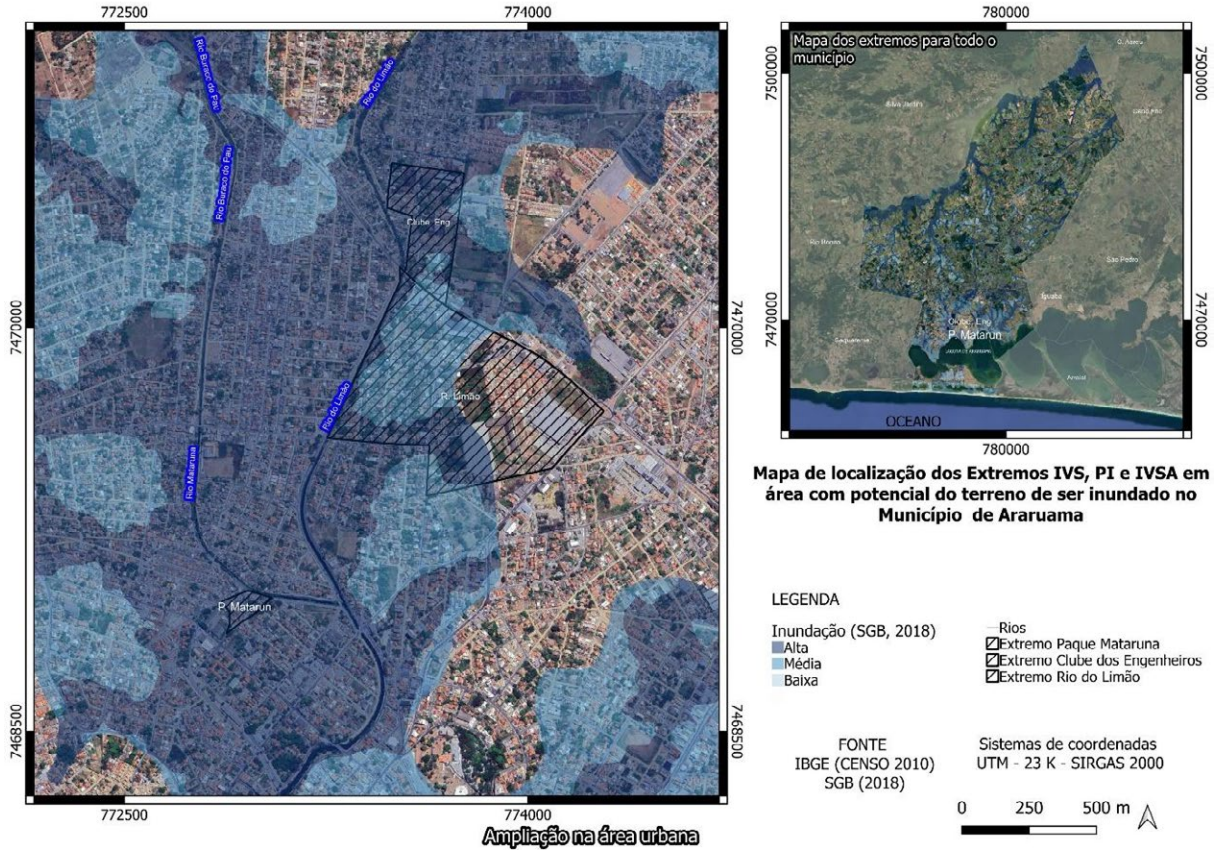


Figura 5 – Localização do setor com os extremos IVS, PI e IVSA de Araruama – RJ

Fonte: Autores, 2025

O setor com valor extremo IVSA Muito Alto encontra-se próximo ao setor com valor extremo IVS Muito Alto, e ambos possuem em comum a proximidade com o Rio do Limão (Figura 5). O setor com valor extremo PI Muito Alto encontra-se próximo ao Rio Mataruna. A pesquisa evidenciou que a vulnerabilidade socioambiental em Araruama está concentrada principalmente em áreas próximas a rios e dentro da mancha de suscetibilidade à inundação delimitada pelo SGB (2018). Mais da metade da população do município encontra-se exposta a inundações, superando o percentual daqueles classificados em alta vulnerabilidade social.

O bairro Rio do Limão apresentou o maior Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), influenciado pela dimensão da Renda, Educação e seguida de Dependência, o que aponta para a necessidade de políticas públicas voltadas à educação e à proteção de grupos dependentes. Já o bairro Parque Mataruna, embora com melhores indicadores socioeconômicos, destacou-se como o mais exposto, apresentando frequentes registros de inundações e demandando melhorias em infraestrutura urbana.

A combinação dos índices de Vulnerabilidade Social (IVS) e Percentual Inundável (PI), formando o Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA), confirmou que os setores mais críticos estão localizados em regiões planas e próximas a corpos de água.

A importante influência da Renda e Dependência foi recorrente entre os extremos IVS e IVSA, reforçando a necessidade de ações específicas para idosos e crianças em contextos de risco. Esses resultados dialogam com a definição de vulnerabilidade socioambiental de Cartier (2009) e a definição de risco e vulnerabilidade do IPCC (2014, 2023), ao mostrarem que a interação entre a exposição às mudanças climáticas, seus efeitos e fatores sociais pode intensificar as ocorrências de desastres. Nesse cenário, o mais importante é priorizar quem mais sofre com os registros temporais encontrados: os mais pobres, os idosos e as crianças. Em complemento, a pesquisa destacou a inconsistência dos registros de inundações. Essas lacunas nos registros podem comprometer o direcionamento eficiente de recursos adaptativos para o município.

4 CONCLUSÃO

O estudo possibilitou a compreensão da distribuição da vulnerabilidade socioambiental em Araruama, destacando a integração de fatores sociais e da exposição a inundações à compreensão dos riscos no município. Em geral, os setores mais sensíveis estão localizados próximos a corpos de água, o que destaca a importância de políticas públicas que unam o planejamento urbano, a inclusão social e a gestão de riscos. Os resultados destacam a relevância de levar em conta as dimensões sociais ao desenvolver estratégias adaptativas, priorizando os grupos mais vulneráveis às consequências dos eventos extremos.

A inconsistência nos registros oficiais de desastres aponta para uma limitação significativa do estudo, indicando a necessidade de melhorar os sistemas de monitoramento, assim como atualizar o quantitativo dos bairros com registros de inundações periodicamente e com acesso fácil aberto ao público. Além da inconsistência nos dados de desastres, a defasagem temporal do censo de 2010 pode não refletir a realidade contemporânea de 2025, pois os dados do censo de 2022 até o momento da produção da pesquisa ainda eram considerados preliminares.

Por fim, é importante ressaltar que a ampliação da área afetada ao longo do tempo evidencia a necessidade de investimentos constantes em prevenção, infraestrutura e tecnologia a fim de reduzir os impactos das inundações e diminuir os registros de bairros afetados.

Portanto, o mapeamento da distribuição espacial da vulnerabilidade socioambiental integrado ao registro de inundação atualizado pode ajudar os tomadores de decisão a direcionar os recursos para a

população com menor capacidade de lidar com eventos no município de Araruama. Em complemento, este estudo pode ser aplicado em outros locais sujeitos a risco de inundação.

DECLARAÇÃO SOBRE O USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Os autores utilizaram ChatGPT (OpenAI, versão 5.1) exclusivamente para edição linguística e aprimoramento estilístico. Todo o conteúdo científico, análise e contribuição intelectual foram desenvolvidos e verificados pelos autores, que assumem total responsabilidade pela precisão e integridade do manuscrito.

REFERÊNCIAS

ALVES, H. P. F. Socio-environmental vulnerability in the São Paulo Macro-metropolis' three main metropolitan regions: a socio-environmental indicators analysis. **Ambiente & Sociedade**, v. 24, p. e00302, 2021. Available in: https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20200030r2vu2021L1AO.

ARARUAMA. **Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Araruama**. Araruama: Prefeitura Municipal de Araruama, 2017. Available in: https://www.aemerj.org.br/images/pdf/PMMA/PMMAAraruama.pdf

BARENDRECHT, M. H.; VIGLIONE, A.; BLÖSCHL, G. A dynamic framework for flood risk. **Water Security**, v. 1, p. 3–11. 2017. Available in: https://doi.org/10.1016/j.wasec.2017.02.001.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). **Em 2023, Cemaden registrou maior número de ocorrências de desastres no Brasil**. Brasília: MCTI, 19 jan. 2024. Available in: 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.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Sistema Integrado de Informações sobre Desastres – S2ID. Brasília, 2024. Available in: https://s2id.mi.gov.br/paginas/series/

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações – MCTI, 2024.

CARDOSO, M. M. Estudio de la vulnerabilidad socio-ambiental a través de um índice sintético. Caso de distritos bajo riesgo de inundación: Santa Fe, Recreo y Monte Vera, Provincia de Santa Fe, Argentina. **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 48, p. 156-183, 2017. Available in: https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2017v27n48p156.

CARTIER, R. *et al.* Vulnerabilidade social e risco ambiental: uma abordagem metodológica para avaliação de injustiça ambiental. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 25, p. 2695-2704, 2009. Available in: https://doi.org/10.1590/S0102-311X2009001200016.

CHAND, K. *et al.* Integrating geoenvironmental and socioenvironmental analyses for flood vulnerability assessment in the Kullu Valley, Himachal Pradesh, India. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 108, p. 104494, 2024. Available in: https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104494.

CHAVES, S. V. V. *et al.* Vulnerabilidade Social da Cidade de Teresina, Piauí. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 8, n. 2, p. 13-27, 2022. Available in: https://doi.org/10.21680/2447-3359.2022v8n2ID27200.

COPPETEC. Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos. **Elaboração do plano Estadual de recursos hídricos do Estado do Rio de Janeiro**: ocorrências de desastres naturais entre 2000 e 2012 por

Região Hidrográfica, 2014. Available in: https://www.agevap.org.br/downloads/Diagnostico-VulnerabilidadesVolII.pdf.

FARIAS, A.; MENDONÇA, F. Riscos socioambientais de inundação urbana sob a perspectiva do Sistema Ambiental Urbano. **Sociedade & natureza**, v. 34, p. e63717, 2022. Available in: https://doi.org/10.14393/SN-v34-2022-63717.

FOX, S. Integrating social vulnerability into high-resolution global flood risk mapping. **Nature communications**, v. 15, n. 1, p. 3155, 2024. Available in: https://doi.org/10.1038/s41467-025-56676-2.

FREITAS, C. M. de *et al.* Desastres naturais e seus custos nos estabelecimentos de saúde no Brasil no período de 2000 a 2015. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 36, 2020. Available in: https://doi.org/10.1590/0102-311X00133419.

G1. **Araruama, RJ, tem mais de 700 pessoas desalojadas após chuvas**. Available in: https://g1.globo.com/rj/regiao-dos-lagos/noticia/2016/03/araruama-rj-tem-mais-de-700- pessoas-desalojadas-apos-chuvas.html/ .

GAEDKE, P.; LOHMANN, M.; GALVÃO, R. P. Análise de componentes principais aplicada à identificação da vulnerabilidade socioambiental na área urbana de Londrina/PR. **GEOSABERES: Revista de Estudos Geoeducacionais**, v. 11, n. 1, p. 693-710, 2020. Available in: https://doi.org/10.26895/geosaberes.v11i0.963.

GOERL, R. Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco à inundação: estudo de caso do município de Rio Negrinho–SC. **Boletim de Geografia**, 2012. Available in: https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v30i1.13519.

GUPTA, A. K. *et al.* Mapping socio-environmental vulnerability to climate change in different altitude zones in the Indian Himalayas. **Ecological Indicators**, 2020. Available in: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105787.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010**. Available in: https://censo2010.ibge.gov.br.

INOUYE, C. E. N.; DE SOUSA, W. C.; DE FREITAS, D. M.; SIMÕES, E. Modelling the spatial dynamics of urban growth and land use changes in the north coast of São Paulo, Brazil. **Ocean and Coastal Management**, 2015. Available in: https://doi.org/10.1016/J.OCECOAMAN.2014.12.016.

IPCC – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas. Fourth Assessment Report, 2007.

IPCC – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas. Fifth Assessment Report, 2014.

IPCC – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas. Sixth Assessment Report, 2022.

IPEA. **Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros**. 2015. Available in: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/4381/1/Atlas_da_vulnerabilidade_social_nos_ municipios_brasileiros.pdf.

IPEA. **Atlas da vulnerabilidade social**, 2024. Available in: https://ivs.ipea.gov.br/#/.

KRELLENBERG, K. *et al.* Supporting local adaptation: the contribution of socio- environmental fragmentation to urban vulnerability. **Applied Geography**, v. 55, p. 61-70, 2014. Available in: https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.08.013

LINS-DE-BARROS, F. M.; MUEHE, D. Avaliação local da vulnerabilidade e riscos de inundação na zona costeira da Região dos Lagos, Rio de Janeiro. **Quaternary and Environmental Geosciences**, 2010. Available in: https://doi.org/10.5380/abequa.v2i1-2.14106

MATTEDI, M. A. *et al.* Aplicação do índice de vulnerabilidade socioambiental a desastres por meio de Sistema de Informação Geográfica (SIG): estudo de caso do Município de Blumenau (SC). **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 13, n. 1, p. e23423- e23423, 2024. Available in: https://doi.org/10.5585/2024.23423

O SÃO GONÇALO. **Parque Mataruna ganha academia da saúde em praça revitalizada**. 2016. Available in: https://www.osaogoncalo.com.br/regiao-dos-lagos/17268/parque-mataruna- ganha-academia-da-saude-em-praca-revitalizada/. Accessed on: 2024.

PEDRAZZI, A. de C.; LANA, J. C. **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação**: município de Araruama, RJ. Brasília: CPRM [atual SGB – Serviço Geológico do Brasil], set. 2018. Available in: https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/20190.

RAJU, E.; BOYD, E.; OTTO, F. Stop blaming the climate for disasters. **In Communications Earth and Environment**, v. 3, Issue 1. 2022. Nature Publishing Group. Available in: https://doi.org/10.1038/s43247-021-00332-2

RENNÓ, C. D. *et al.* HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 9, p. 3469-3481, 2008. Available in: https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.03.018.

RIBEIRO GOMES, V.; PERES, B.; GUIMARÃES, L. **The use of blue-green infrastructure as a multifunctional approach to watersheds with socio-environmental vulnerability**. 2021. Available in: https://doi.org/10.2166/bgs.2021.119.

SAITO, S. M. *et al.* Disaster risk areas in Brazil: outcomes from an intra-urban scale analysis. **International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment**, v. 12, n. 2, p. 238-250, 2021. Available in: https://doi.org/10.1108/IJDRBE-01-2020-0008

SERENCO. **Elaboração de estudos e projetos para consecução do plano municipal de saneamento básico de Araruama - RJ**. 2014. Available in: https://pmsblsj.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/10/9-c2ba-produto_pmsb_araruama_1013_r0.pdf

SGB. Serviço Geológico do Brasil. Portal Institucional do SGB. 2018. Available in: https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/20190.

SILVA, J. F.; DE BRITO NUNES, H. K.; DE AQUINO, C. M. S. Análise integrada do ambiente como subsídio para identificação de riscos e vulnerabilidades socioambientais em Picos/PI. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 07, p. 2522-2536, 2019. Available in: https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.7.p2522-2536.

SIQUEIRA MALTA, F. **Vulnerabilidade socioambiental**: proposta metodológica e diagnóstico para o município do Rio de Janeiro. 2017. Available in: https://doi.org/10.1590/1413-812320172212.25032017

SZEWRANSKI S. *et al.* Pluvial flood risk assessment tool (PFRA) for rainwater management and adaptation to climate change in newly urbanised areas. **Water 2018**. Available in: https://doi.org/10.3390/w10040386.

UNDRR – United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2022: **Our World at Risk**: transforming governance for a resilient future. Geneva: UNDRR, 2022. Available in: https://www.undrr.org/gar2022

ZANETTI, V. B.; JUNIOR, W. C.; FREITAS, D. M. A climate change vulnerability index and case study in a Brazilian coastal city. **Sustainability**, v. 8, n. 8, p. 811, 2016. Available in: https://doi.org/10.3390/su8080811.

Participatory Geographic Information System: citizen science approach in Potiguara Indigenous Land of Paraíba- Brazil

Sistema de Informação Geográfica participativo: abordagem em ciência cidadã em Terra Indígena Potiguara da Paraíba - Brasil

Renata Guimarães Oliveira [1]

Allan Yu Iwama [2]

Alicia Ferreira Gonçalves [3]

Nathan Tuaxaua Galdino [4]

Júlia Oliveira Braga [5]

Edithe Rodrigues Neta [6]

Jade Rosa Hilario Garcia [7]

Elias Gerônimo de Lima [8]

Ismael dos Santos Alfredo [9]

Maristela Andrade [10]

[1] *Master's Degree in Development and Environment, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, PB, Brazil*
E-mail: ambientalrenataoliveira@gmail.com

[2] *PhD in Environment and Society, Researcher, Centro Nacional de Monitoramento e Alerta a Desastres Naturais (Cemaden), São José dos Campos, SP, Brazil*
E-mail: allan.iwama@cemaden.gov.br

[3] *PhD in Social Sciences, Professor, GIPCSA and Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, PB, Brazil*
E-mail: aliciafg1@gmail.com

[4] *Undergraduate Degree in History, Professor, SEE-PB, Aldeia Alto do Tambá - Terra Indígena Potiguara, Baia da Traição, PB, Brazil*
E-mail:nathanpotiguara@hotmail.com

[5] *Undergraduate Degree in Geography, Student, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, PB, Brazil*
E-mail: julia.braga@academico.ufpb.br

[6] *Undergraduate student, Geography, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, PB, Brazil*
E-mail: editheneta@gmail.com

[7] Undergraduate student, International Relations, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, PB, Brazil
E-mail: jade.garcia@academico.ufpb.br

[8] Chief, Aldeia Tramataia, Associação dos Caciques, Aldeia Tramataia - Terra Indígena Potiguara, Marcação, PB, Brazil

[9] Chief, Aldeia Camurupim, Associação dos Caciques, Aldeia Camurupim - Terra Indígena Potiguara, Marcação, PB, Brazil

[10] PhD in Anthropo-Sociology, Professor, Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
João Pessoa, PB, Brazil
E-mail: maristela.odeandrade@gmail.com

doi:10.18472/SustDeb.v16n2.2025.59082

Received: 24/07/2025
Accepted: 04/12/2025

ARTICLE- VARIA

ABSTRACT

Indigenous culture and ancestry have been historically threatened in the Potiguara Indigenous Territory in Paraíba, generating conflicts within its territory. The Territorial and Environmental Management Plan (PGTA) is a fundamental tool for addressing these conflicts. This article integrated a citizen science approach with a social cartographic map in a participatory Geographic Information System (PGIS) to identify the social-environmental impacts observed by the Potiguara, in defence of indigenous and traditional territories. PGIS workshop, along with guided tours and drone overflights, mapped together 29 Potiguara indigenous aspects of cultural, social, environmental, and political themes, identifying: 68 places related to cultural aspects; and 27 points of potential/threats. The citizen science approach connected with PGIS was essential for the territorial claim of the Potiguara, highlighting five key elements for its applicability: (1) creating a trustful environment; (2) recognizing local and traditional knowledge; (3) analyzing conflicts across temporal and spatial scales; (4) promoting empowerment in the use of geotechnologies; and (5) including Potiguara intergenerational participation in the identification and monitoring of social-environmental impacts.

Keywords: Environmental and Territorial Management Plan. Citizen science. Social cartography. Potiguara Indigenous Land.

RESUMO

A cultura e a ancestralidade indígena têm sido ameaçadas historicamente na Terra Indígena Potiguara na Paraíba, gerando conflitos em seu território. O Plano de Gestão Territorial e Ambiental (PGTA) é um dos instrumentos fundamentais para lidar com esses conflitos. Este artigo integrou uma abordagem em ciência cidadã com mapas de cartografia social em um Sistema de Informação Geográfica participativo (SIGp), para identificar os impactos socioambientais observados pelos Potiguara em defesa de territórios de povos e comunidades tradicionais. Oficinas de SIGp com visitas guiadas e sobrevoos de drone mapearam com aproximadamente 29 indígenas temas culturais, sociais, ambientais e políticos, identificando: 68 lugares relacionados com aspectos culturais e 27 pontos de potencialidades/ameaças. A abordagem em ciência cidadã acoplada com o SIGp foi importante para a reivindicação do território Potiguara, destacando-se cinco elementos-chave para sua aplicabilidade: (1) criar ambiente de confiança; (2) reconhecer o conhecimento local e tradicional; (3) analisar conflitos em escalas temporais e espaciais; (4) promover o empoderamento no uso de geotecnologias; (5) incluir a intergeracionalidade Potiguara na identificação e no monitoramento de impactos socioambientais.

Palavras-chave: *Plano de Gestão Territorial Ambiental. Ciência cidadã. Cartografia Social. Terra Indígena Potiguara.*

1 INTRODUCTION

The planetary crisis has been characterised by the overpass of multiple ecological boundaries essential to the functioning of the Earth System, alongside the "triple crisis" – climate change, biodiversity loss, and pollution (Richardson *et al.*, 2023; Rockström *et al.*, 2009; Sakschewski *et al.*, 2025; Steffen *et al.*, 2015). These processes unfold within the context of the Anthropocene (Brondizio *et al.*, 2016; Whyte, 2017), reflecting both increasing pressures from human activities and reduced ecosystem resilience, while also exacerbating social inequalities that disproportionately affect indigenous and traditional/local communities.

In many territories, environmental degradation has also affected traditional human well-being, cosmologies, and ancestral practices that have historically sustained reciprocal relations between humans and nature. Indigenous and traditional authors have emphasised the need to restore this reciprocity and expand intercultural dialogue to integrate multiple knowledge systems (Kopenawa, 2015; Krenak, 2022; Rezende, 2021; Santos, 2023) in addressing the planetary crisis. Within this debate, the creation of intercultural spaces for dialogue – where scientific and traditional knowledge can complement one another horizontally – has become increasingly relevant (Albert *et al.*, 2023; Alonso-Yanez *et al.*, 2019; David-Chavez *et al.*, 2024; Tengö *et al.*, 2017, 2021).

This context demands more open, collaborative, and inclusive scientific approaches that can integrate indigenous, traditional, and scientific knowledge into decision-making processes. The integration of multiple knowledge systems thus becomes essential for effective territorial governance. Principles such as legitimacy, relevance, and reciprocity (Moallemi *et al.*, 2023; Norström *et al.*, 2020) guide approaches that strengthen local capacities and enhance cognitive justice (Appadurai, 2006; Fraisl *et al.*, 2025; Haklay *et al.*, 2021; Tengö *et al.*, 2021).

Citizen science has emerged as one such strategy, expanding public participation in research. It is considered part of a broader "movement of movements" within open science and has demonstrated potential to democratize knowledge production by involving citizens in data collection, analysis, and interpretation (Albagli *et al.*, 2015; Albagli; Iwama, 2022; Albert *et al.*, 2023; Haklay *et al.*, 2021; Shirk *et al.*, 2012). Since the 1990s, two major components have influenced the conceptualization of citizen science: (1) volunteer-based bird-monitoring projects developed by the Cornell Lab of Ornithology in the United States, from the Rick Bonney's research group (Bonney *et al.*, 2009); and (2) citizen science conceptualization in Europe by Alan Irwin's research group as a critical and reflexive practice addressing science-society relations (Irwin, 1995).

From the 1990s to the present (Bonney *et al.*, 2009; Irwin, 1995, 2002), citizen science has demonstrated substantial potential for transdisciplinary approaches (Albert *et al.*, 2023; RBCC, 2025). This allows communities to contribute beyond the data production, but above all to decision-making and local action (Albert *et al.*, 2023; Chari *et al.*, 2019; Queiroz-Souza *et al.*, 2023; Reyes-García, 2023).

The integration of citizen science with social cartography and Participatory Geographic Information Systems (PGIS) – including Volunteered Geographic Information (VGI) – has proven valuable for collecting local data and strengthening the agency and autonomy of Indigenous and traditional communities in their territories (Connors *et al.*, 2012; Goodchild, 2007; Haklay, 2013; Malakar; Roy, 2024; McCall; Dunn, 2012; See *et al.*, 2016).

In the Potiguara Indigenous Land, on the northern coast of Paraíba – Brazil, there are multiple conflicts and threats, including the expansion of sugarcane plantations, deforestation of riparian vegetation,

and mangrove degradation. These processes intensify social vulnerabilities, affecting food security and cultural practices as spirituality (Cardoso *et al.*, 2017; Costa *et al.*, 2020; Gonçalves, 2020; Moonen, 2008; Palitot; Torres, 2022).

To support the identification of these impacts and conflicts, social cartography has been used as a key tool for enhancing community participation in sketch mapping production (Acselrad, 2013, 2022; Almeida, 2018; Davalos *et al.*, 2024; Ferreira *et al.*, 2021; Silva; Gonçalves, 2019). In this context, social cartography, combined with geotechnologies and PGIS, offers significant potential to inform and support the Potiguara Territorial and Environmental Management Plan (PGTA, in Portuguese), particularly given the multiple socio-environmental conflicts in the territory.

This article aims to identify the socio-environmental impacts observed by the Potiguara Indigenous community in Paraíba, based on a citizen science approach coupled with social cartography and PGIS, to support the development of the Territorial and Environmental Management Plan (PGTA) and to update and systematise cultural and historical information about their territory.

2 METHODS

The study area is located within the Potiguara Indigenous Land (TI), on the northern coast of the state of Paraíba, including three lands: TI Jacaré de São Domingos, TI Potiguara, and TI Potiguara de Montemor (Figure 1). TI Potiguara comprises 32 indigenous villages, and in this study, we focus on three: Alto do Tambá, Camurupim, and Tramataia.

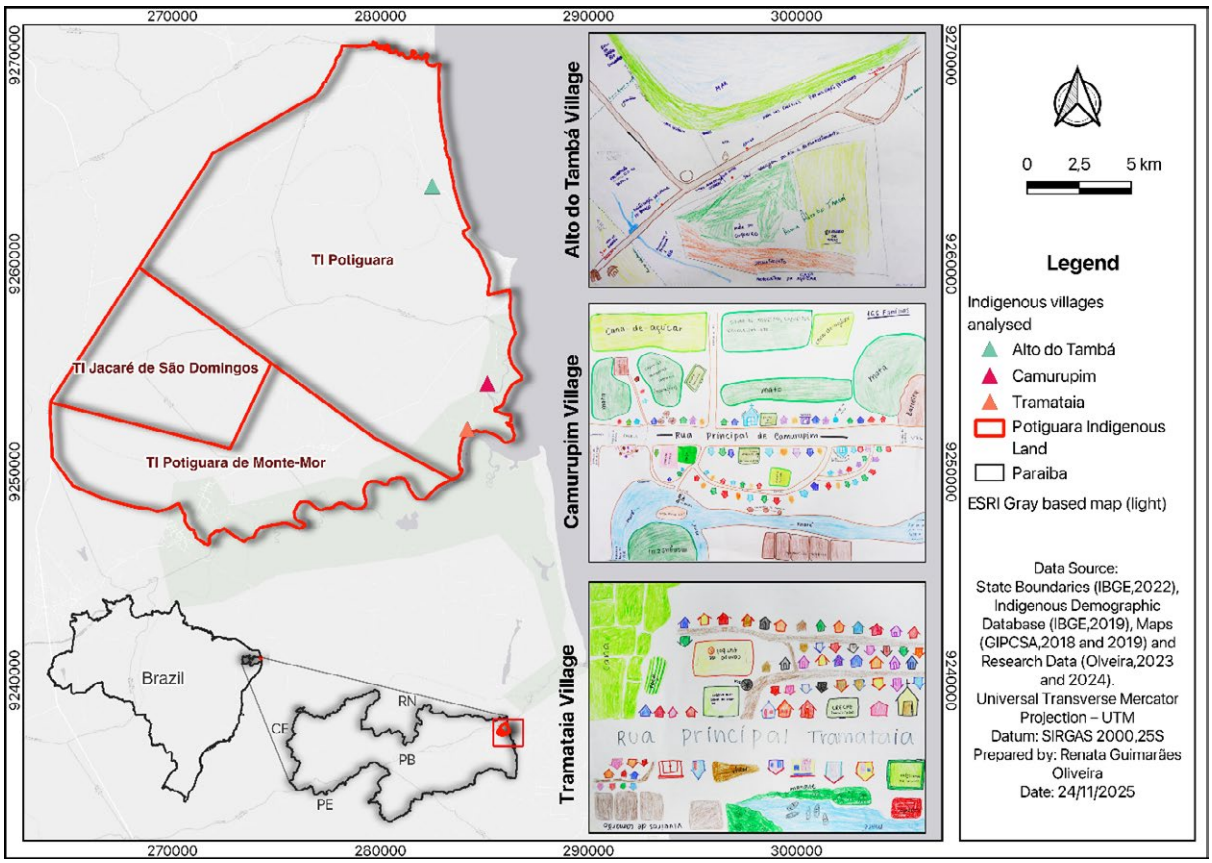


Figure 1 – Location map of the Potiguara Indigenous Land highlighting the villages selected for this study and their respective social maps developed in 2018 and 2019 by GIPCSA.

Source: Research data, 2024

Starting the first contact in 2022 with indigenous leaders – and building upon an already established dialogue between groups within the Potiguara Indigenous Land and the Interdisciplinary Research Group on Culture, Society, and Environment (GIPCSA, in Portuguese) at Federal University of Paraíba (UFPB) – formal authorisation for the research was obtained through a Letter of Consent from the General Potiguara Chief. From that point onward, field activities were organised, including training processes with Indigenous participants/collaborators. Local Indigenous leaders supported the suggestion of participants, based on the following inclusion criteria: belonging to the Potiguara ethnic group; being over 18 years old; residing in the Indigenous Land; and agreeing to participate through signing the Free and Informed Consent Form (TCLE, in Portuguese), approved by the Research Ethics Committee (protocol 6.017.120/2022). Individuals with health conditions that could hinder communication or comprehension were not included.

Exploratory fields were conducted in 2022 as part of the extension project "Participatory Geographic Information System (PGIS) and Potiguara Social Maps" at the Federal University of Paraíba (UFPB). These initial visits, followed in the villages of Alto do Tambá and Tramataia, enabled closer engagement with local leaders and the establishment of a relationship of mutual trust. Based on these initial interactions, leaders identified participants to support data collection, recognising their knowledge of local social organisation and appropriate approaches for community engagement. Fieldwork planning followed the recommendations of indigenous representatives, ensuring respect for local routines and cultural practices.

Social cartography was updated to improve understanding of recent changes within the Potiguara land, based on social maps produced between 2018 and 2019 with support from GIPCSA (Cardoso *et al.*, 2017; Cardoso; Guimarães, 2012; Gonçalves, 2020, 2023; Gonçalves *et al.*, 2024).

These map-updating activities were carried out within the extension project between 2022 and 2023 using Wikiloc and KoboToolBox – the mobile georeferencing applications. Points, lines, and polygons were mapped using the open-source software Quantum GIS (QGIS). Guided fieldwork was conducted with an indigenous chief and influential leader from Alto do Tambá, who identified relevant and conflict-related locations within the Potiguara land, as well as places of historical and cultural significance.

The research group GIPCSA produced 43 social cartographies previously. Across eight Potiguara villages – Três Rios, Camurupim, Lagoa do Mato, Benfica, Alto do Tambá, Jacaré de São Domingos, Tramataia, and Coqueirinho do Norte – 13 social maps corresponding to the villages of Alto do Tambá, Camurupim, and Tramataia were selected and updated. The criteria used to select the social cartography were based on features referenced in the grounded data, such as houses, schools, public squares, artisan houses, ceremonial spaces, and other elements with sufficient resolution or recognisable features that allowed for vectorisation in QGIS.

Following this preparation and the updated social cartography, workshops were conducted in the three selected villages – Alto do Tambá, Tramataia, and Camurupim (Figure 1) – chosen among the eight villages with previously developed social maps by GIPCSA. Selection was based on the richness of detail in these maps, which facilitated the systematisation of features illustrated by the Potiguara and served as the foundation for the workshops and for guiding a participatory GIS approach.

Figure 2 presents the stages of the social cartography and Participatory GIS workshops conducted with the working groups formed in each selected village: Camurupim (workshop in November 2023); Tramataia (November 2023); Alto do Tambá (January 2024). Each workshop consisted of the following steps:

1st Step. Citizen science and PGIS project presentation, including GIPCSA/UFPB participants and the Potiguara community;

2nd Step. Presentation of previously produced social cartography, along with satellite imagery of the villages, to identify territorial changes, environmental transformations, and climate-change-related impacts;

3th Step. Identification of major territorial changes on the maps;

4th Step. Citizen science–based data collection, involving research interviews using georeferenced forms (KoboCollect/KoboToolBox) at locations indicated by workshop participants. Potiguara volunteers also used KoboToolBox to continue mapping data during and after the workshops;

5th Step. Systematisation of mapped points into QGIS;

6th Step. Presentation and validation of results with participants and other stakeholders.

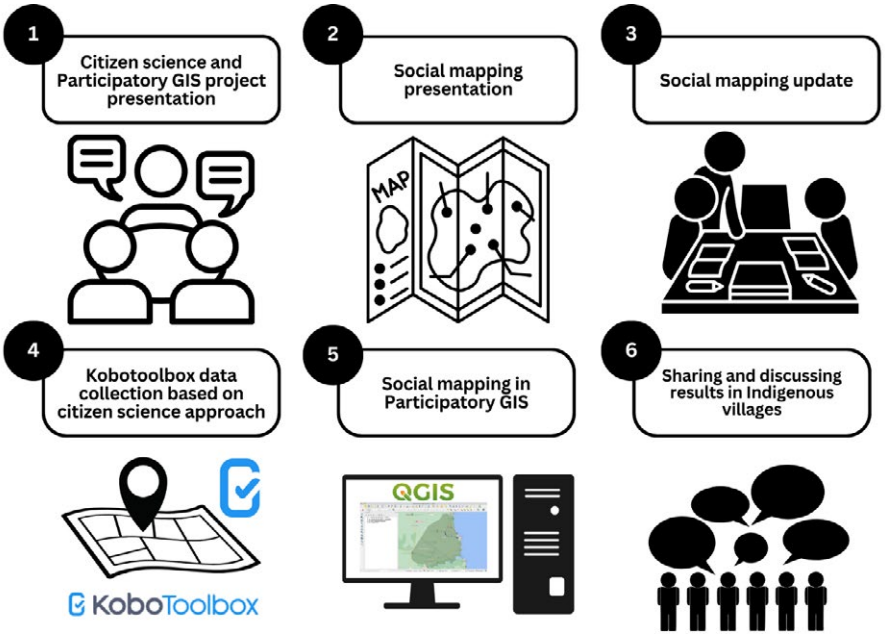


Figure 2 – Flowchart of the social cartography and participatory GIS steps in Potiguara land.

Source: Elaborated by authors using CANVA software

The snowball sampling method (Goodman, 1961; Neuman, 2014) was used to reach key participants for discussions on climate change and adaptation strategies – after alignment meetings with local leaders and GIPCSA members. Communication with participants occurred through a WhatsApp group, where workshop schedules and details were shared.

Workshops in Alto do Tambá, Tramataia, and Camurupim took place on dates agreed upon with the local Potiguara Chiefs, with adjustments made to accommodate village agendas. Workshop locations and participant numbers (n) were as follows: Tramataia – Cacique Iniguaçu Municipal School (n=9); Camurupim – Teodolino Indigenous Municipal Early Childhood School (n=8); Alto do Tambá – Headquarters of the Águas Potiguara Project (n=12)

Each workshop lasted between 3 and 4 hours and was divided into two parts. The first consisted of presenting the social map; the second involved presenting a printed A0 satellite map to identify cultural, social, environmental, and political features within the community.

The second part of each workshop involved a guided visit and drone overflight of the points indicated by the Potiguara, enabling features previously viewed only on maps to be located and validated in

the territory. A DJI Mini 2 drone was used to document relevant areas pointed out by the leaders. KoboToolBox training sessions were conducted in each village, during which goals were established with leaders and community members to continue collecting data on threats, opportunities, and critical or culturally significant points for the Potiguara across the three villages.

Kernel Density Estimation (KDE) was applied to assess spatial distribution patterns of field-collected points in the three Potiguara villages. This spatial analysis technique produces density surfaces and is particularly suited for individual point locations (Câmara & Carvalho, 2004). The method estimates intensity λ(s), where s represents any location within region R, and si,..., sn are the coordinates of the n observed events:

$$\lambda(s) = \frac{1}{\delta(s)} \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{\tau^2} k \left(\frac{(s - s_i)}{\tau} \right)$$

where k is the selected bivariate kernel density function and τ is the radius of influence.

To spatialize field data, tests were performed using different distances, and a minimum radius of 1 kilometre (τ = 1 km) was adopted to generate the spatial density surface of the points.

3 RESULTS

3.1 SOCIAL CARTOGRAPHY IN A GIS ENVIRONMENT: PARTICIPATORY GIS (PGIS) IN THE POTIGUARA INDIGENOUS LAND, PARAÍBA

A total of **68 points** were identified for mapping features of the Potiguara land: 25 points in Tramataia, 28 in Camurupim, and 15 in Alto do Tambá. **Figure 3** shows the spatial location and Kernel density of the collected points. Although participants from Camurupim identified the highest number of points (28), the points from Tramataia were more concentrated in the central area of the village, giving it slightly more representation on the density map.

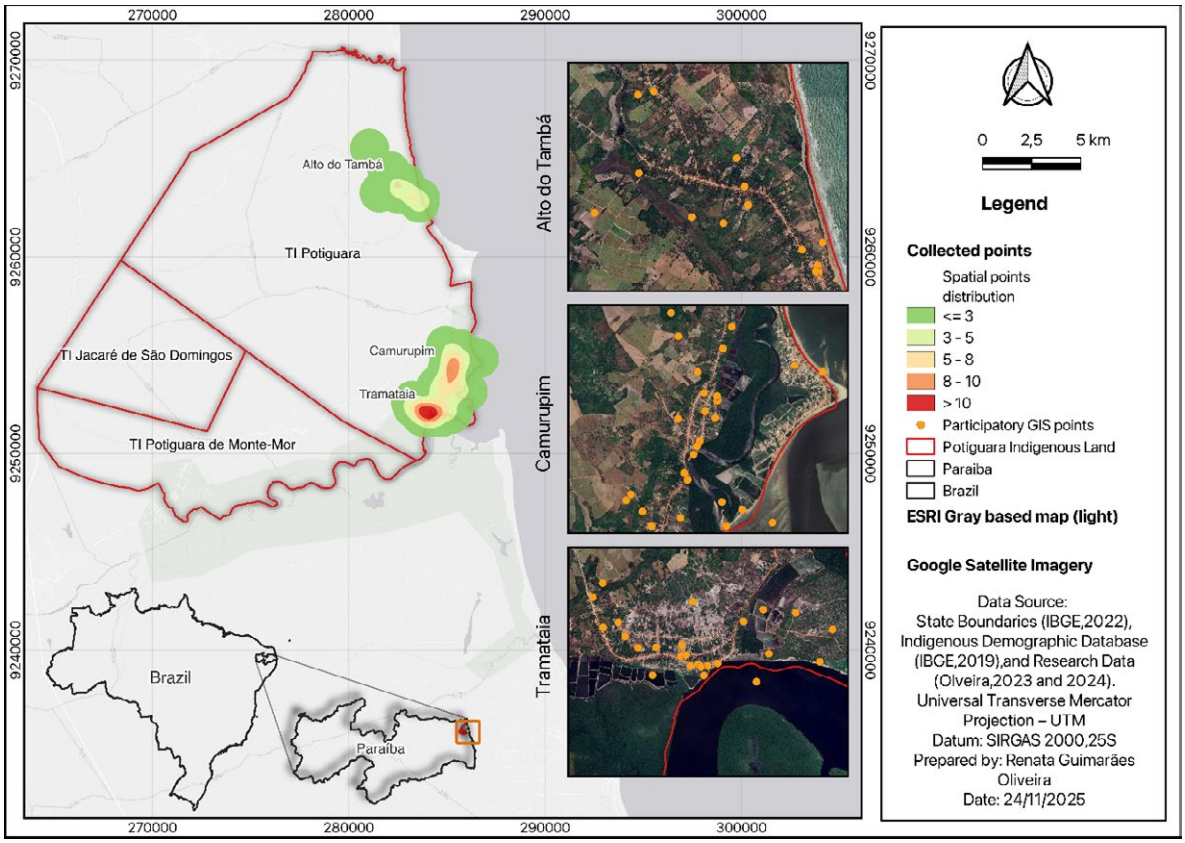


Figure 3 – Kernel density distribution map for points identified by the Potiguara during the social cartography workshops in Tramataia, Camurupim, and Alto do Tambá (2023–2024).

Source: Research data, 2024

About land cover-use changes in the territory, participants from two of the three villages reported that population growth has increasingly inducing the urban settlements in flooding risks areas. The increase in urban settlements has contributed to land-use changes, including vegetation loss, intensifying soil erosion. In addition, the occupations of wetlands have amplified exposure to flooding, as reported for the "campina" area in Tramataia. In Alto do Tambá, this specific concern was not raised; however, participants discussed territorial expansion, debating whether newly occupied spaces were traditional family extensions or areas subject to irregular occupation.

Deforestation appeared as one of the most recurrent themes across all workshops. Participants associated it with the expansion of sugarcane plantations into village areas and with the loss of fruit-bearing trees – such as *Mangabeira* – which hold cultural and historical significance for the community. Only in Tramataia did participants highlight areas currently undergoing reforestation efforts.

Several **cultural elements** were mapped, including the *Casa de Farinha*, which participants emphasised as essential to rebuilding to strengthen food security and protect Potiguara cultural heritage. The site historically served as a space for intergenerational knowledge exchange. The location of **Ocas** (traditional houses in indigenous land), where cultural activities and rituals are carried out, was also identified in two villages (Tramataia and Camurupim).

Additional features varied according to village-specific characteristics. In Alto do Tambá, participants highlighted *Angelina's beiju*, a traditional preparation of cultural and touristic importance, as well as the *Pátio de Gado*, where horse/cattle rodeo events (*Vaquejadas*) take place. In Camurupim, the **Port** was identified as key infrastructure for community-based tourism, while **Cacimbas** – shallow wells near rivers or springs – remained important for recreation (bathing) and drinking water.

In Tramataia, participants noted similar features identified in other villages but emphasised the health post and a kiosk, the latter considered a tourist asset despite community concerns about pollution.



Photo (a) – Threat: Increased sugarcane-related deforestation near the Camurupim village (2023)

Photo (b) – Threat: Settlements in flooding risk area in the Tramataia village (2023)

Photo (c) – Potential: School with Indigenous education and an Oca as a Potiguara cultural space in the Tramataia village (2023)

Photo (d) – Restoration of the riverbanks by the Águas Potiguara project in the Alto do Tambá village (2023)

Figure 4 – Drone overflights for identifying historical-cultural locations and environmental threats indicated by Potiguara participants during guided visits.

Source: Research data, 2024

3.2 POTENTIALITIES AND THREATS IN THE POTIGUARA VILLAGES

During the workshops, after identifying important locations on the maps, participants classified sites as **potential (n=10)** or **threat/risks (n=17)** – Figure 5.

In **Alto do Tambá**, participants identified **3 potential elements**, including the spring of the Baixio/ Badalo River, selected as the site for field validation during the guided visit. Five threats were identified, all related to environmental degradation, associated with deforestation.

In **Camurupim, 5 potential elements** were identified, such as the preservation of native vegetation and experiential tourism. Participants also mapped **9 threats/risks**, notably shrimp farms, which, despite being an important source of income for some families, exert strong pressure on local coastal ecosystems.

Tramataia identified the fewest points, with **2 potentialities**: the Indigenous school, which provides employment and leads environmental education initiatives such as mangrove and river cleanups, and another community asset. Conversely, threats identified in Tramataia relate mainly to increasing areas at risk of flooding due to unplanned settlement expansion and to pollution.

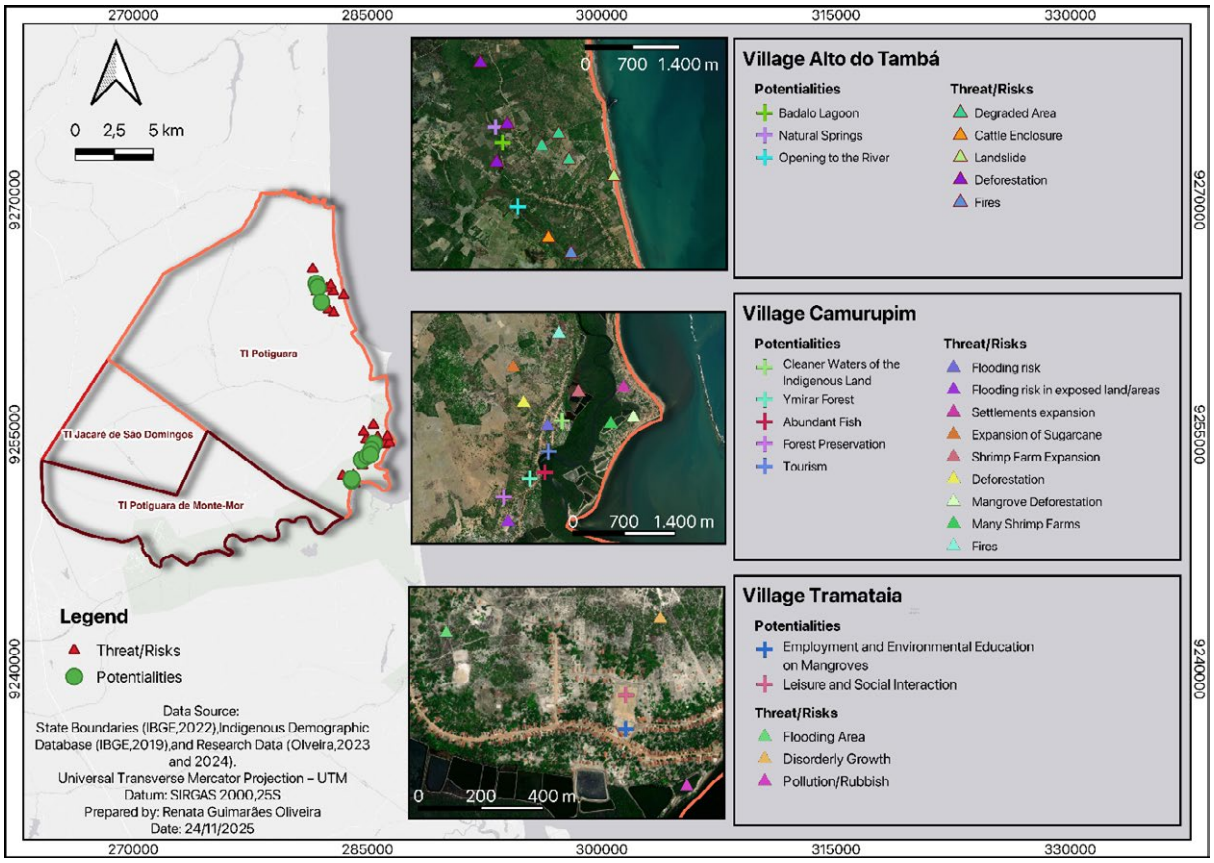


Figure 5 – Map of threats and potentialities identified by the Potiguara during the social cartography workshops in Tramataia, Camurupim, and Alto do Tambá.

Source: Research data, 2024

4 DISCUSSION

4.1 PGIS IN THE POTIGUARA INDIGENOUS LAND: KEY ELEMENTS FOR PARTICIPATORY MAPPING

The results highlight the Potiguara people's knowledge of threats and potentialities in their territory, as well as the identification of locations that are essential to community life (such as ocas, the casa de farinha and the school). These results reinforce the findings from several studies on the Potiguara Indigenous (Cardoso *et al.*, 2017; Costa *et al.*, 2022; Gonçalves, 2020; Gonçalves *et al.*, 2024; Palitot; Torres, 2022), which indicate a close relationship between the Potiguara and the use and management of their territory.

At the same time, Potiguara knowledge and well-being (*Bem-Viver*) are historically shaped by socio-environmental conflicts linked to sugarcane cultivation in the territory, with recurrent reports of burning, deforestation, and contamination of soil and water by agrochemicals, as observed and reported by Potiguara participants in this research. These conflicts reinforce the need for demarcation and formal recognition (*Homologação*) as guarantees for the protection of their ancestral territory (Costa *et al.*, 2020; Moonen, 2008; Palitot; Torres, 2022).

In this context, social cartography, when represented in digital maps within a Geographic Information System in a participatory manner (Participatory GIS – PGIS), can serve as an important tool of struggle and resistance for the Potiguara, including in the formulation of public policies such as the Territorial and

Environmental Management Plan for Indigenous Lands (PGTA). The PGTA has been used as a planning instrument that formalises territorial management, integrating cultural, environmental, and economic dimensions.

Because it is a method designed to offer means and tools for communities to express themselves and claim their rights (Acselrad, 2013; Almeida, 2018; Davalos *et al.*, 2024; Silva; Gonçalves, 2019; Sombra *et al.*, 2022), social cartography in this study not only documented physical features in the territory but also captured territorial claims and cultural sites. The mapped elements express what it means to be Potiguara, particularly when participants highlight places such as the casa de farinha and ocas to describe traditional practices and uses.

Drawing on key elements for good governance of participation in spatial/territorial planning (McCall; Dunn, 2012), such as legitimacy, equity, respect, competence and responsibility, this research identifies several critical conditions for implementing PGIS in the Potiguara villages that can also be extended, with locally adapted designs, to other contexts in Latin America and the Caribbean and across the Global South (Auerbach *et al.*, 2019; Cunha *et al.*, 2017; Haklay *et al.*, 2021; Mikulewicz, 2020; Pereira *et al.*, 2023). These elements include:

(1) A trust-based environment – Pre-existing trust between the GIPCSA research group and Potiguara representatives was fundamental, since GIPCSA has been working with the community since 2018 in support of the PGTA in the Indigenous Territory. The PGTA initiative in the Potiguara land is among the few in the Northeastern region, and, beyond its importance for the community, it strengthens Indigenous peoples in this region, where there are relatively few state or non-state initiatives oriented toward protecting Indigenous territories or rights (Andrade, 2019; Sampaio; Andrade, 2018).

National and international studies emphasise that building trust is essential for research with local and traditional communities, especially in light of different levels of participation in research processes (Albagli; Iwama, 2022; David-Chavez *et al.*, 2024; David-Chavez; Gavin, 2018; Lam *et al.*, 2020; McCall; Dunn, 2012; Reyes-García *et al.*, 2019). In this study, the creation of trust bonds promoted respect and a sense of shared responsibility in field activities, including care in scheduling with community members and transparency regarding previously agreed procedures;

(2) Respect for and recognition of local and traditional knowledge in participatory mapping – A growing body of work highlights the need to reduce power asymmetries between multiple knowledge systems (Hill *et al.*, 2020; Tengö *et al.*, 2017, 2021). Respecting and recognising other forms of knowledge, such as Potiguara Indigenous knowledge, was a guiding principle to ensure that ancestral customs and land rights claims were appropriately represented in the social maps.

In participatory mapping processes, it is crucial to acknowledge that Indigenous communities have their own validation methods and rules governing who can determine what kind of knowledge, where and when it can be transmitted, and how it may be shared (David-Chavez *et al.*, 2024; Hill *et al.*, 2020; Hudson *et al.*, 2023; Souza de Lima *et al.*, 2024). This ongoing research sought to validate the maps collectively during plenary sessions at the workshops, where results were presented to the community. However, a key challenge was the establishment of a governance and data sovereignty protocol within the relatively short timeframe of a two-year master's degree. For that reason, the study anchored itself in medium – and long-term initiatives, such as CoAdapta | Litoral, to ensure continuity of co-construction of knowledge, validation processes and community autonomy (Albagli; Iwama, 2022; Iwama *et al.*, 2021, 2023; Pereira *et al.*, 2023);

(3) Dynamism and local spatio-temporal scale – In 2018, previously developed social maps produced by GIPCSA were revisited to assess changes in the territory. Analysing temporal scales was fundamental to detecting processes, such as increased deforestation driven by sugarcane expansion, in the Potiguara land. Using land-cover/land-use change analysis based on satellite imagery, Medeiros *et al.* (2023)

identified land-use conflicts in these areas, village and population growth, flooding issues, and threats such as the expansion of shrimp farms (Medeiros *et al.*, 2023).

(4) Empowerment through geotechnologies – McCall and Dunn (2012) emphasise that good governance and meaningful citizen involvement in participatory territorial planning require broad and continuous participation, where both the number and frequency of engagements and the types of involvement are crucial. The use of georeferenced KoboToolbox forms enabled faster data collection and improved data systematisation in post-collection spreadsheets. However, in this study, the use of these forms was largely confined to the main researcher and members of the field team, as it was difficult to extend their use to broader segments of the Potiguara community due to limited interest, lack of familiarity, or insufficient time for training.

Some important conditions for empowering communities in the use of such tools include: **(i) the existence of demands that are meaningful to the Indigenous community**, i.e. community legitimacy (David-Chavez *et al.*, 2024; Hill *et al.*, 2020; McCall; Dunn, 2012; Tengö *et al.*, 2021), such that research questions are connected to local priorities. Conflicts and land claims are central issues, and geotechnologies can support Potiguara mobilisation – the approval of the legal framework of the Potiguara de Monte-Mor Indigenous Territory in 2024 by Decree No. 12.288/2024 (Brasil, 2024), after years of struggle to secure legal recognition of ancestral rights; (ii) **medium- and long-term** studies and adequate funding for research implementation. Within the scope of a master's program, this study had a limited budget and conditions to expand training on geotechnologies, although such training was encouraged during specific workshops.

Building shared agendas with social movements such as the *Águas Potiguara* project (https://www.instagram.com/aguaspotiguara/), Anama initiative – *Fortalecendo juventude e lideranças Potiguara* (https://www.instagram.com/anama.potiguara/), and partnerships with schools together with the National Foundation for Indigenous Peoples (Funai, in Portuguese), could provide longer and more robust training processes on the use of mobile applications and geovisualization platforms. Such strategies are key to expanding spaces for greater autonomy and empowerment of the Potiguara using geotechnologies (David-Chavez *et al.*, 2024; Kohsaka; Rogel, 2019; McCall; Dunn, 2012; Silva; Gonçalves, 2019);

(5) Intergenerationality – The social cartography workshops and training in georeferenced applications (KoboToolbox) involved a youth movement of Potiguara leaders, as well as younger and older community leaders and elders. This intergenerational encounter facilitated exchanges in which younger participants learned about territorial uses through the stories and testimonies of elders. At the same time, young people also played a leading role in identifying threats and potential sites and in articulating narratives concerning autonomy and historical-cultural protection of the Potiguara.

Intergenerational encounters can foster knowledge exchange and strengthen community cohesion through participatory approaches such as oral histories, focus groups, or three-dimensional mapping models (Albagli; Iwama, 2022; Marchezini *et al.*, 2017; Trejo-Rangel *et al.*, 2021), while also creating opportunities for sharing and learning across different fields of knowledge.

4.2 CITIZEN SCIENCE AND PGIS IN THE POTIGUARA INDIGENOUS LAND: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES FOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT PLANNING (PGTA)

Given the importance of implementing PGTAs in Indigenous Lands for sustainable territorial planning, one key need to support the PGTA in this territory was to update the social maps previously developed with GIPCSA/UFPB, which existed only in analogue (paper) format. This need stems from the importance of cartographic representation of the territory based on community perspectives. Participatory GIS offered a pathway to update these analogue maps in a way that ensured active involvement of the

Potiguara through geotechnologies. In this sense, the approach of combining participatory GIS with citizen science, in close collaboration with Indigenous peoples, proved promising and showed potential to involve additional communities and villages.

A central challenge, however, has been maintaining social engagement over the medium- to long-term, with participants exercising greater autonomy and leadership in ongoing community monitoring. Although the master's research benefited from support from a graduate program for field activities and relied on research projects such as CoAdapta | Litoral (Albagli; Iwama, 2022; Iwama *et al.*, 2023; Pereira *et al.*, 2023), additional funding and a longer implementation period would have been necessary to expand workshops and field activities for training and capacity building in GIS and geotechnologies.

Developing co-financing strategies for continued training is both desirable and necessary to guarantee community access to high-quality learning opportunities—aligned with locally relevant interests and themes and with practical application—regarding the use of geotechnologies. Such training is crucial for integrating and complementing local knowledge, and for enabling communities to express and claim their territorial rights (Cardoso *et al.*, 2017). To advance research on citizen science with Indigenous peoples and traditional communities, several aspects are particularly important: (1) legitimacy and identity (David-Chavez *et al.*, 2024; Hill *et al.*, 2020; McCall; Dunn, 2012; Tengö *et al.*, 2021), as already discussed. Studies show that when local or Indigenous communities articulate their own demands and research practice is oriented toward addressing them, there is greater potential for sustained action over time and space; (2) continuity and proximity between researchers and communities, with transparency about agreements, research planning, and actions (Haklay *et al.*, 2021; Hill *et al.*, 2020; Reyes-García *et al.*, 2019), as well as concrete deliverables that respond to local demands—for example, booklets, guides, or videos about the Potiguara land.

One way to overcome or mitigate these challenges is to include a person or group within the territory to act as focal points of local knowledge – *knowledge-holders* (Orlove *et al.*, 2023; Reyes-García, 2023; Reyes-García *et al.*, 2019), to facilitate and multiply actions while helping to balance power asymmetries and social injustices (Acselrad, 2013; Brugnach *et al.*, 2017; Chambers, 2006). This research sought to engage Potiguara leaders with decision-making authority in the villages, as well as elders and young leaders. However, the limited timeframe for fully incorporating their voices and perspectives suggests the need for medium- to long-term processes that go beyond the temporal scope of this master's project.

Empowerment in the use of geotechnologies can facilitate and expand participation in the development of citizen science research projects and foster autonomy in establishing partnerships and initiatives (Haklay, 2013; Haklay *et al.*, 2021; McCall; Dunn, 2012). The research was initially designed to build Potiguara capacity not only for data collection but also for GIS operation and map production, aiming to match higher levels of participation and involvement in citizen science projects, as outlined by Haklay (2013).

Working collaboratively with traditional communities requires time to build relationships between all those involved in research. Time spent in the field also helps to encourage and support traditional communities—in this case, the Potiguara Indigenous people—to undertake research on behalf of their "relatives" (parentes) and their territory. Co-participation and autonomy have been, and must continue to be, central themes in research involving traditional knowledge, particularly with regard to data sovereignty and governance over information collected with and/or about traditional communities, so that they can better benefit from the outcomes of research (Hill *et al.*, 2020; Reyes-García, 2023; Williamson *et al.*, 2023).

Despite the challenges, advancing along these paths to create new arrangements, mobilisations, and relationships for the co-construction of knowledge requires putting into practice the principle "nothing about us without us" (Albert *et al.*, 2023). Recognising participating groups as community researchers

and co-authors of outputs and materials is a sine qua non condition in citizen science projects with Indigenous peoples and traditional communities.

Another important mechanism for addressing the challenges identified in this research is the co-creation of Free, Prior and Informed Consent (FPIC) protocols –consistent with the International Labour Organisation's Convention 169 – together with the communities involved. These protocols should provide guidance on data collection, storage, and use in ways that secure collective benefit, autonomy, ethics, and responsibility, and contribute to formalising data governance and sovereignty frameworks (Hudson *et al.*, 2023; Reyes-García *et al.*, 2022; Wilks *et al.*, 2018; Williamson *et al.*, 2023).

5 CONCLUSIONS

Despite challenges related to the quality of the social maps and the logistics of travelling between villages, the combined use of citizen science, social cartography, and participatory GIS demonstrated strong potential for identifying social, historical, cultural, and tourism-related elements in the Potiguara villages analysed. At the same time, the approach highlighted threats associated with population growth and the expansion of settlements and housing, which intensify problems linked to construction in flood-prone areas and the loss of vegetation.

The citizen science strategy, grounded in social cartography and participatory GIS, fostered integration between the research team and the Potiguara community involved in the study. By positioning communities as protagonists in mapping their territories, this approach enabled the systematisation of elements previously identified by the GIPCSA research group in 2018–2019 and the updating of historical-cultural aspects and environmental changes observed during workshops held in the villages between 2022 and 2023.

This research supported the systematisation of Potiguara observations regarding landscape changes, impacts, and cultural elements through a collaborative process involving researchers and the local community. The method demonstrated strong potential as a tool to support the development of the Territorial and Environmental Management Plan (PGTA) for the Potiguara Indigenous Territory, expanding the collection of territory-related data through active community participation.

Schools were identified as strategic spaces to strengthen Potiguara culture and to promote environmental education initiatives that should be expanded across the territory. All participating villages also emphasised the importance of protecting natural resources to ensure food security and local well-being, as well as the potential of community-based tourism. These initiatives represent opportunities for community strengthening, provided there is territorial governance capable of, for example, limiting "mass tourism" and supporting the Potiguara community's self-management.

Despite the challenges posed by the limited duration of the research relative to the time required for community assimilation of geotechnologies, the application of a citizen science approach coupled with participatory methodologies shows considerable potential to expand data collection. However, it should be accompanied by protocols that guarantee data sovereignty for Indigenous peoples and traditional communities. Future projects and research on this topic will require the construction of shared agendas among all actors present in the territory, alongside partner schools, to promote training and capacity-building processes that support the Potiguara in their struggle and resistance for governance and management of their territory.

These directions constitute key elements for future research involving citizen science and Indigenous peoples and traditional communities, in line with contributions from scholars of Indigenous science and traditional knowledge.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) for financial support through a graduate scholarship (grant no. 88887.671658/2022-00), and the support of the CNPq Universal Project "Construindo Mapas Sociais: Subsídios para a elaboração do Plano de Gestão Territorial e Ambiental Potiguara" (grant no. 402856/2023-6). We also acknowledge the extension project (PROBEX/UFPB PJ770-2022), with special thanks to the field team: J. R. H. Garcia; E. Rodrigues Neta; J. O. Braga; F.S. Moura; A. F. F. Ramalho; P. L. M. Cruz, and collaborating researchers I. M. Costa; M. O. Andrade; I. Eyzaguirre; Y. D. Ferreira; M. E. M. Torres; F. Araos; E. Gallo; G. E. C. Miranda; S. Sulaiman. We express our gratitude to the village chiefs, Chief Elias de Lima, Chief Ismael Alfredo, and Chief Clovis; to the social movements that supported the research, such as Águas Potiguara and ANAMA; and to all Potiguara people who took part in this study. We also thank GIPCSA – *Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Cultura, Sociedade e Ambiente*, as well as the *Fórum de Comunidades Tradicionais de Angra dos Reis, Paraty e Ubatuba* (FCT) and the *Observatório Territórios Sustentáveis e Saudáveis da Bocaina* (OTSS)/Fiocruz.

STATEMENT ON THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

The authors used ChatGPT version 5.1 (OpenAI) solely for language editing and stylistic polishing. All scientific content, analysis, and intellectual input were developed and verified by the authors; we take full responsibility for the accuracy and integrity of the manuscript.

REFERENCES

ACSELRAD, H. **Cartografia social, terra e território**. IPPUR/UFRJ, 2013.

ACSELRAD, H. O "social" nas mudanças climáticas. **Liinc em Revista**, v. 18, n. 1, e5930, 2022. Available at: https://doi.org/10.18617/liinc.v18i1.5930

ALBAGLI, S.; IWAMA, A. Y. Citizen science and the right to research: building local knowledge of climate change impacts. **Humanities and Social Sciences Communications**, v. 9, n. 1, Artigo 1. 2022. Available at: https://doi.org/10.1057/s41599-022-01040-8

ALBAGLI, S.; MACIEL, M. L.; ABDO, A. H. **Open Science, open issues**. Available at: https://livroaberto.ibict.br/handle/1/1061, 2015.

ALBERT, A.; HAKLAY, M.; MOUSTARD, F.; HECKER, S.; GRESHAKE TZOVARAS, B.; CHANG, M.; LINDNER, A. B. The transdisciplinary potential of citizen science. *In*: LAWRENCE, R. (Org.), **Handbook of Transdisciplinarity**: global perspectives, p. 197–213, 2023. Edward Elgar Publishing. Available at: https://doi.org/10.4337/9781802207835.00021

ALBERT, A.; ISLAM, S.; HAKLAY, M.; MCEACHAN, R. R. C. Nothing about us without us: a co-production strategy for communities, researchers and stakeholders to identify ways of improving health and reducing inequalities. **Health Expectations**, v. 26, n. 2, p. 836–846, 2023. Available at: https://doi.org/10.1111/hex.13709

ALMEIDA, A. W. B. de. Mapas e museus: uma nova cartografia social. **Ciência e Cultura**, v. 70, n. 4, p. 58–61, 2018. Available at: https://doi.org/10.21800/2317-66602018000400016

ALONSO-YANEZ, G.; HOUSE-PETERS, L.; GARCIA-CARTAGENA, M.; BONELLI, S.; LORENZO-ARANA, I.; OHIRA, M. Mobilizing transdisciplinary collaborations: collective reflections on de centering academia in knowledge production. **Global Sustainability**, n. 2, e5, 2019. Available at: https://doi.org/10.1017/sus.2019.2

ANDRADE, L. E. A. D. Povos indígenas, mapeamentos participativos e política de gestão territorial: o caso do semiárido brasileiro. Vivência: **Revista de Antropologia**, v. 1, n. 52, 2019. Available at: https://doi.org/10.21680/2238-6009.2018v1n52ID13915

APPADURAI, A. The right to research. **Globalisation, Societies and Education**, v. 4, n. 2, p. 167–177, 2006. Available at: https://doi.org/10.1080/14767720600750696

AUERBACH, J.; BARTHELMESS, E. L.; CAVALIER, D.; COOPER, C. B.; FENYK, H.; HAKLAY, M.; HULBERT, J. M.; KYBA, C. C. M.; LARSON, L. R.; LEWANDOWSKI, E.; SHANLEY, L. The problem with delineating narrow criteria for citizen science. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 116, n. 31, p. 15336–15337, 2019. Available at: https://doi.org/10.1073/pnas.1909278116

BONNEY, R.; COOPER, C. B.; DICKINSON, J.; KELLING, S.; PHILLIPS, T.; ROSENBERG, K. V.; SHIRK, J. Citizen Science: a developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. **BioScience**, v. 59, n. 11, p. 977–984, 2009. Available at: https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9

BRASIL. Decreto no 12.288, de 4 de dezembro de 2024. **Homologa a demarcação administrativa da terra indígena Potiguara de Monte-Mor, localizada nos Municípios de Rio Tinto e de Marcação, Estado da Paraíba**. 2024.

BRONDIZIO, E. S.; O'BRIEN, K.; BAI, X.; BIERMANN, F.; STEFFEN, W.; BERKHOUT, F.; CUDENNEC, C.; LEMOS, M. C.; WOLFE, A.; PALMA-OLIVEIRA, J.; CHEN, C.-T. A. Re-conceptualizing the Anthropocene: a call for collaboration. **Global Environmental Change**, v. 39, p. 318–327, 2016. Available at: https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.02.006

BRUGNACH, M.; CRAPS, M.; DEWULF, A. Including indigenous peoples in climate change mitigation: addressing issues of scale, knowledge and power. **Climatic Change**, v. 140, n. 1, p. 19–32, 2017. Available at: https://doi.org/10.1007/s10584-014-1280-3

CÂMARA, G.; CARVALHO, M. S. Análise de Eventos Pontuais. *In*: **Análise espacial de dados geográficos**. Embrapa. 2004. Available at: http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/

CARDOSO, T. M.; BULBARELLI PARRA, L.; FRÓES MORDECIN, I. Mapas em movimento: os (des)caminhos de uma prática cartográfica junto aos Potiguara. **Espaço Ameríndio**, v. 11, n. 2, p. 71, 2017. Available at: https://doi.org/10.22456/1982-6524.74228

CARDOSO, T. M.; GUIMARÃES, G. C. **Etnomapeamento dos Potiguara da Paraíba**. Funai/CGMT/CGETNO/CGGAM. 2012. Available at: https://www.ufpb.br/portalpotiguara/livros-2/etnomapeamento-dos-potiguara-da-paraiba/

CHAMBERS, R. Participatory Mapping and Geographic Information Systems: Whose Map? Who is Empowered and Who Disempowered? Who Gains and Who Loses? **The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries**, v. 25, n. 1, p. 1–11, 2006. Available at: https://doi.org/10.1002/j.1681-4835.2006.tb00163.x

CHARI, R.; BLUMENTHAL, M.; MATTHEWS, L. **Community Citizen Science**: from promise to action. RAND Corporation. 2019. Available at: https://doi.org/10.7249/RR2763

CONNORS, J. P.; LEI, S.; KELLY, M. Citizen Science in the Age of Neogeography: utilizing volunteered geographic information for environmental monitoring. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 102, n. 6, p. 1267–1289, 2012. Available at: https://doi.org/10.1080/00045608.2011.627058

COSTA, I. M.; ANDRADE, M. A.; GONÇALVES, A. F. Conflictos socioambientales en áreas de conservación y tierras indígenas en el Nordeste brasileño: racionalidades confrontadas. **Conflictos socioambientales en áreas de conservación y tierras indígenas en el Nordeste brasileño**: racionalidades confrontadas, v. 70, p. 60–75, 2022.

COSTA, I. M.; DE ANDRADE, M. O.; GONÇALVES, A. F.; MARTINEZ-TORRES, M. E. Terra indígena em disputa: a reterritorialização dos Potiguara na terra indígena Potiguara Montemor/Paraíba/Brasil. **Cadernos de Estudos Sociais**, v. 35, n. 2, 2020. Available at: https://doi.org/10.33148/CES2595-4091v.35n.220201893

CUNHA, D. G. F.; MARQUES, J. F.; RESENDE, J. C. D.; FALCO, P. B. D.; SOUZA, C. M. D.; LOISELLE, S. A. Citizen science participation in research in the environmental sciences: key factors related to projects' success and longevity. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 3, suppl, p. 2229–2245, 2017. Available at: https://doi.org/10.1590/0001-3765201720160548

DAVALOS, N. B.; OLIVEIRA, E. S.; SANTOS, R.; SATYR, G.; JEAN, W.; BROWN, P. R. A.; DALBONI, J.; NOGUEIRA, D. A Cartografia Social como caminho para a transdisciplinaridade dentro do aspecto socioambiental da abordagem NEXUS+: um estudo de caso no Assentamento Jacaré-Curituba, Brasil. **Sustainability in Debate**, v. 15, n. 3, p. 278–318, 2024. Available at: https://doi.org/10.18472/SustDeb.v15n3.2024.53909

DAVID-CHAVEZ, D.; GAVIN, M. C. A global assessment of Indigenous community engagement in climate research. **Environmental Research Letters**, v. 13, n. 12, p. 123005. 2018. Available at: https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaf300

DAVID-CHAVEZ, D.; GAVIN, M.; ORTIZ, N.; VALDEZ, S.; CARROLL, S. A values-centered relational science model: supporting Indigenous rights and reconciliation in research. **Ecology and Society**, v. 29, n. 2, art11, 2024. Available at:

FERREIRA, M. V.; LEITE, M. E.; NEVES, S. L. S. Nova Cartografia Social e Geotecnologias aplicadas à gestão territorial de comunidades tradicionais. **Caderno de Geografia**, v. 31, n. 65, p. 613, 2021. Available at: https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2021v31n65p613

FRAISL, D.; HAKLAY, M.; HAGER, G.; WEHN, U.; SEE, L.; HECKER, S.; TZOVARAS, B. G.; GOLD, M.; CECCARONI, L.; KIESLINGER, B.; WOODS, S.; NOLD, C.; BALÁZS, B.; MAZZONETTO, M.; RUEFENACHT, S.; SHANLEY, L. A.; MOTION, A.; SFORZI, A.; DÖRLER, D.; MAČIULIENĖ, M. Delineating the contours of citizen science: development of the ECSA characteristics of citizen science. **Open Research Europe**, v. 5, p. 128, 2025. Available at: https://doi.org/10.12688/openreseurope.19411.1

GONÇALVES, A. F. Mapas Sociais: subsídios para a elaboração do Plano de Gestão territorial e ambiental potiguara. **Revista Brasileira de História & Ciências Sociais**, v. 12, n. 23, p. 104–127, 2020. Available at: https://doi.org/10.14295/rbhcs.v12i23.11226

GONÇALVES, A. F. Diálogos de saberes: Em direção ao PGTA Potiguara? Entrevista com Tuxaua Nathan Galdino Potiguara. **Política & Trabalho - Revista de Ciências Sociais**, v. 59, p. 250–261, 2023.

GONÇALVES, A. F.; RAMALHO, A. F. D. F.; GARCIA, J. R. H. Mapas Sociais. Subsídios para a Elaboração do Plano de Gestão Territorial e Ambiental Potiguara: Aldeia Laranjeira. **Revista Habitus - Revista do Instituto Goiano de Pré-História e Antropologia**, v. 22, n, 1, p. 33–48, 2024. Available at: https://doi.org/10.18224/hab.v22i1.14201

GOODCHILD, M. F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. **GeoJournal**, v. 69, n. 4, p. 211–221, 2007. Available at: https://doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y

GOODMAN, L. A. Snowball Sampling. **The Annals of Mathematical Statistics**, v. 32, n. 1, p. 148–170, 1961. Available at: http://www.jstor.org/stable/2237615

HAKLAY, M. Citizen Science and Volunteered Geographic Information: overview and typology of participation. In: SUI, D.; ELWOOD, S.; GOODCHILD, M. (Org.). **Crowdsourcing Geographic Knowledge**, p. 105–122, 2013. Springer Netherlands. Available at: https://doi.org/10.1007/978-94-007-4587-2_7

HAKLAY, M.; FRAISL, D.; GRESHAKE TZOVARAS, B.; HECKER, S.; GOLD, M.; HAGER, G.; CECCARONI, L.; KIESLINGER, B.; WEHN, U.; WOODS, S.; NOLD, C.; BALÁZS, B.; MAZZONETTO, M.; RUEFENACHT, S.; SHANLEY, L. A.; WAGENKNECHT, K.; MOTION, A.; SFORZI, A.; RIEMENSCHNEIDER, D.; OHLAND, K. Contours of citizen science: a vignette study. **Royal Society Open Science**, v. 8, n. 8, 202108, 2021. Available at: https://doi.org/10.1098/rsos.202108

HILL, R.; ADEM, Ç.; ALANGUI, W. V.; MOLNÁR, Z.; AUMEERUDDY-THOMAS, Y.; BRIDGEWATER, P.; TENGÖ, M.; THAMAN, R.; ADOU YAO, C. Y.; BERKES, F.; CARINO, J.; CARNEIRO DA CUNHA, M.; DIAW, M. C.; DÍAZ, S.; FIGUEROA, V. E.; FISHER, J.; HARDISON, P.; ICHIKAWA, K.; KARIUKI, P.; XUE, D. Working with Indigenous, local and scientific knowledge in assessments of nature and nature's linkages with people. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 43, p. 8–20, 2020. Available at: https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.12.006

HUDSON, M.; CARROLL, S. R.; ANDERSON, J.; BLACKWATER, D.; CORDOVA-MARKS, F. M.; CUMMINS, J.; DAVID-CHAVEZ, D.; FERNANDEZ, A.; GARBA, I.; HIRALDO, D.; JÄGER, M. B.; JENNINGS, L. L.; MARTINEZ, A.; STERLING, R.; WALKER, J. D.; ROWE, R. K. Indigenous Peoples' Rights in Data: a contribution toward Indigenous Research Sovereignty. **Frontiers in Research Metrics and Analytics**, v. 8, p. 1173805, 2023. Available at: https://doi.org/10.3389/frma.2023.1173805

IRWIN, A. **Citizen Science**: a study of people, expertise and sustainable devel-opment V. 1st ed. Routledge. 1995.

IRWIN, A. **Citizen Science**: a study of people, expertise and sustainable development (0 ed.). Routledge. 2002. Available at: https://doi.org/10.4324/9780203202395

IWAMA, A. Y.; ARAOS, F.; ANBLEYTH-EVANS, J.; MARCHEZINI, V.; RUIZ-LUNA, A.; THER-RÍOS, F.; BACIGALUPE, G.; PERKINS, P. E. Multiple knowledge systems and participatory actions in slow-onset effects of climate change: insights and perspectives in Latin America and the Caribbean. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, n. 50, p. 31–42, 2021. Available at: https://doi.org/10.1016/j.cosust.2021.01.010

IWAMA, A. Y.; BRAÑAS, F.; NÚÑEZ, D.; COLLAO, D.; SOLEYMANI-FARD, R.; LANYON, C.; TOFIGHI-NIAKI, A.; BENYEI, P.; SILVA, L.; PEREIRA, R. D.; THER-RÍOS, F.; ALBAGLI, S. Integrating Citizen Science Observations in Climate Mapping: lessons from coastal-zone geovisualization in Chilean Patagonia and the Brazilian Southeast. In: PERKINS, P. E. (Ed.), **Climate justice and participatory research**: building climate-resilient commons. University of Calgary Press. 2023. Available at: https://doi.org/10.2307/jj.4845586

KOHSAKA, R.; ROGEL, M. Traditional and Local Knowledge for Sustainable Development: empowering the indigenous and local communities of the world. *In*: LEAL FILHO, W.; AZUL, A. M.; BRANDLI, L.; ÖZUYAR, P. G.; WALL, T. (Org.). **Partnerships for the Goals**, p. 1–13, 2019. Springer International Publishing. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-71067-9_17-1

KOPENAWA, D. **A queda do céu**. Companhia das Letras. 2015.

KRENAK, A. **Futuro ancestral**. (1a ed.). Companhia das Letras. 2022.

LAM, D. P. M.; HINZ, E.; LANG, D. J.; TENGÖ, M.; WEHRDEN, H. VON; MARTÍN-LÓPEZ, B. Indigenous and local knowledge in sustainability transformations research: a literature review. **Ecology and Society**, v. 25, n. 1, art3. 2020. Available at: https://doi.org/10.5751/ES-11305-250103

MALAKAR, K. D.; ROY, S. Understanding of Participatory GIS: concepts and techniques. In: MALAKAR, R. D.; ROY, S. **Mapping Geospatial Citizenship**, p. 19–35. Springer Nature Switzerland. 2024. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-031-63107-8_2

MARCHEZINI, V.; IWAMA, A. Y.; ANDRADE, M. R. M.; TRAJBER, R.; ROCHA, I.; OLIVATO, D. Geotecnologias para prevenção de riscos de desastres: usos e potencialidades dos mapeamentos participativos. **RBC - Revista Brasileira de Cartografia**, p. 107–128, 2017.

MCCALL, M. K.; DUNN, C. E. Geo-information tools for participatory spatial planning: fulfilling the criteria for 'good' governance? **Geoforum**, v. 43, n. 1, p. 81–94, 2012. Available at: https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2011.07.007

MEDEIROS, I. S.; SANTOS, S. S.; REBELO, V. A.; ALMEIDA, I. C.; VELOSO, T. M. G.; ALMEIDA, N. V.; BORGES, J. C. G. Effectiveness of Federal Protected Areas in the Preservation of Mangrove Forests on the Coast of the State of Paraíba, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 95, n. 1, p. e20211079. 2023. Available at: https://doi.org/10.1590/0001-3765202320211079

MIKULEWICZ, M. The Discursive Politics of Adaptation to Climate Change. **Annals of the American Association of Geographers**, p. 1–24, 2020. Available at: https://doi.org/10.1080/24694452.2020.1736981

MOALLEMI, E. A.; ZARE, F.; HEBINCK, A.; SZETEY, K.; MOLINA-PEREZ, E.; ZYNGIER, R. L.; HADJIKAKOU, M.; KWAKKEL, J.; HAASNOOT, M.; MILLER, K. K.; GROVES, D. G.; LEITH, P.; BRYAN, B. A. Knowledge co-production for decision-making in human-natural systems under uncertainty. **Global Environmental Change**, v. 82, p.102727, 2023. Available at: https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2023.102727

MOONEN, F. **Os índios Potiguara da Paraíba**. 2008. Available at: https://www.dhnet.org.br/direitos/militantes/lucianomaia/moonen_indios_potiguara_pb_2008.pdf

NEUMAN, W. L. **Social research methods**: qualitative and quantitative approaches (Seventh edition, Pearson new international edition). Pearson. 2014.

NORSTRÖM, A. V.; CVITANOVIC, C.; LÖF, M. F.; WEST, S.; WYBORN, C.; BALVANERA, P.; BEDNAREK, A. T.; BENNETT, E. M.; BIGGS, R.; DE BREMOND, A.; CAMPBELL, B. M.; CANADELL, J. G.; CARPENTER, S. R.; FOLKE, C.; FULTON, E. A.; GAFFNEY, O.; GELCICH, S.; JOUFFRAY, J.-B.; LEACH, M.; ÖSTERBLOM, H. Principles for knowledge co-production in sustainability research. **Nature Sustainability**, v. 3, n. 3, p. 182–190, 2020. Available at: https://doi.org/10.1038/s41893-019-0448-2

ORLOVE, B.; SHERPA, P.; DAWSON, N.; ADELEKAN, I.; ALANGUI, W.; CARMONA, R.; COEN, D.; NELSON, M. K.; REYES-GARCÍA, V.; RUBIS, J.; SANAGO, G.; WILSon, A. Placing diverse knowledge systems at the core of transformative climate research. **Ambio**, p. 52, n. 9, p. 1431–1447, 2023. Available at: https://doi.org/10.1007/s13280-023-01857-w

PALITOT, E. M.; TORRES, M. E. M. Procesos territoriales de los potiguara de Paraíba, Brasil. Desacatos. **Revista de Ciencias Sociales**, v. 70, p. 44–59, 2022. Available at: https://desacatos.ciesas.edu.mx/index.php/Desacatos/article/view/2575

PEREIRA, R. D.; BRAZÍLIO, L. D. P.; TREJO-RANGEL, M. A.; DUARTE DOS SANTOS, M.; SILVA, L. M. B.; SOUZA, L. F.; BARBOSA, A. C. S.; DE OLIVEIRA, M. R.; DOS SANTOS, R.; SATO, D. P.; IWAMA, A. Y. Traditional and local communities as key actors to identify climate-related disaster impacts: a citizen science approach in Southeast Brazilian coastal areas. **Frontiers in Climate**, v. 5, p. 1243008, 2023. Available at: https://doi.org/10.3389/fclim.2023.1243008

QUEIROZ-SOUZA, C.; VIANA, B.; GHILARDI-LOPES, N.; KAWABE, L.; ALEXANDRINO, E.; FRANÇA, J.; KOFFLER, S.; SARAIVA, A. M.; LOULA, A. Opportunities and Barriers for Citizen Science Growth in Brazil: reflections from the first workshop of the brazilian citizen science network. **Citizen Science: theory and practice**, v. 8, n. 1, p. 13, 2023. Available at: https://doi.org/10.5334/cstp.521

RBCC. **Carta aberta da RBCC - 2025**. Recomendações e boas práticas à ciência cidadã no Brasil. Rede Brasileira de Ciência Cidadã (RBCC). Available at: https://www.rbcc.ong.br/images/documentos%20de%20gestao/2025_Carta%20aberta%20da%20RBCC.pdf

REYES-GARCÍA, V. **Routledge Handbook of Climate Change Impacts on Indigenous Peoples and Local Communities**. (1o ed.). Routledge. 2023. Available at: https://doi.org/10.4324/9781003356837

REYES-GARCÍA, V.; GARCÍA-DEL-AMO, D.; BENYEI, P.; FERNÁNDEZ-LLAMAZARES, Á.; GRAVANI, K.; JUNQUEIRA, A. B.; LABEYRIE, V.; LI, X.; MATIAS, D. M.; MCALVAY, A.; MORTYN, P. G.; PORCUNA-FERRER, A.; SCHLINGMANN, A.; SOLEYMANI-FARD, R. A collaborative approach to bring insights from local observations of climate change impacts into global climate change research. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, n. 39, p. 1–8, 2019. Available at: https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.04.007

REYES-GARCÍA, V.; TOFIGHI-NIAKI, A.; AUSTIN, B. J.; BENYEI, P.; DANIELSEN, F.; FERNÁNDEZ-LLAMAZARES, Á.; SHARMA, A.; SOLEYMANI-FARD, R.; TENGÖ, M. Data Sovereignty in Community-Based Environmental Monitoring: toward equitable environmental data governance. **BioScience**, biac048, 2022. Available at: https://doi.org/10.1093/biosci/biac048

REZENDE, J. S. **Paneiro de Saberes**. Transbordando reflexividades indígenas. Mil Folhas. 2021.

RICHARDSON, K.; STEFFEN, W.; LUCHT, W.; BENDTSEN, J.; CORNELL, S. E.; DONGES, J. F.; DRÜKE, M.; FETZER, I.; BALA, G.; VON BLOH, W.; FEULNER, G.; FIEDLER, S.; GERTEN, D.; GLEESON, T.; HOFMANN, M.; HUISKAMP, W.; KUMMU, M.; MOHAN, C.; NOGUÉS-BRAVO, D.; ROCKSTRÖM, J. Earth beyond six of nine planetary boundaries. **Science Advances**, v. 9, n. 37, 2023. Available at: https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458

ROCKSTRÖM, J.; STEFFEN, W.; NOONE, K.; PERSSON, Å.; CHAPIN, F. S.; LAMBIN, E. F.; LENTON, T. M.; SCHEFFER, M.; FOLKE, C.; SCHELLNHUBER, H. J.; NYKVIST, B.; DE WIT, C. A.; HUGHES, T.; VAN DER LEEUW, S.; RODHE, H.; SÖRLIN, S.; SNYDER, P. K.; COSTANZA, R.; SVEDIN, U.; FOLEY, J. A. A safe operating space for humanity. **Nature**, v. 461, n. 7263, p. 472–475. Available at: https://doi.org/10.1038/461472a

SAKSCHEWSKI, B.; CAESAR, L.; ANDERSEN, L.; BECHTHOLD, M.; BERGFELD, L.; BEUSEN, A.; BILLING, M.; BODIRSKY, B. L.; BOTSYUN, S.; DENNIS, D. P.; DONGES, J.; DOU, X.; ERIKSSON, A.; FETZER, I.; GERTEN, D.; HÄYHÄ, T.; HEBDEN, S.; HECKMANN, T.; HEILEMANN, A.; ROCKSTRÖM, J. Planetary Health Check 2025: a scientific assessment of the state of the planet. *In*: **Planetary Boundaries Science (PBScience)**, p. 144, 2025. [Application/pdf]. Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK). Available at: https://doi.org/10.48485/PIK.2025.017

SAMPAIO, J. A. A.; ANDRADE, M. O. A introdução de viveiros de camarão na Terra Indígena Potiguara no Litoral Norte da Paraíba: impactos ambientais e globalização. *In*: SEGATA, J.; VIEIRA, J. G.; NEVES, R. C. M.; MILLER, F. S. **Populações tradicionais, ambientes e transformações**. 2018.

SANTOS, A. B. **A terra dá, a terra quer**. Ubu Editora. 2023.

SEE, L.; MOONEY, P.; FOODY, G.; BASTIN, L.; COMBER, A.; ESTIMA, J.; FRITZ, S.; KERLE, N.; JIANG, B.; LAAKSO, M.; LIU, H.-Y.; MILČINSKI, G.; NIKŠIČ, M.; PAINHO, M.; PŐDÖR, A.; OLTEANU-RAIMOND, A.-M.; RUTZINGER, M. Crowdsourcing, Citizen Science or Volunteered Geographic Information? The Current State of Crowdsourced Geographic Information. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 5, n. 5, p. 55, 2016. Available at: https://doi.org/10.3390/ijgi5050055

SHIRK, J. L.; BALLARD, H. L.; WILDERMAN, C. C.; PHILLIPS, T.; WIGGINS, A.; JORDAN, R.; MCCALLIE, E.; MINARCHEK, M.; LEWENSTEIN, B. V.; KRASNY, M. E.; BONNEY, R. Public Participation in Scientific Research: a framework for deliberate design. **Ecology and Society**, v. 17, n. 2, art29, 2012. Available at: https://doi.org/10.5751/ES-04705-170229

SILVA, G. C.; GONÇALVES, C. U. Análise da cartografia social na autorrepresentação das comunidades tradicionais e o conflito do desenvolvimento. **Revista de Geografia**, v. 36, n. 2, p. 194, 2019. Available at: https://doi.org/10.51359/2238-6211.2019.239917

SOMBRA, D.; PEREIRA RODRIGUES, G.; PINHO, D. D. R. Cartografia participativa como diálogo entre saberes: ontologia, epistemologia, metodologia e aplicações na construção social do conhecimento. **Ensaios de Geografia**, v. 8, n. 16, p. 45–74, 2022. Available at: https://doi.org/10.22409/eg.v8i16.52257

SOUZA DE LIMA, A.; JULIÃO, C. G.; DA SILVA, E. M.; DIAS, A. F.; DE JESUS, J. M.; DA SILVA, M. T.; ALMADA, E. D.; DE ANDRADE, J. P.; BENSUSAN, N.; ZANK, S.; SOLDATI, G. T. Proposals of indigenous peoples and local communities from Brazil for multilateral benefit-sharing from digital sequence information. **Nature Communications**, v. 15, n. 1, p. 8933, 2024. Available at: https://doi.org/10.1038/s41467-024-53421-z

STEFFEN, W.; RICHARDSON, K.; ROCKSTRÖM, J.; CORNELL, S. E.; FETZER, I.; BENNETT, E. M.; BIGGS, R.; CARPENTER, S. R.; DE VRIES, W.; DE WIT, C. A.; FOLKE, C.; GERTEN, D.; HEINKE, J.; MACE, G. M.; PERSSON, L. M.; RAMANATHAN, V.; REYERS, B.; SÖRLIN, S. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. **Science**, v. 347, n. 6223, p. 1259855, 2015. Available at: https://doi.org/10.1126/science.1259855

TENGÖ, M.; AUSTIN, B. J.; DANIELSEN, F.; FERNÁNDEZ-LLAMAZARES, Á. Creating Synergies between Citizen Science and Indigenous and Local Knowledge. **BioScience**, v. 71, n. 5, p. 503–518, 2021. Available at: https://doi.org/10.1093/biosci/biab023

TENGÖ, M.; HILL, R.; MALMER, P.; RAYMOND, C. M.; SPIERENBURG, M.; DANIELSEN, F.; ELMQVIST, T.; FOLKE, C. Weaving knowledge systems in IPBES, CBD and beyond—Lessons learned for sustainability. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, 26–27, p. 17–25, 2017. Available at: https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.12.005

TREJO-RANGEL, M. A.; MARCHEZINI, V.; RODRIGUEZ, D. A.; DA SILVA OLIVEIRA, M. Participatory 3D model to promote intergenerational engagement for disaster risk reduction in São Luiz do Paraitinga, Brazil. Disaster Prevention and Management. **An International Journal**, v. 30, n. 3, p. 308–326, 2021. Available at: https://doi.org/10.1108/DPM-08-2020-0262

WHYTE, K. Indigenous Climate Change Studies: indigenizing futures, decolonizing the anthropocene. **English Language Notes**, v. 55, n. 1–2, p. 153–162, 2017. Available at: https://doi.org/10.1215/00138282-55.1-2.153

WILKS, J.; KENNEDY, G.; DREW, N.; WILSON, K. Indigenous data sovereignty in higher education Towards a decolonised data quality framework. **Australian Universities Review**, v. 60, n. 2, p. 4–14, 2018.

WILLIAMSON, B.; PROVOST, S.; PRICE, C. Operationalising Indigenous data sovereignty in environmental research and governance. **Environment and Planning F**, v. 2, n. 1–2, p. 281–304, 2023. Available at: https://doi.org/10.1177/26349825221125496

Sistema de Informação Geográfica participativo: abordagem em ciência cidadã em Terra Indígena Potiguara da Paraíba – Brasill

Participatory Geographic Information System: citizen science approach in Potiguara Indigenous Land of Paraíba – Brazil

Renata Guimarães Oliveira [1]

Allan Yu Iwama [2]

Alicia Ferreira Gonçalves [3]

Nathan Tuaxaua Galdino [4]

Júlia Oliveira Braga [5]

Edithe Rodrigues Neta [6]

Jade Rosa Hilario Garcia [7]

Elias Gerônimo de Lima [8]

Ismael dos Santos Alfredo [9]

Maristela Andrade [10]

[1] *Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, PB, Brasil*
E-mail: ambientalrenataoliveira@gmail.com

[2] *Doutorado em Ambiente e Sociedade, Pesquisador, Centro Nacional de Monitoramento e Alerta a Desastres Naturais (Cemaden), São José dos Campos, SP, Brasil*
E-mail: allan.iwama@cemaden.gov.br

[3] *Doutorado em Ciências Sociais, Professor, GIPCSA e Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, PB, Brasil*
E-mail: aliciafg1@gmail.com

[4] *Graduação em História, Professor, SEE-PB, Aldeia Alto do Tambá - Terra Indígena Potiguara, Baia da Traição, PB, Brasil*
E-mail:nathanpotiguara@hotmail.com

[5] *Bacharelado em Geografia, Estudante, Ciências Biológicas, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, PB, Brasil*
E-mail: julia.braga@academico.ufpb.br

[6] UGraduanda em Geografia, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, PB, Brasil
E-mail: editheneta@gmail.com

[7] Graduanda em Relações Internacionais, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, PB, Brasil
E-mail: jade.garcia@academico.ufpb.br

[8] Cacique, Aldeia Tramataia, Associação dos Caciques, Aldeia Tramataia - Terra Indígena Potiguara, Marcação, PB, Brasil

[9] Cacique, Aldeia Camurupim, Associação dos Caciques, Aldeia Camurupim - Terra Indígena Potiguara, Marcação, PB, Brasil

[10] Doutorado em Antropossociologia, Professora, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, PB, Brasil
E-mail: maristela.odeandrade@gmail.com

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.59082

Received: 24/07/2025
Accepted: 04/12/2025

ARTICLE- VARIA

RESUMO

A cultura e a ancestralidade indígena têm sido ameaçadas historicamente na Terra Indígena Potiguara na Paraíba, gerando conflitos em seu território. O Plano de Gestão Territorial e Ambiental (PGTA) é um dos instrumentos fundamentais para lidar com esses conflitos. Este artigo integrou uma abordagem em ciência cidadã com mapas de cartografia social em um Sistema de Informação Geográfica participativo (SIGp), para identificar os impactos socioambientais observados pelos Potiguara em defesa de territórios de povos e comunidades tradicionais. Oficinas de SIGp com visitas guiadas e sobrevoos de drone mapearam com aproximadamente 29 indígenas temas culturais, sociais, ambientais e políticos, identificando: 68 lugares relacionados com aspectos culturais e 27 pontos de potencialidades/ameaças. A abordagem em ciência cidadã acoplada com o SIGp foi importante para a reivindicação do território Potiguara, destacando-se cinco elementos-chave para sua aplicabilidade: (1) criar ambiente de confiança; (2) reconhecer o conhecimento local e tradicional; (3) analisar conflitos em escalas temporais e espaciais; (4) promover o empoderamento no uso de geotecnologias; (5) incluir a intergeracionalidade Potiguara na identificação e no monitoramento de impactos socioambientais.

Palavras-chave: Plano de Gestão Territorial Ambiental. Ciência cidadã. Cartografia Social. Terra Indígena Potiguara.

ABSTRACT

Indigenous culture and ancestry have been historically threatened in the Potiguara Indigenous Territory in Paraíba, generating conflicts within its territory. The Territorial and Environmental Management Plan (PGTA) is a fundamental tool for addressing these conflicts. This article integrated a citizen science approach with a social cartographic map in a participatory Geographic Information System (PGIS) to identify the social-environmental impacts observed by the Potiguara, in defence of indigenous and traditional territories. PGIS workshop, along with guided tours and drone overflights, mapped together 29 Potiguara indigenous aspects of cultural, social, environmental, and political themes, identifying: 68 places related to cultural aspects; and 27 points of potential/threats. The citizen science approach connected with PGIS was essential for the territorial claim of the Potiguara, highlighting five key elements

for its applicability: (1) creating a trustful environment; (2) recognizing local and traditional knowledge; (3) analyzing conflicts across temporal and spatial scales; (4) promoting empowerment in the use of geotechnologies; and (5) including Potiguara intergenerational participation in the identification and monitoring of social-environmental impacts.

Keywords: *Environmental and Territorial Management Plan. Citizen science. Social cartography. Potiguara Indigenous Land.*

1 INTRODUÇÃO

A crise planetária tem sido caracterizada por ultrapassar diversos limites ecológicos essenciais ao funcionamento do sistema terrestre, associada à tríplice crise, ou seja, à crise climática, à perda de biodiversidade e à poluição (Richardson *et al.*, 2023; Rockström *et al.*, 2009; Sakschewski *et al.*, 2025; Steffen *et al.*, 2015). Esses processos se inserem no contexto do Antropoceno (Brondizio *et al.*, 2016; Whyte, 2017), que refletem pressões das atividades humanas e redução da resiliência dos ecossistemas, além de ampliar as desigualdades sociais, afetando principalmente os povos indígenas e comunidades tradicionais.

Em diversos territórios, a degradação ambiental tem afetado também os modos de vida, cosmologias e práticas ancestrais/tradicionais, que historicamente têm garantido as relações de reciprocidade entre humanos e natureza. Diversos autores indígenas e tradicionais têm enfatizado a necessidade de restaurar essa reciprocidade e ampliar os espaços de diálogo intercultural para integrar diferentes sistemas de conhecimento (Kopenawa, 2015; Krenak, 2022; Rezende, 2021; Santos, 2023) no enfrentamento da crise planetária. Nesse debate, ganha relevância a criação de espaços interculturais de diálogo, onde saberes científicos e tradicionais possam se complementar de forma horizontal (Albert *et al.*, 2023; Alonso-Yanez *et al.*, 2019; David-Chavez *et al.*, 2024; Tengö *et al.*, 2017, 2021).

Esse contexto demanda abordagens científicas mais abertas, colaborativas e inclusivas, capazes de articular saberes locais, indígenas e científicos em processos decisórios. A integração de múltiplos sistemas de conhecimento torna-se, portanto, essencial para a governança territorial. Princípios como legitimidade, relevância e reciprocidade (Moallemi *et al.*, 2023; Norström *et al.*, 2020) orientam abordagens que fortalecem capacidades locais e ampliam a justiça cognitiva (Appadurai, 2006; Fraisl *et al.*, 2025; Haklay *et al.*, 2021; Tengö *et al.*, 2021).

A ciência cidadã tem emergido como uma dessas estratégias, fortalecendo a participação social nas etapas da pesquisa. Ela tem sido considerada parte de um movimento "de movimentos" da ciência aberta e tem mostrado um caminho para ampliar a participação social na produção de conhecimento. A ciência cidadã envolve cidadãos(ãs) na coleta, análise e interpretação de dados, contribuindo para democratizar processos científicos (Albagli *et al.*, 2015; Albagli; Iwama, 2022; Albert *et al.*, 2023; Haklay *et al.*, 2021; Shirk *et al.*, 2012). Ao longo da década de 1990, duas vertentes têm apoiado o debate e a conceituação da ciência cidadã: (1) nos Estados Unidos, Rick Bonney e o Laboratório de Ornitologia de Cornell desenvolveram projetos de monitoramento com voluntários focado na observação de aves (Bonney *et al.*, 2009); e (2) na Europa, Alan Irwin (1995) conceituou a ciência cidadã como prática crítica e reflexiva sobre relações entre ciência e sociedade.

Desde seu desenvolvimento nas décadas de 1990 (Bonney *et al.*, 2009; Irwin, 1995, 2002) aos dias atuais, a ciência cidadã tem apresentando um potencial para uma abordagem transdisciplinar (Albert *et al.*, 2023; RBCC, 2025), permitindo que comunidades contribuam para além da produção de dados, mas também para um envolvimento em processos decisórios e ações no território (Albert *et al.*, 2023; Chari *et al.*, 2019; Queiroz-Souza *et al.*, 2023; Reyes-García, 2023).

A integração entre ciência cidadã com o mapeamento participativo e Sistema de Informação Geográfica participativo (SIGp) – por meio dos chamados Voluntários da Informação Geográfica (VGI – *Volunteered Geographic Information*, em inglês), tem se mostrado relevante para coletar dados locais, mas também para fortalecer o protagonismo e a autonomia de povos indígenas e comunidades tradicionais no território (Connors *et al.*, 2012; Goodchild, 2007; Haklay, 2013; Malakar; Roy, 2024; McCall; Dunn, 2012; See *et al.*, 2016).

Na Terra Indígena Potiguara, localizada no litoral norte da Paraíba, diversos conflitos/ameaças têm acontecido na região relacionados com a expansão da cana-de-açúcar, o desmatamento de matas ciliares e a degradação de manguezais. Essas ameaças têm ampliado as vulnerabilidades sociais, afetando a segurança alimentar, a espiritualidade e as práticas culturais da comunidade (Cardoso *et al.*, 2017; Costa *et al.*, 2020; Gonçalves, 2020; Moonen, 2008; Palitot; Torres, 2022).

Para apoiar a identificação desses impactos e conflitos no território, o uso da cartografia social tem sido um dos instrumentos para que haja a valorização da participação da comunidade através da elaboração de mapas (Acselrad, 2013, 2022; Almeida, 2018; Davalos *et al.*, 2024; Ferreira *et al.*, 2021; Silva; Gonçalves, 2019).

Nesse contexto, a abordagem de cartografia social com apoio de geotecnologias com SIGp tem potencial para aplicação e apoio ao Plano de Gestão Territorial e Ambiental (PGTA) Potiguara, uma vez que em seu território há diversos conflitos socioambientais.

Este artigo teve como objetivo identificar os impactos socioambientais observados pela comunidade indígena Potiguara da Paraíba, através da atualização e sistematização das informações que caracterizam a cultura e história do território, com a utilização de instrumentos que podem auxiliar na elaboração do Plano de Gestão Territorial e Ambiental (PGTA) e discutir os aspectos inerentes ao uso desses instrumentos, cartografia social e SIGp, ancorados em uma abordagem de ciência cidadã com as comunidades indígenas na Paraíba.

2 METODOLOGIA

A área de estudo está localizada na Terra Indígena (TI) Potiguara, no litoral norte da Paraíba, abrangendo três áreas: TI Jacaré de São Domingos; TI Potiguara e TI Potiguara de Montemor (Figura 1). A TI Potiguara reúne 32 aldeias, das quais três participaram do estudo — a Alto do Tambá, Camurupim e Tramataia.

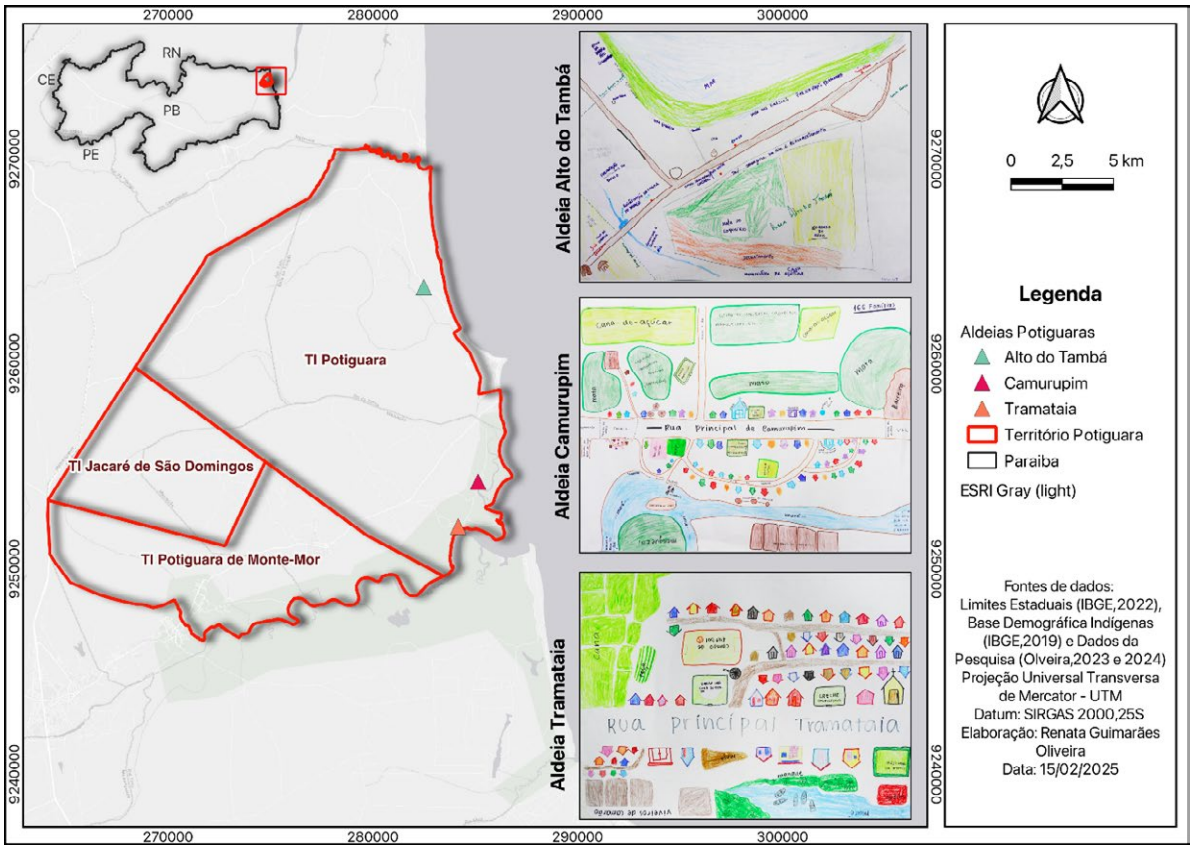


Figura 1 – Mapa de localização da TI Potiguara com ênfase nas aldeias selecionadas para esta pesquisa e seus respectivos mapas sociais elaborados em 2018 e 2019 pelo GIPCSA

Fonte: Dados da pesquisa, 2024

Após o contato inicial em 2022 com as lideranças e um diálogo já estabelecido entre grupos na Terra Indígena Potiguara e o Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Cultura, Sociedade e Ambiente (GIPCSA) da UFPB, foi obtida uma Carta de Anuência do cacique geral para realização da pesquisa. A partir de então, as atividades de campo foram articuladas, com processos formativos com os participantes/colaboradores indígenas, considerando a indicação de lideranças indígenas locais, bem como os seguintes critérios de inclusão: ser de etnia Potiguara; ter idade superior a 18 anos, residir na TI e aceitar participar do estudo mediante a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa – CEP (processo 6.017.120/2022). Não integraram o estudo pessoas com problemas de saúde que interfiram na comunicação ou na compreensão das informações/questionamentos.

Foram realizadas visitas de campo exploratórias no ano de 2022 no âmbito do projeto de extensão "Sistema de Informação Geográfica (SIG) Participativo e Mapas Sociais Potiguara da Universidade Federal da Paraíba (UFPB)". A partir dessas visitas iniciais, sobretudo nas aldeias Alto do Tambá e Tramataia, foi possível a aproximação com as lideranças das aldeias, onde foi construído um ambiente de confiança mútua. A partir do contato inicial com os líderes locais, foram indicados alguns participantes para realizar a coleta de dados, uma vez que as lideranças locais conhecem melhor sua organização e a melhor forma de acessá-los. O planejamento da pesquisa de campo considerou as recomendações dos representantes das aldeias, buscando respeitar a rotina e a cultura local.

A cartografia social foi atualizada para melhor compreensão das mudanças sobre o território indígena Potiguara, com base em mapas sociais produzidos entre 2018 e 2019, com apoio do GIPCSA (Cardoso *et al.*, 2017; Cardoso; Guimarães, 2012; Gonçalves, 2020, 2023; Gonçalves *et al.*, 2024).

Essas atividades de atualização do mapeamento foram realizadas no âmbito do projeto de extensão Sistema de Informação Geográfica (SIG) participativo e Mapas Sociais Potiguara da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), entre 2022-2023, usando aplicativos de georreferenciamento em celulares – como o Wikiloc e KoboToolBox. Pontos/linhas/polígonos foram cartografados no software livre Quantum GIS (QGIS) e depois foram realizadas visitas guiadas com um ex-cacique e importante liderança da aldeia Alto do Tambá, que apontou pontos relevantes/conflitantes dentro do território indígena Potiguara, além de elementos com alto valor histórico e cultural.

Dos 43 mapas produzidos a partir de oito aldeias Potiguara: Três Rios; Camurupim; Lagoa do Mato; Benfica; Alto do Tambá; Jacaré de São Domingos; Tramataia; Coqueirinho do Norte, 13 foram separados e atualizados sendo eles referente às aldeias Alto do Tambá, Camurupim e Tramataia.

Na análise dos mapas sociais, foram verificados pontos "mapeáveis" como casas, escolas, praças, casas de artesanato, locais de celebração e outros que estivessem desenhados com boa resolução e nitidez e/ou com elementos no território que possibilitassem a vetorização no *Quantum Geographic Information System* (QGIS).

Após a etapa de preparação/atualização dos mapas e contato inicial com a comunidade Potiguara, foram realizadas oficinas em três aldeias, Alto do Tambá, Tramataia e Camurupim (Figura 1), que foram escolhidas entre as oito aldeias que dispunham de mapas sociais elaborados previamente pelo GIPCSA. O critério de seleção das três aldeias foi pautado na riqueza de detalhes presentes nos mapas, possibilitando haver uma melhor sistematização dos pontos ilustrados pelos Potiguara que serviu de base para as oficinas e para experimentar um protótipo de abordagem com o SIG participativo.

Na Figura 2 podem ser observadas as etapas das oficinas de cartografia social e SIG participativo realizadas com três grupos de trabalhos formados em cada aldeia selecionada para o desenvolvimento da pesquisa: Aldeia Camurupim, com oficina realizada em novembro de 2023; Aldeia Tramataia, onde a oficina foi realizada também em novembro de 2023; e Aldeia Alto do Tambá, na qual a oficina ocorreu em janeiro de 2024. Em cada oficina foram realizadas as seguintes etapas:

1ª etapa: apresentação do projeto, bem como dos participantes do GIPCSA/UFPB e comunidade Potiguara.

2ª etapa: o mapa social produzido anteriormente pela comunidade Potiguara com o GIPCSA foi apresentado, bem como o mapa com a imagem de satélite da aldeia para que fossem identificados os pontos de mudanças no território, no ambiente e aqueles relativos aos impactos das mudanças climáticas.

3ª etapa: houve a identificação nos mapas das principais mudanças no território.

4ª etapa: ciência cidadã na coleta de dados (etapa de entrevistas da pesquisa, com o uso de formulários georreferenciados do Kobocollect da Kobotoolbox) nos pontos indicados pelos participantes da oficina. Na coleta de dados, além da equipe de campo da pesquisa, houve voluntários Potiguara para usar o Kobotoolbox no mapeamento de dados do território durante e pós-oficinas.

5ª etapa: sistematização dos pontos levantados durante a oficina, inserindo-os no QGIS.

6ª etapa: apresentação dos resultados e produtos da colaboração para validação/discussão com os participantes e demais interessados na pesquisa.

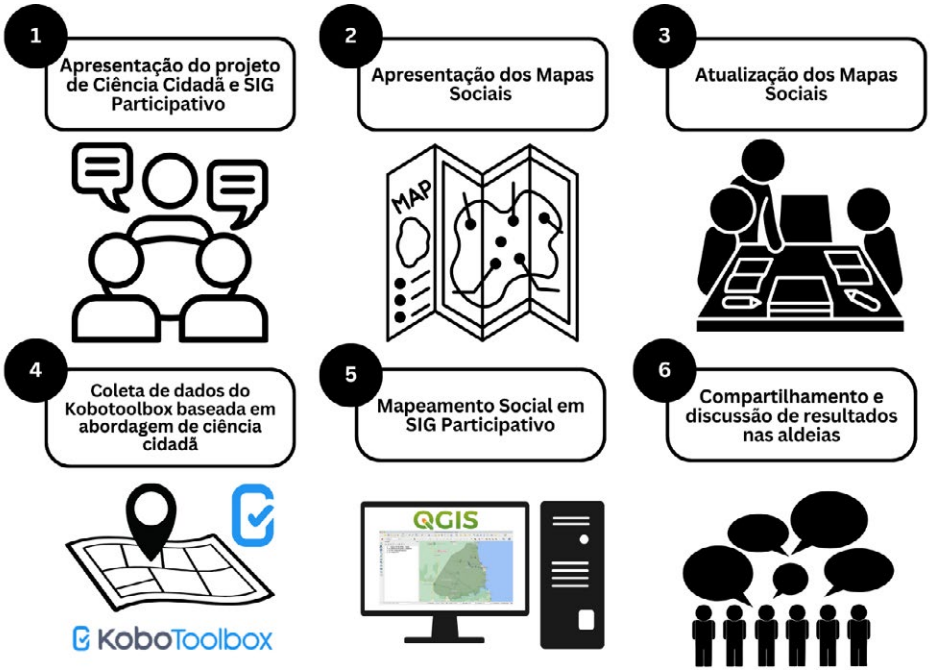


Figura 2 – Fluxograma das etapas da cartografia social e SIG participativo Potiguara

Fonte: Elaborado pela autora no programa Canva

Após reuniões para o alinhamento das oficinas com as lideranças e com os participantes do GIPCSA, foi aplicado o método de amostragem bola de neve *snowball sampling* (Goodman, 1961; Neuman, 2014) para alcançar participantes-chave para discutir a temática de mudanças climáticas e estratégias de adaptação. O contato com os participantes foi feito por meio do aplicativo de WhatsApp, onde foi compartilhado o cronograma e detalhes da oficina.

As oficinas nas aldeias Alto do Tambá, Tramataia e Camurupim ocorreram na data acordada com o cacique, com alguns imprevistos, mas ajustados de acordo com a agenda das lideranças e comunidades das aldeias. Em cada aldeia, foi selecionado um local para as oficinas, com o respectivo número de participantes (n): (1) Tramataia – Escola Municipal Cacique Iniguaçu (n=9); Camurupim – Escola Municipal Indígena Infantil Teodolino (n=8) e Alto do Tambá – Sede do projeto Águas Potiguara (n=12).

Cada oficina nas aldeias teve duração de 3h-4h e foi dividida em duas partes. Na primeira parte da oficina foi apresentado o mapa social e, no segundo momento, foi apresentado o mapa satélite impresso em tamanho A0, para que pudessem mostrar pontos na comunidade relacionados a questões culturais, sociais, ambientais e políticas.

A segunda parte da oficina era uma visita guiada e sobrevoo de drone nos pontos indicados pelos Potiguara para permitir que as informações, antes visualizadas apenas no mapa, pudessem ser identificadas no território para observação local e validação. Um drone da marca DJI mini 2 foi utilizado nas visitas guiadas para identificação de áreas relevantes apontadas pelos Potiguara. Oficinas de treinamento do formulário do Kobotoolbox foram realizadas em cada aldeia/comunidade, onde foram estabelecidas metas com cada liderança e comunidade para continuar a coleta de dados de ameaças, potencialidade e pontos críticos ou importantes para os Potiguara nas três aldeias.

A densidade Kernel foi aplicada para estimar o padrão da distribuição espacial dos pontos coletados em campo nas três aldeias Potiguara. A técnica de análise espacial é baseada na criação de superfícies de densidade, sendo usualmente apropriada para posições de dados individuais (Câmara; Carvalho,

2004). O método é estimado pela intensidade λ(s), onde s representa uma localização qualquer numa região R e si,...,sn são as localizações dos n eventos observados:

$$\lambda(s) = \frac{1}{\delta(s)} \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{\tau^2} k \left(\frac{(s - s_i}{\tau} \right)$$

O fator k é uma função de densidade bivariada selecionada (Kernel) e τ, o raio de influência.

Para espacializar os dados coletados em campo, foram realizados testes com diferentes distâncias, e considerou-se uma distância mínima entre os pontos de um raio de 1 quilômetro (τ = 1 km) para gerar a superfície de densidade espacial dos pontos.

3 RESULTADOS

3.1 A CARTOGRAFIA SOCIAL EM AMBIENTE SIG: O SIG PARTICIPATIVO (SIGP) NA TERRA INDÍGENA POTIGUARA NA PARAÍBA

Foi identificado o total de 68 pontos voltados para identificação do território Potiguara, sendo 25 pontos na aldeia Tramataia, 28 pontos na aldeia Camurupim, e 15 pontos na aldeia Alto do Tambá. A Figura 3 ilustra a localização e densidade dos pontos coletados, indicando que as aldeias Tramataia e Camurupim tiveram a maior quantidade de pontos coletados, e, apesar dos participantes da aldeia Camurupim terem identificado um número maior de pontos (28), os participantes da aldeia Tramataia concentraram seus pontos na área central da aldeia dando a ela um discreto destaque no mapa.

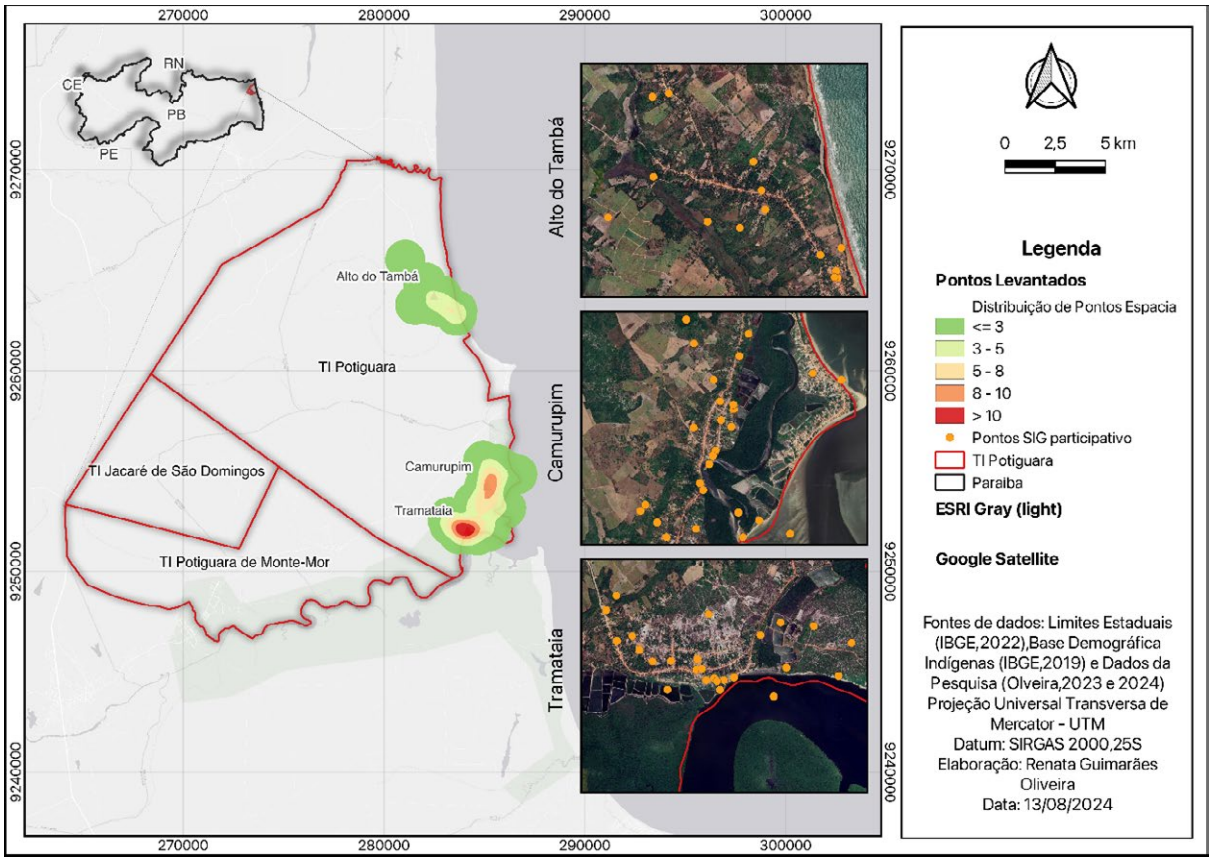


Figura 3 – Mapa de distribuição de densidade de Kernel espacializando os pontos identificados pelos Potiguara durante a oficina de Cartografia Social realizada nas aldeias Tramataia, Camurupim e Alto do Tambá em 2023 e 2024

Fonte: Dados da pesquisa, 2024

Quanto aos pontos no território, duas das três aldeias da pesquisa ressaltaram que o crescimento da população tem impactado a região, devido ao aumento da área ocupada por casas nas aldeias. O aumento das ocupações tem acarretado mudanças na cobertura/uso da terra, como perda de vegetação, que aumenta problemas de erosão do solo, além da ocupação em áreas úmidas, que têm aumentado a exposição/ameaça a inundações/alagamento, como o caso da "campina", indicada pelos Potiguara da aldeia Tramataia. Apenas na aldeia Alto do Tambá esse ponto não foi relatado, porém, houve menções à expansão territorial, tendo sua discussão em grupo voltada para se essas áreas seriam de extensão familiar ou poderiam considerá-la uma área invadida.

O desmatamento foi um dos aspectos mais citados durante as oficinas em todas as três aldeias, estando atrelado às discussões que envolvem a plantação de cana-de-açúcar nas aldeias, ocupando assim mais terras, bem como ao desmatamento de áreas que antes tinham árvores frutíferas como a mangabeira, que continham um contexto histórico/cultural para comunidade. Apenas na aldeia Tramataia houve relatos e identificação de áreas que estavam sendo reflorestadas.

Os aspectos culturais foram mapeados nas oficinas, e a casa de farinha foi um deles, pois a comunidade registrou a necessidade de reconstruir essa estrutura na aldeia, para apoiar em sua segurança alimentar, mas também para garantir a permanência/história da cultura Potiguara, uma vez que o local era usado como ponto de encontro de troca de conhecimentos associados aos costumes passados de geração em geração. A localização das ocas ainda foi mencionada por duas aldeias – Tramataia e Camurupim, sendo um local onde acontecem atividades e rituais culturais.

A localização das ocas ainda foi mencionada por duas aldeias – Tramataia e Camurupim, sendo um local onde acontecem atividades e rituais culturais.

Outros aspectos também foram relatados de acordo com cada aldeia e suas particularidades. Na aldeia Alto do Tambá, existe o beiju da Angelina, iguaria tradicional que tem sua importância cultural e turística para a aldeia, e a localização do Pátio de Gado, onde ocorrem vaquejadas, segundo relatos dos participantes da oficina. Já na aldeia Camurupim, existe o porto, como ponto importante de infraestrutura para o turismo de "experiência" na aldeia, e as cacimbas, utilizadas pelos Potiguara para o lazer (banho) e para consumo de água. As cacimbas são infraestruturas localizadas nas proximidades do rio ou de nascentes de água.

Na aldeia Tramataia foram relatados pontos já marcados nas outras aldeias, mas destacam-se a localização do posto de saúde e o quiosque, sendo este último trazido como ponto de importância turística, apesar de ter havido discussões sobre o local que envolveram questões quanto à poluição ambiental.



Foto (a) - Ameaça: Aumento de desmatamento por cana-de-açúcar próximo a aldeia Camurupim (2023)

Foto (b) - Ameaça: Assentamento urbano em área com risco de alagamento na aldeia Tramataia (2023)

Foto (c) - Potencialidade: escola com educação indígena e oca como espaço cultural Potiguara na aldeia Tramataia (2023)

Foto (d) -Recuperação do rio e suas margens pelo projeto Águas Potiguara na aldeia Alto do Tambá (2023)

Figura 4 – Sobrevoos de drone para identificação de locais histórico-culturais ou ameaças apontadas pelos Potiguara na visita guiada às aldeias

Fonte: Dados da pesquisa, 2024

3.2 POTENCIALIDADES E AMEAÇAS NAS ALDEIAS POTIGUARA

Durante as oficinas e após a identificação no mapa dos pontos importantes para os participantes, foram levantados os pontos de potencialidades (PP) e os pontos de ameaças (PA), sendo ao todo 10 PP e 17 PA conforme ilustrado na Figura 5.

Na aldeia Alto do Tambá, foram levantados três PP, entre eles está a nascente do Rio do Baixio ou Rio do Badalo, sendo o local escolhido pelos participantes para visualização dos pontos levantados no mapa. Em relação aos PA, foram identificados cinco pontos, sendo todos eles voltados para questões

ambientais, principalmente ao desmatamento. Na aldeia Camurupim, foram coletados cinco PP, entre eles estão a preservação da vegetação e o turismo de experiência. Em relação às ameaças (PA), nove foram identificados, destacando os viveiros de camarão, que representam forte atividade econômica na região, servindo como fonte de renda para algumas famílias/comunidades, mas também têm sido um vetor de pressão sobre os ecossistemas costeiros locais.

A aldeia Tramataia teve o menor número de pontos levantados, com dois de potencialidades (2 PP): a escola indígena, que fornece emprego para a comunidade, e promove atividades de educação ambiental, promovendo ações de limpeza do mangue ou rios. Por outro lado, as ameaças (PA) se relacionam com aumento de áreas de riscos de alagamento/inundação associado com o aumento de ocupações/moradias de forma desordenada e a poluição.

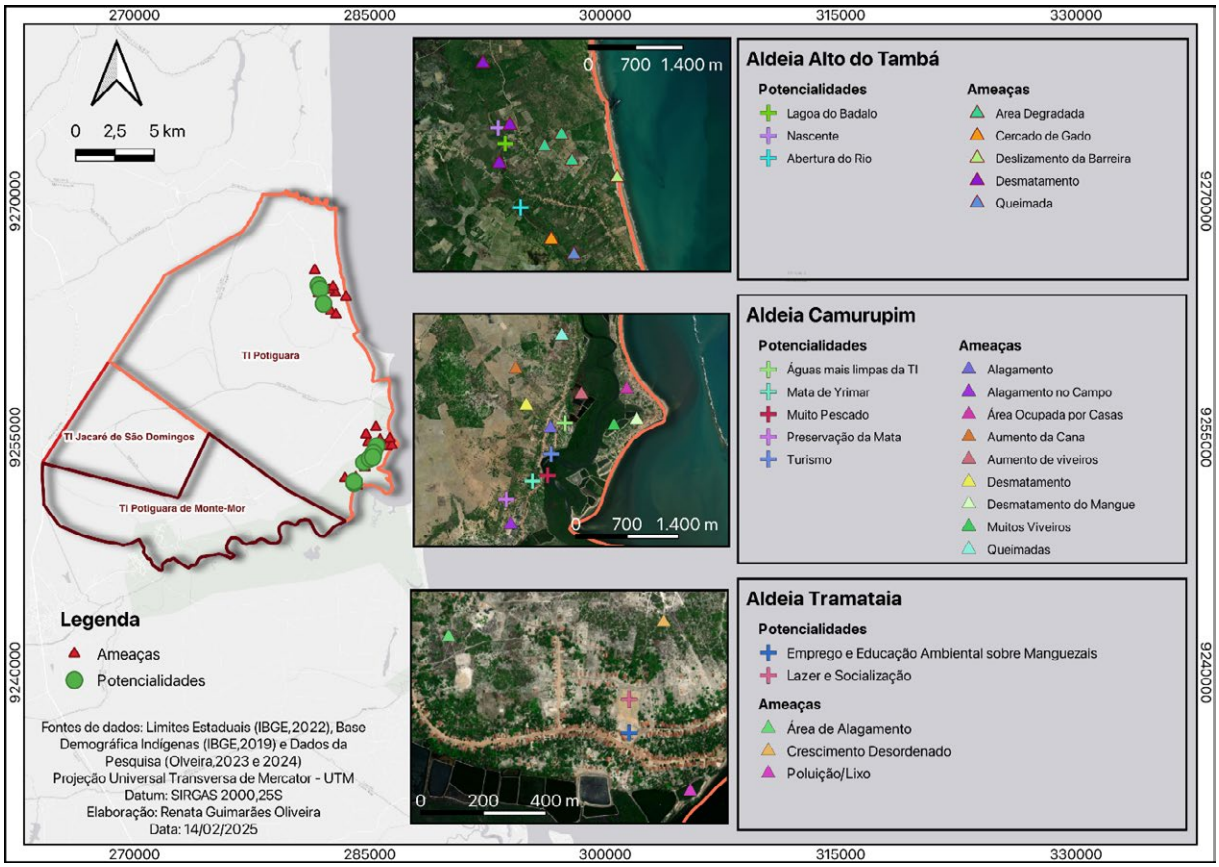


Figura 5 – Mapa com os pontos de ameaças e potencialidades identificados pelos Potiguara durante a oficina de Cartografia Social realizada nas aldeias Tramataia, Camurupim e Alto do Tambá

Fonte: Dados da pesquisa, 2024

4 DISCUSSÃO

4.1 SIGP EM TI POTIGUARA: ELEMENTOS-CHAVE PARA UM MAPEAMENTO PARTICIPATIVO

Os resultados apontam para o conhecimento dos Potiguara sobre as ameaças/potencialidades no seu território, além de destacar locais imprescindíveis para sua comunidade (ocas, casa de farinha e escola), corroborando estudos de diversos autores/pesquisadores na temática indígena Potiguara (Cardoso *et al.*, 2017; Costa *et al.*, 2022; Gonçalves, 2020; Gonçalves *et al.*, 2024; Palitot; Torres, 2022), indicando uma relação estreita dos Potiguara com o uso em seu território.

Por outro lado, o conhecimento e bem-viver dos Potiguara também é marcado por conflitos socioambientais históricos com a cana-de-açúcar no território, com recorrências de queimadas, desmatamentos e contaminação da terra e da água por agrotóxicos, apontados em observações dos Potiguara que atuaram na pesquisa. Esses conflitos acentuam a necessidade de demarcação e homologação como garantia de proteção de seu território ancestral (Costa *et al.*, 2020; Moonen, 2008; Palitot; Torres, 2022).

Nesse sentido, o uso da cartografia social para representação em mapas cartografados em ambiente SIG de forma participativa, o SIGp, pode servir de importante instrumento de luta e resistência dos Potiguara na formulação de políticas públicas como o Plano de Gestão Territorial Ambiental em Terras Indígenas. O PGTA em Terras Indígenas tem sido utilizado como um documento que formaliza o planejamento do uso do território, integrando aspectos culturais, ambientais e econômicos.

Por ser um método que visa fornecer meios e ferramentas para a comunidade se expressar e exigir seus direitos (Acselrad, 2013; Almeida, 2018; Davalos *et al.*, 2024; Silva; Gonçalves, 2019; Sombra *et al.*, 2022), o uso da cartografia social permitiu não somente captar os pontos físicos no território, mas também reivindicações de seus territórios e pontos culturais, mostrando que os elementos mapeados expressam também o que é ser Potiguara quando levantam pontos como a Casa de Farinha e ocas para descrever práticas e usos tradicionais.

Com base em elementos para uma boa governança da participação em um planejamento espacial/territorial (McCall; Dunn, 2012), tais como *legitimidade, equidade, respeito, competências e responsabilidade*, alguns elementos-chave para a aplicação do SIGp nas aldeias da Terra Indígena Potiguara, mas que se estende para contextos na América Latina e Caribe, países no Sul Global e seus delineamentos adaptados aos contextos locais (Auerbach *et al.*, 2019; Cunha *et al.*, 2017; Haklay *et al.*, 2021; Mikulewicz, 2020; Pereira *et al.*, 2023), destacamos:

(1) Ambiente de confiança – a confiança preestabelecida entre o grupo de pesquisa GIPCSA e alguns representantes Potiguara foi fundamental, uma vez que o grupo citado atua na comunidade desde 2018 buscando auxiliar no Plano de Gestão Territorial e Ambiental (PGTA) da TI. A iniciativa de se trabalhar com o PGTA na TI Potiguara se soma às poucas outras localizadas na Região Nordeste e, além de ter sua importância para comunidade, traz um fortalecimento para os indígenas dessa região, uma vez que poucas são as iniciativas estatais e não estatais voltadas para conservação de seus territórios ou seus direitos como indígenas (Andrade, 2019; Sampaio; Andrade, 2018).

Estudos em âmbito nacional e internacional apontam que os laços de confiança são fatores necessários para estudos com comunidades locais e tradicionais, considerando também diferentes níveis de participação na pesquisa (Albagli; Iwama, 2022; David-Chavez *et al.*, 2024; David-Chavez; Gavin, 2018; Lam *et al.*, 2020; McCall; Dunn, 2012; Reyes-García *et al.*, 2019). A criação de laços de confiança promoveu o senso de respeito e responsabilidade nas ações realizadas com a equipe de campo, como cuidados para encontrar agendas/horários com a comunidade, além de transparência com os acordos preestabelecidos.

(2) Respeito e reconhecimento do conhecimento local e tradicional no mapeamento participativo – há diversos estudos que apontam para a necessidade de reduzir assimetrias de poder no que diz respeito aos múltiplos sistemas de conhecimento (Hill *et al.*, 2020; Tengö *et al.*, 2017, 2021). Respeitar e reconhecer outras formas de conhecimento, como o conhecimento indígena Potiguara, foi uma premissa para garantir que seus costumes ancestrais e direitos da terra reivindicados apareçam representados nos mapas sociais.

Significa que, em processos de mapeamento participativo, é fundamental reconhecer que comunidades indígenas possuem seus próprios métodos de validação e regras sobre quem pode determinar que

tipos de conhecimento, onde e quando pode ser transmitido e como pode ser compartilhado (David-Chavez *et al.*, 2024; Hill *et al.*, 2020; Hudson *et al.*, 2023; Souza de Lima *et al.*, 2024).

Esta pesquisa, ainda em curso, buscou validar os mapas construídos em plenárias das oficinas quando apresentados os resultados com a comunidade. Todavia, um desafio foi estabelecer um protocolo/método de governança e soberania de dados em um período relativamente curto de pesquisa de mestrado de dois anos. Por essa razão, a pesquisa buscou se ancorar em iniciativas de médio e longo prazo, como o CoAdapta | Litoral, para dar continuidade com essas atividades de coconstrução de conhecimento, validação e autonomia das comunidades tradicionais (Albagli; Iwama, 2022; Iwama *et al.*, 2021, 2023; Pereira *et al.*, 2023).

(3) Dinamismo e escala espacial-temporal local – em 2018, a iniciativa apresentou os mapas previamente realizados de cartografia social pelo GIPCSA e revisitou para observar mudanças no território. Analisar a escala temporal foi fundamental para verificar mudanças como aumento de desmatamento pela cana-de-açúcar no território Potiguara. Por meio de análise de mudança de cobertura/uso da terra com imagens de satélite, Medeiros *et al.* (2023) observaram conflitos de uso da terra com essas áreas, crescimento das aldeias/pessoas e problemas com alagamento, além de ameaças como o aumento dos viveiros de camarão no território (Medeiros *et al.*, 2023).

Os viveiros de camarão, segundo diversos autores, foram introduzidos no contexto das atividades econômicas na região do estuário no final da década de 1990. Algumas famílias Potiguara foram beneficiadas com a construção de viveiros de camarão em áreas de manguezal, com financiamento de agências multilaterais como o Banco Mundial, por meio de projeto coordenado pelo governo da Paraíba (Cardoso; Guimarães, 2012; Costa *et al.*, 2020; Sampaio; Andrade, 2018).

Se, por um lado, os viveiros de camarão nas aldeias Tramataia/Camurupim Potiguara têm contribuído para a intensificação dos impactos como degradação ambiental e poluição das águas com a carcinicultura sobre uma área de manguezal e apicum (Medeiros *et al.*, 2023), por outro, há aspectos que necessitam de novos arranjos institucionais e espaços para criar formas de organização para essa atividade produtiva. Há relatos e estudos que apontam que *"antes tinha camarão, agora não tem mais"* [Secretaria do Patrimônio da União – SPU, em 2018], por conta de degradação ambiental e poluição hídrica (Cardoso; Guimarães, 2012; Costa *et al.*, 2020, 2022).

Sampaio e Andrade (2018) propõem que, para minimizar os impactos da carcinicultura do povo Potiguara, é necessário que haja acompanhamento técnico e monitoramento realizado entre a gestão das áreas protegidas — a Área de Proteção Ambiental (APA) da Barra do Rio Mamanguape e a Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) de Manguezais da Foz do Rio Mamanguape — conjuntamente com os Potiguara. Portanto, novos arranjos para atividades conflitantes no território necessitam elucidar a questão de uso coletivo *versus* privado em áreas importantes e ameaçadas como os manguezais, onde se preconiza o caráter coletivo em Terras Indígenas, e não de uso exclusivo.

O uso dos aplicativos georreferenciados em telefones celulares junto com drones foi importante para visualizar o território em diferentes escalas espaciais, permitindo dinamismo e novas formas de visualização de ameaças/potencialidades em áreas mais remotas ou que permitam visualizar o território de forma mais ampla para uma melhor compreensão dos processos sociais e das transformações ambientais.

(4) Empoderamento com uso de geotecnologias – McCall e Dunn (2012) argumentam que uma boa governança e o envolvimento cidadão em planejamento participativo do território devem ter uma participação ampla e continuada, na qual número e frequência de participação e tipos de engajamento são fundamentais. O uso do formulário georreferenciado no Kobotoolbox permitiu ampliar a coleta de dados de forma mais rápida e melhorar a sistematização de dados em planilhas geradas pós-coleta. Todavia, esta pesquisa limitou-se ao uso desses formulários georreferenciados pela pesquisadora

principal e pessoas da equipe de campo, pois encontrou dificuldades de ampliar o uso com a comunidade Potiguara, ou por falta de interesse, ou por falta de conhecimento/tempo para preparar/capacitar os grupos.

Alguns aspectos importantes para que haja um empoderamento e autonomia de uso da aplicação são: (i) haver demandas que fazem sentido à comunidade indígena, isto é, legitimidade da comunidade indígena (David-Chavez *et al.*, 2024; Hill *et al.*, 2020; McCall; Dunn, 2012; Tengö *et al.*, 2021), na qual uma pergunta de pesquisa/científica deve/pode estar atrelada a uma demanda local. Os conflitos e reivindicação da terra são temas nevrálgicos, e o uso dessas geotecnologias pode beneficiar suas ações – no final de 2024 foi homologada a TI Potiguara de Monte-Mor pelo Decreto n° 12.288/2024 (Brasil, 2024), depois de anos de luta para reconhecer legalmente o direito ancestral dos Potiguara; (ii) estudos de média e longa duração, e financiamento para execução da pesquisa. No âmbito de um programa de mestrado, a pesquisa não teve orçamento e condições de ampliar os treinamentos/capacitação do uso de geotecnologias, embora tenha sido estimulado com os participantes em oficinas pontuais. Construir agendas comuns com movimentos sociais, como o projeto Águas Potiguara [https://www.instagram.com/aguaspotiguara/], Anama [https://www.instagram.com/anama.potiguara/] — fortalecendo juventude e lideranças Potiguara, e articulação com escolas em parceria com a Fundação Nacional de Povos Indígenas (Funai), com maior tempo de capacitação e formação para uso de aplicativos e plataformas de geovisualização, são estratégias para oferecer espaços de maior autonomia e empoderamento dos Potiguara com as geotecnologias (David-Chavez *et al.*, 2024; Kohsaka; Rogel, 2019; McCall; Dunn, 2012; Silva; Gonçalves, 2019).

(5) Intergeracionalidade – nas oficinas de cartografia social e uso de aplicativos georreferenciados (Kobotoolbox), houve participação de um movimento de jovens protagonistas Potiguara, além de lideranças jovens, e anciãos/anciães Potiguara. O encontro intergeracional da comunidade permitiu uma troca de aprendizados dos mais jovens e participantes sobre uso do território, contada pelas histórias/relatos dos mais antigos, e, por outro lado, os jovens protagonizaram sua participação indicando locais de ameaça/potencialidades no contexto da narrativa sobre a autonomia e proteção histórico-cultural dos Potiguara.

Encontros intergeracionais podem promover intercâmbios e troca de saberes importantes para o fortalecimento e coesão da comunidade, com abordagens participativas, como histórias orais, grupos focais, ou modelos de representação de mapas tridimensionais (Albagli; Iwama, 2022; Marchezini *et al.*, 2017; Trejo-Rangel *et al.*, 2021), além de dar oportunidade para que diversos campos do conhecimento possam ser compartilhados/aprendidos.

4.2 CIÊNCIA CIDADÃ E SIGP EM TI POTIGUARA: DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA O PLANO DE GESTÃO AMBIENTAL EM TERRAS INDÍGENAS

Dada a importância de implementação do PGTA em Terras Indígenas para o planejamento sustentável no território, uma das necessidades para apoiar o PGTA em TI foi atualizar os mapas sociais elaborados a partir de experiências anteriores com o GIPCSA/UFPB que se encontravam no formato analógico (papel). Essa necessidade vem da importância de representação cartográfica do território, a partir da leitura comunitária. O SIG participativo revelou um caminho para que a atualização dos mapas analógicos fosse viável com envolvimento ativo dos Potiguara a partir do uso de geotecnologias. Portanto, a abordagem do uso do SIG participativo com uma ciência cidadã engajada com os povos indígenas, mostrou-se promissora e com potencial para envolver mais comunidades e aldeias.

O desafio foi e continua sendo manter o engajamento social por período de média e longa duração com os participantes com maior autonomia e protagonismo para continuar o monitoramento/observação. A pesquisa de mestrado, ainda que tivesse apoio de um programa de pós-graduação para atividades de campo, e estivesse amparada com projetos de pesquisa como o CoAdapta | Litoral (Albagli; Iwama,

2022; Iwama *et al.*, 2023; Pereira *et al.*, 2023), precisou de mais financiamento e tempo de execução para realizar mais oficinas e atividades de campo para a formação/capacitação dos participantes no aprendizado do SIG e de geotecnologias.

Buscar estratégias de cofinanciamento para formações continuadas é desejável e necessário para garantir às comunidades acesso a um aprendizado qualificado – orientado a interesses ou temas localmente relevantes e com aplicação prática – com uso de geotecnologias, reconhecendo sua importância para incorporar/complementar com os conhecimentos locais, de maneira a expressar e reivindicar seus direitos pelo território (Cardoso *et al.*, 2017). Para dar viabilidade de acesso a geotecnologias, alguns aspectos são importantes para aprimorar as pesquisas na temática de ciência cidadã com povos e comunidades tradicionais: (1) legitimidade e identidade (David-Chavez *et al.*, 2024; Hill *et al.*, 2020; McCall; Dunn, 2012; Tengö *et al.*, 2021) do Potiguara, já mencionado anteriormente. Estudos mostram que as comunidades locais ou indígenas, quando colocam suas demandas para prática de uma ciência que busca resolvê-las, aumenta o potencial de permanecer a ação no tempo e espaço; (2) permanência ou atuação próxima entre pesquisadores/comunidades, com transparência e explicação sobre os acordos, e planejamento da pesquisa e ação (Haklay *et al.*, 2021; Hill *et al.*, 2020; Reyes-García *et al.*, 2019), bem como produtos "entregáveis" e que sejam direcionados a atender às demandas locais – como cartilhas/guias ou vídeos sobre o território Potiguara.

O caminho para superar/reduzir essas dificuldades pode ser a inclusão de uma pessoa ou um grupo no território de que seja o ponto-focal de conhecimento local (detentores do conhecimento) – tradução aproximada de *knowledge-holders* (Orlove *et al.*, 2023; Reyes-García, 2023; Reyes-García *et al.*, 2019), para viabilizar e multiplicar a ação, e equilibrar possíveis assimetrias de poder e injustiças sociais (Acselrad, 2013; Brugnach *et al.*, 2017; Chambers, 2006). Buscou-se alcançar lideranças Potiguara que têm sua maior autonomia de decisão sobre as aldeias, mas também pessoas mais antigas e jovens lideranças, mas a limitação de tempo para dar voz e entendimento aos processos exigiu um tempo de médio-longo prazo, que deve ocorrer na continuidade da pesquisa.

O empoderamento no uso de geotecnologias pode facilitar e aumentar a participação e elaboração de projetos de pesquisa em ciência cidadã, bem como promover a autonomia para realizar e buscar parcerias para essa efetivação (Haklay, 2013; Haklay *et al.*, 2021; McCall; Dunn, 2012). A pesquisa foi idealizada inicialmente considerando a capacitação da comunidade Potiguara não só para a coleta das informações, mas também para manuseio do SIG e elaboração dos mapas, fazendo com que a pesquisa se enquadre no nível de participação e envolvimento em projetos de ciência cidadã, como trazido por Haklay (2013).

O trabalho em conjunto com as comunidades tradicionais requer tempo para o estabelecimento de vínculo entre os envolvidos na pesquisa. Esse tempo de convivência também permite fomentar e instigar a comunidade tradicional, nesse caso os Indígenas Potiguara, a assumir pesquisas em prol dos seus "parentes" e do seu território. A coparticipação e a autonomia têm sido e devem ser discutidas cada vez mais em pesquisas sobre os mais diversos temas que envolvem o conhecimento tradicional, buscando evidenciar a necessidade da soberania e governança dos dados coletados, com e/ou sobre as comunidades tradicionais, a fim de que possam usufruir mais dos benefícios advindos da pesquisa (Hill *et al.*, 2020; Reyes-García, 2023; Williamson *et al.*, 2023).

Apesar dos desafios, trilhar esses caminhos para abertura de novos arranjos, mobilizações e relações para uma coconstrução de conhecimento exige aplicação do lema "nada sobre nós, sem nós" (Albert *et al.*, 2023), tal como considerar os grupos participantes como pesquisadores comunitários, mas também coautores dos produtos/materiais, é condição *sine qua non* em projetos que envolvam ciência cidadã com povos e comunidades tradicionais.

Outro mecanismo importante para manejar os desafios encontrados na pesquisa é realizar a cocriação de protocolos de consulta livre prévio informado – conforme preconiza a Organização Internacional

do Trabalho com a OIT 169 – , atrelados a orientações com as comunidades envolvidas para coleta, armazenamento e uso dos dados, de forma a lhes garantir o benefício coletivo, autonomia, ética e responsabilidade, buscando formalizar protocolos de governança e soberania de dados (Hudson *et al.*, 2023; Reyes-García *et al.*, 2022; Wilks *et al.*, 2018; Williamson *et al.*, 2023).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar dos desafios relacionados à qualidade dos mapas sociais e logística de deslocamento entre algumas aldeias, o método de acoplamento da abordagem de ciência cidadã com uso da cartografia social e SIG participativo mostrou potencial para identificar elementos sociais, históricos, culturais e turísticos nas aldeias Potiguara analisadas. Por outro lado, também destacou ameaças associadas ao crescimento da população e à expansão de ocupações/moradias, amplificando problemas associados à construção de residências em áreas de risco de alagamento e inundação, ou perda de vegetação.

A estratégia de ciência cidadã, baseada na cartografia social e no SIG participativo, permitiu integração entre a equipe de pesquisa e a comunidade Potiguara envolvida no estudo. Buscando posicionar as comunidades como protagonistas do mapeamento de seus territórios, essa abordagem permitiu sistematizar os elementos identificados pelo grupo de pesquisa GIPCSA nos anos 2018 e 2019, além de atualizar aspectos histórico-culturais e as mudanças ambientais observadas nas oficinas realizadas nas aldeias entre 2022-2023.

Esta pesquisa apoiou a sistematização de aspectos identificados pelos Potiguara, como mudanças/impactos na paisagem e elementos culturais, em um processo de colaboração conjunta com os pesquisadores e comunidade local. Esse método mostrou-se de potencial aplicação para auxiliar na elaboração do Plano de Gestão Territorial Ambiental (PGTA) para a Terra Indígena Potiguara, ampliando a coleta de dados associados ao território com envolvimento da comunidade.

As escolas foram apontadas como espaços estratégicos para fortalecer a cultura Potiguara e promover ações de educação ambiental que precisam ser ampliadas no território. Todas as aldeias participantes também destacaram a importância de proteger os recursos naturais para garantir a segurança alimentar e o bem-estar local, além do potencial do turismo de base comunitária. Essas iniciativas representam oportunidades de fortalecimento comunitário, desde que haja uma governança territorial que auxilie, por exemplo, a reduzir o “turismo em massa” para assegurar uma autogestão da comunidade Potiguara.

Apesar dos desafios relacionados ao tempo de execução da pesquisa *versus* tempo de assimilação da comunidade sobre uso de geotecnologias, a aplicação da abordagem da ciência cidadã acoplada a metodologias participativas tem potencial para ampliar a coleta de dados e deve ser acompanhada de protocolos que garantam a soberania de dados de povos e comunidades tradicionais. Projetos/pesquisas futuras neste tema exigem a construção de agendas comuns entre todos os agentes atuantes no território e escolas parceiras, em busca de capacitações e formações que venham auxiliar os Potiguara na luta e resistência pela governança e gestão do seu território.

Esses direcionamentos são elementos-chave para pesquisas futuras envolvendo ciência cidadã e povos e comunidades tradicionais, em confluência aos apontamentos de estudiosos da ciência indígena e de povos tradicionais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) o apoio financeiro concedido através da bolsa de estudos (processo nº 88887.671658/2022-00) e o apoio do Projeto Universal CNPq “Construindo Mapas Sociais: Subsídios para a elaboração do Plano de Gestão

Territorial e Ambiental Potiguara" (processo nº 402856/2023-6). Ao apoio da ação de extensão (Probex/UFPB PJ770-2022), com especial agradecimento à equipe de campo: J. R. H. Garcia; E. Rodrigues Neta; J. O. Braga; F.S. Moura; A. F. F. Ramalho; P. L. M. Cruz e pesquisadoras(es) colaboradoras(es) I. M. Costa; M. O. Andrade; I. Eyzaguirre; Y. D. Ferreira; M. E. M. Torres; F. Araos; E. Gallo; G. E. C. Miranda; S. Sulaiman. Aos caciques das aldeias, Cacique Elias de Lima, Cacique Ismael Alfredo, Cacique Clovis, aos movimentos sociais que apoiaram a pesquisa, como Águas Potiguara e Anama, e a todos os Potiguara que participaram da pesquisa. Ao Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Cultura, Sociedade e Ambiente (GIPCSA). Ao Fórum de Comunidades Tradicionais de Angra dos Reis, Paraty e Ubatuba (FCT) e Observatório Territórios Sustentáveis e Saudáveis da Bocaina (OTSS)/Fiocruz.

DECLARAÇÃO SOBRE O USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Os autores utilizaram a ferramenta ChatGPT, versão 5.1, OpenAI exclusivamente para edição linguística e aprimoramento estilístico. Todo o conteúdo científico, análise e contribuição intelectual foram desenvolvidos e verificados pelos autores, que assumem total responsabilidade pela precisão e integridade do manuscrito.

REFERÊNCIAS

ACSELRAD, H. **Cartografia social, terra e território**. IPPUR/UFRJ, 2013.

ACSELRAD, H. O "social" nas mudanças climáticas. **Liinc em Revista**, v. 18, n. 1, e5930, 2022. Available at: https://doi.org/10.18617/liinc.v18i1.5930

ALBAGLI, S.; IWAMA, A. Y. Citizen science and the right to research: building local knowledge of climate change impacts. **Humanities and Social Sciences Communications**, v. 9, n. 1, Artigo 1. 2022. Available at: https://doi.org/10.1057/s41599-022-01040-8

ALBAGLI, S.; MACIEL, M. L.; ABDO, A. H. **Open Science, open issues**. Available at: https://livroaberto.ibict.br/handle/1/1061, 2015.

ALBERT, A.; HAKLAY, M.; MOUSTARD, F.; HECKER, S.; GRESHAKE TZOVARAS, B.; CHANG, M.; LINDNER, A. B. The transdisciplinary potential of citizen science. *In*: LAWRENCE, R. (Org.), **Handbook of Transdisciplinarity**: global perspectives, p. 197–213, 2023. Edward Elgar Publishing. Available at: https://doi.org/10.4337/9781802207835.00021

ALBERT, A.; ISLAM, S.; HAKLAY, M.; MCEACHAN, R. R. C. Nothing about us without us: a co-production strategy for communities, researchers and stakeholders to identify ways of improving health and reducing inequalities. **Health Expectations**, v. 26, n. 2, p. 836–846, 2023. Available at: https://doi.org/10.1111/hex.13709

ALMEIDA, A. W. B. de. Mapas e museus: uma nova cartografia social. **Ciência e Cultura**, v. 70, n. 4, p. 58–61, 2018. Available at: https://doi.org/10.21800/2317-66602018000400016

ALONSO-YANEZ, G.; HOUSE-PETERS, L.; GARCIA-CARTAGENA, M.; BONELLI, S.; LORENZO-ARANA, I.; OHIRA, M. Mobilizing transdisciplinary collaborations: collective reflections on de centering academia in knowledge production. **Global Sustainability**, n. 2, e5, 2019. Available at: https://doi.org/10.1017/sus.2019.2

ANDRADE, L. E. A. D. Povos indígenas, mapeamentos participativos e política de gestão territorial: o caso do semiárido brasileiro. Vivência: **Revista de Antropologia**, v. 1, n. 52, 2019. Available at: https://doi.org/10.21680/2238-6009.2018v1n52ID13915

APPADURAI, A. The right to research. **Globalisation, Societies and Education**, v. 4, n. 2, p. 167–177, 2006. Available at: https://doi.org/10.1080/14767720600750696

AUERBACH, J.; BARTHELMESS, E. L.; CAVALIER, D.; COOPER, C. B.; FENYK, H.; HAKLAY, M.; HULBERT, J. M.; KYBA, C. C. M.; LARSON, L. R.; LEWANDOWSKI, E.; SHANLEY, L. The problem with delineating narrow criteria for citizen science. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 116, n. 31, p. 15336–15337, 2019. Available at: https://doi.org/10.1073/pnas.1909278116

BONNEY, R.; COOPER, C. B.; DICKINSON, J.; KELLING, S.; PHILLIPS, T.; ROSENBERG, K. V.; SHIRK, J. Citizen Science: a developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. **BioScience**, v. 59, n. 11, p. 977–984, 2009. Available at: https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9

BRASIL. Decreto no 12.288, de 4 de dezembro de 2024. **Homologa a demarcação administrativa da terra indígena Potiguara de Monte-Mor, localizada nos Municípios de Rio Tinto e de Marcação, Estado da Paraíba**. 2024.

BRONDIZIO, E. S.; O'BRIEN, K.; BAI, X.; BIERMANN, F.; STEFFEN, W.; BERKHOUT, F.; CUDENNEC, C.; LEMOS, M. C.; WOLFE, A.; PALMA-OLIVEIRA, J.; CHEN, C.-T. A. Re-conceptualizing the Anthropocene: a call for collaboration. **Global Environmental Change**, v. 39, p. 318–327, 2016. Available at: https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.02.006

BRUGNACH, M.; CRAPS, M.; DEWULF, A. Including indigenous peoples in climate change mitigation: addressing issues of scale, knowledge and power. **Climatic Change**, v. 140, n. 1, p. 19–32, 2017. Available at: https://doi.org/10.1007/s10584-014-1280-3

CÂMARA, G.; CARVALHO, M. S. Análise de Eventos Pontuais. *In*: **Análise espacial de dados geográficos**. Embrapa. 2004. Available at: http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/

CARDOSO, T. M.; BULBARELLI PARRA, L.; FRÓES MORDECIN, I. Mapas em movimento: os (des)caminhos de uma prática cartográfica junto aos Potiguara. **Espaço Ameríndio**, v. 11, n. 2, p. 71, 2017. Available at: https://doi.org/10.22456/1982-6524.74228

CARDOSO, T. M.; GUIMARÃES, G. C. **Etnomapeamento dos Potiguara da Paraíba**. Funai/CGMT/CGETNO/CGGAM. 2012. Available at: https://www.ufpb.br/portalpotiguara/livros-2/etnomapeamento-dos-potiguara-da-paraiba/

CHAMBERS, R. Participatory Mapping and Geographic Information Systems: Whose Map? Who is Empowered and Who Disempowered? Who Gains and Who Loses? **The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries**, v. 25, n. 1, p. 1–11, 2006. Available at: https://doi.org/10.1002/j.1681-4835.2006.tb00163.x

CHARI, R.; BLUMENTHAL, M.; MATTHEWS, L. **Community Citizen Science**: from promise to action. RAND Corporation. 2019. Available at: https://doi.org/10.7249/RR2763

CONNORS, J. P.; LEI, S.; KELLY, M. Citizen Science in the Age of Neogeography: utilizing volunteered geographic information for environmental monitoring. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 102, n. 6, p. 1267–1289, 2012. Available at: https://doi.org/10.1080/00045608.2011.627058

COSTA, I. M.; ANDRADE, M. A.; GONÇALVES, A. F. Conflictos socioambientales en áreas de conservación y tierras indígenas en el Nordeste brasileño: racionalidades confrontadas. **Conflictos socioambientales en áreas de conservación y tierras indígenas en el Nordeste brasileño**: racionalidades confrontadas, v. 70, p. 60–75, 2022.

COSTA, I. M.; DE ANDRADE, M. O.; GONÇALVES, A. F.; MARTINEZ-TORRES, M. E. Terra indígena em disputa: a reterritorialização dos Potiguara na terra indígena Potiguara Montemor/Paraíba/Brasil. **Cadernos de Estudos Sociais**, v. 35, n. 2, 2020. Available at: https://doi.org/10.33148/CES2595-4091v.35n.220201893

CUNHA, D. G. F.; MARQUES, J. F.; RESENDE, J. C. D.; FALCO, P. B. D.; SOUZA, C. M. D.; LOISELLE, S. A. Citizen science participation in research in the environmental sciences: key factors related to projects' success and longevity. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 3, suppl, p. 2229–2245, 2017. Available at: https://doi.org/10.1590/0001-3765201720160548

DAVALOS, N. B.; OLIVEIRA, E. S.; SANTOS, R.; SATYR, G.; JEAN, W.; BROWN, P. R. A.; DALBONI, J.; NOGUEIRA, D. A Cartografia Social como caminho para a transdisciplinaridade dentro do aspecto socioambiental da abordagem NEXUS+: um estudo de caso no Assentamento Jacaré-Curituba, Brasil. **Sustainability in Debate**, v. 15, n. 3, p. 278–318, 2024. Available at: https://doi.org/10.18472/SustDeb.v15n3.2024.53909

DAVID-CHAVEZ, D.; GAVIN, M. C. A global assessment of Indigenous community engagement in climate research. **Environmental Research Letters**, v. 13, n. 12, p. 123005. 2018. Available at: https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaf300

DAVID-CHAVEZ, D.; GAVIN, M.; ORTIZ, N.; VALDEZ, S.; CARROLL, S. A values-centered relational science model: supporting Indigenous rights and reconciliation in research. **Ecology and Society**, v. 29, n. 2, art11, 2024. Available at:

FERREIRA, M. V.; LEITE, M. E.; NEVES, S. L. S. Nova Cartografia Social e Geotecnologias aplicadas à gestão territorial de comunidades tradicionais. **Caderno de Geografia**, v. 31, n. 65, p. 613, 2021. Available at: https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2021v31n65p613

FRAISL, D.; HAKLAY, M.; HAGER, G.; WEHN, U.; SEE, L.; HECKER, S.; TZOVARAS, B. G.; GOLD, M.; CECCARONI, L.; KIESLINGER, B.; WOODS, S.; NOLD, C.; BALÁZS, B.; MAZZONETTO, M.; RUEFENACHT, S.; SHANLEY, L. A.; MOTION, A.; SFORZI, A.; DÖRLER, D.; MAČIULIENĖ, M. Delineating the contours of citizen science: development of the ECSA characteristics of citizen science. **Open Research Europe**, v. 5, p. 128, 2025. Available at: https://doi.org/10.12688/openreseurope.19411.1

GONÇALVES, A. F. Mapas Sociais: subsídios para a elaboração do Plano de Gestão territorial e ambiental potiguara. **Revista Brasileira de História & Ciências Sociais**, v. 12, n. 23, p. 104–127, 2020. Available at: https://doi.org/10.14295/rbhcs.v12i23.11226

GONÇALVES, A. F. Diálogos de saberes: Em direção ao PGTA Potiguara? Entrevista com Tuxaua Nathan Galdino Potiguara. **Política & Trabalho - Revista de Ciências Sociais**, v. 59, p. 250–261, 2023.

GONÇALVES, A. F.; RAMALHO, A. F. D. F.; GARCIA, J. R. H. Mapas Sociais. Subsídios para a Elaboração do Plano de Gestão Territorial e Ambiental Potiguara: Aldeia Laranjeira. **Revista Habitus - Revista do Instituto Goiano de Pré-História e Antropologia**, v. 22, n, 1, p. 33–48, 2024. Available at: https://doi.org/10.18224/hab.v22i1.14201

GOODCHILD, M. F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. **GeoJournal**, v. 69, n. 4, p. 211–221, 2007. Available at: https://doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y

GOODMAN, L. A. Snowball Sampling. **The Annals of Mathematical Statistics**, v. 32, n. 1, p. 148–170, 1961. Available at: http://www.jstor.org/stable/2237615

HAKLAY, M. Citizen Science and Volunteered Geographic Information: overview and typology of participation. In: SUI, D.; ELWOOD, S.; GOODCHILD, M. (Org.). **Crowdsourcing Geographic Knowledge**, p. 105–122, 2013. Springer Netherlands. Available at: https://doi.org/10.1007/978-94-007-4587-2_7

HAKLAY, M.; FRAISL, D.; GRESHAKE TZOVARAS, B.; HECKER, S.; GOLD, M.; HAGER, G.; CECCARONI, L.; KIESLINGER, B.; WEHN, U.; WOODS, S.; NOLD, C.; BALÁZS, B.; MAZZONETTO, M.; RUEFENACHT, S.; SHANLEY, L. A.; WAGENKNECHT, K.; MOTION, A.; SFORZI, A.; RIEMENSCHNEIDER, D.; OHLAND, K. Contours of citizen science: a vignette study. **Royal Society Open Science**, v. 8, n. 8, 202108, 2021. Available at: https://doi.org/10.1098/rsos.202108

HILL, R.; ADEM, Ç.; ALANGUI, W. V.; MOLNÁR, Z.; AUMEERUDDY-THOMAS, Y.; BRIDGEWATER, P.; TENGÖ, M.; THAMAN, R.; ADOU YAO, C. Y.; BERKES, F.; CARINO, J.; CARNEIRO DA CUNHA, M.; DIAW, M. C.; DÍAZ, S.; FIGUEROA, V. E.; FISHER, J.; HARDISON, P.; ICHIKAWA, K.; KARIUKI, P.; XUE, D. Working with Indigenous, local and scientific knowledge in assessments of nature and nature's linkages with people. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 43, p. 8–20, 2020. Available at: https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.12.006

HUDSON, M.; CARROLL, S. R.; ANDERSON, J.; BLACKWATER, D.; CORDOVA-MARKS, F. M.; CUMMINS, J.; DAVID-CHAVEZ, D.; FERNANDEZ, A.; GARBA, I.; HIRALDO, D.; JÄGER, M. B.; JENNINGS, L. L.; MARTINEZ, A.; STERLING, R.; WALKER, J. D.; ROWE, R. K. Indigenous Peoples' Rights in Data: a contribution toward Indigenous Research Sovereignty. **Frontiers in Research Metrics and Analytics**, v. 8, p. 1173805, 2023. Available at: https://doi.org/10.3389/frma.2023.1173805

IRWIN, A. **Citizen Science**: a study of people, expertise and sustainable devel-opment V. 1st ed. Routledge. 1995.

IRWIN, A. **Citizen Science**: a study of people, expertise and sustainable development (0 ed.). Routledge. 2002. Available at: https://doi.org/10.4324/9780203202395

IWAMA, A. Y.; ARAOS, F.; ANBLEYTH-EVANS, J.; MARCHEZINI, V.; RUIZ-LUNA, A.; THER-RÍOS, F.; BACIGALUPE, G.; PERKINS, P. E. Multiple knowledge systems and participatory actions in slow-onset effects of climate change: insights and perspectives in Latin America and the Caribbean. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, n. 50, p. 31–42, 2021. Available at: https://doi.org/10.1016/j.cosust.2021.01.010

IWAMA, A. Y.; BRAÑAS, F.; NÚÑEZ, D.; COLLAO, D.; SOLEYMANI-FARD, R.; LANYON, C.; TOFIGHI-NIAKI, A.; BENYEI, P.; SILVA, L.; PEREIRA, R. D.; THER-RÍOS, F.; ALBAGLI, S. Integrating Citizen Science Observations in Climate Mapping: lessons from coastal-zone geovisualization in Chilean Patagonia and the Brazilian Southeast. In: PERKINS, P. E. (Ed.), **Climate justice and participatory research**: building climate-resilient commons. University of Calgary Press. 2023. Available at: https://doi.org/10.2307/jj.4845586

KOHSAKA, R.; ROGEL, M. Traditional and Local Knowledge for Sustainable Development: empowering the indigenous and local communities of the world. *In*: LEAL FILHO, W.; AZUL, A. M.; BRANDLI, L.; ÖZUYAR, P. G.; WALL, T. (Org.). **Partnerships for the Goals**, p. 1–13, 2019. Springer International Publishing. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-71067-9_17-1

KOPENAWA, D. **A queda do céu**. Companhia das Letras. 2015.

KRENAK, A. **Futuro ancestral**. (1a ed.). Companhia das Letras. 2022.

LAM, D. P. M.; HINZ, E.; LANG, D. J.; TENGÖ, M.; WEHRDEN, H. VON; MARTÍN-LÓPEZ, B. Indigenous and local knowledge in sustainability transformations research: a literature review. **Ecology and Society**, v. 25, n. 1, art3. 2020. Available at: https://doi.org/10.5751/ES-11305-250103

MALAKAR, K. D.; ROY, S. Understanding of Participatory GIS: concepts and techniques. In: MALAKAR, R. D.; ROY, S. **Mapping Geospatial Citizenship**, p. 19–35. Springer Nature Switzerland. 2024. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-031-63107-8_2

MARCHEZINI, V.; IWAMA, A. Y.; ANDRADE, M. R. M.; TRAJBER, R.; ROCHA, I.; OLIVATO, D. Geotecnologias para prevenção de riscos de desastres: usos e potencialidades dos mapeamentos participativos. **RBC - Revista Brasileira de Cartografia**, p. 107–128, 2017.

MCCALL, M. K.; DUNN, C. E. Geo-information tools for participatory spatial planning: fulfilling the criteria for 'good' governance? **Geoforum**, v. 43, n. 1, p. 81–94, 2012. Available at: https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2011.07.007

MEDEIROS, I. S.; SANTOS, S. S.; REBELO, V. A.; ALMEIDA, I. C.; VELOSO, T. M. G.; ALMEIDA, N. V.; BORGES, J. C. G. Effectiveness of Federal Protected Areas in the Preservation of Mangrove Forests on the Coast of the State of Paraíba, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 95, n. 1, p. e20211079. 2023. Available at: https://doi.org/10.1590/0001-3765202320211079

MIKULEWICZ, M. The Discursive Politics of Adaptation to Climate Change. **Annals of the American Association of Geographers**, p. 1–24, 2020. Available at: https://doi.org/10.1080/24694452.2020.1736981

MOALLEMI, E. A.; ZARE, F.; HEBINCK, A.; SZETEY, K.; MOLINA-PEREZ, E.; ZYNGIER, R. L.; HADJIKAKOU, M.; KWAKKEL, J.; HAASNOOT, M.; MILLER, K. K.; GROVES, D. G.; LEITH, P.; BRYAN, B. A. Knowledge co-production for decision-making in human-natural systems under uncertainty. **Global Environmental Change**, v. 82, p.102727, 2023. Available at: https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2023.102727

MOONEN, F. **Os índios Potiguara da Paraíba**. 2008. Available at: https://www.dhnet.org.br/direitos/militantes/lucianomaia/moonen_indios_potiguara_pb_2008.pdf

NEUMAN, W. L. **Social research methods**: qualitative and quantitative approaches (Seventh edition, Pearson new international edition). Pearson. 2014.

NORSTRÖM, A. V.; CVITANOVIC, C.; LÖF, M. F.; WEST, S.; WYBORN, C.; BALVANERA, P.; BEDNAREK, A. T.; BENNETT, E. M.; BIGGS, R.; DE BREMOND, A.; CAMPBELL, B. M.; CANADELL, J. G.; CARPENTER, S. R.; FOLKE, C.; FULTON, E. A.; GAFFNEY, O.; GELCICH, S.; JOUFFRAY, J.-B.; LEACH, M.; ÖSTERBLOM, H. Principles for knowledge co-production in sustainability research. **Nature Sustainability**, v. 3, n. 3, p. 182–190, 2020. Available at: https://doi.org/10.1038/s41893-019-0448-2

ORLOVE, B.; SHERPA, P.; DAWSON, N.; ADELEKAN, I.; ALANGUI, W.; CARMONA, R.; COEN, D.; NELSON, M. K.; REYES-GARCÍA, V.; RUBIS, J.; SANAGO, G.; WILSon, A. Placing diverse knowledge systems at the core of transformative climate research. **Ambio**, p. 52, n. 9, p. 1431–1447, 2023. Available at: https://doi.org/10.1007/s13280-023-01857-w

PALITOT, E. M.; TORRES, M. E. M. Procesos territoriales de los potiguara de Paraíba, Brasil. Desacatos. **Revista de Ciencias Sociales**, v. 70, p. 44–59, 2022. Available at: https://desacatos.ciesas.edu.mx/index.php/Desacatos/article/view/2575

PEREIRA, R. D.; BRAZÍLIO, L. D. P.; TREJO-RANGEL, M. A.; DUARTE DOS SANTOS, M.; SILVA, L. M. B.; SOUZA, L. F.; BARBOSA, A. C. S.; DE OLIVEIRA, M. R.; DOS SANTOS, R.; SATO, D. P.; IWAMA, A. Y. Traditional and local communities as key actors to identify climate-related disaster impacts: a citizen science approach in Southeast Brazilian coastal areas. **Frontiers in Climate**, v. 5, p. 1243008, 2023. Available at: https://doi.org/10.3389/fclim.2023.1243008

QUEIROZ-SOUZA, C.; VIANA, B.; GHILARDI-LOPES, N.; KAWABE, L.; ALEXANDRINO, E.; FRANÇA, J.; KOFFLER, S.; SARAIVA, A. M.; LOULA, A. Opportunities and Barriers for Citizen Science Growth in Brazil: reflections from the first workshop of the brazilian citizen science network. **Citizen Science: theory and practice**, v. 8, n. 1, p. 13, 2023. Available at: https://doi.org/10.5334/cstp.521

RBCC. **Carta aberta da RBCC - 2025**. Recomendações e boas práticas à ciência cidadã no Brasil. Rede Brasileira de Ciência Cidadã (RBCC). Available at: https://www.rbcc.ong.br/images/documentos%20de%20gestao/2025_Carta%20aberta%20da%20RBCC.pdf

REYES-GARCÍA, V. **Routledge Handbook of Climate Change Impacts on Indigenous Peoples and Local Communities**. (1o ed.). Routledge. 2023. Available at: https://doi.org/10.4324/9781003356837

REYES-GARCÍA, V.; GARCÍA-DEL-AMO, D.; BENYEI, P.; FERNÁNDEZ-LLAMAZARES, Á.; GRAVANI, K.; JUNQUEIRA, A. B.; LABEYRIE, V.; LI, X.; MATIAS, D. M.; MCALVAY, A.; MORTYN, P. G.; PORCUNA-FERRER, A.; SCHLINGMANN,

A.; SOLEYMANI-FARD, R. A collaborative approach to bring insights from local observations of climate change impacts into global climate change research. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, n. 39, p. 1–8, 2019. Available at: https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.04.007

REYES-GARCÍA, V.; TOFIGHI-NIAKI, A.; AUSTIN, B. J.; BENYEI, P.; DANIELSEN, F.; FERNÁNDEZ-LLAMAZARES, Á.; SHARMA, A.; SOLEYMANI-FARD, R.; TENGÖ, M. Data Sovereignty in Community-Based Environmental Monitoring: toward equitable environmental data governance. **BioScience**, biac048, 2022. Available at: https://doi.org/10.1093/biosci/biac048

REZENDE, J. S. **Paneiro de Saberes**. Transbordando reflexividades indígenas. Mil Folhas. 2021.

RICHARDSON, K.; STEFFEN, W.; LUCHT, W.; BENDTSEN, J.; CORNELL, S. E.; DONGES, J. F.; DRÜKE, M.; FETZER, I.; BALA, G.; VON BLOH, W.; FEULNER, G.; FIEDLER, S.; GERTEN, D.; GLEESON, T.; HOFMANN, M.; HUISKAMP, W.; KUMMU, M.; MOHAN, C.; NOGUÉS-BRAVO, D.; ROCKSTRÖM, J. Earth beyond six of nine planetary boundaries. **Science Advances**, v. 9, n. 37, 2023. Available at: https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458

ROCKSTRÖM, J.; STEFFEN, W.; NOONE, K.; PERSSON, Å.; CHAPIN, F. S.; LAMBIN, E. F.; LENTON, T. M.; SCHEFFER, M.; FOLKE, C.; SCHELLNHUBER, H. J.; NYKVIST, B.; DE WIT, C. A.; HUGHES, T.; VAN DER LEEUW, S.; RODHE, H.; SÖRLIN, S.; SNYDER, P. K.; COSTANZA, R.; SVEDIN, U.; FOLEY, J. A. A safe operating space for humanity. **Nature**, v. 461, n. 7263, p. 472–475. Available at: https://doi.org/10.1038/461472a

SAKSCHEWSKI, B.; CAESAR, L.; ANDERSEN, L.; BECHTHOLD, M.; BERGFELD, L.; BEUSEN, A.; BILLING, M.; BODIRSKY, B. L.; BOTSYUN, S.; DENNIS, D. P.; DONGES, J.; DOU, X.; ERIKSSON, A.; FETZER, I.; GERTEN, D.; HÄYHÄ, T.; HEBDEN, S.; HECKMANN, T.; HEILEMANN, A.; ROCKSTRÖM, J. Planetary Health Check 2025: a scientific assessment of the state of the planet. *In*: **Planetary Boundaries Science (PBScience)**, p. 144, 2025. [Application/pdf]. Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK). Available at: https://doi.org/10.48485/PIK.2025.017

SAMPAIO, J. A. A.; ANDRADE, M. O. A introdução de viveiros de camarão na Terra Indígena Potiguara no Litoral Norte da Paraíba: impactos ambientais e globalização. *In*: SEGATA, J.; VIEIRA, J. G.; NEVES, R. C. M.; MILLER, F. S. **Populações tradicionais, ambientes e transformações**. 2018.

SANTOS, A. B. **A terra dá, a terra quer**. Ubu Editora. 2023.

SEE, L.; MOONEY, P.; FOODY, G.; BASTIN, L.; COMBER, A.; ESTIMA, J.; FRITZ, S.; KERLE, N.; JIANG, B.; LAAKSO, M.; LIU, H.-Y.; MILČINSKI, G.; NIKŠIČ, M.; PAINHO, M.; PŐDÖR, A.; OLTEANU-RAIMOND, A.-M.; RUTZINGER, M. Crowdsourcing, Citizen Science or Volunteered Geographic Information? The Current State of Crowdsourced Geographic Information. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 5, n. 5, p. 55, 2016. Available at: https://doi.org/10.3390/ijgi5050055

SHIRK, J. L.; BALLARD, H. L.; WILDERMAN, C. C.; PHILLIPS, T.; WIGGINS, A.; JORDAN, R.; MCCALLIE, E.; MINARCHEK, M.; LEWENSTEIN, B. V.; KRASNY, M. E.; BONNEY, R. Public Participation in Scientific Research: a framework for deliberate design. **Ecology and Society**, v. 17, n. 2, art29, 2012. Available at: https://doi.org/10.5751/ES-04705-170229

SILVA, G. C.; GONÇALVES, C. U. Análise da cartografia social na autorrepresentação das comunidades tradicionais e o conflito do desenvolvimento. **Revista de Geografia**, v. 36, n. 2, p. 194, 2019. Available at: https://doi.org/10.51359/2238-6211.2019.239917

SOMBRA, D.; PEREIRA RODRIGUES, G.; PINHO, D. D. R. Cartografia participativa como diálogo entre saberes: ontologia, epistemologia, metodologia e aplicações na construção social do conhecimento. **Ensaios de Geografia**, v. 8, n. 16, p. 45–74, 2022. Available at: https://doi.org/10.22409/eg.v8i16.52257

SOUZA DE LIMA, A.; JULIÃO, C. G.; DA SILVA, E. M.; DIAS, A. F.; DE JESUS, J. M.; DA SILVA, M. T.; ALMADA, E. D.; DE ANDRADE, J. P.; BENSUSAN, N.; ZANK, S.; SOLDATI, G. T. Proposals of indigenous peoples and local communities from Brazil for multilateral benefit-sharing from digital sequence information. **Nature Communications**, v. 15, n. 1, p. 8933, 2024. Available at: https://doi.org/10.1038/s41467-024-53421-z

STEFFEN, W.; RICHARDSON, K.; ROCKSTRÖM, J.; CORNELL, S. E.; FETZER, I.; BENNETT, E. M.; BIGGS, R.; CARPENTER, S. R.; DE VRIES, W.; DE WIT, C. A.; FOLKE, C.; GERTEN, D.; HEINKE, J.; MACE, G. M.; PERSSON, L. M.; RAMANATHAN, V.; REYERS, B.; SÖRLIN, S. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. **Science**, v. 347, n. 6223, p. 1259855, 2015. Available at: https://doi.org/10.1126/science.1259855

TENGÖ, M.; AUSTIN, B. J.; DANIELSEN, F.; FERNÁNDEZ-LLAMAZARES, Á. Creating Synergies between Citizen Science and Indigenous and Local Knowledge. **BioScience**, v. 71, n. 5, p. 503–518, 2021. Available at: https://doi.org/10.1093/biosci/biab023

TENGÖ, M.; HILL, R.; MALMER, P.; RAYMOND, C. M.; SPIERENBURG, M.; DANIELSEN, F.; ELMQVIST, T.; FOLKE, C. Weaving knowledge systems in IPBES, CBD and beyond—Lessons learned for sustainability. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, 26–27, p. 17–25, 2017. Available at: https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.12.005

TREJO-RANGEL, M. A.; MARCHEZINI, V.; RODRIGUEZ, D. A.; DA SILVA OLIVEIRA, M. Participatory 3D model to promote intergenerational engagement for disaster risk reduction in São Luiz do Paraitinga, Brazil. Disaster Prevention and Management. **An International Journal**, v. 30, n. 3, p. 308–326, 2021. Available at: https://doi.org/10.1108/DPM-08-2020-0262

WHYTE, K. Indigenous Climate Change Studies: indigenizing futures, decolonizing the anthropocene. **English Language Notes**, v. 55, n. 1–2, p. 153–162, 2017. Available at: https://doi.org/10.1215/00138282-55.1-2.153

WILKS, J.; KENNEDY, G.; DREW, N.; WILSON, K. Indigenous data sovereignty in higher education Towards a decolonised data quality framework. **Australian Universities Review**, v. 60, n. 2, p. 4–14, 2018.

WILLIAMSON, B.; PROVOST, S.; PRICE, C. Operationalising Indigenous data sovereignty in environmental research and governance. **Environment and Planning F**, v. 2, n. 1–2, p. 281–304, 2023. Available at: https://doi.org/10.1177/26349825221125496

Coastal erosion in the Paraíba do Sul River basin: a preliminary analysis of land use and sedimentary dynamics

Erosão costeira na Bacia do Rio Paraíba do Sul: uma análise preliminar do uso da terra e da dinâmica sedimentar

Felipe Augusto Santos [1]

Javier Tomasella [2]

[1] *Master's Degree in Natural Disaster, Researcher, National Centre for Natural Disaster Monitoring and Alerts, São José dos Campos, SP, Brazil*
E-mail: felipequimicoambiental@gmail.com

[2] *PhD in Civil Engineering, Researcher, National Institute for Space Research, Earth System Science Centre, Cachoeira Paulista, SP, Brazil*
E-mail: javier.tomasella@inpe.br

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.58101

Received: 03/05/2025
Accepted: 04/12/2025

ARTICLE- VARIA

ABSTRACT

The Paraíba do Sul River basin supplies major urban centres, such as São Paulo and Rio de Janeiro, and has been significantly impacted by urbanisation and multiple water uses. Over time, water demand has increased for the construction of hydropower dams and water-transfer systems. This research preliminarily examines how land-use changes and hydrometeorological trends have influenced sediment transport. We conducted an integrated analysis using sediment data from the National Water Agency (ANA) and land use data (1985–2021) from MapBiomas. Results show significant declines in river discharge and sediment load, likely due to reduced soil erosion from land-use changes, increased water demand, and reservoir flow regulation. Although coastal erosion at the river mouth is worsening, its causes cannot be attributed to basin disturbances, as coastal processes and climate change may also influence it. Given data limitations, the findings remain preliminary and require further observational and modelling studies.

Keywords: Trend analysis. Pluviometry. Fluviometry. Land use. Sediment transport.

RESUMO

A Bacia do Rio Paraíba do Sul abastece grandes centros urbanos, como São Paulo e Rio de Janeiro, e tem sido significativamente afetada pela urbanização e pelos múltiplos usos da água. Ao longo do tempo, a demanda por água impulsionou a construção de barragens hidrelétricas e de sistemas de transferência de água. Esta pesquisa investiga, de forma preliminar, como as mudanças no uso da terra e as tendências hidrometeorológicas influenciaram o transporte de sedimentos. Realizamos uma análise integrada utilizando dados de sedimentos da Agência Nacional de Águas (ANA) e dados de uso da terra (1985-2021)

do MapBiomas. Os resultados mostram declínios significativos na vazão fluvial e na carga de sedimentos, provavelmente relacionados à redução da erosão do solo decorrente de mudanças na cobertura do solo, ao aumento da demanda hídrica e à regulação do fluxo por reservatórios. Embora a erosão costeira na foz do rio esteja se agravando, suas causas não podem ser atribuídas a perturbações na bacia, visto que processos costeiros e mudanças climáticas também podem influenciá-la. Devido às limitações dos dados, as conclusões permanecem preliminares e requerem estudos adicionais de observação e modelagem.

Palavras-chave: *Análise de tendência. Pluviometria. Fluviometria. Uso da terra. Transporte de sedimentos.*

1 INTRODUCTION

Located in Southeast Brazil, the Paraíba do Sul River basin is one of the most strategic of Brazil as a source of water supply for a large population, including the largest country metropolis: São Paulo and Rio de Janeiro. The basin is highly disturbed by urbanisation and industrialisation, is degraded, and experiences intensive use of the water resource for agriculture, industry, and supply, in addition to large discharges of sewage effluents that impact both the quality and quantity of its water (Demanboro, 2015).

According to Neves and Vilanova (2021), the Paraíba do Sul River Basin can be treated as a hydraulic system, since its waters transcend the limits of the basin through to water transfers: to the Metropolitan Region of Rio de Janeiro through the transposition to the Guandu River carried out in the 1950s, which diverts around (100 m^3/s), and more recently for the São Paulo Metropolitan Region through the Cantareira System (5 m^3/s), accounting for 80% of the state's water supply and 20% of energy production (Ferreira, 2008; Formiga-Johnsson; Britto, 2020, Vasconcelos, 2019).

The region at the mouth of the Paraíba do Sul basin has a deltaic pattern, characterised by a fan with various channels formed by sediment accumulated from river transport, which is constantly shaped by tides, waves, currents, and the river itself. This region suffers serious coastal erosion and sea intrusion, which have been attributed to several factors, including coastal circulation, reduced sediment supply from the continental shelf, and rising sea levels (Ribeiro *et al.*, 2006).

A similar behaviour is observed at the mouth of the São Francisco River in the Northeast of Brazil. In this case, Oliveira *et al.* (2003) concluded that the basin's high regulation affected river discharges and sediment transport, reducing sediment loads and velocity in the lower São Francisco. Recently, Fagundes *et al.* (2023) reported a reduction in sediment flow in South American rivers due to deforestation, hydropower expansion, and the construction of water reservoirs. As a result, siltation of the river increased, with the finer sediment transported and the coarser sediment deposited in the river channel, causing impacts on the middle course and reducing sediment transport at the mouth.

In the case of the Yellow River in China, Chu (2014) showed that drastic changes at the mouth are associated with a reduction in sediment load due to the presence of dams and reservoirs, followed by water and soil conservation practices, water abstraction for consumption and sedimentation in the channel, which causes sedimentation, as well as in other characteristics of the river.

In this context, a study by Lämmle *et al.* (2022), based on chemical analyses of water and sediments, concluded that coastal erosion at the mouth of the Paraíba do Sul is driven by anthropogenic uses throughout the entire basin, particularly sediment retention by the main basin reservoirs.

It is clear, therefore, that highly anthropized basins such as the Paraíba do Sul River basin can have changes in sediment load due to the reduction in stream velocity as a result of dams, as well as changes in land use due to inadequate management practices in rural and urban environments (Guo *et al.*, 2018; Neves *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2023).

In previous studies, Molisani *et al.* (2006) reported that water transfer to the Guandu River increased sediment input to the Guandu Basin by 28%, thereby reducing sediment load at the mouth of the Paraíba do Sul. Therefore, this study aims to conduct a preliminary analysis of the influence of land-use changes and hydro-meteorological trends on sediment input and their possible relationship with the negative impacts observed in the estuary region.

Understanding the causes of this problem is fundamental, given that these changes have caused negative impacts on the water supply in the municipality of São João da Barra, located at the mouth, causing changes in aquatic life (fauna and flora) and mangroves, as well as the destruction of houses, buildings, and entire streets, businesses, among other physical structures.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 MATERIALS

2.1.1 STUDY AREA

The Paraíba do Sul River is formed by the confluence of two rivers, the Paraibuna and the Paraitinga, in the Serra da Bocaina at an altitude of 1800m, flowing into the north of Rio de Janeiro, at Atafona beach in the town of São João da Barra/RJ (Gripbsul, 2022).

To the north, the river basin lies between the Grande (Paraná basin) and the Doce (eastern Brazilian system) rivers via the Serra da Mantiqueira; to the south, the Serra do Mar. Figure 1 shows the location of the basin, and the main river Paraíba do Sul and its main tributaries: Paraibuna, Paraitinga, Paraibuna (which rises in the state of Minas Gerais), Pomba, and Muriaé.

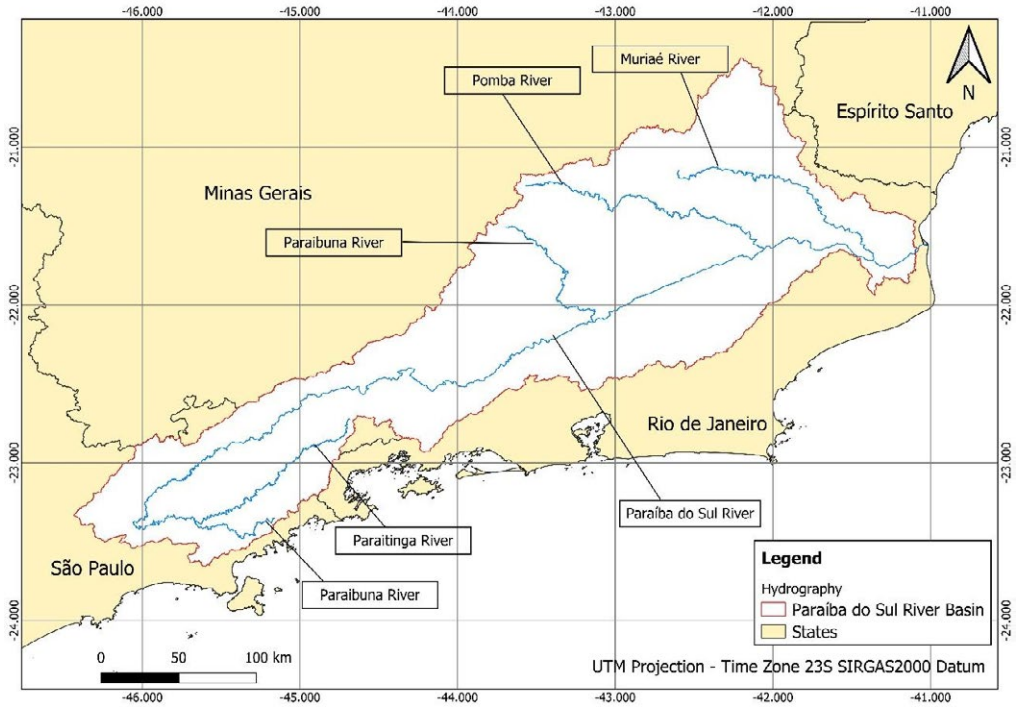


Figure 1 – Paraíba do Sul River Basin and its main tributaries.

Source: Adapted from the National Water Agency (ANA) and Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), 2023

The basin's drainage network covers approximately 62,000 km2. In terms of water consumption, Rio de Janeiro uses 66%, São Paulo 24% and Minas Gerais only 10%.

The region at the mouth of the Paraíba do Sul basin (Figure 2) is affected by severe coastal erosion, which has destroyed infrastructure along the coast and unsettled local communities.



Figure 2 – Changes in the Foz do Paraíba do Sul coastal area over the decades. The red line highlights changes in the coastal area adjacent to Atafona/RJ, where the narrowing of the sand strip near the river mouth is clearly visible and is associated with erosion advancing over urban structures.

Source: Adapted from Google Earth, 2025

Oliveira (2015) carried out a study using satellite images over a historical series and identified processes of regression, i.e., sediment removal. On the other hand, in the areas furthest from the mouth, the process of progradation was observed, with the deposition of sediment and the widening of beaches.

2.1.2 CLIMATOLOGY, GEOLOGY, PEDOLOGY, AND VEGETATION

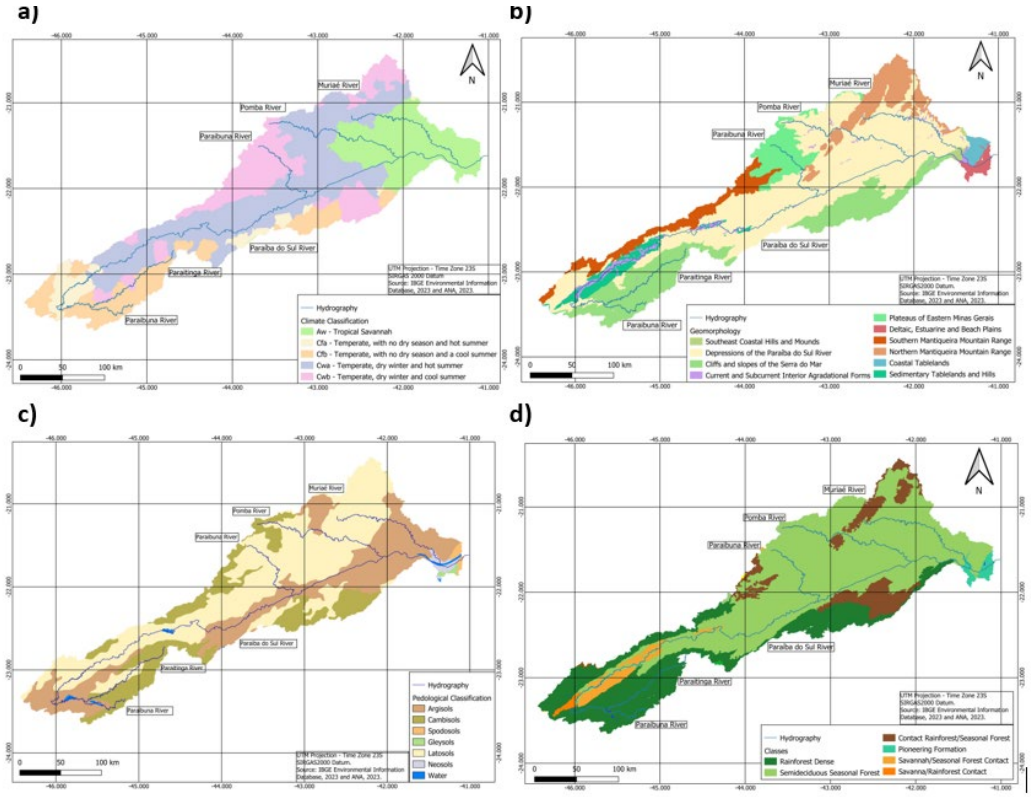


Figure 3 – Climatological (a), Geological (b), Pedological (c), and Vegetation maps of the PSRB.

Source: Adapted from Environmental Database and Information (BDiA) – IBGE, 2025

Rainfall climatology of the basin is very diverse (Figure 3a), with mountainous regions in the Serra da Mantiqueira, Serra da Bocaina and Serra do Mar, with annual rates above 1500 mm, reaching up to 2000 mm per year, at lower altitudes and closer to the river channel the rates are close to 1000 mm per year (Brasiliense *et al.*, 2020). Rainfall in the basin is concentrated between October and March, accounting for 80% of the annual rainfall (Da Silva *et al.*, 2024; Marengo; Alves, 2005).

Annual average temperature ranges between 16ºC and 22ºC, with a wide variety of characteristics: in the mountainous regions to the north of the basin, with an average of 10ºC, and at the mouth of the Paraíba do Sul River, with an average of 32ºC (Brasiliense *et al.*, 2020, Ceivap, 2021).

The soil types presented here were defined on the Brazilian Soil Map of the Brazilian Agricultural Research Corporation (Embrapa, 2018), and the classification generated for the study basin shows a dominance of argisols and latosols.

2.2 METHODS

2.2.1 DATABASE

In this study, an integrated methodological approach was used to investigate the relationships among rainfall variability, river discharge dynamics, and sediment transport processes in the Paraíba do Sul River. The methodology was organised into four complementary steps: (1) data acquisition and qualification, (2) temporal and spatial characterisation of hydroclimatic conditions, (3) sediment transport analysis, and (4) integration of results for hydrosedimentary interpretation of the basin.

Hydroclimatic and sediment transport data were obtained from the National Water Agency (ANA/Hidroweb), the Brazilian Geological Survey (CPRM), the São Paulo Department of Water and Electric Power (Daee/SP), the Minas Gerais Institute of Water Management (IGAM/MG), the National Meteorological Institute (Inmet), the National Centre for Monitoring and Alerting of Natural Disasters (Cemaden), among other public and private partners.

Three types of datasets were considered:

- Rainfall data: daily and 24-hour accumulated;
- Fluviometric data: discharge, and
- Sedimentometric data: suspended and bedload sediment concentration.

For the study, only stations with historical rainfall series longer than 30 years and fluviometric and sedimentometric series longer than 15 years, with less than 10 % missing data, were considered. The number of stations used is shown in Table 1.

Table 1 – Number of available stations and data periods.

Variables	*Average*	*Used*	*Period*
Rainfall	711	168	1940 to 2022
River flow	451	45	1940 to 2022
Sedimentation	80	6	1989 to 2021
Rainfall Accumulation for 24h	47	47	2014 to 2021

Source: The authors, 2025

Statistical trends in the series were detected using the Mann-Kendall test (Hamed, 2009; Leite *et al.*, 2023; Mallick *et al.*, 2021), a nonparametric test. This method has been widely used for hydro-meteorological and sedimentological analyses and has been described in several studies (Bernal *et al.*, 2006; Marengo; Alves, 2004; Oliveira *et al.*, 2021). In this study, a 5% significance threshold was accepted.

Because the available load sediment series includes data collected at irregular intervals and frequent significant gaps due to missing data, we did not attempt to identify breakpoints in the trends.

2.2.2 LAND USES

The assessment of land use changes in the Paraíba do Sul River basin was conducted using a methodological framework that integrates remote sensing products, data aggregation procedures, spatial analysis, and temporal comparisons of landscape transformation.

Raw data were obtained from the MapBiomas Project – Collection 7, using the Google Earth Engine Toolkit (Gorelick *et al.*, 2017; Santos *et al.*, 2025). The temporal snapshots selected for analysis were 1985 (baseline year) and 2021 (the most recent year available in the dataset).

Vegetation types were aggregated into 5 large groups, which are Forest (forest formation, savannah, mangrove, and wooded restinga), Non-Forest Natural Formation (flooded field and marsh area, grassland formation, apicum, rocky outcrop, herbaceous restinga, and other non-vegetated areas), agriculture (pasture, agriculture, forestry, and mosaic of uses), non-vegetated area (beach, dune and sandy area, urbanized area, mining and other non-vegetated areas), and body of water (river, lake or ocean and aquaculture). We also verified changes in vegetation and land-use classes between 1985 and 2021. Changes over the study period were analysed using QGIS.

3 RESULTS AND DISCUSSION

Changes in land use were observed in the basin, comparing 1985 and 2021. In 1985, the forest area accounted for 25.01% of the territory, and another 52.95% was pasture. Meanwhile, in 2021, 27.86% of the area was forested, while 49.94% was occupied by pasture (Figure 4).

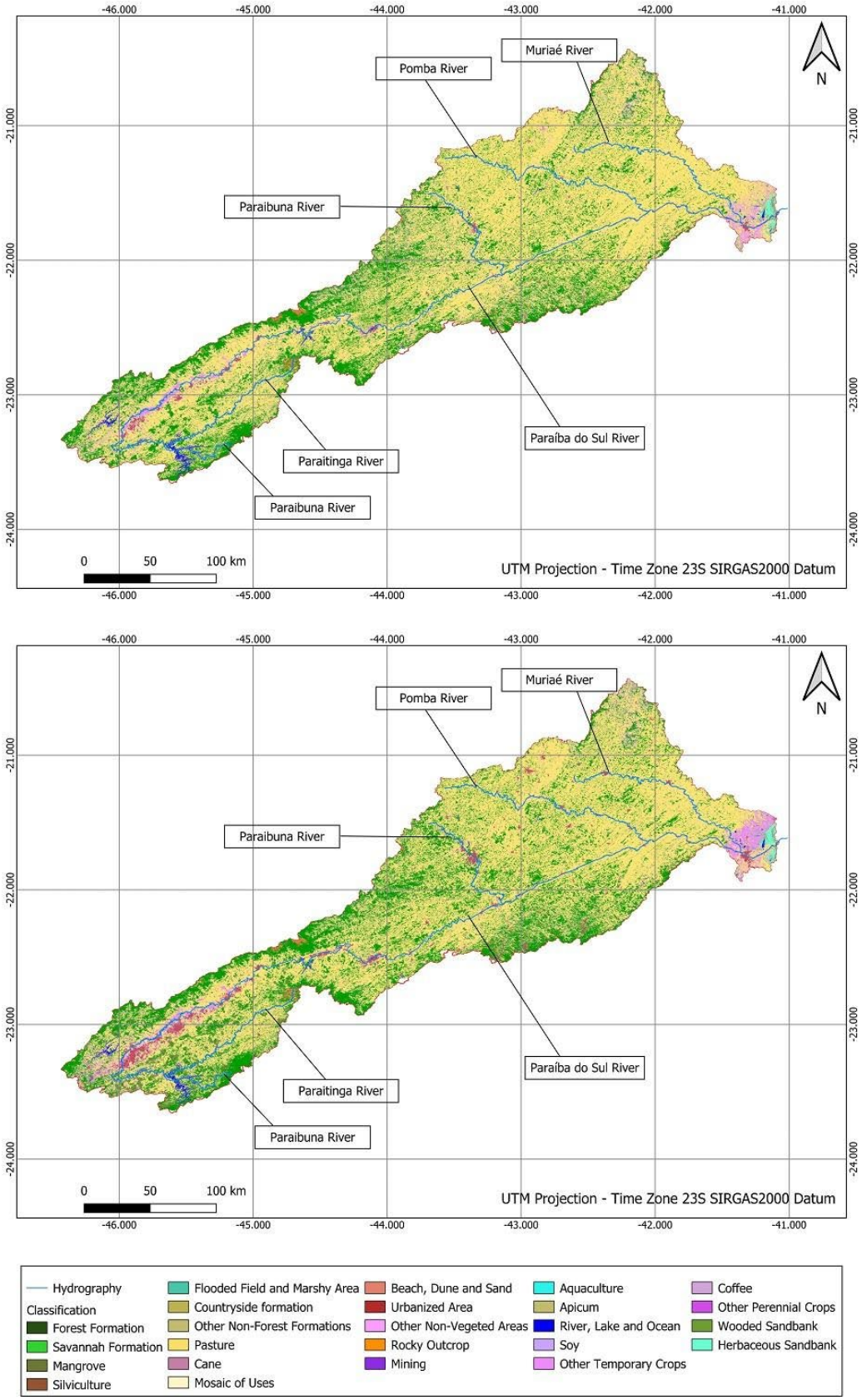


Figure 4 – Land use map of the Paraíba do Sul River basin in 1985 (top) and 2021 (bottom).

Source: ANA and MAPBIOMAS,2023

Table 2 shows the changes observed in these classes, where positive signs show an increase and negative signs a decrease in the established class.

Table 2 – Land-Use Changes.

Classes	*Land Use Comparison 1985-2021 (%)*
Forest	+ 10.43
Non-Forest Natural Formation	+0.10
Agriculture	- 5.82
Non-vegetated Area	+ 55.90
Water	- 11.81

Source: MapBiomas, 2025

It is important to note that the percentages shown in Table 2 are comparative between the use of the class in 1985 and 2021. The increase in the non-vegetated area is associated with urban expansion. The MapBiomas Project indicates that 25% of the basin's total area has changed to this class.

A total of 168 rainfall stations were analysed, of which 146 showed no significant trends, another 14 showed positive trends, and only 8 showed negative trends (Figure 5a). The absence of a trend in almost 87% of the stations indicates that the rainfall regime in the basin over the historical periods analysed has not undergone major changes, which is corroborated by the studies of Oliveira *et al.* (2003) and Santana *et al.* (2020).

Regarding discharges, 45 stations were analysed: 17 showed no significant trend, 28 showed a downward trend, and none showed an upward trend (Figure 5). More than 60% of the gauging stations showed a downward trend in flows, which may indicate the influence of land-use changes in the basin and the regularisation of flows due to reservoirs.

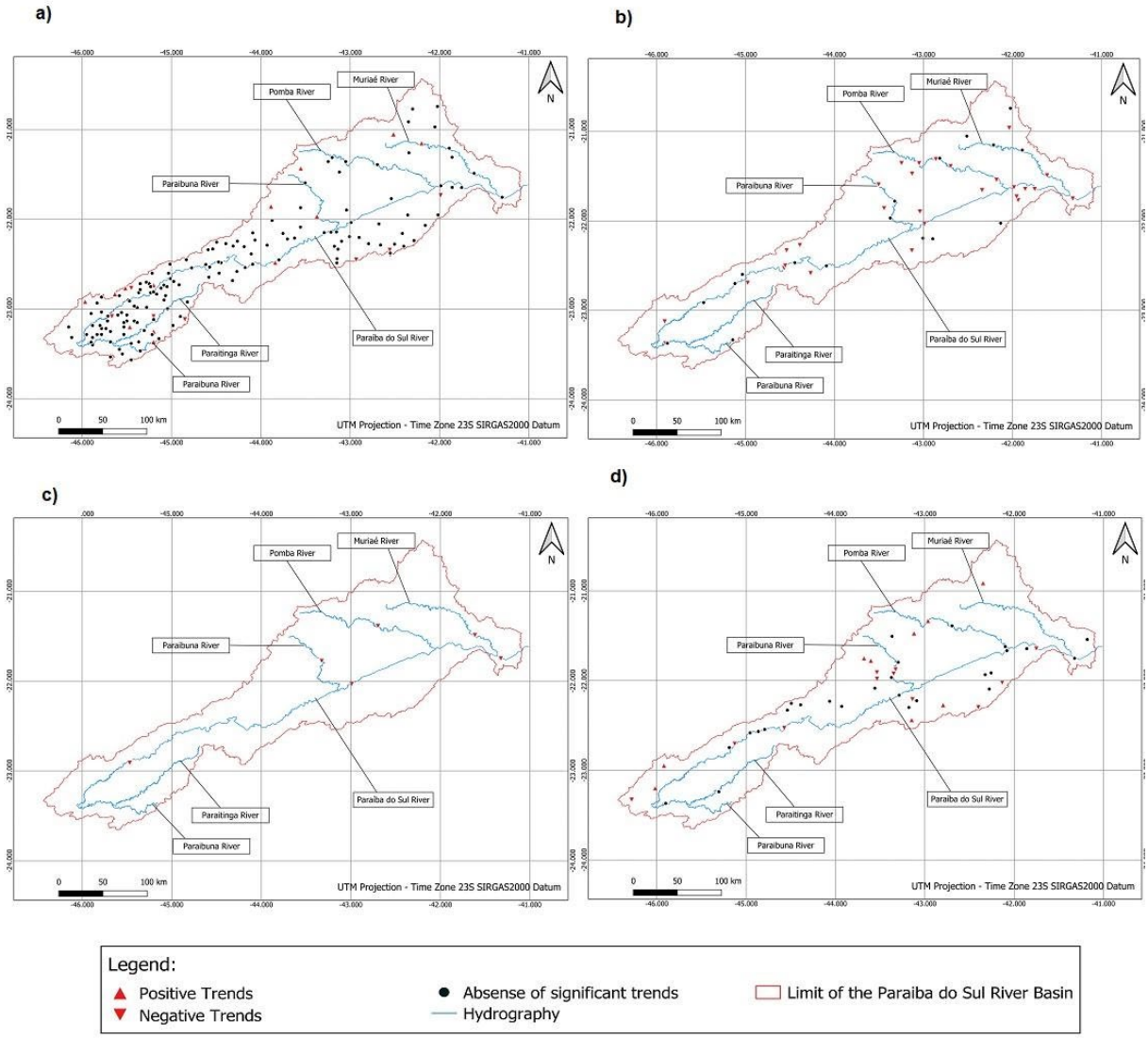


Figure 5 – Statistical trends in the Paraíba do Sul River for rainfall (a), river discharge (b), Sediment load (c), and daily rainfall (d) over the periods indicated in Table 1.

Source: ANA, 2023

Regarding data integrity, only 6 stations with relevant quantities were obtained, all of which showed a downward trend, in agreement with the trends observed at the large majority of sediment discharge stations (Figure 5c).

Downward trends are clearly evident in Figure 6, which shows discharge and sediment load time series for the period 1989-2018 along the river main stem at 3 stations: Pindamonhangaba/SP, Anta/RJ, and Campos/RJ. It is important to note that the negative trends of sediment loads in Pindamonhangaba station are driven by decreasing concentration of sediments, while in the case of both Anta and Campos stations, they are a combination of decreasing both sediment and discharge values. In other words, the negative trends in sediment load in the lower basin are exacerbated by reduced discharges. It is important to emphasise that the historical time series used in this analysis includes both dry and wet periods, with continuous measurements throughout the monitoring record. This minimises the risk of drawing conclusions influenced by isolated or atypical climatic conditions.

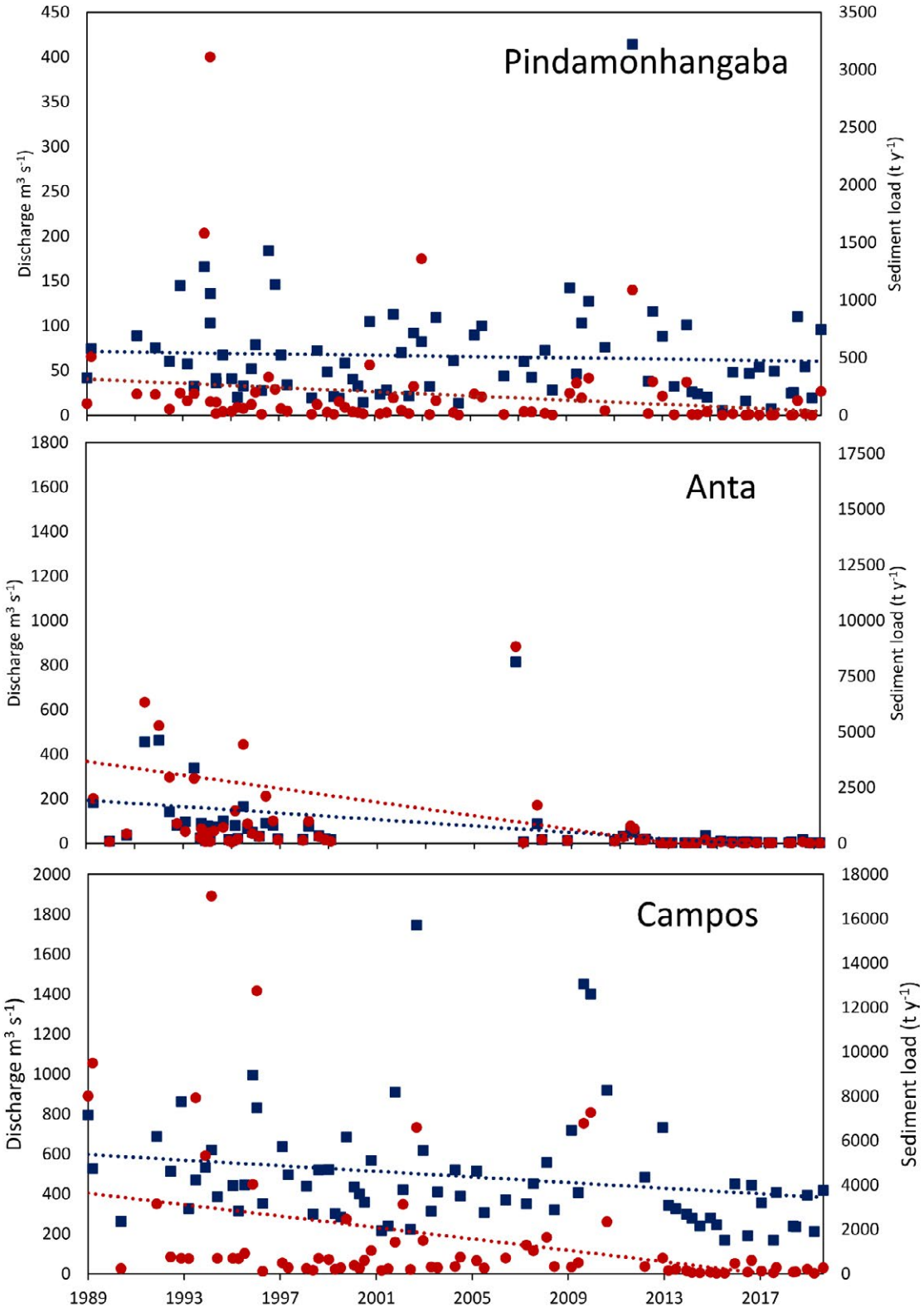


Figure 6 – Discharge (blue squares) and sediment load (red circles) along the Paraíba do Sul River over the period 1989-2018.

Source: The authors, 2025

Table 3 illustrates the variation in sediment load based on different time slices along the main river for the gauging stations of Figure 6. Comparing data from previous years shows a progressive decrease in the sediment load. Reductions are significant in all analysed periods for both sediment concentration and load, ranging from -2 to -4% per year for sediment concentration and up to -4% per year for sediment load.

Table 3 – Sediment load along the Paraíba do Sul River over the period 1994-2018

Period	Pindamonhangaba		Anta		Campos	
	Concentration (mg/L)	Load (ton/ year)	Concentration (mg/L)	Load (ton/ year)	Concentration (mg/L)	Load (ton/ year)
1994-1995	53.67	67.45	12.55	207.80	60.43	743.55
1999-2000	28.39	29.64	-	-	49.04	668.79
2017-2018	3.66	3.09	4.95	15.15	12.60	524.90

Source: The authors, 2025

In addition, Jordão and Vinzon (2017) estimated that water transfer to the Guandu River removes approximately 51 tons of sediment per year from the Paraíba do Sul. Assuming an average diverted flow of 100 m3/s, this implies an average concentration of 16.2 mg/l, slightly greater than the values of concentration of 12.6 mg/l observed in Campos over the period 2017-2018. In terms of sediment load, we can estimate that the amount of sediment diverted to the Guandu System represents approximately 10% of the total load at Campos during 2017-2018. However, because the water transfer to the Guandu System was implemented in the 1950s, the reduction of sediment load cannot be attributed to the diversion of the Guandu system.

Moreover, most of the cascade of dams was inaugurated during the 1950s and 1960s, and therefore, the trends in Table 3 are not due to the initial filling of reservoirs. Consequently, the more likely explanation for the sediment trends observed in the basin is a reduction in flows, presumably due to increasing consumption, since no trends were observed at rainfall stations, in combination with a reduction in erosion related to land uses (increased afforestation and soil conservation).

In addition, the river is being regularised by the dam cascade system. Controlled flows are associated with increased sedimentation along the river course. Because periodic floods promote sediment transport and more regular attenuation attenuates inundation pulses, it is clear that controlled flows have altered the basin-wide sediment balance.

A recent study by Lämmle *et al.* (2022), using chemical analysis of sediment and water at the river mouth, concluded that sediment capture by the cascade of reservoirs is the main factor triggering coastal erosion and, consequently, morphological changes at the river mouth. Although sedimentation in reservoirs does play a role in sediment imbalance at the river mouth, other factors, such as reduced flow and changes in land use, are likely to contribute to the process. The analysis of the series supports the conclusion of this study, which shows that the negative trends over the period 1989-2018 are well beyond the construction and filling of the large reservoirs of the basin and after the construction of the Guandu water transfer. In addition, we have not investigated other effects, such as the increased sea levels associated with global warming, which can also play a role in coastal erosion.

4 CONCLUSION

It is concluded that the decrease in sediment load in the basin can be explained by several factors including the increased regularization of the river, negative trends in discharge; and a reduction of

sediment concentration due to a combination of reducing flow affecting sediment transportation capacity; and changes in land use within the basin, since areas of pasture and agriculture have become urban, secondary vegetation and secondary forested areas.

The coastal erosion at the mouth of the Paraíba do Sul River has become increasingly severe over the years. Therefore, the decrease in sediment in this deltaic mouth is a factor that influences the coastal dynamics. However, it cannot be concluded that anthropogenic disturbances within the river basin are entirely responsible for the erosion, since these effects can be exacerbated by rising sea levels and changes in currents driven by climate change, which were not analysed in this study. Therefore, more detailed studies are necessary to separate the effects of coastal erosion and the reduction of river sediment load.

Given that this study is the first assessment of a complex process and that the number of stations with sediment data is limited and spans only a relatively short period (1989-2018), the conclusions are preliminary. Further evidence based on observation and modelling is needed to confirm the main findings of this study.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) for the funding of the second author.

STATEMENT ON THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

The authors declare that no generative AI or AI-assisted technologies were used in the creation, writing, or editing of this manuscript.

REFERENCES

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **HidroWeb**: sistema de informações hidrológicas. Brasília: ANA, 2022. Available in: https://www.snirh.gov.br/hidroweb/

BERNAL, G.; VELÁQUEZ, A.; VARGAS, I.; AGUDELO, A. C.; ANDRADE, C. A.; DOMÍNGUEZ, J. G.; RICAURTE, C.; MAYO, G. Variabilidad de los aportes a los sedimentos superficiales durante un ciclo anual en los bancos de Salmedina. **Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - Invemar**, v. 35, n. 1, p. 59–75, 2006. DOI: 10.25268/bimc.invemar.2006.35.0.216

BRASILIENSE, C. S.; DERECZYNKI, C. P.; SATYAMURTY, P.; CHOU, S. C.; CALADO, R. N. Climatologias da temperatura do ar e da precipitação na bacia do rio Paraíba do Sul, Região Sudeste do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ,** v. 43, n. 1, p. 355–365, 2020. Available in: http://dx.doi.org/10.11137/2020_1_355_365

CEIVAP. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul** – Diagnóstico dos Recursos Hídricos – Relatório Final. 2021.

CHU, Z. The dramatic changes and anthropogenic causes of erosion and deposition in the lower Yellow (Huanghe) River since 1952. **Geomorphology**, v. 216, p. 171–179, 2014. Available in: https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.04.009

DA SILVA, R. C.; MARENGO, J. A.; RUV LEMES, M. Analysis of extreme rainfall and landslides in the metropolitan region of the Paraiba do Sul River Valley and North Coast of Sao Paulo, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 155, p. 3927–3949, 2024. Available in: https://doi.org/10.1007/s00704-024-04857-2.

DEMANBORO, A. C. Gestão ambiental e sustentabilidade na macrometrópole paulista - Bacia do Rio Paraíba do Sul. **Sociedade & Natureza**, v. 27, n. 3, p. 515–529, 2015. Available in: https://doi.org/10.1590/1982-451320150311

FAGUNDES, H. de O.; FLEISCHMANN, A. S.; FAN, F. M.; DE PAIVA, R. C. D.; BUARQUE, D. C.; SIQUEIRA, V. A.; COLLISCHONN, W.; BORRELLI, P. Human-Induced Changes in South American River Sediment Fluxes From 1984 to 2019. **Water Resources Research**, v. 59, 2023. Available in: https://doi.org/10.1029/2023WR034519

FERREIRA, M. I. P.; SILVA, J. A. F. da; PINHEIRO, M. R. de C. Recursos hídricos: água no mundo, no Brasil e no estado do Rio de Janeiro. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 2, n. 2, p. 29–36, 2008. Available in: 10.5935/2177-4560.20080008

FORMIGA-JOHNSSON, R. M.; BRITTO, A. L. Segurança hídrica, abastecimento metropolitano e mudanças climáticas: considerações sobre o caso do Rio de Janeiro. **Ambiente & Sociedade**, v. 23, p. 1–22, 2020. Available in: https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20190207r1vu2020L6TD.

GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v. 202, p. 18–27, 2017. Available in: https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031

GRIPBSUL. Plataforma GRIPB Sul. 2022. Available in: http://gripbsul.ana.gov.br/Default.html.

GUO, Z.; MA, M.; CAI, C.; WU, Y. Combined effects of simulated rainfall and overland flow on sediment and solute transport in hillslope erosion. **Faculty Publications**, n. 8801, 2018. Available in: https://doi.org/10.1007/s11368-017-1868-0

HAMED, K. H. Exact distribution of the Mann–Kendall trend test statistic for persistent data. **Journal of Hydrology**, v. 365, n. 1–2, p. 86–94, 2009. Available in: https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.11.024

JORDÃO, M. D. L.; VINZON, S. B. **Influência da transposição de bacias do Paraíba do Sul-Piraí-Guandu na descarga de sólidos suspensos para a Baía de Sepetiba**. Rio de Janeiro: UFRJ/Coppe, 2017.

LÄMMLE, L.; PEREZ FILHO, A.; DONADIO, C.; ARIENZO, M.; FERRARA, L.; SANTOS, C. J.; SOUZA, A. O. Anthropogenic pressure on hydrographic basin and coastal erosion in the delta of Paraíba do Sul River, Southeast Brazil. **Journal of Marine Science and Engineering**, v. 10, n. 1585, 2022. Available in: https://doi.org/10.3390/jmse10111585.

LEITE, I. R.; FINCK, L. F.; ALMEIDA, A. K.; CORREA, J. M.; COSTA, C. M. S. B.; ALMEIDA, I. K. Spatial distribution and temporal trends in rainfall in Mato Grosso do Sul, Brazil. **Mix Sustentável**, Florianópolis, v. 9, n. 5, p. 165–181, out. 2023. Available in: https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n5.165-181.

LÓPEZ, J. C. R. *et al.* Transporte de sedimentos en suspensión en los principales ríos del Caribe colombiano: magnitude, tendencias y variabilidad. **Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales**, v. 39, n. 139, Bogotá, 2015. Available in: http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.209

MALLICK, J. *et al.* Analysing the trend of rainfall in Asir region of Saudi Arabia using the family of Mann-Kendall tests, innovative trend analysis, and detrended fluctuation analysis. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 143, p. 823–841, 2021. Available in: https://doi.org/10.1007/s00704-020-03448-1

MAPA de solos do Brasil. 2023. Available in: http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Abrasil_solos_5m_20201104. Accessed in: 17 de jun. 2023.

MAPBIOMAS. **Coleção 7**: série anual de mapas de cobertura e uso da terra do Brasil. Projeto MapBiomas – Coleção 7. Available in: https://mapbiomas.org/

MARENGO, J.; ALVES, L. **Tendências hidrológicas da bacia do Rio Paraíba do Sul**. 2004. Available in: http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/walmeida/2004/04.08.12.39/doc/marengo_tendencias.pdf. Accessed in: 16 set. 2023.

MOLISANI, M. *et al.* Water discharge and sediment load to Sepetiba Bay from an anthropogenically-altered drainage basin, SE Brazil. **Journal of Hydrology**, v. 331, n. 3, p. 425–433, 2006. Available in: https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2006.05.038

NEVES, A. de O.; VILANOVA, M. R. N. Caracterização da seca histórica da década de 2010 na Bacia do Rio Paraíba do Sul, Estado de São Paulo, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 2, mar./abr. 2021. Available in: https://doi.org/10.1590/S1413-415220190023.

NEVES, M. P.; SANTOS, F. M.; DI LOLLO, J. A. Processos erosivos e produção de sedimentos: suas relações com a cobertura vegetal na Bacia do Ribeirão do Roque. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 18, e17, 2021. Available in: https://doi.org/10.21168/rega.v18e17.

OLIVEIRA, E. C. Mudanças na sedimentação do delta do Rio Paraíba do Sul nos últimos 40 anos: resultados do manejo excessivo. *In*: **O Homem e as Zonas Costeiras**. Cap. X, p. 174–178, 2015.

OLIVEIRA, A. V. de; SERRANO, R. O. P.; MESQUITA, A. A.; MOREIRA, J. G. V. Temporal trend and estimation of the hydrological risk of maximum rainfall and flow extremes in the city of Rio Branco, Acre, Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 36, n. 4, p. 749–758, 2021. Available in: https://doi.org/10.1590/0102-7786360050

OLIVEIRA, A. M.; REIS, A. S.; MATOS, A. E.; NUNES, A. G.; HERNANDEZ, A. O.; SOUZA, C. S.; SEGUNDO, G. H. C.; VITAL, H.; GONÇALVES, M. V. C.; JÚNIOR, N. A. F.; OLIVEIRA, O. C.; JÚNIOR, P. O. M.; JÚNIOR, R. C. S.; TABASA, W. F.; HERNANDEZ, Y. O. **Estudo hidrodinâmico-sedimentológico do baixo São Francisco, estuário e zona costeira adjacente – AL/SE**. 2003.

OLIVEIRA, D. M.; CARVALHO, V. S. B.; DA SILVA, B. C.; REBOITA, M. S.; DE CAMPOS, B. Hydrological and precipitation extremes and trends over the Paraíba do Sul River Basin, Brazil. **Climate**, v. 11, n. 7, 138, 2023. Available in: https://doi.org/10.3390/cli11070138.

RIBEIRO, G.; BARTEL, B. F.; OLIVEIRA, C. S. **Mapeamento digital da área urbana na frente erosiva em Atafona e progradacional em Grussaí, São João da Barra (RJ)**: impactos urbanos e ambientais. 2006. Available in: https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos06/413_ModeloSeget_Gilberto.pdf.

SANTANA, G. R. de A.; SANTOS, E. B.; SILVA, M. G. A. J. da. Caracterização espaço-temporal das secas na Bacia do Rio Paraíba do Sul. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 43, n. 4, 2020. Available in: https://doi.org/10.11137/2020_4_364_375

SANTOS, T. S. dos; SANTOS NETO, J. E. dos; SOUZA, E. M. de; JOSÉ, J. V.; LEITE, K. N.; VALADÃO, M. B. X. Transformações do uso e cobertura do solo na Bacia Hidrográfica do Alto Juruá – Acre por meio da plataforma MapBiomas. **Research, Society and Development**, v. 14, n. 2, e0514248115, 2025. Available in: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v14i2.48115.

VASCONCELOS, N. A.; FORMIGA-JOHNSSON, R. M.; RIBEIRO, N. B. Impactos da crise hídrica 2014–2016 sobre os usuários dos rios Paraíba do Sul e Guandu. **REGA – Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 16, e14, 2019.

Energy access, embryonic urbanity, and development in Amazonian villages

Acesso à energia, urbanidade embrionária e desenvolvimento em vilas amazônicas

Antônio César Pinho Brasil Júnior [1]

Rafael Castilho Faria Mendes [2]

Manuela Tobaldini [3]

Raimundo Nonato Júnior [4]

Louna Saigot [5]

[1] *PhD in Thermal Sciences and Energy, Professor, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brazil*
E-mail: brasiljr@unb.br

[2] *PhD in Mechanical Sciences, Professor, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brazil*
E-mail: rafael.mendes@unb.br

[3] *Environmental Management Degree, Project Manager, Hubz - Management, Business, and Innovation, Rio de Janeiro, RJ, Brazil*
E-mail: manuela.tobaldini@hubz.com.br

[4] *PhD in Geography, Professor, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brazil*
E-mail: raimundo.nonato@ufrn.br

[5] *Master's Degree in Cooperation and Development in Latin America, Université Sorbonne Nouvelle, Paris, France*
E-mail: louna.saigot@sorbonne-nouvelle.f

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.60512

Received: 24/11/2025
Accepted: 04/12/2025

ARTICLE- VARIA

ABSTRACT

The Paraíba do Sul River basin supplies major urban centres, such as São Paulo and Rio de Janeiro, and has been significantly impacted by urbanisation and multiple water uses. Over time, water demand has increased for the construction of hydropower dams and water-transfer systems. This research preliminarily examines how land-use changes and hydrometeorological trends have influenced sediment transport. We conducted an integrated analysis using sediment data from the National Water Agency (ANA) and land use data (1985–2021) from MapBiomas. Results show significant declines in river discharge and sediment load, likely due to reduced soil erosion from land-use changes, increased

water demand, and reservoir flow regulation. Although coastal erosion at the river mouth is worsening, its causes cannot be attributed to basin disturbances, as coastal processes and climate change may also influence it. Given data limitations, the findings remain preliminary and require further observational and modelling studies.

Keywords: Electrification. Social Progress Index. Hybrid Energy Systems. Amazonian Local Development. Embryonic Urbanity in Amazon.

RESUMO

A Bacia do Rio Paraíba do Sul abastece grandes centros urbanos, como São Paulo e Rio de Janeiro, e tem sido significativamente afetada pela urbanização e pelos múltiplos usos da água. Ao longo do tempo, a demanda por água impulsionou a construção de barragens hidrelétricas e de sistemas de transferência de água. Esta pesquisa investiga, de forma preliminar, como as mudanças no uso da terra e as tendências hidrometeorológicas influenciaram o transporte de sedimentos. Realizamos uma análise integrada utilizando dados de sedimentos da Agência Nacional de Águas (ANA) e dados de uso da terra (1985-2021) do MapBiomas. Os resultados mostram declínios significativos na vazão fluvial e na carga de sedimentos, provavelmente relacionados à redução da erosão do solo decorrente de mudanças na cobertura do solo, ao aumento da demanda hídrica e à regulação do fluxo por reservatórios. Embora a erosão costeira na foz do rio esteja se agravando, suas causas não podem ser atribuídas a perturbações na bacia, visto que processos costeiros e mudanças climáticas também podem influenciá-la. Devido às limitações dos dados, as conclusões permanecem preliminares e requerem estudos adicionais de observação e modelagem.

Palavras-chave: *Eletrificação. Índice de Progresso Social. Sistemas Híbridos de Energia. Desenvolvimento Local Amazônico. Urbanidade Embrionária na Amazônia.*

1 INTRODUCTION

Small Amazonian villages play a crucial role in regional territorial organisation, mediating the flow of goods, transportation, and public services between rural areas and municipal centres. These settlements, shaped by indigenous, caboclo, and migrant populations, maintain extractive activities, subsistence agriculture, and mobility along river networks. Despite this importance, they face persistent deficits in education, health care, communication, and energy infrastructure.

Access to electricity is among the most relevant constraints. Many communities depend on isolated diesel-based systems with high operational costs, fuel logistics, and unstable supply. These vulnerabilities affect basic services such as schools, health units, refrigeration, communication networks, and small commerce. Understanding how electrification influences these settlements requires an analytical lens attentive to the slow and uneven process through which small villages begin to express essential urban functions. This condition is captured by the concept of embryonic urbanity.

The Social Progress Index provides a multidimensional framework to evaluate local conditions, but since it operates at the municipal scale, complementary qualitative assessment is required for village level analysis. A gap remains in the literature regarding villages of intermediate scale between micro communities and fully consolidated towns. This work addresses this gap through an examination of Caiambé, a village of two thousand residents that recently shifted from diesel generation to a hybrid system. The aim is to understand how electrification supports local development and contributes to early urban consolidation while advancing SDG7.

2 ANALYTICAL FRAMEWORK

2.1 AMAZON AND THE CONCEPT OF EMBRYONIC URBANITY

The formation of urban environments in the Brazilian Amazon follows trajectories that differ from classical models of urban expansion. The work of Brazilian geographer Milton Santos can provide an essential conceptual basis for understanding these processes. Santos distinguishes the city as a material form from the urban as a set of social relations, flows, and practices that shape the production of space (Santos, 1993, 1997, 2009). In his perspective, urbanity emerges not merely from physical structures but from the organisation of daily life, the circulation of people and goods, the articulation of technical systems, and the political processes through which communities express collective demands. Urban space is therefore produced through social interactions and institutional arrangements that transcend the presence of consolidated infrastructure.

This interpretation is particularly relevant in the Amazon, where many settlements begin to exhibit urban functions before acquiring the physical attributes of consolidated towns. These early expressions of urban life arise through the establishment of schools, health posts, commercial activities, and community associations that structure daily interactions. As Santos's framework suggests, urbanity materialises through social claims and collective practices even in contexts where infrastructure remains incomplete.

Becker's work complements this interpretation by situating Amazonian urbanisation within a long historical process of territorial occupation. Becker describes the Amazon as an urbanised forest, where networks of river circulation, extractive cycles, and migration have shaped the formation of numerous small settlements (Becker, 1990, 1995). According to Becker, these settlements often arise through endogenous dynamics rather than formal planning, resulting in nuclei that combine rural livelihoods with emerging urban structures. This produces an archipelago of small centres that provide basic services, commercial activities, and logistical support across vast riverine territories. Nascimento (2017) reinforces this interpretation by noting that territorial expansion in the Amazon frequently occurs through rapid and unplanned processes that respond to immediate social needs, rather than through long-term planning policies.

In this context, several studies have emphasised the importance of small settlements as nodes of social and economic organisation. Costa *et al.* (2019) highlight the role of these villages in the regional urban hierarchy, functioning as intermediaries between remote communities and municipal centres. Alves Fernandes (2017) in turn, demonstrates how villages like Caiambé develop through successive cycles of extractivism, migration, and infrastructure provision, gradually acquiring a more complex territorial network.

Introducing here, the concept of *embryonic urbanity* emerges from the intersection of these perspectives. It designates a stage in which a settlement begins to develop essential urban functions while maintaining strong rural characteristics and a deep connection to natural resources. The early evolution of urbanity at the local scale emerges from the negotiation of community needs regarding infrastructure. Social claims for housing, transport, sanitation, and, importantly, energy, form the foundation for incremental urban growth and transformation. Just as an embryo requires a constant supply of nutrients to develop into a mature organism, Amazonian villages depend on reliable electricity to support their expansion and the emergence of urban functions. Importantly, this growth can occur in ways that harmonise with the surrounding environment, preserving the life-supporting ecosystems that constitute the forest heritage of these communities. The embracing *Mother Earth* around the young settlement may wither under the weight of resource demands from its embryonic rise, or, in gentle harmony, she may nurture the birth of a city that matures wisely, sustaining her and itself in a shared cycle of lasting growth.

A sustainable model of Amazonian urbanisation should therefore embrace adaptability, integrating modern technological solutions, such as the insertion of renewable energy, into a self-regulating system that aligns with both ecological rhythms and human settlement patterns. In doing so, embryonic urbanity can serve as a framework for promoting local development while respecting and reinforcing the environmental and cultural integrity of the region.

Thus, the metaphor of embryonic urbanity is marked by the progressive consolidation of all other technical systems, including transportation, communication, etc., which enable new forms of social interaction and economic activity. It also appears through the expansion of institutions that regulate community life, such as schools, health units, churches, and small commercial establishments.

Despite these developments, settlements in this stage retain a hybrid nature. Rural practices and forest-based livelihoods remain central to daily life, yet residents increasingly articulate demands for improved services, education, health care, communication, and mobility. These demands exert pressure on public authorities and contribute to the establishment of new infrastructures, reinforcing the transition toward urban functions. As Becker (1995) argues, these processes reflect the dynamic interaction between local populations and broader economic and territorial forces that shape the region.

Through this conceptual lens, embryonic urbanity provides a coherent framework for understanding how small Amazonian settlements evolve and how improvements in electricity supply influence their development trajectories. It highlights the material, social, and symbolic dimensions through which villages transition from rural communities into structured urban environments, shaped by local agency, environmental context, and the gradual establishment of essential infrastructure. This perspective also helps explain how these emerging urban conditions can sustain a rural-urban relationship that supports forest conservation, rather than undermining it.

2.2 ELECTRIFICATION AND LOCAL DEVELOPMENT IN ISOLATED AMAZONIAN SYSTEMS

Energy access is a central driver of social development in the Brazilian Amazon, where many small and medium sized settlements remain outside the National Interconnected System (SIN), as shown in Figure 1. These localities depend on isolated diesel based power plants that form the core of the SISOL program (Brazilian Isolated Sistem Program). The program is governed by the Brazilian Ministry of Mines and Energy and technically coordinated by the Energy Research Company (EPE), which is responsible for planning, auditing, monitoring, and guiding the long-term operation of isolated systems (EPE, 2024, 2025). Across the region, SISOL accounts for more than 700 MW of installed capacity. Although diesel generation ensures supply in remote areas, it is associated with high operational costs, complex logistics for fuel transport, and significant environmental impacts.

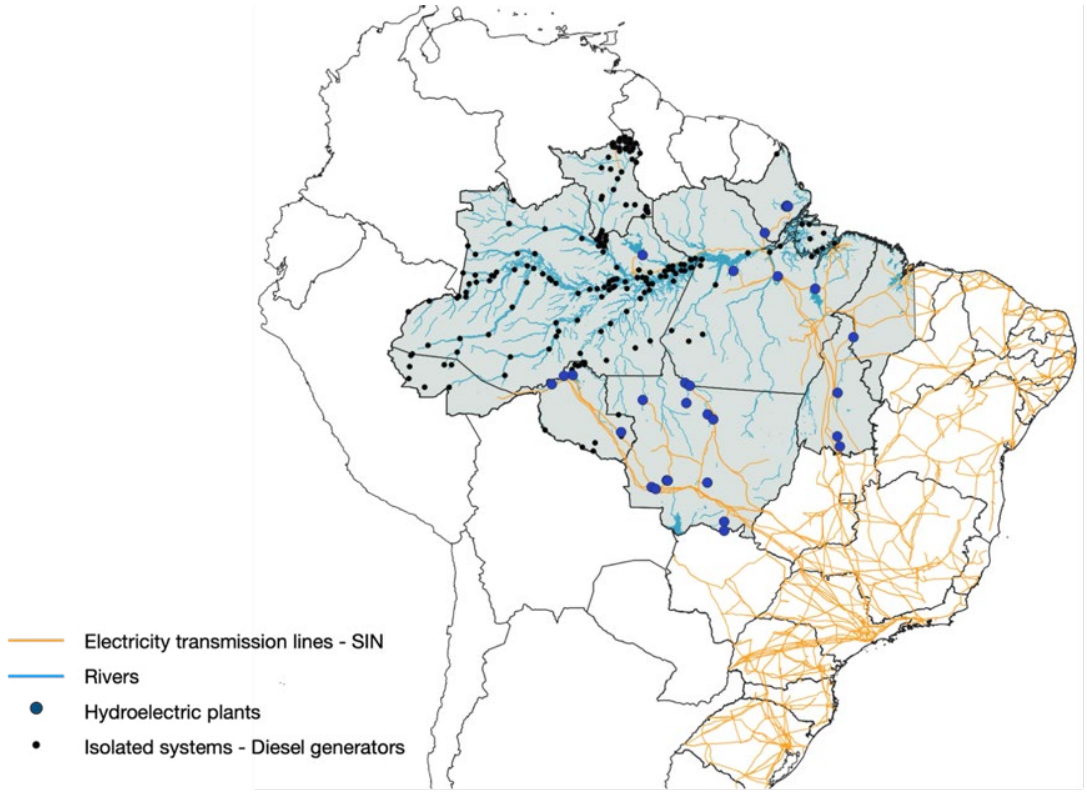


Figure 1 – Electricity infrastructure in the Amazon region

Source: EPE, 2024

The dependence on diesel also affects supply reliability. Seasonal variations in river navigability, transport delays, and fluctuations in international fuel prices expose communities to recurrent risks and unstable costs. These vulnerabilities limit electricity availability for essential public services, including health care, education, water treatment, communication networks, and local commerce, reinforcing structural constraints on development.

A growing body of research highlights the need to adopt cleaner and more resilient solutions. Studies demonstrate the feasibility of renewable sources in remote Amazonian systems (Jean *et al.*, 2021) and point to photovoltaic generation as a strategic option for areas with limited infrastructure (Van Els *et al.*, 2012).Recent assessments emphasise hybrid systems that integrate solar production and battery storage with existing diesel plants (Alves *et al.*, 2023; Soliano Perreira *et al.*, 2024). These configurations reduce fuel use and emissions while improving reliability and stability.

For villages with populations between 1 and 5,000 inhabitants, hybrid systems can offer an intermediate, scalable solution between small off-grid units and the larger systems installed in municipal centres. Their scale aligns with the needs of an emerging urban environment. By reducing dependence on fuel transport and taking advantage of available solar resources, hybrid systems enhance resilience and support the transition toward sustainable energy models.

In this context, electrification can function not only as infrastructure but also as a catalyst for social transformation. Improved energy availability strengthens essential services, fosters economic diversification, and consolidates institutional capacity. These processes contribute to the evolution of villages from dispersed rural clusters into cohesive urban environments, reinforcing the connection between electrification and local development examined in this study.

2.3 THE SOCIAL PROGRESS INDEX AS A REFERENCE FOR LOCAL DEVELOPMENT

The evaluation of development conditions in the Amazon has advanced through the use of multidimensional indicators that capture social and environmental realities beyond economic measures. Among these instruments, the Social Progress Index has become a central reference for assessing regional disparities and monitoring quality of life. Developed by the Social Progress Imperative and adapted for Brazil, the SPI evaluates development through three dimensions: basic human needs, foundations of wellbeing, and opportunity (IPS-Brasil, 2025; Santos *et al.*, 2023; Stern *et al.*, 2021).

Composed exclusively of social and environmental indicators, the SPI provides a comprehensive interpretation of population conditions without relying on income data. This is particularly relevant in the Amazon, where subsistence economies, limited monetisation, and restricted access to services make conventional economic metrics insufficient. The SPI incorporates components such as nutrition, water access, sanitation, housing, safety, education, information access, health outcomes, environmental quality, individual rights, and social inclusion, offering a detailed picture of territorial inequalities.

Municipal scale SPI results reveal persistent deficits in infrastructure and service provision, especially in sanitation, communication, and educational opportunities. In Tefé municipality, which includes Caiambé, several sub indicators highlight structural vulnerabilities in education, communication services, and opportunities, despite comparatively higher performance in housing and basic services. The SPI therefore provides a useful framework for interpreting the conditions under which small villages operate. Figure 2 presents the distribution of the SPI for all municipalities in Brazil. It also highlights the indicator for Tefé, which is the specific focus of this study.

It is important to observe that applying the SPI directly to village-scale analysis presents limitations. Most SPI indicators rely on aggregated municipal data and therefore fail to capture intra-municipal differences. Small villages rarely have systematic data collection or administrative records that would allow precise replication of SPI components. As a result, important aspects of local reality cannot be measured with the same granularity as in municipal evaluations. These constraints require complementary approaches that adapt the SPI structure to local contexts. Qualitative methods, perception-based evaluations, and field observations make it possible to capture local needs and social conditions not reflected in aggregated data. Integrating SPI categories with community perceptions reveals how residents interpret their access to services, evaluate local institutions, and perceive development conditions. This combined approach offers a more coherent interpretation of development at the scale of small villages and supports the investigation of how improved electricity access influences social progress in places with limited administrative data.

In this sense, the SPI serves both as a conceptual guideline and a comparative reference. It anchors the analysis in a robust multidimensional framework while enabling the examination of local dynamics that remain invisible in formal statistics. This dual approach is essential for understanding development processes in Amazonian villages, where local realities differ significantly from municipal averages and where the impacts of electrification are most strongly perceived in daily community life.

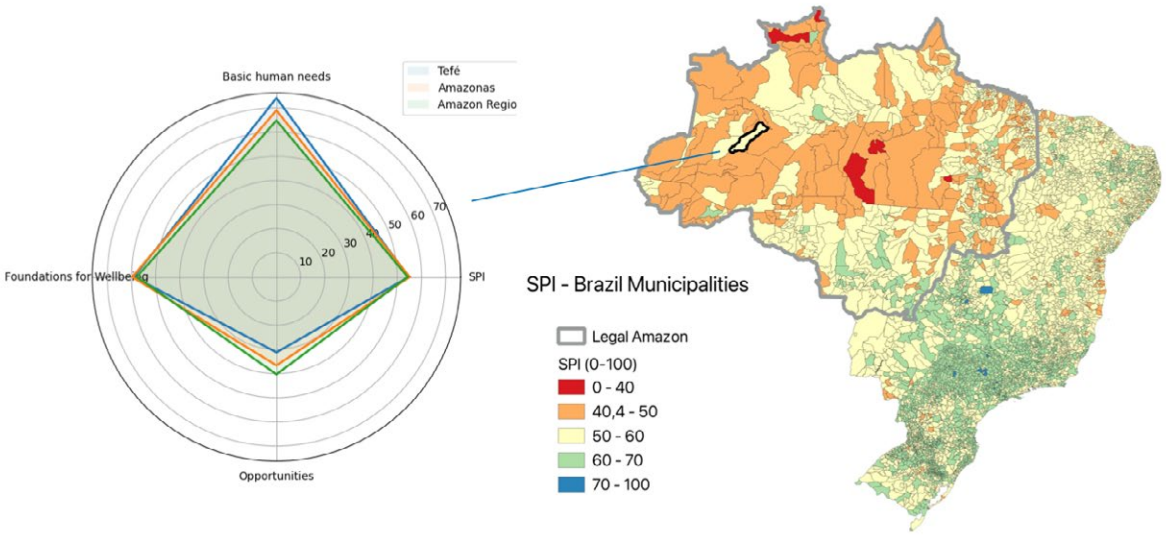


Figure 2 – Social progress index and sub-Indicators for Tefé municipality

Source: IPS-Brasil, 2025

2.4 ELECTRIFICATION AND SOCIAL INDICATORS IN THE BRAZILIAN AMAZON

The regional landscape of electrification in the Brazilian Amazon reveals a persistent pattern of spatial inequality that directly affects the living conditions of local populations. A clear illustration of this context is provided in Figure 1, where the electricity infrastructure in the Amazon region is illustrated. The map shows the extensive distribution of isolated power systems across the western region, highlighting the concentration of diesel-based generation units that supply towns and villages disconnected from the National Interconnected System. This spatial configuration underscores the structural dependence of the region on isolated systems and the challenges of guaranteeing electricity access in vast and sparsely populated territories.

Regional disparities become even more evident when household electricity access is compared across all Brazilian municipalities. Figure 3 presents the percentage of electrified households, revealing lower coverage levels in most of the Amazonian municipalities relative to national averages. These differences reflect the logistical and infrastructural constraints of extending distribution networks across remote riverine areas. They also align with the broader deficits in sanitation, water treatment, solid waste management, and communication services captured by the 2022 Census (IBGE, 2023), as shown in Table 1.

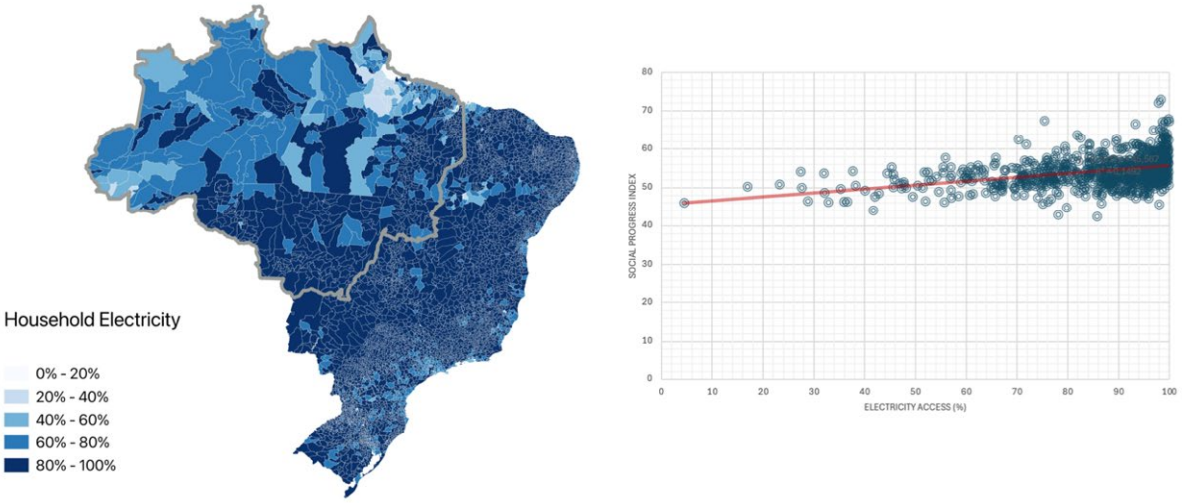


Figure 3 – Electricity access in households for the Amazon region

Source: IPS-Brasil, 2024

Table 1 – Indicators of Household Infrastructure Access.

State of the Amazon region	*Sanitary Sewer Collection (%)*	*Potable water treatment (%)*	*Solid waste management (%)*	*Electricity access (%)*
Acre	36.7	52.6	78.4	75.1
Amapá	12.1	43.4	90.8	70.8
Amazonas	33.4	66.1	82.8	65.4
Maranhão	18.1	66.2	71.4	94.8
Mato Grosso	34.0	80.7	88.7	82.34
Pará	20.0	48.9	78.1	83.2
Rondônia	13.6	48.2	79.5	71.5
Roraima	45.0	81.3	80.4	80.7
Tocantins	29.6	81.7	85.2	85.3
Brazil	64.7	83.9	91.7	87.0

Source: IBGE, 2023 and EPE, 2024

Understanding how these infrastructural conditions relate to social development requires a multidimensional analytical perspective. The Social Progress Index provides such a framework. In Figure 3, the relationship between the SPI and electrification in all Amazonian municipalities is presented. A clear relation can be observed, which also reflects the maps of Figures 2 and 3. This reinforces the interpretation that territorial inequalities in infrastructure influence social outcomes.

A more direct relationship between electrification and social indicators is presented through statistical analysis of the SPI sub-indicators, which is presented in Figure 4. Their relationship with electricity access shows strong linear correlations between the percentage of electrified households and the three SPI dimensions. These relationships are quantified in Table 2, which reports coefficients of determination R2 above 0.95 for all dimensions.

The strongest correlation is observed for the Basic Human Needs dimension, consistent with the central role of electricity in enabling water treatment, sanitation, food preservation, and essential services such as lighting and health care. The Opportunity dimension also increases with electricity access,

although with a slightly lower coefficient, reflecting the fact that improvements in education, income generation, and mobility depend on a wider set of institutional and economic factors.

Table 2 – Statistical Correlation parameters for SPI sub-indicators and electricity access in Amazon municipalities.

Correlation parameter	*Basic human needs*	*Foundation of Well-being*	*Opportunity*
Coefficient	0.75	0.66	0.47
R-Squared	0.972	0.964	0.959
t-statistic	151.3	133.2	124.2
p-value	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Qualitative interpretation	Strongest effect	Strong effect	Still strong, but relatively lower

Source: IPS-Brasil, 2024

Together, these maps and figures demonstrate three central points:

I. The Amazon remains strongly dependent on isolated diesel-based systems, with substantial territorial inequalities in electricity infrastructure (Figure 1).

II. Electricity access varies significantly between Amazonian states, reinforcing patterns of socio-spatial vulnerability (Figure 3 and Table 1).

III. Electricity access is strongly associated with social progress, indicating that improvements in electrification can influence multiple dimensions of municipal development (Figures 3 and 4; Table 2).

Within this regional context, the case study dedicated to a typical village becomes particularly relevant. As part of the isolated systems program and located in one of the states with the lowest electrification coverage, the present study case can allows relevant reflexions in the reseach objectives.

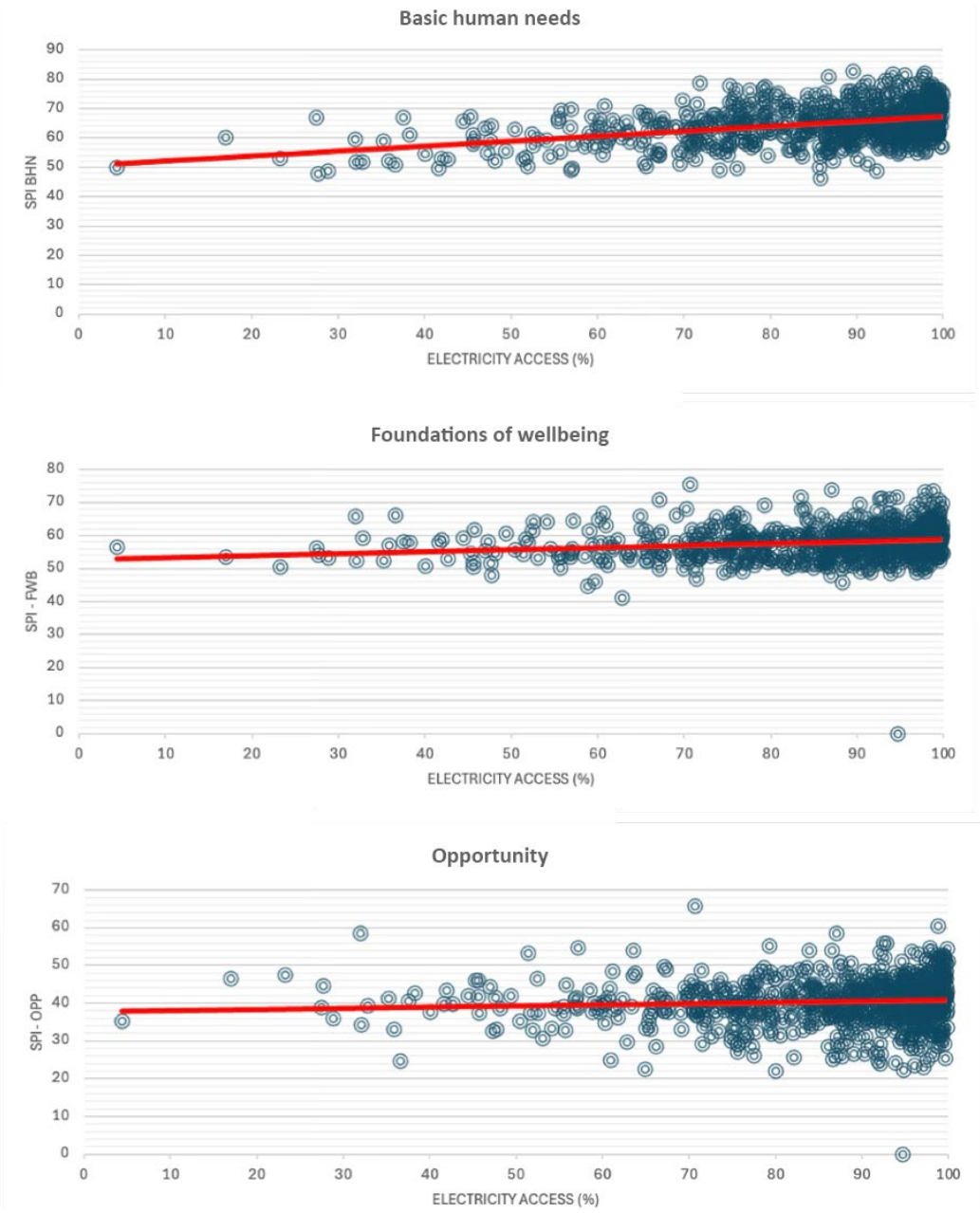


Figure 4 – SPI sub-indicators and their relationship with electricity access in Amazon municipalities

Source: IPS-Brasil, 2024

3 MATERIALS AND METHODS

3.1 SELECTION OF THE STUDY CASE VILLAGE

The selection of Caiambé as the case study follows conceptual, territorial, and technical criteria that reflect the objectives of this research. The study aims to examine how electrification supports local development in small Amazonian villages that exhibit early stages of urban consolidation. In this context, Caiambé represents an appropriate empirical setting due to its demographic scale, economic profile, institutional relevance, and recent changes in its electricity supply (Alves-Fernandes, 2017). Caiambé is located approximately 38 km downstream from the town of Tefé, along the Solimões River,

in the western Brazilian Amazon (see Figure 5). The village hosts around 2,000 residents, most of whom live in a compact urban centre where schools, health posts, retail shops, and community institutions are located. The remaining population is dispersed across surrounding rural areas and lake margins with strong ties to fishing and smallholder agriculture.



Figure 5 – Caiambé village: aerial village and location maps

Caiambé was selected for three main reasons. First, it is part of the National Program for Isolated Systems, making it representative of small Amazonian villages that depend on diesel-based power plants. Caiambé is supplied by a diesel power plant with a contracted capacity of about 1.4 MW (EPE, 2025), established to meet the projected growth of electricity demand through 2034. The system currently operates with a lower load because the installed capacity is greater than present consumption, allowing the village to absorb future demand increases without new investments.

Second, the village reflects an embryonic urban condition, in which small settlements gradually organise demands for education, health care, communication, and sanitation. Its social and economic structure reveals the slow consolidation of urban functions while maintaining strong ecological and cultural ties to the surrounding forest. In this study, the interpretation of this embryonic stage considers both the conditions described by Alves-Fernandes (2017) and the recent advances in local infrastructure reported by households during fieldwork. These perceptions highlight changes in public services, mobility, and community organisation, as well as political and social claims made by residents over the last decade. This combination of past and current evidence makes Caiambé an appropriate case for analysing how electrification interacts with local demands and shapes the configuration of its emerging settlement space.

Third, the village recently experienced a significant change in its electricity supply. In 2025, a solar array of 300 kW was installed to complement the diesel plant, with the goals of reducing fuel use, improving supply reliability, and lowering emissions. This transition offers direct evidence to discuss the adoption of cleaner and more resilient energy systems in isolated Amazonian contexts.

The research team carried out three field missions to Tefé and Caiambé between 2024 and 2025. These included direct observation, meetings with local leaders, interviews with residents, and technical visits to both the diesel plant and the new solar installation. Additional information was gathered from

official statistics, municipal documents, and the EPE Isolated Systems Dashboard. The study by Alves-Fernandes (2017) also provides essential historical and socio-economic insights into the village.

3.2 COMPARATIVE METHODOLOGY FOR ASSESSING SOCIAL PROGRESS (CAPSP)

The evaluation of development conditions in Caiambé requires a methodological approach that captures the specific realities of small Amazonian villages, where municipal statistics do not reflect the daily experiences of residents. To address this limitation, a comparative and perception-based method was created, combining elements of the Social Progress Index with field observation, informal interviews, and participatory assessment.

Municipal SPI results for Tefé provide a useful reference but cannot be directly applied to Caiambé, since systematic data are not collected at the village scale. The Comparative Assessment of Perceived Social Progress was therefore developed to incorporate residents' perceptions and their comparative understanding of local conditions.

The method adopts the main SPI dimensions, adjusted to the village context: health, education, basic infrastructure, security, communication, environmental quality, and social life. Each domain is evaluated through locally relevant aspects, such as access to primary health care, availability of medicines, quality of electricity and water services, waste management, and mobility.

Residents are invited to compare Caiambé with a reference locality, usually Tefé, which they know well through frequent social and economic interactions. This comparative exercise strengthens the reliability of responses. A simple question guides the evaluation of each dimension:

"How do you evaluate this aspect of life in Caiambé compared to the reference locality (Tefé city)?"

Responses use a five-point scale from "much better here" to "much worse here," or a numerical scale from minus two to plus two to facilitate analytical correction of the SPI. Open questions allow participants to expand on their views and highlight issues not captured by structured categories, adding cultural and contextual depth to the evaluation. This method combines formal indicators with local knowledge to produce a more accurate understanding of social progress in small communities.

A complementary assessment was conducted through interviews with local specialists, business owners, government staff, and researchers familiar with Tefé. They compared economic activities in Caiambé with those of the municipality, identifying productive chains, market access, employment conditions, and the main challenges for economic development.

After assessing the Social Progress Index using the CAPSP approach, perceptions collected from households and other local actors were organised to support the development of a SWOT matrix. This step allowed the identification of strengths, weaknesses, opportunities, and threats related to the village's social conditions and the evolution of its local infrastructure. The reanalysis of the qualitative and quantitative perceptions provided by residents made it possible to consolidate a synthetic view of the community position, highlighting elements that influence the interaction between electrification and local development.

3.3 ENERGY SYSTEM ANALYSIS AND LOCAL DEVELOPMENT INDICATORS

The third part of the methodology examines the electricity supply in Caiambé and its relation to local development. This analysis combines technical data from the isolated diesel system, information from the new solar installation, and development indicators adapted to the village scale. The objective is

also to understand how changes in electricity supply support social wellbeing, economic activities, and environmental conditions.

Two main sources inform the technical characterisation. The first is the EPE Isolated Systems Dashboard (EPE, 2025), which provides official data on installed capacity, annual energy production, fuel consumption, and projected demand. The second source is field observation at the diesel power plant during research missions, which made it possible to examine operational practices, load patterns, and the condition of the distribution network.

The analysis begins with annual and monthly generation data, including diesel consumption and generator efficiency. These variables help estimate the environmental burden of diesel use and the extent to which electricity consumption reflects the early urban development of the village.

The next step evaluates the impact of the solar system installed in 2025, composed of a 300 kW array and battery storage for short term energy support, and its possible expansion for a larger configuration. The hybrid energy systems evaluated in this study were simulated using the *Coralina platform*® for hybrid systems developed at the University of Brasilia (Brasil Junior *et al.*, 2021). The platform computes the annual operating behaviour of each configuration, including hourly electricity production, fuel consumption, and battery operation. It also calculates the Levelized Cost of Energy by applying standard procedures based on capital expenditures and operational expenditures. These cost parameters follow the reference values and methodological recommendations published by Irena (2025), adapted to the Amazonian reality, which provide consistent benchmarks for investment, maintenance, and replacement costs for isolated and hybrid power systems.

A qualitative assessment of electricity demand complements the technical analysis. Observations of household appliances, productive activities, public services, and community facilities reveal typical energy uses and the potential for demand growth. This is important because early urban development often brings rapid changes in consumption related to claims for better services, improved communication, refrigeration, water pumping, and education.

Energy data are then integrated with local development indicators through a qualitative and interpretive approach. Technical findings are compared with results from the CAPSP approach to determine whether improvements in electricity supply match residents' expectations and daily experiences. This step highlights the role of electricity as an enabling factor for development and shows how better supply reliability, lower costs, and reduced environmental impacts can support social gains and economic diversification.

4 RESULTS AND DISCUSSIONS

4.1 LOCAL SOCIAL PROGRESS INDICATORS

As established in the CAPSP methodology, the starting point for constructing indicators for the district is based on the values corresponding to the municipality of Tefé. These indicators are obtained from governmental databases, following the procedure defined by Imazon (IPS-Brasil, 2025). Figure 6 presents an overview of these indicators, consolidated into the sub-indicators that make up the index, upon which an adjustment is proposed for the development of Caiambé-specific indicators.

Figure 7 shows the correction applied to the village of Caiambé. This correction consists of a qualitative consolidation of the indicators presented in Figure 6, with adjustments ranging from –2 to 2, as established in the methodology described in item 3.2. Following the CAPSP approach, the estimated SPI score for Caiambé village is 49.2.

The rationale for the corrections applied to each indicator is discussed below, based on observations gathered during field assessments.

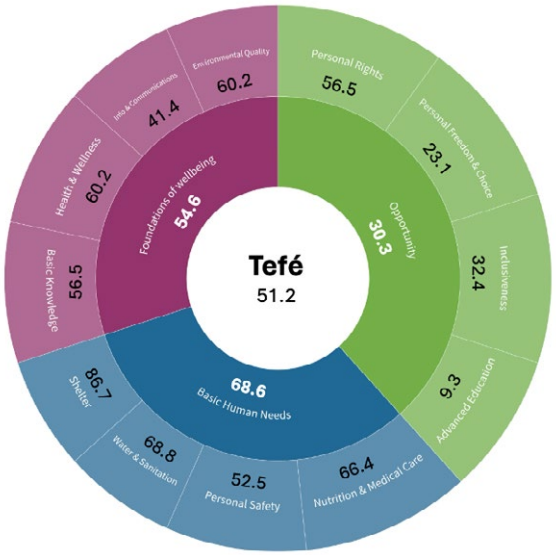


Figure 6 – Social progress index indicators for Tefé municipality

Source: IPS-Brasil, 2024

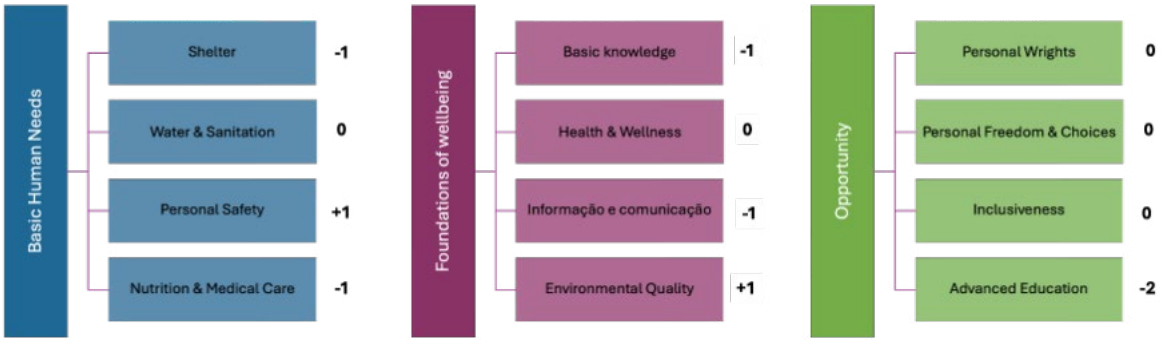


Figure 7 – Corrections between -2 and +2 of the SPI indicators using CAPSP

Source: IPS-Brasil, 2024

a) Basic Human Needs

The sub-indicators for Caiambé are quite similar to those of Tefé. However, the fact that Caiambé is a small settlement of approximately 2,000 inhabitants—compared with a municipality of 65,000—results in a slight relative advantage in some fundamental conditions for quality of life.

- Nutrition and medical care: Although the village has vaccination coverage and basic healthcare services, infant mortality and malnutrition indicators still weigh down overall performance. This reflects persistent inequalities in access to, and quality of, essential healthcare. Nonetheless, no major differences in food security or basic medical attention are observed when compared to Tefé. In more complex cases, residents typically rely on river transport to access health infrastructure in the municipal centre.

- Water and sanitation: The village has made progress in potable water supply in its urban core, complemented by private wells. Wastewater disposal for most of the population relies on septic tanks. Significant issues remain, including high distribution losses and

incomplete service coverage, directly affecting public health. Investments are needed to establish a basic sewage network in the central area and to provide technical guidance for community-based sanitation alternatives adapted to local conditions. Solid waste management is a critical concern requiring public intervention. Even so, the situation is not substantially different from that of the municipal seat.

- Housing: Housing conditions are reasonable for an Amazonian village, with good electricity coverage and acceptable structural quality (walls, flooring). This suggests relatively organised urban development. However, many precarious dwellings persist. Given the village's small scale, housing tends to be slightly more accessible for most residents when compared with Tefé.

- Safety: In Tefé, this is the worst-performing sub-indicator, with high homicide rates (particularly affecting youth and women) and traffic accidents severely undermining well-being. Violence poses a real threat to social progress in the municipality. By contrast, Caiambé exhibits a much more peaceful environment, characteristic of small Amazonian settlements.

b) Foundations of Well-Being

This dimension reveals serious limitations—especially regarding education and access to information—although in many aspects Caiambé resembles the municipal indicators.

- Basic education: High dropout rates, age–grade mismatch, and grade repetition reflect structural weaknesses in the educational system and persistent barriers to student retention. Conditions are slightly worse than in Tefé.

- Information & communication: One of the weakest points. Fixed and mobile internet coverage remains limited and of poor quality, undermining access to information, remote learning, and digital inclusion.

- Health: Life expectancy is reasonable, though chronic tropical diseases contribute to avoidable mortality. Rising obesity rates signal an ongoing epidemiological transition.

- Environmental quality: Caiambé presents a moderate environmental quality index, performing better than Tefé. This reflects local environmental diversity, with intact forest areas and high lake water quality. Few pressures—such as deforestation, fires, or acute climate vulnerability—are observed.

c) Opportunity

This is a critical dimension—both for Caiambé and for Tefé—showing very low overall performance, revealing the lack of enabling conditions for residents to fully develop their potential.

- Individual rights: Some institutional structures exist for social programs and judicial access, but procedural overload remains a persistent challenge.

- Personal freedoms and choice: Very low. Early pregnancy, limited access to cultural and recreational activities, absence of parks, and the incidence of child labour constitute serious obstacles for youth development. There are, however, some positive points associated with community cohesion.

- Inclusive society: Gender, ethnic, and racial inequalities are evident. Political representation is also low, including movements advocating for the creation of an independent municipality.

- Advanced education: This is the worst-performing indicator. The share of the workforce with higher education is very small, ENEM performance (Brazilian access test for university education) is insufficient, and women are underrepresented in tertiary education. This severely constrains the municipality's capacity to innovate and generate new opportunities. The indicator is significantly lower than in Tefé, which hosts an advanced campus of the Amazonas State University. Although the local secondary school has been making efforts to improve high-school outcomes, substantial additional work is required to achieve reasonable levels of access to higher education in the village.

To complement and systematise the evaluation derived from the Social Progress Index (SPI) adjustments, a SWOT analysis was developed for Caiambé. The SWOT diagram in Figure 8 synthesises the qualitative corrections applied to the SPI indicators, offering an integrated perspective on the village's social progress, vulnerabilities, and potential pathways for improvement.

a) Strengths

Caiambé exhibits several positive attributes that support local well-being. The village benefits from a relatively peaceful social environment, with significantly lower levels of violence than the municipal centre. Basic housing conditions—such as electrical coverage and essential structural adequacy—are reasonably established, contributing to stability in everyday life. Environmental conditions also represent a strong point: intact forest areas, good lake water quality, and limited pressures from deforestation or fire events reinforce local ecological resilience. The presence of basic healthcare and vaccination services, even if limited in complexity, further contributes to foundational well-being.

b) Weaknesses

Despite these strengths, structural weaknesses remain substantial, particularly in access to quality education, information, and communication. High school dropout rates, age–grade mismatch, and weak performance in secondary education limit long-term opportunities. Internet access—both mobile and fixed—remains insufficient for modern information needs, restricting digital inclusion. Water and sanitation infrastructure is incomplete, with distribution losses, reliance on septic tanks, and inadequate solid waste management affecting public health. The scarcity of advanced educational opportunities and the very low proportion of residents with higher education constitute critical limitations for human capital development.

c) Opportunities

Caiambé has important opportunities for advancing social progress. Its small scale and cohesive community structure facilitate targeted improvements, such as community-based sanitation, local water system optimisation, and expanded digital infrastructure. The proximity to the municipal seat, although requiring river transport, allows for integration into broader health, education, and administrative services. Emerging regional initiatives for rural electrification, connectivity, and environmental conservation may also benefit the village. Moreover, the growing demand for sustainable development models in the Amazon positions Caiambé as a potential pilot site for innovative community-centred interventions.

d)Threats

The village faces several external threats that may compromise future progress. Demographic pressures, economic stagnation, and limited institutional capacity can exacerbate inequalities and restrict

long-term development. Climate-related risks, such as alterations in river levels, extreme rainfall, or prolonged droughts, pose direct challenges to water supply, mobility, and local livelihoods. Persistent socio-economic vulnerabilities, such as early pregnancy and child labour, hinder youth development and perpetuate cycles of disadvantage. In addition, the absence of higher education opportunities and skilled employment may accelerate outward migration, reducing local human capital.

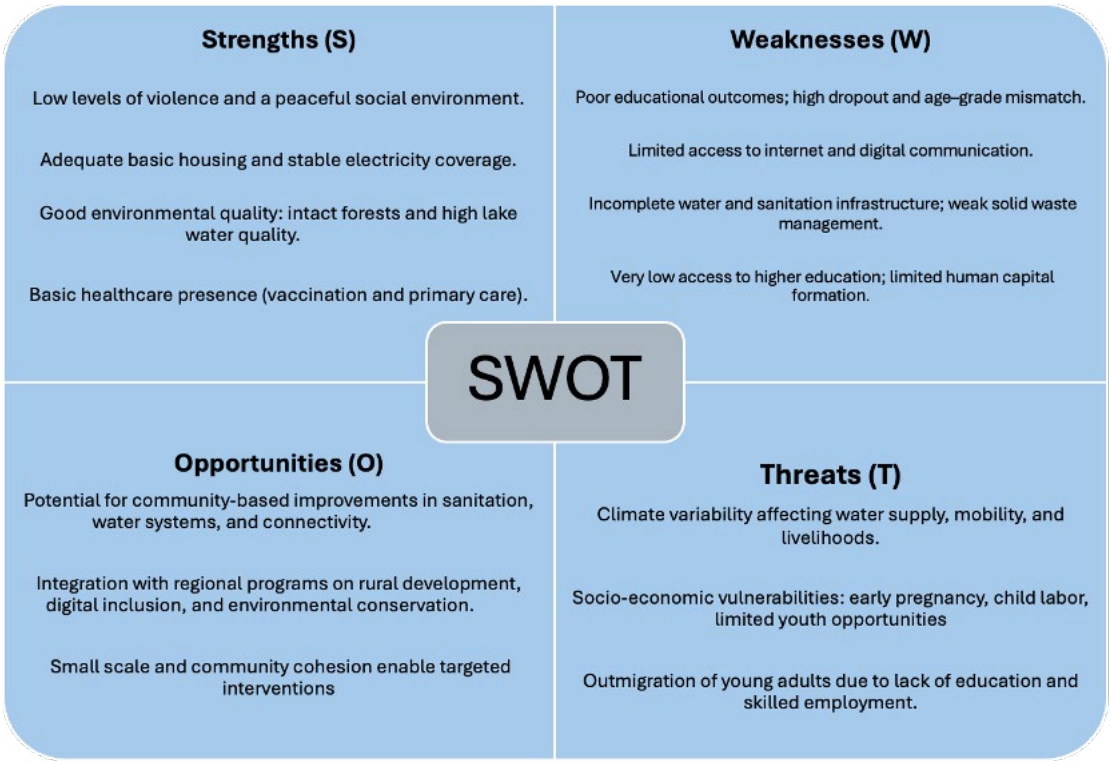


Figure 8 – SWOT diagram for SPI evaluation of Caiambé village.

Source: The authors

In summary, the observed social conditions in Caiambé reveal a community with significant strengths—such as a peaceful environment, affordable basic housing, and favourable environmental quality—yet remains constrained by structural weaknesses in education, sanitation, and access to information. While opportunities exist for targeted interventions and integration with broader regional development initiatives, persistent vulnerabilities and external pressures continue to limit social progress.

These constraints are further compounded by the village's dependence on a fragile and costly energy infrastructure. At present, all local electricity demand is supplied exclusively by diesel generators, a condition that not only restricts economic opportunities and service quality but also increases operational costs and exposure to fuel logistics. This context underscores the need to evaluate alternative energy pathways capable of supporting improved social outcomes while reducing dependence on diesel-based systems.

4.2 ELECTRICITY SUPPLY AND LOCAL SOCIAL PROGRESS

The electrification of Caiambé began in 1986 through an initiative of the state government with Amazonas Energy Company, which implemented a rudimentary and intermittent electricity supply based on small diesel generator sets (Alves-Fernandes, 2017). This situation reflected the pattern commonly observed in many settlements of the Amazon region, where technical limitations, high operational costs, and logistical constraints often restricted the reliability of local energy systems. Over time, the extension of electricity to households and to the main social facilities of the village expanded gradually, driven

by the persistent claims of residents. This process illustrates the dynamics of embryonic urbanity, in which access to electricity emerges as both a symbol and a driver of community consolidation and local development. According to Alves-Fernandes (2017), only 27% of the registered consumers in Caiambé were served in 2014. This precarious condition changed significantly after the implementation of the *Luz para Todos* program in 2018, when the local grid was formalised and progressively expanded. The continuous enlargement of the distribution network, which its expasion is visible in Figure 9, reflects the growing urban demands of the village and its transition toward a more structured local infrastructure.

By 2024, the electricity supply in Caiambé was fully dependent on isolated diesel generator sets with a contracted capacity of 1.4 megawatts, operating continuously to meet local demand under conditions typical of remote riverine communities of the Amazon. Despite the operational and environmental challenges of this model, its stability has supported essential services and enabled modest economic growth in the village. Current projections indicate a persistent increase in electricity demand for the coming decade, associated with demographic expansion, improvements in public services, and the strengthening of local commerce and productive activities. Table 3 presents the main characteristics of the electricity supply in Caiambé, illustrating the relevance of energy access as a foundational element (or a consequence) of local social progress.

Table 3 – Electricity facilities numbers in Caiambé in 2024

Contracted power	1,408 MW
Local demand	642 kW
Diesel Consumption	915,296 liters/y
Emissions	2,512 tCO2e
Cost of energy	0.50 USD/kWh
Annual generation	2,297 MWh

Source: EPE, 2025

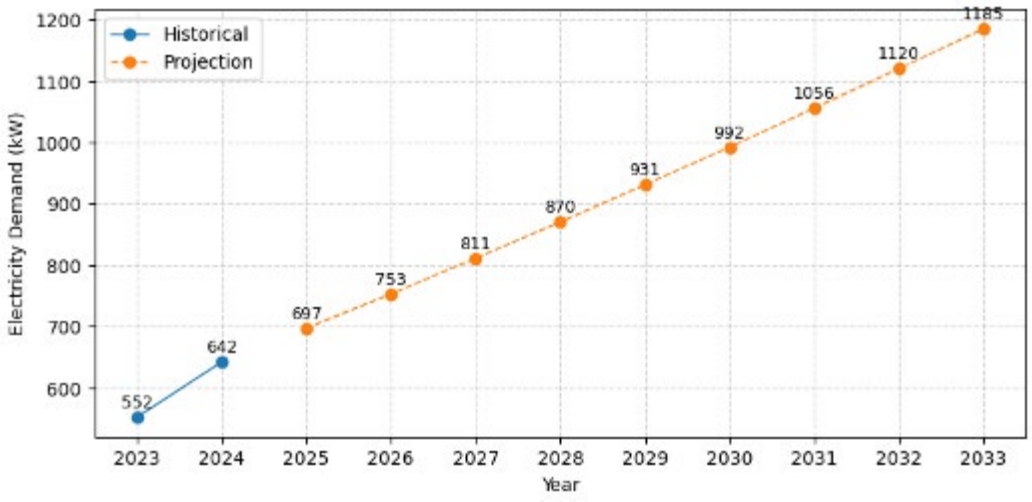


Figure 9 – Local electricity planned demand of Caiambé

Source: EPE, 2025

As illustrated in Figure 10, Caiambé exhibits a daily electricity load profile characteristic of small Amazonian villages, with residential consumption as the dominant component. The evening peak occurs around 9 pm, driven mainly by the simultaneous use of lighting, refrigeration, ventilation, and

small household appliances. The hourly curves for 2024, including their annual variability and the parameterisation of the Duck Curve model (Pitra; Mu, 2021, for instance), were obtained from the EPE database. These curves provide a detailed understanding of local consumption behaviour and support the design of strategies to incorporate renewable energy sources through photovoltaic generation and battery storage.

The absence of industrial activity and large commercial consumers results in a relatively low average demand over the day, combined with marked fluctuations in instantaneous power requirements. This dynamic produces recurrent operational mismatches between the rated capacity of the diesel generators and the actual load. As a consequence, during extended off-peak periods, the generators operate at loads well below their optimal efficiency range, increasing fuel consumption per unit of energy delivered, accelerating equipment wear, and raising overall operational costs. This condition underscores the relevance of hybrid energy solutions that can smooth load variability, reduce diesel dependence, and enhance the sustainability of the local electricity supply.

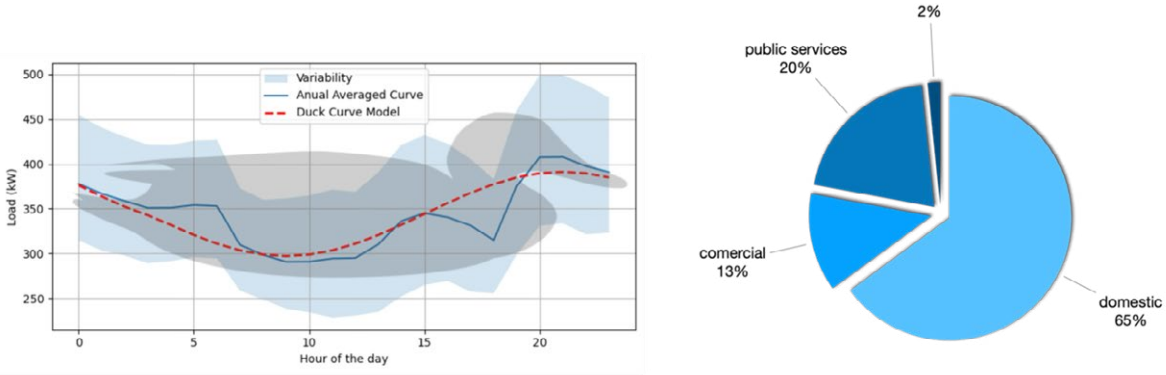


Figure 10 – Electricity Load profile in Caiambé

Source: EPE-Dashboard, 2025

After June 2025, the commissioning of a hybrid energy system composed of a solar power plant and a battery storage unit was initiated. In this first phase, only the 300 kW photovoltaic system entered into operation. Figure 11 presents the annual average behaviour of daily operations for two configurations: the installed 300 kW solar plant and a planned 1000 kW system combined with a 500 kWh lithium-ion battery bank. The simulations were performed using a typical meteorological year for solar irradiation and temperature conditions provided by the World Bank-Esmap (2025). The solar power plant model incorporates performance variations associated with local temperature and irradiation, as well as detailed estimates of losses across all system components.

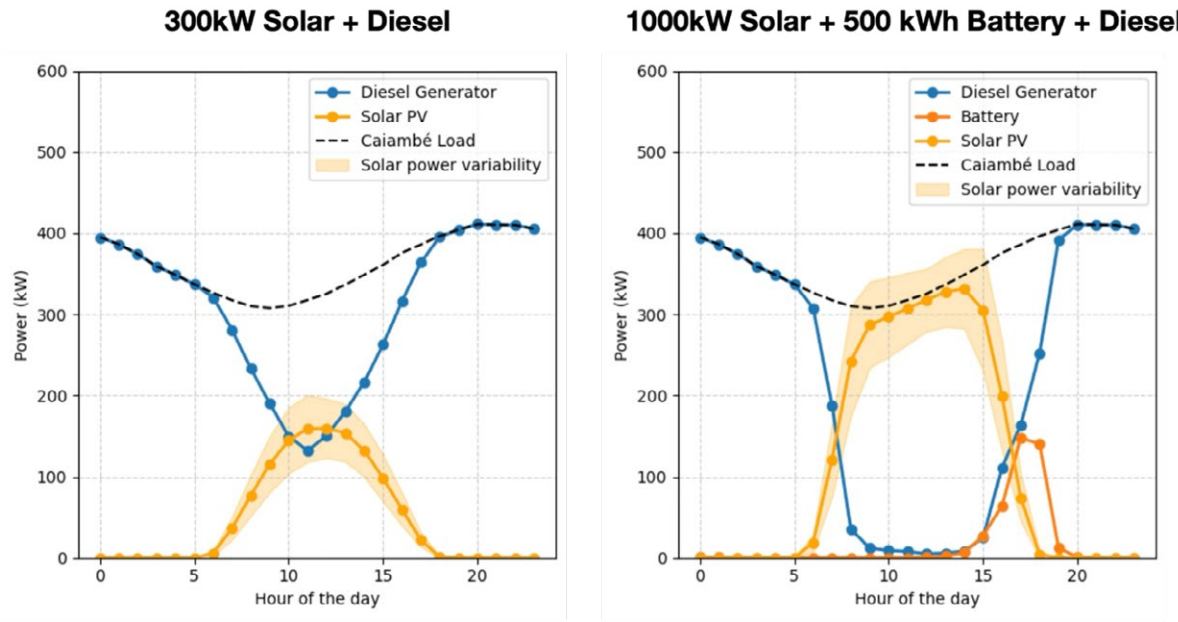


Figure 11 – Averaged Daily operation of the hybrid energy systems for Caiambé village - Modelled using Coralina Platform

Source: Brasil Junior, 2021

Table 4 – Annual operation of hybrid energy systems for Caiambé village (Simulations from Coralina platform)

Configurations	500 kW Diesel generators units 300 kW Solar PV	500 kW Diesel generators units 1000 kW Solar PV 500 kWh Li-ion batteries
Diesel Consumption	795,9 liters/y	571,3 liters/y
Emissions	2,133 tCO2e	1,531 tCO2e
Cost of energy	0.39 USD/kWh	0,33 USD/kWh

Source: The authors

The simulation results for the hybrid system show a marked improvement in operational performance. For the solar 300 kW configuration, all energy produced by the solar plant is fully absorbed by the village load during daylight hours. This direct coupling between solar generation and consumption naturally reduces fuel use, since the diesel generator operates at a lower output during periods of strong solar irradiation. A much more substantial reduction in fuel consumption is observed with the proposed 1000 kW solar plant combined with a 500 kWh battery bank. In this configuration, diesel generation is significantly displaced, as illustrated in Figure 11. The battery bank supplies part of the demand during the evening peak, smoothing the load and further decreasing the reliance on the generators.

The current diesel-based system in Caiambé requires 915,296 litres/year of fuel and emits 2,512 tCO2e/year, with an energy cost of 0.50 USD/kWh. The introduction of a 300 kW solar plant reduces diesel consumption to 795,900 litres/year, a decrease of 13%, while emissions fall to 2,133 tCO2e/year, a reduction of 15%. The cost of electricity drops to 0.39 USD/kWh, showing that even modest solar penetration provides immediate economic and environmental gains.

The full hybrid configuration with 1,000 kW of solar PV and a 500 kWh battery bank offers a much deeper transformation of the local energy mix. Diesel consumption decreases to 571,300 litres/year, a reduction of 38% compared to the diesel-only system. Emissions fall to 1,531 tCO2e/year, representing a 39% reduction. The energy cost decreases to 0.33 USD/kWh, and the battery operation during peak hours allows a substantial displacement of the generator, improving efficiency and reliability. It is important to observe that all costs of energy are obtained by the LCOE approach.

These results demonstrate a clear pathway to decarbonise Caiambé's electricity system. By replacing a significant share of fossil-based generation with solar energy and storage, hybrid arrangements reduce dependence on diesel logistics, lower greenhouse gas emissions, and stabilise electricity costs. This cleaner and more reliable energy supply also creates the conditions for meeting the projected growth in local demand associated with planned social improvements in education, health care, water services, and community infrastructure.

Overall, the hybridisation of the local power system advances the objectives of SDG7 by expanding access to affordable, reliable, and modern energy while promoting low-carbon solutions. At the same time, it reinforces sustainable development in Amazonian villages by reducing environmental impacts, enhancing economic resilience, and supporting a just transition for communities located in sensitive forest regions.

Ensuring the full supply of local electricity demand is fundamental for sustaining the ongoing process of development in Caiambé. The Social Progress Index evaluation highlights structural gaps in education, health care, sanitation, communication, and opportunities, all of which depend directly on reliable energy access to reach adequate standards of service. A continuous and stable electricity supply enables schools to operate with better learning environments, supports health units with refrigeration, lighting, and medical equipment, improves water services, strengthens local commerce, and expands the economic base of the village. These improvements align with key dimensions of the SPI, particularly Basic Human Needs and Foundations of Wellbeing.

When associated with the Sustainable Development Goals, the full supply of electricity reinforces SDG3 by enabling better health conditions, SDG4 through improved access to quality education, SDG6 through better water services, and SDG8 by stimulating local economic activity and productive chains. The introduction of cleaner energy through hybrid systems adds a further qualitative dimension. Although the main priority remains the universal and reliable supply of electricity, the reduction of fossil fuel dependence and the decline in emissions provide a symbolic and practical foundation for presenting Caiambé as an example of sustainable development in the western Amazon. This cleaner energy mix strengthens SDG7 by ensuring modern and affordable electricity, while also supporting SDG13 through the mitigation of greenhouse gas emissions. Taken together, these elements show that the full electrification of the village not only sustains its embryonic urbanity but also offers a model for how Amazonian communities can integrate social progress, economic resilience, and environmental responsibility within a unified development agenda.

Although the transition to a cleaner energy mix generates clear environmental and economic benefits, it is important to recognise that, in 2025, most residents of Caiambé are not particularly concerned with whether their electricity comes from fossil fuels or renewable sources. At this stage of local development, the population is primarily focused on two immediate priorities: the cost of electricity and the stability of the supply. These concerns reflect the essential role that energy plays in daily life and in meeting basic needs, which remain at the centre of community expectations. Nevertheless, the introduction of renewable energy offers an important pedagogical opportunity. By demonstrating the advantages of cleaner technologies for long-term sustainability, local actors can promote a broader understanding of environmental stewardship, reinforce the value of nature conservation, and support more informed choices for future generations. In this sense, the hybrid system in Caiambé can serve not

only as an infrastructure improvement but also as a platform for building a shared vision of sustainable development in the Amazon.

5 CONCLUSION

This study examined how electrification supports local development and social progress in a western Amazonian village through the case of Caiambé. By combining the Social Progress Index framework with field observations, technical analysis, and the concept of embryonic urbanity, the research shows that reliable electricity is fundamental for improving the quality of life in emerging settlements. Stable and affordable energy strengthens key dimensions of the SPI by enabling education, health care, water services, communication, and local commerce.

The shift from a diesel-based system to hybrid configurations produced clear environmental and economic benefits. The 300 kW solar plant reduced diesel use and emissions, and the larger configuration with 1000 kW of solar capacity and a 500 kWh battery bank further decreased fuel consumption, emissions, and energy costs. These results demonstrate that low-carbon solutions can offer cleaner, more resilient, and more affordable electricity for isolated communities.

Improved electricity access reinforces multiple Sustainable Development Goals. It supports better health and education, strengthens water services, and stimulates local economic activity. The adoption of renewable sources also contributes to climate mitigation and reduces dependence on diesel logistics. Although residents are mainly concerned with cost and supply stability, the hybrid system creates opportunities for environmental education and helps promote a broader culture of sustainability.

Finally, the findings offer relevant insights for national electrification policies. The evidence shows that hybrid solar and battery systems can reduce operational costs, increase reliability, improve social indicators, and advance decarbonization in isolated Amazonian villages. These outcomes provide practical guidance for the evolution of the Luz para Todos program and position Caiambé as a reference for developing affordable, reliable, and sustainable energy solutions across the Amazon.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors acknowledge the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (Capes) for the financial support provided through scholarships that enabled the development of this research. The authors also thank AGGREKO-Brasil for the institutional support and for the resources made available through the Research and Development (R&D) program of the Brazilian Electricity Regulatory Agency (Aneel), which were essential for conducting the analyses and simulations presented in this study.

The authors further express their sincere gratitude to the inhabitants of Caiambé for their warm reception, collaboration, and active engagement throughout the fieldwork. The community's participation was fundamental for understanding local dynamics and enriching the reflections that underpin this study.

STATEMENT ON THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

The authors used ChatGPT for language editing and stylistic polishing only. All scientific content, analysis, and intellectual input were developed and verified by the authors; we take full responsibility for the accuracy and integrity of the manuscript.

REFERENCES

ALVES-FERNANDES, S. M. **Vilas e estruturas urbanas na Amazônia**: a vila e a microrregião de Caiambé, médio Solimões, Amazonas. Master Dissertation, Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2017.

ALVES, K. D. *et al.* Rural electrification in the brazilian Amazon-scenario of non-interconnected system. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 2, p. 7883–7889, 2023. Available in: https://doi.org/10.34117/bjdv9n2-114.

BECKER, B. **Amazônia**. S. Paulo: Ática, 1990.

BECKER, B. Undoing myths: the Amazon-an urbanized forest. *In*: CLUSENER-GODT, M.; SACHS, I. (Orgs.). **Brazilian perspectives on sustainable development for the Amazon region**. Paris: Unesco, v. 15, p. 53–89, 1995.

BRASIL JUNIOR, A. C. P.; CUNHA, L. S.; FRONTIN, S. O. (Orgs). **Hibridização de fontes de geração de energia elétrica em áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos**. Brasília-DF, Ed. Ideal, 2021.

COSTA, S. M. F.; CARMO, M. B. S.; BARJA, P. R. The urban hierarchy at the delta of the Amazon River and the importance of small cities. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 11, 2019. Available in: https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.001.AO09.

EPE. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2024 (Ano-base 2023)**. Rio de Janeiro, 2024.

EPE. **Monitoring and information portal on isolated systems**. Available in: https://pasi.epe.gov.br/. Access in: nov. 2025.

GUEDES, G.; COSTA, S.; BRONDÍZIO, E. Revisiting the hierarchy of urban areas in the Brazilian Amazon: a multilevel approach. **Population and Environment**, v. 30, n. 4–5, p. 159–192, 2009. Available in: https://doi.org/10.1007/s11111-009-0083-3, 2009.

IBGE. **Censo 2022**, Brasília, Brazil, 2023.

IRENA. **Renewable power generation costs in 2024**. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2025.

IPS-BRASIL 2025. **Brazil Social Progress Index**. Imazon, Belém, Brazil, 2025.

JEAN, W. *et al.* A GIS for Rural Electrification Strategies in the Brazilian Amazon. **Papers in Applied Geography**, v. 7, n. 3, p. 239–255, 2021. Available in: https://doi.org/10.1080/23754931.2020.1870539.

LEMBI, R. *et al.* Towards energy justice and energy sovereignty: participatory co-design of off-grid systems in the Brazilian Amazon. **Energy Research & Social Science**, v. 119, p. 103858. Available in: https://doi.org/10.1016/j.erss.2024.103858, 2025.

NASCIMENTO, C. P. Uma leitura dos espaços urbanos amazônicos a partir dos referenciais da geografia Miltoniana. **Revista de Estudos Sociais**, v. 20, n. 39, p. 53-65, 2017.

OLIVEIRA DA SILVA, V. *et al.* Photovoltaic systems, costs, and electrical and electronic waste in the Legal Amazon: an evaluation of the Luz para Todos Program. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 203, p. 114721, 2024. Available in: https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114721.

PITRA, G. M.; MUSTI, K. S. **Duck Curve with Renewable Energies and Storage Technologies**. *In*: IEEE 13TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL INTELLIGENCE AND COMMUNICATION NETWORKS (CICN), LIMA, PERU, 2021, p. 66-71, 2021. DOI: 10.1109/CICN51697.2021.9574671.

SANTOS, D. *et al.* **Índice de progresso social na Amazônia brasileira - IPS Amazônia 2023**. Belém, 2024.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira**. S. Paulo: Hucitex, 1993.

SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado**. S. Paulo: Hucitec, 1997.

SANTOS, M. **Por uma Economia Política da Cidade**. S. Paulo: Edusp, 2009.

SOLIANO PERREIRA, O.; REIS, T. M.; RÜTHER, R. Amazon energy transition: the need to accelerate emission reduction by the extensive adoption of solar photovoltaics and storage in Brazil. **Energy for Sustainable Development**, v. 80, p. 101445, 2024. Available in: https://doi.org/10.1016/j.esd.2024.101445.

STERN, S. *et al.* **Social Progress Index Methodology**. Washington, DC, 2014.

TRINDADE JUNIOR, S-C. C. Thinking about territorial modernization and diffuse urbanization in the Amazon. **Mercator**, v. 14, n. 4, p. 93–106, 23, 2015. Available in: https://doi.org/10.4215/RM2015.1404.0007.

VAN ELS, R. H.; SOUZA VIANNA, J. N.; BRASIL JUNIOR, A. C. P. The Brazilian experience of rural electrification in the Amazon with decentralized generation – The need to change the paradigm from electrification to development. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 3, p. 1450–1461, 2012. Available in: https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.11.031.

WORLD BANK-ESMAP. **Global Solar Atlas**. Available in: https://globalsolaratlas.info/map. Access in: nov 2025.

Food choices and the transition to sustainable diets: motivations among Brazilian university students with different dietary profiles

Escolhas alimentares e transição para dietas sustentáveis: motivações de universitários brasileiros com diferentes perfis alimentares

Fernanda dos Santos Ramos [1]

Nathalia Soares Brum de Mello [2]

Letícia de Oliveira [3]

[1] *Master's Degree in Agribusiness, PhD Student, Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios (Cepan), Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brazil*
E-mail: fernandasramos@live.com

[2] *Master's Degree in Business, PhD Student, Programa de Pós-Graduação em Administração (PPGA), Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), RS, Brazil*
E-mail: nathaliamello97@gmail.com

[3] *PhD in Agribusiness, Professor, Departamento de Economia e Relações Internacionais and Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios (Cepan), Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brazil*
E-mail: leticiaoliveira@ufrgs.br

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.58742

Received: 25/06/2025
Accepted: 25/11/2025

ARTICLE- VARIA

ABSTRACT

In a context of growing demand for sustainable food systems, this study examines the psychosocial determinants of food choices among Brazilian university students, employing the Food Choice Questionnaire (FCQ) expanded to include a "concern for animals" dimension. The sample consisted of 1,582 students. Four dietary groups (omnivores, flexitarians, vegetarians, and vegans) were compared using ANOVA and Tukey's post-hoc tests. The results indicated statistically significant differences across all evaluated dimensions. Health, convenience, and sensory appeal yielded the highest average scores. Vegetarians and vegans placed more value on ethical aspects and animal welfare. Animal concern emerged as the most salient dimension differentiating the groups, with progressively higher scores from omnivores to vegans. Omnivores placed less importance on ethics and animal welfare. The findings contribute to the understanding of food motivations in contexts of food transition and provide directions for promoting more sustainable choices among university students.

Keywords: Animal welfare. Food choice. Food Choice Questionnaire. University students. Sustainable eating.

RESUMO

Em um contexto de crescente necessidade de sistemas alimentares sustentáveis, este estudo investigou fatores psicossociais das escolhas alimentares de universitários brasileiros, utilizando o Food Choice Questionnaire (FCQ) ampliado com a dimensão "preocupação com os animais". A amostra foi de 1.582 estudantes. Quatro grupos alimentares (onívoros, flexitarianos, vegetarianos e veganos) foram comparados por ANOVA e testes post hoc de Tukey. Os resultados indicaram diferenças estatisticamente significativas em todas as dimensões avaliadas. Saúde, conveniência e apelo sensorial tiveram médias elevadas. Aspectos éticos e bem-estar animal foram mais valorizados por vegetarianos e veganos. A preocupação animal demonstrou ser a dimensão de maior magnitude na diferenciação entre os grupos, com escores progressivamente mais altos de onívoros a veganos. Onívoros atribuíram menor importância à ética e à preocupação animal. Os achados contribuem para a compreensão das motivações alimentares em contextos de transição alimentar e apontam caminhos para escolhas mais sustentáveis entre universitários.

Palavras-chave: *Bem-estar animal. Comportamento alimentar. Food Choice Questionnaire. Universitários. Sustentabilidade alimentar.*

1 INTRODUCTION

In the face of global public health and environmental sustainability challenges, individual food choices are assuming a central role. Issues such as population growth, ecosystem degradation, and resource scarcity underscore the urgent need for more sustainable dietary practices that promote food security and mitigate environmental impacts (El Bilali, 2019; Hartmann; Siegrist, 2017; Hendin *et al.*, 2019; Willett *et al.*, 2019). Awareness of the effects of diet on health and the environment has grown among consumers, driving changes toward healthier, more sustainable patterns (Boer; Aiking, 2019; Bryant, 2019; Hoek *et al.*, 2017).

Food choices are shaped by a broad set of factors, ranging from individual preferences and nutritional needs to social, cultural, economic, and ideological values. Among these, the environmental impact of food production has gained increasing public and academic attention. The food industry, among many others, is recognised for its carbon emissions, natural resource use, and environmental degradation (Ivanova *et al.*, 2016; Rust *et al.*, 2020; Vermeir *et al.*, 2020; Willits-Smith *et al.*, 2020). Consequently, movements such as vegetarianism, veganism, and flexitarianism—the latter characterised by reducing the consumption of animal-based foods without their complete elimination—have gained traction (Raphaely; Marinova, 2014; Révillion *et al.*, 2020).

However, the complexity of the factors that guide individuals' food choices poses a significant challenge for researchers and practitioners in the field. The theoretical model proposed by Steptoe, Pollard, and Wardle (1995), operationalised through the Food Choice Questionnaire (FCQ), offers a means of investigating the motivations that guide dietary decisions. The FCQ measures dimensions such as health, convenience, sensory appeal, price, weight control, familiarity, and ethical concerns. Together, these influences reflect the multifaceted nature of food decision-making, integrating from personal preferences to cultural and ideological beliefs about food and sustainability (Cabral *et al.*, 2017; Markovina *et al.*, 2015). The interaction between these variables reveals the complexity of eating behaviour, especially among university students, who are increasingly aware of the impacts of their choices on the environment and health.

Although numerous investigations into food choices across different cultural contexts exist, a significant gap persists in the literature regarding the application of the FCQ to understand the factors influencing these choices in the Brazilian context (Cabral *et al.*, 2017; Markovina *et al.*, 2015). This scarcity limits the understanding of how specific cultural and social contexts shape dietary decisions in

emerging countries, such as Brazil, where young people play a key role in promoting more ethical and environmentally responsible consumption practices.

Therefore, this study aims to investigate the psychosocial factors that influence food choices among Brazilian university students, drawing on the FCQ and including an extension on animal welfare. Furthermore, it examines how these motivations vary across different dietary profiles, providing a detailed analysis of the factors driving the transition towards more sustainable diets. By exploring this gap, this research contributes to understanding how the ethical, environmental, and psychosocial dimensions interact in the formation of more conscious dietary patterns, offering evidence to inform educational actions, public policies, and institutional strategies aimed at promoting healthy and sustainable food choices.

2 METHODOLOGICAL PROCEDURES

2.1 PARTICIPANTS AND INCLUSION AND EXCLUSION CRITERIA

The sample consisted of Brazilian university students enrolled in higher education institutions located in large urban centres across all regions of the country. This focus is justified by the relevance of young adults in forming new dietary patterns and sustainable consumption practices. Generation Z, which constitutes a significant portion of university students, is distinguished from previous generations by its engagement in conscious dietary practices, such as plant-based diets, and by its inclination towards sustainable behaviours, with the potential to shape the future of food systems (Gazzola *et al.*, 2020; Priporas; Stylos; Fotiadis, 2017).

University students represent a population transitioning to food independence, making their choices particularly relevant for studying new consumption trends (Bogueva; Marinova, 2022; Priporas *et al.*, 2017). Additionally, research indicates that individuals with higher levels of education tend to be more familiar with sustainability and conscious consumption (Hedlund, 2011; Paul *et al.*, 2016). Thus, including this group enables a more in-depth investigation of the psychosocial factors associated with conscious food choices. The predominance of respondents from the Southeast region reflects the structure of Brazilian higher education, which concentrates the largest number of institutions and enrolments (Inep, 2021).

The sample was designed to represent the profile of Brazilian university students in terms of age (over 18 years), dietary habits, income, and region. Participants received an invitation to take part in a survey lasting up to 15 minutes and were informed that their participation was voluntary. As an inclusion criterion, only students actively enrolled in higher education institutions were considered eligible. Incomplete responses to items that would prevent analysis were excluded. Among the respondents who completed the measurement items for this article (n = 1,582), 16 students preferred not to answer all the demographic and profile questions (n = 1,566).

2.2 DATA COLLECTION INSTRUMENT

The instrument used was the FCQ, translated and validated for the Brazilian context by Heitor *et al.* (2015; 2019), based on the original version by Steptoe *et al.* (1995). The questionnaire included 36 items distributed across dimensions such as health, convenience, sensory appeal, natural content, price, familiarity, weight control, mood, and ethics. Additionally, questions regarding animal welfare, adapted from Lindeman and Väänänen (2000), were included to measure the salience of ethical concerns in participants' food choices.

Each item was evaluated on a four-point scale (1 = not at all important to 4 = very important) to indicate the degree of importance attributed to food motivators, such as sensory appeal, familiarity, health, price, ethics, mood, natural content, weight control, and convenience

2.3 DATA COLLECTION PROCEDURE

Participant recruitment took place between September and November 2021 using convenience sampling via the Qualtrics platform. Efforts were made to ensure broad geographical dispersion and the inclusion of different institutional profiles. To this end, various private and public universities located in large urban centres across all geographical regions of Brazil were contacted, based on a mapping of the national higher education landscape (Inep, 2021). The invitation to the survey was sent via email to institutional contacts (administrative offices, faculty, and researchers), requesting that they directly disseminate the survey link to actively enrolled undergraduate students. This method aimed to ensure an equivalent number of respondents from each region, although the nature of convenience sampling led to a concentration of the sample.

Upon accessing the link, participants were first asked whether they were university students; those who answered negatively were automatically excluded, ensuring sample eligibility. After accepting the Informed Consent Form (ICF), participants answered the filter question and, subsequently, the full questionnaire.

The first part of the instrument assessed the importance of various aspects of participants' daily diet using the FCQ dimensions. Next, a question about dietary habits was administered to understand current behaviour regarding the consumption of animal-based foods.

To minimise biases associated with self-declaration (e.g., “I am vegan”), participants could select descriptions that reflected their dietary habits and intentions, including acknowledging those who were transitioning or did not identify with labels like “flexitarian”.

In the final stage, sociodemographic information was collected (age, gender, undergraduate course, place of residence, and income). Of the 2,971 initial respondents, 2,488 agreed to participate after reading and accepting the Informed Consent Form (ICF), and 11 declined. The questionnaire remained available for up to four hours, in order to prevent responses with long intervals. After removing incomplete submissions, the final sample comprised 1,582 participants. This sample size is considered adequate for the proposed multi-group analyses (ANOVA and MANOVA), exceeding the minimum methodological recommendation of approximately 30 cases per group to ensure satisfactory statistical power (Hair *et al.*, 2010).

The study adhered to ethical principles in research and was approved by the ethics committee under protocol CAAE 48959621.7.0000.5347. All participants provided voluntary consent by signing the ICF at the beginning of the questionnaire.

2.4 DATA ANALYSIS

The analysis included descriptive statistics (means, standard deviations, and frequencies), assessment of the scales’ internal consistency, and correlations between the FCQ factors.

To examine differences between the groups with different dietary patterns (omnivorous, reductionist, vegetarian, and vegan) regarding food choice motives, a multivariate analysis of variance (MANOVA) was conducted, with the FCQ factors as dependent variables: health, mood, convenience, sensory

appeal, natural content, price, weight control, familiarity, ethics, and animal welfare concerns, the latter included as an additional dimension in the present study.

Subsequently, univariate analyses (ANOVA) were performed for each factor, followed by Tukey's HSD post hoc tests to identify significant differences between the groups. A significance level of 5% ($p < 0.05$) was adopted. The analyses were performed using SPSS software (version 18).

3 RESULTS

3.1 SOCIODEMOGRAPHIC PROFILE AND CLASSIFICATION OF DIETARY GROUPS

Participants were classified into five main dietary groups based on their practices and intentions regarding the consumption of animal-based foods (Springmann *et al.*, 2018): omnivores (those who regularly consume animal-based products and do not plan to change their habits); flexitarians, divided into meat reductionists (specifically seek to reduce meat consumption) and general reductionists (seek to reduce the consumption of all types of animal-based products, including dairy and eggs); vegetarians (do not consume meat but include dairy and eggs in their diets); and vegans (completely avoid animal-based products). This segmentation allowed for a detailed analysis of the motivations and dietary preferences of each group

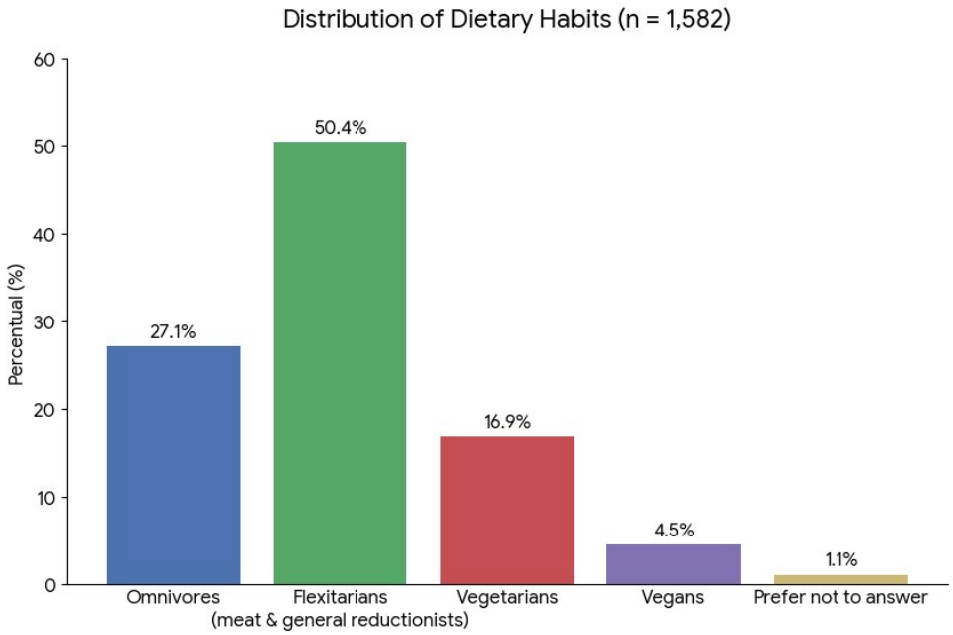


Figure 1 – Dietary habits

Source: The authors (2025)

The detailed distribution of dietary habits and future consumption intentions is presented in Table 1, with a graphical summary in Figure 1. Results indicate that the majority of the sample is composed of flexitarians, while omnivores constitute the second-largest group.

The sample is predominantly composed of women (66%), followed by men (31%), individuals who identify as non-binary or third gender (1.9%), and those who preferred not to declare (0.6%). The majority of participants (65%) are aged 21-35, while 27% are aged 18-20. Only 5.8% are between 36 and 49 years old, and 2% are over 50.

Table 1 – Dietary habits and future intentions of the sample

Dietary habits and future intentions	*Categorisation*	*n*	*%*
I consume foods with animal-based ingredients and do not plan to change my diet	Omnivore/diet with animal-based foods	429	27.12
I consume foods with animal-based ingredients, but I am trying to reduce only meat consumption	Meat reductionist/ flexitarian	570	36.04
I consume foods with animal-based ingredients, but I am trying to reduce the consumption of all animal-based foods (e.g., dairy, eggs, and meats)	General reductionist/ flexitarian	227	14.35
I consume some animal-based foods (e.g., dairy and eggs), but I do not eat meat	Vegetarian	267	16.88
I do not consume any animal-based foods	Vegan	71	4.49
No response	-	18	1.14

Source: The authors (2025)

Regarding monthly income, 31% of participants reported earning up to R$ 2,200; 33% are in the R$ 2,200 to R$ 5,500 range; 22% are in the R$ 5,500 to R$ 11,000 range; and 14% have an income exceeding R$ 11,000. In terms of geographical location, the majority reside in the Southeast region (79%), followed by participants from the South (5%), the Centre-West (1.4%), the North (1%), and the Northeast (0.8%). Furthermore, 12.8% of participants reported living in inland cities, regardless of the region.

The analysis of the sociodemographic profile by dietary pattern revealed that the flexitarian, vegetarian, and vegan groups are predominantly composed of women, a finding consistent with the literature (Pfeiler; Egloff, 2018; Ruby, 2012). Although the 79% concentration in the Southeast is a limitation arising from convenience sampling and final participant adherence, it is coherent with the structure of Brazilian higher education, which has a larger number of higher education institutions in this region. This regional concentration may also reflect trends observed in other contexts, where vegetarian, vegan, and flexitarian diets are more common in urban centres and among younger individuals, groups frequently associated with more conscious and sustainable dietary patterns (Dagevos, 2021; Lea; Worsley, 2003; Ruby, 2012).

3.2 DESCRIPTIVE ANALYSIS: MEANS, STANDARD DEVIATIONS, AND FREQUENCIES

First, mean scores and standard deviations were calculated for each FCQ dimension among the dietary groups (omnivores, flexitarians, vegetarians, and vegans). This descriptive analysis provides an overview of typical scores and variability in participants' food motivations, as shown in Table 2.

Considering the results, the "health" dimension showed means above 3 across all groups, suggesting that maintaining a healthy diet is widely valued by participants. Other dimensions with high means include "convenience", "sensory appeal", "mood", "price", and "ethical/animal concern".

Table 2 – Descriptive table by dietary group (means and standard deviation)

FCQ Factor	*Omnivore (n=429)*	*Flexitarian (n=797)*	*Vegetarian (n=267)*	*Vegan (n=71)*
Health	3.40 (0.58)	3.47 (0.50)	3.53 (0.49)	3.51 (0.43)
Mood	3.06 (0.76)	3.32 (0.64)	3.29 (0.63)	3.21 (0.63)
Convenience	3.33 (0.65)	3.45 (0.51)	3.46 (0.52)	3.25 (0.55)

FCQ Factor	Omnivore (n=429)	Flexitarian (n=797)	Vegetarian (n=267)	Vegan (n=71)
Sensory appeal	3.40 (0.58)	3.47 (0.50)	3.53 (0.49)	3.37 (0.54)
Natural content	3.40 (0.58)	3.47 (0.50)	3.53 (0.49)	3.34 (0.66)
Price	3.53 (0.50)	3.63 (0.42)	3.66 (0.37)	3.55 (0.43)
Weight control	2.51 (0.89)	2.74 (0.81)	2.65 (0.86)	2.39 (0.82)
Familiarity	2.55 (0.75)	2.45 (0.72)	2.35 (0.65)	2.31 (0.74)
Ethics	2.27 (0.92)	2.87 (0.80)	2.98 (0.82)	2.93 (0.76)
Animal concern	2.57 (1.03)	3.35 (0.79)	3.79 (0.49)	3.94 (0.29)

Source: The authors (2025)

On the other hand, the lowest means were observed in the "weight control" and "familiarity" dimensions, the latter being the only one with items below the average. These findings indicate that although all FCQ factors are relevant, certain dimensions stand out as more central in Brazilian students' food choices.

Furthermore, a frequency analysis indicates that the "sensory appeal" dimension was considered one of the most important, with a high frequency of responses in the "very important" category (81%). In contrast, the "familiarity" dimension was less valued, with only 22% of responses considering it "very important". These data help to contextualise the food motivations prior to the inferential analysis, providing an overview of the participants' preferences.

3.3 RELIABILITY OF THE FCQ SCALES

To ensure the precision of the measures, internal consistency coefficients (Cronbach's Alpha) were calculated for each of the FCQ dimensions. Previous studies suggest that Cronbach's Alpha values above 0.5 are considered acceptable for behavioural research (Hair *et al.*, 2009; Streiner, 2003). The results indicated satisfactory internal consistency, with coefficients ranging from 0.62 to 0.94, suggesting that the items adequately measure the constructs.

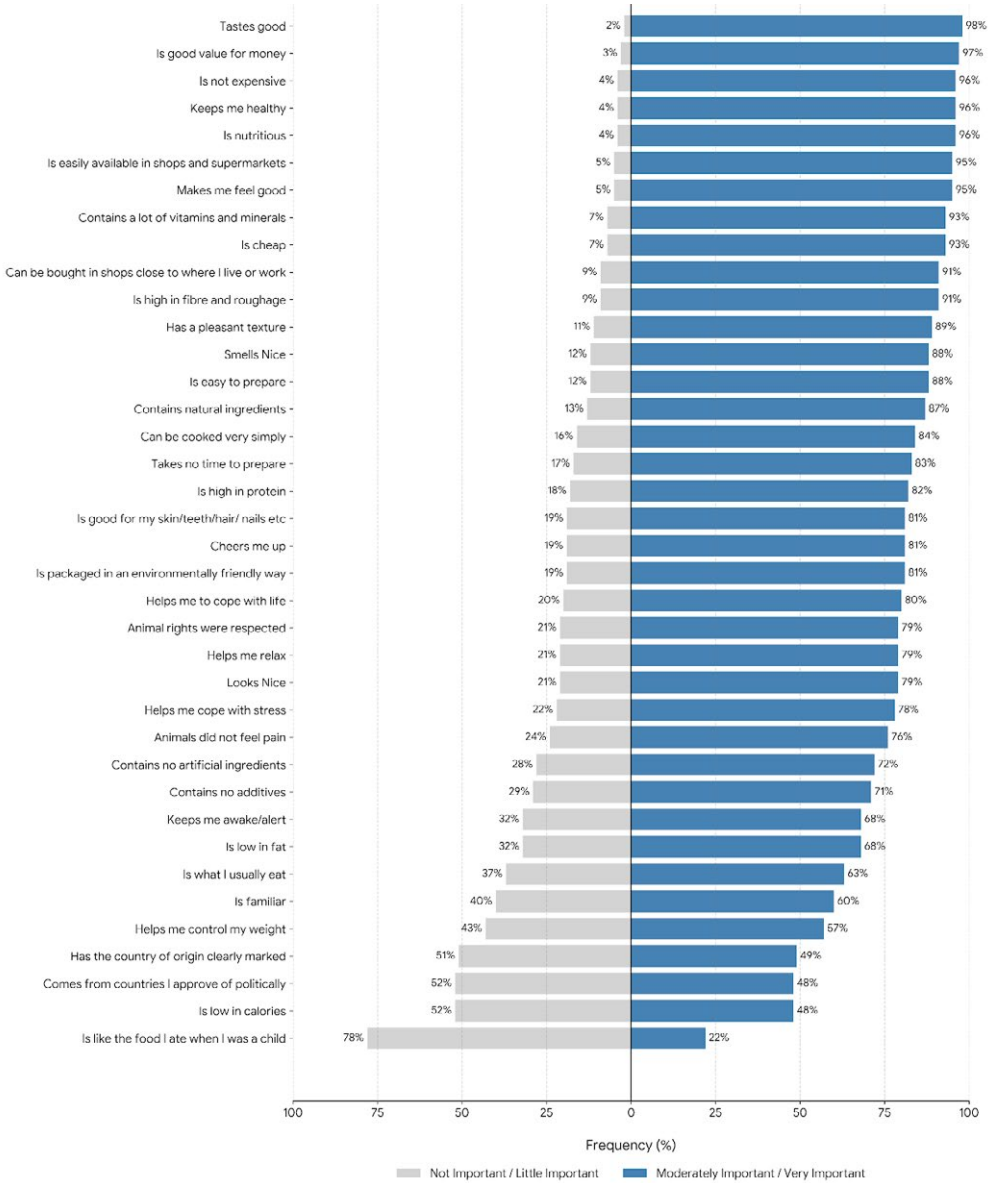


Figure 2 – Frequency distribution of responses by item

Source: The authors (2025)

3.4 ANALYSIS OF VARIANCE BETWEEN DIETARY GROUPS AND TUKEY'S POST HOC TEST

To investigate whether food motivations vary by dietary pattern, a MANOVA was performed, with the ten factors of this study as dependent variables and diet type (omnivore, flexitarian, vegetarian, and vegan) as the independent variable. The results indicated a significant multivariate effect for dietary group (Wilks' Lambda = 0.693, $F(30, 4553) = 20.20$, $p < 0.001$). Subsequently, ANOVAs and Tukey's HSD post hoc tests identified significant group differences across all FCQ dimensions (Table 3).

Table 3 – ANOVA results and Tukey's test

Factor	*F (3,1560)*	*p-value*	*Groups with significant differences (Tukey HSD)*
Animal concern	161.45	<0.001	Vegan > Vegetarian > Reductionist > Omnivore (*)
Ethics	59.13	<0.001	Vegan = Vegetarian > Reductionist > Omnivore (*)

Factor	F (3,1560)	p-value	Groups with significant differences (Tukey HSD)
Natural content	33.75	<0.001	Vegan = Vegetarian > Reductionist > Omnivore (*)
Mood	14.08	<0.001	Reductionist > Omnivore
Weight control	8.90	<0.001	Reductionist > Vegan
Price	8.02	<0.001	Reductionist = Vegetarian > Omnivore
Familiarity	5.12	0.002	Omnivore > Vegan
Convenience	7.46	<0.001	Vegetarian = Reductionist > Vegan
Health	3.79	0.010	Vegetarian > Omnivore
Sensory appeal	2.84	0.037	Minor differences

Note. Post hoc comparisons using Tukey HSD. (*) Indicates the factors with the greatest magnitude and practical relevance, showing clear patterns of differentiation among all groups (p < 0.001).

Source: The authors (2025)

3.5 FACTOR-BY-FACTOR COMPARATIVE ANALYSIS

The ANOVA results indicated statistically significant differences between the dietary groups for all FCQ factors ($p < 0.05$). The largest differences were observed for the "animal concern" ($F(3,1560) = 161.45$, $p < 0.001$), "ethics" ($F = 59.13$, $p < 0.001$), and "natural content" ($F = 33.75$, $p < 0.001$) factors, with the vegan and vegetarian groups showing higher means compared to omnivores and reductionists. These differences highlight that food motivations vary across participants' dietary profiles.

For "mood", "price", "weight control", "familiarity", "convenience", "health", and "sensory appeal" factors, although the differences were statistically significant ($p < .05$), the contrasts between the groups were less pronounced, suggesting effects of smaller practical magnitude.

The detailed results by factor are presented below, based on group means and the statistically significant differences indicated by Tukey's test.

Health. A significant difference was observed only between vegetarians ($M = 3.53$; $SD = 0.49$) and omnivores ($M = 3.40$; $SD = 0.58$; $p < 0.05$), indicating that vegetarians attribute greater importance to health as a motivator for their food choices.

Mood. Omnivores ($M = 3.06$; $SD = 0.76$) differed significantly from flexitarians ($M = 3.32$; $SD = 0.64$), vegetarians ($M = 3.29$; $SD = 0.63$), and vegans ($M = 3.21$; $SD = 0.63$; $p < 0.001$), the latter being the only group that did not statistically differ from omnivores. This suggests that omnivores tend to value the emotional impact of food less than the other groups do.

Convenience. Vegetarians ($M = 3.46$; $SD = 0.52$) attributed greater importance to convenience than omnivores ($M = 3.33$; $SD = 0.65$; $p < 0.001$). This finding may be related to the need for greater planning and availability of options compatible with vegetarian diets.

Sensory appeal. A marginally significant difference between vegetarians ($M = 3.39$; $SD = 0.54$) and flexitarians ($M = 3.49$; $SD = 0.53$; $p = 0.09$) suggests that all groups tend to value the sensory aspects of food similarly.

Natural content. Omnivores ($M = 2.82$; $SD = 0.79$) had the lowest scores, which differed significantly from those of all other groups ($p < 0.001$). Flexitarians ($M = 3.16$; $SD = 0.71$) also differed from vegetarians ($M = 3.31$; $SD = 0.70$) and vegans ($M = 3.34$; $SD = 0.66$), who had higher scores. This indicates that the greater the restriction on consuming animal-based products, the higher the value placed on the natural content of food, suggesting an association between dietary restriction and valuing less processed foods.

Price. Omnivores (M = 3.53; SD = 0.50) and vegans (M = 3.55; SD = 0.43) showed similar scores and significantly lower scores than reductionists (M = 3.63; SD = 0.42) and vegetarians (M = 3.66; SD = 0.37). The results suggest that price is a more relevant factor for those adopting partially restrictive diets.

Weight control. Reductionist groups (M = 2.74; SD = 0.81) attributed greater importance to this dimension than omnivores (M = 2.51; SD = 0.89) and vegans (M = 2.39; SD = 0.82; $p < 0.05$). Although weight control was not a strongly valued factor among the sample as a whole, it carries greater weight among flexitarians.

Familiarity. Only omnivores (M = 2.55; SD = 0.75) and vegetarians (M = 2.35; SD = 0.65) differed significantly, suggesting that omnivores tend to value foods they are accustomed to more.

Ethics. Omnivores (M = 2.27; SD = 0.92) had the lowest scores and differed from all other groups ($p < 0.001$). Vegetarians (M = 2.98; SD = 0.82), flexitarians (M = 2.87; SD = 0.80), and vegans (M = 2.93; SD = 0.76) attribute greater importance to ethics, although comparisons between these groups reveal only partial differences among themselves.

Animal concern. Omnivores (M = 2.57; SD = 1.03) differed significantly from all others ($p < 0.001$). Flexitarians (M = 3.35; SD = 0.79), vegetarians (M = 3.79; SD = 0.49), and vegans (M = 3.94; SD = 0.29) presented progressively higher scores. Vegetarians and vegans were the only groups that did not differ from each other, confirming that this motivation is central to more restrictive diets.

In summary, the results demonstrate that ethical motivations, related to animal welfare and the natural content of food, are more strongly associated with restrictive dietary patterns, while factors like familiarity and weight control tend to have greater relevance among participants with less restrictive dietary patterns. These findings reinforce the importance of considering the dietary profile in understanding the motivations for more sustainable food choices.

4 DISCUSSION

This study investigated the psychosocial factors influencing food choices among Brazilian university students, with an emphasis on differences across dietary groups, to understand the underlying motivations for adopting healthier, more sustainable dietary patterns. The findings revealed that vegetarians attribute greater importance to health-related motivations compared to omnivores ($p < 0.05$), suggesting a greater predisposition among vegetarians to associate their food choices with health benefits. This finding aligns with previous evidence (Bryant, 2019; Graça *et al.*, 2015; Rosenfeld; Burrow, 2017) and indicates that restrictive diets are associated with greater awareness of preventive health.

Similarly, groups such as flexitarians, vegetarians, and vegans demonstrated a higher valuation of convenience ($p < 0.001$). This result corroborates previous literature (Bryant, 2019) and may be related to the practical challenges of maintaining restrictive diets within environments still dominated by animal-based options. These discoveries reinforce that different dietary patterns are associated with different motivational priorities.

The results statistically indicated significant differences between the groups for all dimensions assessed in this study ($p < 0.05$). Particularly noteworthy are “health” (vegetarians: M = 3.53; omnivores: M = 3.40), “convenience” (vegetarians: M = 3.46; omnivores: M = 3.33), and “animal concern” dimensions, with a clear progression of mean scores from omnivores (M = 2.57) to vegans (M = 3.94). Understanding this motivation through the lens of animal concern is important for the field of sustainability, as the focus on ethics and animal welfare is a pillar of a more sustainable food transition (Dagevos, 2021). The

progressive valuation of these aspects is the main behavioural indicator that university students are aligning their choices with values of social justice and lower environmental impact (Ruby, 2012).

This progression in the animal welfare dimension scores reflects the concept of "food-related cognitive dissonance" (Loughnan *et al.*, 2010), according to which individuals with more restrictive diets tend to value the ethical dimensions of consumption more. Omnivores indicated the lowest score in animal welfare concern (M = 2.57; SD = 1.03), a result that aligns with the phenomenon of "strategic dehumanisation" described by Loughnan, Haslam, and Bastian (2010). According to the authors, meat consumers tend to deny mental characteristics (such as the capacity for suffering) and moral status to animals intended for consumption, in a psychological process that reduces the cognitive dissonance between personal ethical values and dietary practice. This mechanism would explain the lower relevance that omnivores attribute to animal welfare compared to other groups, especially vegans (M = 3.94). The wide variability among omnivores (SD = 1.03) suggests that part of this group may be in the initial stages of a dietary transition, as observed in the literature (Rothgerber, 2020). On the other hand, the higher score of vegans in the "animal concern" dimension, compared to omnivores ($p < 0.01$), reinforces that ethical motivations are central to this group. This result aligns with the literature, which associates vegan choices with valuing animal welfare and sustainability (Bryant, 2019; Rosenfeld; Burrow, 2017).

Furthermore, health emerges as a primary motivator for restrictive groups (M = 3.53), a finding that corroborates the literature on health as one of the main perceived benefits of transitioning to plant-based diets (Bryant, 2019; Lea; Worsley, 2003). This convergence reinforces the need for approaches that combine personal (health) and planetary (sustainability) benefits.

The ANOVA and Tukey's post hoc test results revealed significant differences among groups across various FCQ dimensions, demonstrating that motivations vary substantially by dietary pattern. Factors such as health, ethics, convenience, and natural content proved to be strongly associated with more restrictive dietary profiles.

Relevant differences were also observed for the "convenience" dimension, with vegetarians and flexitarians attributing greater importance to the ease of food preparation than omnivores. This finding suggests that these groups face more challenges in finding foods that align with their dietary preferences and ethical values, which may justify the higher valuation of convenience as a consumption factor.

Boer and Aiking (2019) highlight the need for strategies to promote sustainable protein consumption at both the ingredient and prepared-dish levels, findings that align with this study's results, which show that convenience is a central dimension for Brazilian university students. In this context, developing policies to expand the offering of practical, plant-based meals in university canteens could facilitate the transition to more sustainable and healthy diets. Another study identified that most consumers recognise the ethical and environmental benefits of vegetarian and vegan diets but still face practical barriers related to price and convenience (Bryant, 2019), challenges similar to those observed among Brazilian university students. These findings suggest that greater accessibility and lower costs of plant-based products may be important factors in promoting adherence to these diets, especially among young consumers, who are increasingly aware of the impacts of their choices.

Besides health, other factors such as sensory appeal and price also significantly influence food choices, suggesting that taste and affordability remain relevant practical criteria, even among groups with greater ethical awareness. The familiarity dimension, on the other hand, did not obtain consistently high scores across all scales, with one specific item receiving a lower score. This suggests that, while familiarity is relevant to some respondents, it may not be a predominant factor in food choice for all. This discovery highlights the diversity in food motivations.

In general, as expected, omnivores attributed less importance to ethical and environmental dimensions, while factors like sensory appeal, convenience, and price were more prominent for this group.

Vegetarians and vegans, in turn, demonstrated significantly greater valuation of ethics and animal welfare ($p < 0.01$), which aligns with studies identifying strong links between restrictive diets and socio-environmental concerns (Rosenfeld; Burrow, 2017). The marginal difference between flexitarians and vegetarians ($p < 0.09$) suggests that the former group may be undergoing a shift in values, representing an intermediate point on the motivational spectrum. Future studies could investigate how this gradual transition influences the importance attributed to ethics, especially among young people.

These findings offer relevant insights for developing strategies that encourage healthier and more sustainable food choices in the university environment. The valuation of factors like health, convenience, and sensory appeal suggests that educational campaigns may achieve greater adherence by emphasising practical benefits, such as physical well-being and ease of preparation. Programmes promoting plant-based meals, focusing on accessibility and practicality, tend to be especially effective among young flexitarians, a group in potential transition towards more sustainable dietary patterns.

Furthermore, the greater valuation of ethical and environmental aspects among vegetarians and flexitarians highlights the importance of institutional policies that expand the offering of foods with lower environmental impact in university restaurants. This approach is supported by studies in the Brazilian context showing that the vegetarian menu has a significantly smaller water footprint than the traditional one, with reductions in animal protein as the main strategy for the service's sustainability (Hatjiathanassiadou *et al.*, 2019). Such interventions would be in line with growing student interest in conscious consumption practices and universities' commitments to sustainability.

Although these analyses offer important practical and theoretical implications, they also entail some limitations. This is a cross-sectional study based on self-reported data, which limits causal inferences and may be subject to social biases. The ANOVA, in turn, assessed mean differences among university students, which restricts generalisation to broader populations.

Future investigations could adopt longitudinal or qualitative methods to explore the processes of dietary change in greater depth, especially among flexitarians. In-depth interviews could reveal emotional, social, and ethical aspects that guide these transitions.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by the National Council for Scientific and Technological Development [grant numbers 140931/2022-8 and 160579/2022-8].

STATEMENT ON THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

The authors used Gemini (Google) exclusively for language editing and stylistic enhancement. All scientific content, analysis, and intellectual contributions were developed and verified by the authors, who assume full responsibility for the accuracy and integrity of the manuscript.

REFERENCES

BRYANT, C. J. We can't keep meating like this: attitudes towards vegetarian and vegan diets in the United Kingdom. **Sustainability**, v. 11, n. 23, 6844, 2019.

CABRAL, D.; DE ALMEIDA, M. D. V.; CUNHA, L. M. Food choice questionnaire in an African country–application and validation in Cape Verde. **Food quality and preference**, v. 62, p. 90-95, 2017.

CUNHA, L. M.; CABRAL, D.; MOURA, A. P.; DE ALMEIDA, M. D. V. Application of the Food Choice Questionnaire across cultures: systematic review of cross-cultural and single country studies. **Food quality and preference**, v. 64, p. 21-36, 2018.

DE BOER, J.; AIKING, H. Strategies towards healthy and sustainable protein consumption: a transition framework at the levels of diets, dishes, and dish ingredients. **Food Quality and Preference**, v. 73, p. 171-181, 2019.

EL BILALI, H. Research on agro-food sustainability transitions: a systematic review of research themes and an analysis of research gaps. **Journal of Cleaner Production**, v. 221, p. 353-364, 2019.

GAZZOLA, P.; PAVIONE, E.; PEZZETTI, R.; GRECHI, D. Trends in the fashion industry. The perception of sustainability and circular economy: a gender/generation quantitative approach. **Sustainability**, v. 12, n. 7, p. 2809, 2020.

GRAÇA, J.; OLIVEIRA, A.; CALHEIROS, M. M. Meat, beyond the plate. Data-driven hypotheses for understanding consumer willingness to adopt a more plant-based diet. **Appetite**, v. 90, p. 80-90, 2015.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. Bookman editora. 2009.

HARTMANN, C.; SIEGRIST, M. Consumer perception and behaviour regarding sustainable protein consumption: a systematic review. **Trends in Food Science & Technology,** v. 61, p. 11-25, 2017.

HATJIATHANASSIADOU, M.; SOUZA, S. R. G. D.; NOGUEIRA, J. P.; OLIVEIRA, L. D. M.; STRASBURG, V. J.; ROLIM, P. M.; SEABRA, L. M. A. J. Environmental impacts of university restaurant menus: a case study in Brazil. **Sustainability**, v. 11, n. 19, 5157, 2019.

HEDLUND, T. The impact of values, environmental concern, and willingness to accept economic sacrifices to protect the environment on tourists' intentions to buy ecologically sustainable tourism alternatives. **Tourism and Hospitality Research**, New York, v. 11, n. 4, p. 278-288, 2011.

HEITOR, S. F. D.; ESTIMA, C. C. P.; NEVES, F. J. D.; AGUIAR, A. S. D.; CASTRO, S. D. S.; FERREIRA, J. E. D. S. Tradução e adaptação cultural do questionário sobre motivo das escolhas alimentares (*Food Choice Questionnaire*–FCQ) para a língua portuguesa. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 20, p. 2339-2346, 2015.

HEITOR, S. F. D.; REICHENHEIM, M. E.; FERREIRA, J. E. D. S.; CASTRO, S. D. S. Validade da estrutura fatorial da escala de versão brasileira do *Food Choice Questionnaire*. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, p. 3551-3561, 2019.

HENDY, H. M. Which comes first in food–mood relationships, foods or moods? **Appetite**, v. 58, n. 2, p. 771-775, 2012.

HOEK, A. C.; PEARSON, D.; JAMES, S. W.; LAWRENCE, M. A.; FRIEL, S. Healthy and environmentally sustainable food choices: consumer responses to point-of-purchase actions. **Food quality and preference**, v. 58, p. 94-106, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Resumo técnico do Censo da Educação Superior 2019**. Brasília, DF: INEP, 2021. Recurso eletrônico.

IVANOVA, D.; STADLER, K.; STEEN-OLSEN, K.; WOOD, R.; VITA, G.; TUKKER, A.; HERTWICH, E. G. Environmental impact assessment of household consumption. **Journal of Industrial Ecology**, v. 20, n. 3, p. 526-536, 2016.

JALALI-FARAHANI, S.; AMIRI, P. Psychometric properties of the Persian version of the food choice questionnaire and food choice motives among the study population. **Public Health Nutrition**, v. 26, n. 3, p. 684-692, 2023.

LINDEMAN, M.; VÄÄNÄNEN, M. Measurement of ethical food choice motives. **Appetite**, v. 34, n. 1, p. 55-59, 2000.

LOUGHNAN, S.; HASLAM, N.; BASTIAN, B. The role of meat consumption in the denial of moral status and mind to meat animals. **Appetite**, v. 55, n. 1, p. 156-159, 2010.

MARKOVINA, J.; STEWART-KNOX, B. J.; RANKIN, A.; GIBNEY, M.; DE ALMEIDA, M. D. V.; FISCHER, A.; FREWER, L. J. Food4Me study: validity and reliability of Food Choice Questionnaire in 9 European countries. **Food quality and preference**, v. 45, p. 26-32, 2015.

PAUL, J.; MODI, A.; PATEL, J. Predicting green product consumption using theory of planned behavior and reasoned action. **Journal of Retailing and Consumer Services**, Amsterdam, v. 29, p. 123–134, Mar. 2016.

PFEILER, T. M.; EGLOFF, B. Personality and attitudinal correlates of meat consumption: results of two representative German samples. **Appetite**, v. 121, p. 294-301, 2018.

PRIPORAS, C. V.; STYLOS, N.; FOTIADIS, A. K. Expectativas dos consumidores da Geração Z em relação às interações no varejo inteligente: uma agenda futura. **Computers in human behavior**, v. 77, p. 374-381, 2017.

RAPHAELY, T.; MARINOVA, D. Flexitarianism: a more moral dietary option. **International Journal of Sustainable Society**, v. 6, n. 1-2, p. 189-211, 2014.

RÉVILLION, J. P. P.; KAPP, C.; BADEJO, M. S.; DA VEIGA DIAS, V. O mercado de alimentos vegetarianos e veganos: características e perspectivas. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 37, n. 1, p. 26603, 2020.

ROSENFELD, D. L.; BURROW, A. L. Vegetarian on purpose: understanding the motivations of plant-based dieters. **Appetite**, v. 116, p. 456-463, 2017.

ROTHGERBER, H. Meat-related cognitive dissonance: a conceptual framework for understanding how meat eaters reduce negative arousal from eating animals. **Appetite**, v. 146, p. 104511, 2020.

RUBY, M. B. Vegetarianism. A blossoming field of study. **Appetite**, v. 58, n. 1, p. 141-150, 2012.

RUST, N. A.; RIDDING, L.; WARD, C.; CLARK, B.; KEHOE, L.; DORA, M.; WEST, N. How to transition to reduced-meat diets that benefit people and the planet. **Science of the Total Environment**, v. 718, p. 137208, 2020.

SPRINGMANN, M.; CLARK, M.; MASON-D'CROZ, D.; WIEBE, K.; BODIRSKY, B. L.; LASSALETTA, L.; WILLETT, W. Options for keeping the food system within environmental limits. **Nature**, v. 562, n. 7728, p. 519-525, 2018.

STEPTOE, A.; POLLARD, T. M.; WARDLE, J. Development of a measure of the motives underlying the selection of food: the food choice questionnaire. **Appetite**, v. 25, n. 3, p. 267-284, 1995.

STREINER, D. L. Starting at the beginning: an introduction to coefficient alpha and internal consistency. **Journal of personality assessment**, v. 80, n. 1, p. 99-103, 2003.

WILLETT, W.; ROCKSTRÖM, J.; LOKEN, B.; SPRINGMANN, M.; LANG, T.; VERMEULEN, S.; MURRAY, C. J. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. **The lancet**, v. 393, n. 10170, p. 447-492, 2019.

WILLITS-SMITH, A.; ARANDA, R.; HELLER, M. C.; ROSE, D. Addressing the carbon footprint, healthfulness, and costs of self-selected diets in the USA: a population-based cross-sectional study. **The Lancet Planetary Health**, v. 4, n. 3, p. e98-e106, 2020.

Escolhas alimentares e transição para dietas sustentáveis: motivações de universitários brasileiros com diferentes perfis alimentares

Food choices and transition to sustainable diets: motivations of Brazilian university students with different dietary profiles

Fernanda dos Santos Ramos [1]

Nathalia Soares Brum de Mello [2]

Letícia de Oliveira [3]

[1] *Mestrado em Agronegócios, Doutoranda, Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios (Cepan), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil*
E-mail: fernandasramos@live.com

[2] *Mestrado em Administração, Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Administração (PPGA), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), RS, Brasil*
E-mail: nathaliamello97@gmail.com

[3] *Doutorado em Agronegócios, Professora, Departamento de Economia e Relações Internacionais e Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios (Cepan), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil*
E-mail: leticiaoliveira@ufrgs.br

doi:10.18472/SustDeb.v16n2.2025.58742

Received: 25/06/2025
Accepted: 25/11/2025

ARTICLE- VARIA

RESUMO

Em um contexto de crescente necessidade de sistemas alimentares sustentáveis, este estudo investigou fatores psicossociais das escolhas alimentares de universitários brasileiros, utilizando o *Food Choice Questionnaire* (FCQ) ampliado com a dimensão "preocupação com os animais". A amostra foi de 1.582 estudantes. Quatro grupos alimentares (onívoros, flexitarianos, vegetarianos e veganos) foram comparados por ANOVA e testes *post hoc* de Tukey. Os resultados indicaram diferenças estatisticamente significativas em todas as dimensões avaliadas. Saúde, conveniência e apelo sensorial tiveram médias elevadas. Aspectos éticos e bem-estar animal foram mais valorizados por vegetarianos e veganos. A preocupação animal demonstrou ser a dimensão de maior magnitude na diferenciação entre os grupos, com escores progressivamente mais altos de onívoros a veganos. Onívoros atribuíram menor importância à ética e à preocupação animal. Os achados contribuem para a compreensão das motivações alimentares em contextos de transição alimentar e apontam caminhos para escolhas mais sustentáveis entre universitários.

Palavras-chave: Bem-estar animal. Comportamento alimentar. *Food Choice Questionnaire*. Universitários. Sustentabilidade alimentar.

ABSTRACT

In a context of growing demand for sustainable food systems, this study examines the psychosocial determinants of food choices among Brazilian university students, employing the Food Choice Questionnaire (FCQ) expanded to include a "concern for animals" dimension. The sample consisted of 1,582 students. Four dietary groups (omnivores, flexitarians, vegetarians, and vegans) were compared using ANOVA and Tukey's post-hoc tests. The results indicated statistically significant differences across all evaluated dimensions. Health, convenience, and sensory appeal yielded the highest average scores. Vegetarians and vegans placed more value on ethical aspects and animal welfare. Animal concern emerged as the most salient dimension differentiating the groups, with progressively higher scores from omnivores to vegans. Omnivores placed less importance on ethics and animal welfare. The findings contribute to the understanding of food motivations in contexts of food transition and provide directions for promoting more sustainable choices among university students.

Keywords: *Animal welfare. Food choice. Food Choice Questionnaire. University students. Sustainable eating.*

1 INTRODUÇÃO

Em meio aos desafios globais de saúde pública e sustentabilidade ambiental, as escolhas alimentares individuais ganham papel central. Questões como o crescimento populacional, a degradação de ecossistemas e a escassez de recursos intensificam a urgência por práticas alimentares mais sustentáveis, capazes de promover a segurança alimentar e mitigar impactos ambientais (El Bilali, 2019; Hartmann; Siegrist, 2017; Willett *et al.*, 2019). A conscientização sobre os efeitos da alimentação na saúde e no meio ambiente tem crescido entre consumidores, impulsionando mudanças rumo a padrões mais saudáveis e sustentáveis (Boer; Aiking, 2019; Bryant, 2019; Hoek *et al.*, 2017).

As escolhas alimentares são moldadas por fatores diversos, desde preferências individuais e necessidades nutricionais até valores sociais, culturais, econômicos e ideológicos. Entre esses fatores, destaca-se o impacto ambiental da produção de alimentos, cuja relevância vem crescendo nos debates públicos e acadêmicos. A indústria alimentícia, entre tantas outras, é reconhecida pelas emissões de carbono, uso de recursos naturais e degradação ambiental (Ivanova *et al.*, 2016; Rust *et al.*, 2020; Vermeir *et al.*, 2020; Willits-Smith *et al.*, 2020). Em consequência disso, têm ganhado força movimentos como o vegetarianismo, veganismo e o flexitarianismo — este último caracterizado pela redução do consumo de alimentos de origem animal, sem sua eliminação completa (Raphaely; Marinova, 2014; Révillion *et al.*, 2020).

No entanto, a complexidade dos fatores que orientam as escolhas alimentares dos indivíduos apresenta um desafio significativo para pesquisadores e profissionais da área. O modelo teórico proposto por Pollard, Steptoe e Wardle (1995), operacionalizado por meio do *Food Choice Questionnaire* (FCQ), permite investigar as motivações que orientam as decisões alimentares.

O FCQ mede dimensões, como saúde, conveniência, apelo sensorial, preço, controle de peso, familiaridade e preocupações éticas. Esse conjunto de influências torna o processo de decisão alimentar multifacetado, envolvendo desde preferências pessoais até crenças culturais e ideológicas sobre alimentação e sustentabilidade (Cabral *et al.*, 2017; Markovina *et al.*, 2015). A interação entre essas variáveis revela a complexidade do comportamento alimentar, especialmente entre jovens universitários, que estão cada vez mais conscientes dos impactos de suas escolhas para o meio ambiente e a saúde.

Embora existam diversas investigações sobre escolhas alimentares em diferentes contextos culturais, há uma lacuna significativa na literatura quanto à aplicação do FCQ para compreender os fatores que influenciam essas escolhas no contexto brasileiro (Cabral *et al.*, 2017; Markovina *et al.*, 2015). Essa

ausência de dados limita a compreensão de como contextos culturais e sociais específicos moldam as decisões alimentares em países emergentes, como o Brasil, onde os jovens têm desempenhado papel relevante na promoção de práticas de consumo mais éticas e ambientalmente responsáveis.

Diante disso, este estudo tem como objetivo investigar os fatores psicossociais que influenciam as escolhas alimentares entre estudantes universitários brasileiros, com base no FCQ, incluindo uma extensão voltada ao bem-estar animal. Além disso, busca analisar como essas motivações variam entre diferentes perfis alimentares, fornecendo uma análise detalhada dos fatores que impulsionam a transição para dietas mais sustentáveis. Ao explorar essa lacuna, a pesquisa contribui para o entendimento de como dimensões éticas, ambientais e psicossociais interagem na formação de padrões alimentares mais conscientes, oferecendo evidências que podem orientar ações educativas, políticas públicas e estratégias institucionais voltadas à promoção de escolhas alimentares saudáveis e sustentáveis.

2 MÉTODO

2.1 PARTICIPANTES E CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

A amostra foi composta por estudantes universitários brasileiros matriculados em instituições de ensino superior localizadas em grandes centros urbanos de todas as regiões do país. A escolha desse público se justifica pela relevância dos jovens adultos na formação de novos padrões alimentares e práticas de consumo sustentáveis. A Geração Z, que constitui uma parte expressiva dos estudantes universitários, distingue-se de gerações anteriores por seu engajamento em práticas alimentares conscientes, como dietas à base de plantas, e pela inclinação para comportamentos sustentáveis, com potencial de moldar o futuro dos sistemas alimentares (Gazzola *et al.*, 2020; Priporas; Stylos; Fotiadis, 2017).

Estudantes universitários representam uma população em transição para a independência alimentar, tornando suas escolhas especialmente relevantes para o estudo de novas tendências de consumo (Bogueva; Marinova, 2022; Priporas *et al.*, 2017). Adicionalmente, pesquisas indicam que indivíduos com maior nível de instrução tendem a apresentar maior familiaridade com temas relacionados à sustentabilidade e ao consumo consciente (Hedlund, 2011; Paul *et al.*, 2016). Assim, a inclusão desse grupo possibilita investigar com maior profundidade os fatores psicossociais associados a escolhas alimentares conscientes. A predominância de respondentes da Região Sudeste reflete a estrutura do ensino superior brasileiro, que concentra o maior número de instituições e matrículas (Inep, 2021).

A amostra foi desenhada para representar o perfil de alunos universitários brasileiros em termos de idade (maiores de 18 anos), hábitos alimentares, renda e região. Os participantes receberam um convite para participar de uma pesquisa de até 15 minutos e foram informados de que poderiam participar de forma voluntária. Como critério de inclusão, foram considerados elegíveis apenas alunos com matrícula ativa em instituições de ensino superior. Foram excluídas respostas incompletas em itens que impossibilitariam a análise. Dos respondentes que responderam corretamente aos itens de mensuração deste artigo (n = 1.582), 16 estudantes preferiram não responder todas as questões demográficas e de perfil (n = 1.566).

2.2 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

O instrumento utilizado foi o FCQ, traduzido e validado para o contexto brasileiro por Heitor *et al.* (2015; 2019), com base na versão original de Steptoe *et al.* (1995). O questionário incluiu 36 itens distribuídos em dimensões, como saúde, conveniência, apelo sensorial, conteúdo natural, preço, familiaridade, controle de peso, humor e ética. Adicionalmente, foram incluídas questões sobre bem-estar animal,

adaptadas de Lindeman e Väänänen (2000), com o objetivo de captar a relevância de aspectos éticos nas escolhas alimentares dos participantes.

Cada item alimentar foi avaliado em uma escala de quatro pontos, indicando o grau de importância (1 = nada importante a 4 = muito importante) atribuído aos motivadores alimentares, como apelo sensorial, familiaridade, saúde, preço, ética, humor, conteúdo natural, controle de peso e conveniência.

2.3 PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS

O recrutamento dos participantes foi realizado entre setembro e novembro de 2021, por meio de uma amostragem por conveniência, na plataforma *Qualtrics*. O planejamento da coleta buscou a ampla dispersão geográfica e a inclusão de diferentes perfis institucionais. Para tanto, foram contatadas diversas universidades privadas e públicas localizadas em grandes centros urbanos, em todas as regiões geográficas do Brasil, com base em um mapeamento do cenário nacional de ensino superior (Inep, 2021). O convite para a pesquisa foi enviado por e-mail a contatos institucionais (secretarias, docentes e pesquisadores), solicitando a divulgação direta do *link* da pesquisa aos alunos de graduação ativamente matriculados. Esse método visou a viabilização de um percentual equivalente de respondentes de cada região, embora a natureza da amostragem por conveniência tenha resultado na concentração da amostra.

Ao acessar o link, os participantes eram inicialmente questionados se eram estudantes universitários. Aqueles que responderam negativamente foram automaticamente excluídos do processo, assegurando a elegibilidade da amostra. Após o aceite no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), os participantes responderam à pergunta filtro e, em seguida, ao questionário completo.

A primeira parte do instrumento avaliou a importância de diferentes aspectos na alimentação diária dos participantes, com base nas dimensões do FCQ. Em seguida, foi aplicada uma pergunta sobre os hábitos alimentares, visando compreender o comportamento atual quanto ao consumo de alimentos de origem animal.

Para minimizar vieses associados à autodeclaração (por exemplo, “sou vegano”), os participantes puderam selecionar descrições que refletissem seus hábitos e intenções alimentares, reconhecendo inclusive quem estivesse em transição ou não se identificasse com rótulos como “flexitariano”.

Na etapa final, foram coletadas informações sociodemográficas (idade, gênero, curso de graduação, local de moradia e renda). Dos 2.971 respondentes iniciais, 2.488 aceitaram participar após a leitura e aceite do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), e 11 recusaram. O questionário permaneceu disponível por até quatro horas, a fim de evitar respostas com longos intervalos. Após a exclusão de respostas incompletas em itens críticos, a amostra final totalizou 1.582 participantes. Esse tamanho amostral é considerado adequado para as análises multigrupais propostas (ANOVA e MANOVA), superando a recomendação metodológica mínima de cerca de 30 casos por grupo para assegurar poder estatístico satisfatório (Hair *et al.*, 2010).

O estudo seguiu os princípios éticos em pesquisa, com aprovação do comitê de ética sob o protocolo CAAE 48959621.7.0000.5347. Todos os participantes consentiram voluntariamente mediante assinatura do TCLE no início do questionário.

2.4 ANÁLISE DOS DADOS

A análise incluiu estatísticas descritivas (médias, desvios-padrão e frequências), avaliação da consistência interna das escalas e correlações entre os fatores do FCQ.

Para verificar diferenças entre os grupos com diferentes padrões alimentares (onívoro, reducionista, vegetariano e vegano) em relação aos motivos de escolha alimentar, foi conduzida uma análise multivariada de variância (MANOVA), com os fatores do FCQ como variáveis dependentes: saúde, humor, conveniência, apelo sensorial, conteúdo natural, preço, controle de peso, familiaridade, ética e preocupação com os animais, esta última incluída como uma dimensão adicional no presente estudo.

Na sequência, foram realizadas análises univariadas (ANOVA) para cada fator, seguidas de testes *post hoc* de Tukey HSD para identificar diferenças significativas entre os grupos. Adotou-se um nível de significância de 5% ($p < 0,05$). As análises foram realizadas no software SPSS (versão 18).

3 RESULTADOS

3.1 PERFIL SOCIODEMOGRÁFICO E CLASSIFICAÇÃO DOS GRUPOS ALIMENTARES

No estudo, os participantes foram classificados em cinco grupos alimentares principais com base em suas práticas e intenções de consumo de alimentos de origem animal (Springmann *et al.*, 2018). Essa classificação inclui: onívoros (consomem regularmente produtos de origem animal e não planejam mudar seus hábitos); flexitarianos, divididos em reducionistas de carne (buscam reduzir especificamente o consumo de carne) e reducionistas gerais (buscam diminuir o consumo de todos os tipos de produtos de origem animal, incluindo laticínios e ovos); vegetarianos (não consomem carne, mas incluem laticínios e ovos em suas dietas); e veganos (evitam completamente produtos de origem animal). Essa segmentação possibilitou uma análise detalhada das motivações e preferências alimentares de cada grupo.

A distribuição detalhada dos hábitos alimentares e a intenção futura de consumo são apresentadas na Tabela 1, cuja sumarização gráfica encontra-se na Figura 1. Os dados revelam que a maioria da amostra é composta por flexitarianos, enquanto os onívoros constituem o segundo maior grupo.

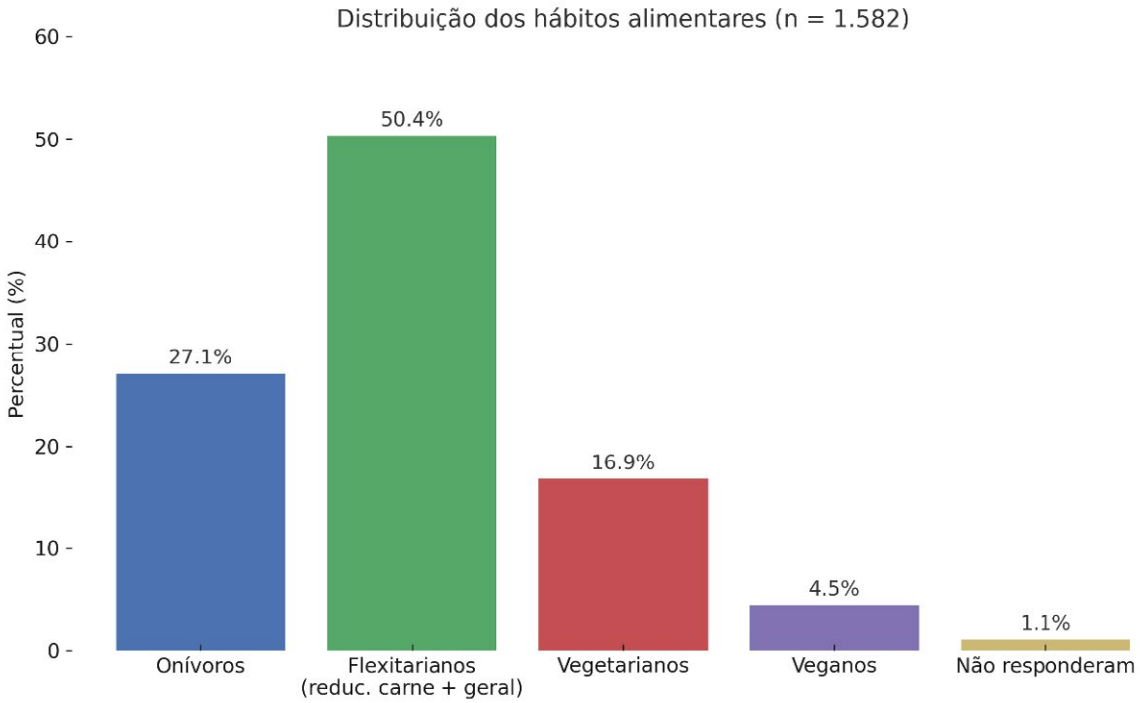


Figura 1 – Hábitos alimentares

Fonte: elaborada pelos autores (2025)

A amostra é composta majoritariamente por mulheres (66%), seguidas por homens (31%), pessoas que se identificam como não binárias ou de terceiro gênero (1,9%) e aqueles que preferiram não declarar (0,6%). A maior parte dos participantes (65%) tem entre 21 e 35 anos, enquanto 27% têm entre 18 e 20 anos. Apenas 5,8% têm entre 36 e 49 anos, e 2% possuem mais de 50 anos.

Tabela 1 – Hábitos alimentares e intenções futuras da amostra

Hábitos alimentares e intenções futuras	*Categorização*	*n*	*%*
Na minha alimentação, consumo: alimentos com ingrediente animal e não planejo mudar minha alimentação	onívoro/dieta com alimentos de origem animal	429	27.12
alimentos com ingrediente animal, mas estou tentando reduzir apenas o consumo de carne	Reducionista carne/ flexitariano	570	36.04
alimentos com ingrediente animal, mas estou tentando reduzir o consumo de todos os alimentos de origem animal (ex.: laticínios, ovos e carnes)	Reducionista geral/ flexitariano	227	14.35
alguns alimentos de origem animal (ex.: laticínios e ovos), mas não como carne	vegetariano	267	16.88
não como nenhum alimento de origem animal	Vegano	71	4.49
Não responderam	-	18	1.14

Fonte: elaborada pelos autores (2025)

Quanto à renda mensal, 31% dos participantes declararam receber até R$ 2.200; 33% situam-se na faixa entre R$ 2.200 e R$ 5.500; 22% entre R$ 5.500 e R$ 11.000; e 14% possuem renda superior a R$ 11.000. Em relação à localização geográfica, a maioria reside na Região Sudeste (79%), seguida por participantes do Sul (5%), Centro-Oeste (1,4%), Norte (1%) e Nordeste (0,8%). Além disso, 12,8% dos participantes informaram residir em cidades do interior do país, independentemente da região.

A análise do perfil sociodemográfico por padrão alimentar revelou que os grupos flexitariano, vegetariano e vegano são majoritariamente compostos por mulheres, um achado consistente com a literatura (Pfeiler; Egloff, 2018; Ruby, 2012). Embora a concentração de 79% no Sudeste seja uma limitação decorrente da amostragem por conveniência e da adesão final dos participantes, ela é coerente com a estrutura do ensino superior brasileiro, que apresenta um maior número de instituições de ensino superior nessa região. Essa concentração regional também pode refletir tendências observadas em outros contextos, em que dietas vegetarianas, veganas e flexitarianas são mais comuns em centros urbanos e entre indivíduos mais jovens, grupos frequentemente associados a padrões alimentares mais conscientes e sustentáveis (Dagevos, 2021; Lea; Worsley, 2003; Ruby, 2012).

3.2 ANÁLISE DESCRITIVA: MÉDIAS, DESVIOS-PADRÃO E FREQUÊNCIAS

Primeiramente, foram calculadas as médias e os desvios-padrão para cada dimensão do FCQ entre os grupos alimentares (onívoros, flexitarianos, vegetarianos e veganos). Essa análise descritiva fornece uma visão geral das pontuações típicas e da variabilidade nas motivações alimentares dos participantes, conforme demonstrado na Tabela 2.

Considerando os resultados, a dimensão “saúde” apresentou médias acima de 3 em todos os grupos, sugerindo que a preocupação em manter uma alimentação saudável é amplamente valorizada pelos participantes. Outras dimensões com médias elevadas incluem “conveniência”, “apelo sensorial”, “humor”, “preço” e “preocupação ética/animal”.

Por outro lado, as menores médias foram observadas nas dimensões "controle de peso" e "familiaridade", sendo esta última a única com itens que ficaram abaixo da média da escala. Esses achados indicam que, embora todos os fatores do FCQ tenham relevância, certas dimensões se destacam como mais centrais nas escolhas alimentares da amostra.

Tabela 2 – Tabela descritiva por grupo alimentar (médias e desvio-padrão)

Fator do FCQ	*Onivoro(n=429)*	*Flexitariano(n=797)*	*Vegetariano (n=267)*	*Vegano (n=71)*
Saúde	3.40 (0.58)	3.47 (0.50)	3.53 (0.49)	3.51 (0.43)
Humor	3.06 (0.76)	3.32 (0.64)	3.29 (0.63)	3.21 (0.63)
Conveniência	3.33 (0.65)	3.45 (0.51)	3.46 (0.52)	3.25 (0.55)
Apelo sensorial	3.40 (0.58)	3.47 (0.50)	3.53 (0.49)	3.37 (0.54)
Conteúdo natural	3.40 (0.58)	3.47 (0.50)	3.53 (0.49)	3.34 (0.66)
Preço	3.53 (0.50)	3.63 (0.42)	3.66 (0.37)	3.55 (0.43)
Controle de peso	2.51 (0.89)	2.74 (0.81)	2.65 (0.86)	2.39 (0.82)
Familiaridade	2.55 (0.75)	2.45 (0.72)	2.35 (0.65)	2.31 (0.74)
Ética	2.27 (0.92)	2.87 (0.80)	2.98 (0.82)	2.93 (0.76)
Preocupação animal	2.57 (1.03)	3.35 (0.79)	3.79 (0.49)	3.94 (0.29)

Fonte: elaborada pelos autores

Além disso, uma análise de frequência das respostas (Figura 2) permitiu observar a distribuição da importância atribuída a cada motivação alimentar da amostra. De maneira geral, a dimensão "apelo sensorial" foi considerada uma das mais importantes, com alta frequência de respostas na categoria "muito importante" (81%). Em contraste, a dimensão "familiaridade" foi menos valorizada, com apenas 22% das respostas considerando-a "muito importante". Esses dados ajudam a contextualizar as motivações alimentares antes da análise inferencial, fornecendo um panorama das preferências dos participantes.

3.3 CONFIABILIDADE DAS ESCALAS DO FCQ

Para garantir a precisão das medidas, os coeficientes de consistência interna (Alfa de Cronbach) foram calculados para cada uma das dimensões do FCQ. Estudos anteriores sugerem que valores de Alfa de Cronbach acima de 0,5 são considerados aceitáveis para pesquisas comportamentais (Hair *et al.*, 2009; Streiner, 2003). Os resultados indicaram níveis satisfatórios de consistência interna, com coeficientes variando entre 0,62 e 0,94, sugerindo que os itens medem adequadamente os construtos avaliados.

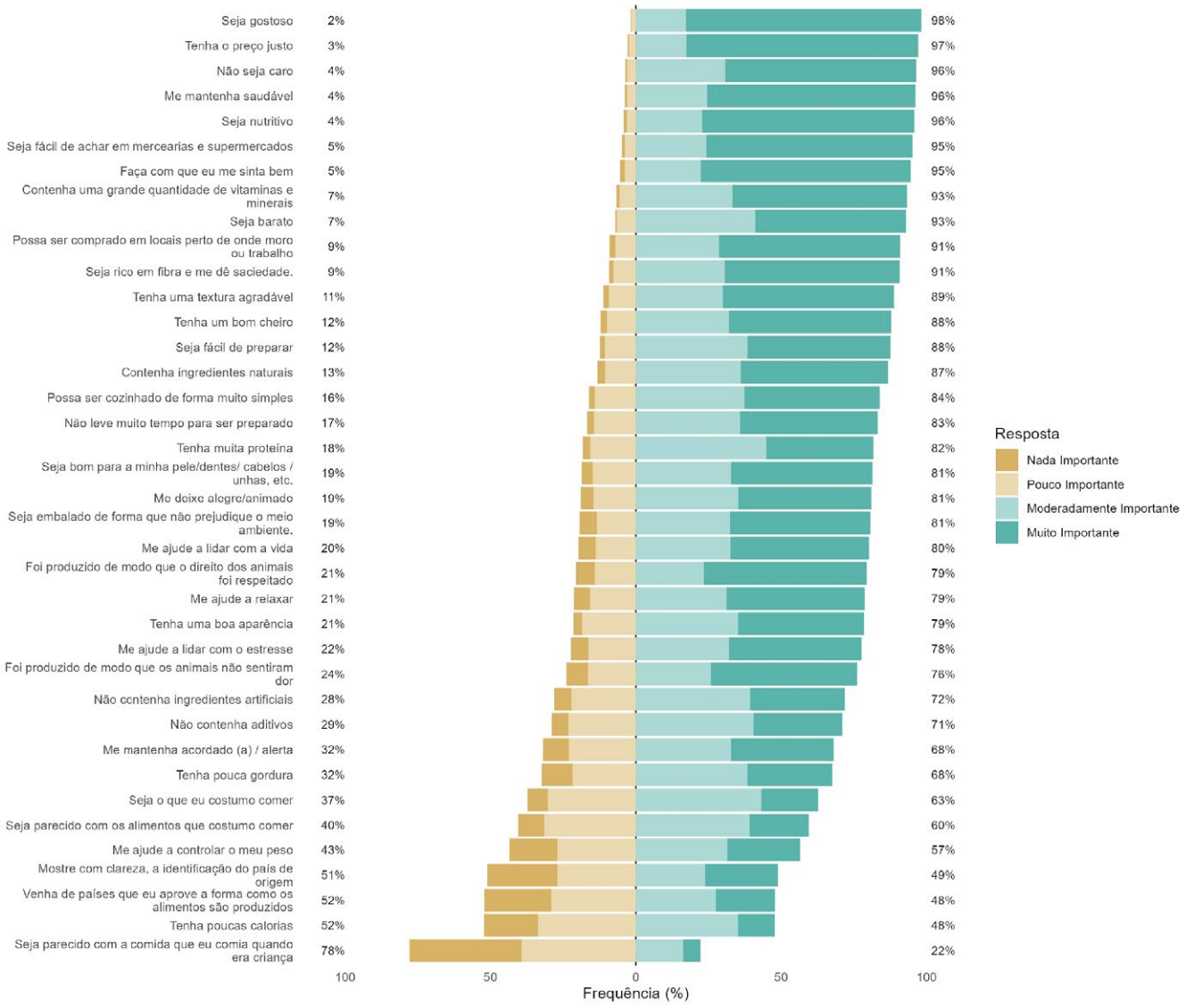


Figura 2 – Distribuição de frequência das respostas por item

Fonte: elaborada pelos autores (2025)

3.4 ANÁLISE DE VARIÂNCIA ENTRE GRUPOS ALIMENTARES E TESTE *POST HOC* DE TUKEY

Para investigar se as motivações alimentares variam de acordo com o padrão alimentar, foi realizada uma MANOVA, considerando os dez fatores deste estudo como variáveis dependentes e o tipo de dieta como variável independente (onívoro, flexitariano, vegetariano e vegano). Os resultados indicaram um efeito multivariado significativo de grupo, Wilks' Lambda = 0,693, F (30, 4553) = 20,20, $p < 0,001$. Em seguida, foram conduzidas ANOVAs para cada fator, seguidas de testes post hoc de Tukey HSD.

Tabela 3 – Resultados da Anova e teste de Tukey

Dimensões	*F (3,1560)*	*p-value*	*Grupos com diferença significativa (Tukey HSD)*
Preocupação animal	161.45	<0.001	Vegano > Vegetariano > Reducionista > Onívoro (*)
Ética	59.13	<0.001	Vegano = Vegetariano > Reducionista > Onívoro (*)
Conteúdo natural	33.75	<0.001	Vegano = Vegetariano > Reducionista > Onívoro (*)
Humor	14.08	<0.001	Reducionista > Onívoro
Controle de peso	8.90	<0.001	Reducionista > Vegano
Preço	8.02	<0.001	Reducionista = Vegetariano > Onívoro
Familiaridade	5.12	0.002	Onívoro > Vegano
Conveniência	7.46	<0.001	Vegetariano = Reducionista > Vegano
Saúde	3.79	0.010	Vegetarianos > Onívoro
Apelo sensorial	2.84	0.037	Diferenças pequenas

Nota. Comparações post hoc com Tukey HSD. (*) Marcam os fatores com maior magnitude e relevância prática com padrões claros de diferenciação entre todos os grupos (p < 0,001).

Fonte: elaborada pelos autores

3.5 ANÁLISE COMPARATIVA FATOR POR FATOR

Os resultados das ANOVAs indicaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos alimentares em todos os fatores do FCQ ($p < 0,05$). As maiores diferenças foram observadas nos fatores "preocupação com os animais" ($F (3,1560) = 161,45$, $p < 0,001$), "ética" ($F = 59,13$, $p < 0,001$) e "conteúdo natural" ($F = 33,75$, $p < 0,001$), com os grupos veganos e vegetarianos apresentando médias mais elevadas em comparação aos onívoros e reducionistas. Essas diferenças apontam que as motivações alimentares variam de acordo com o perfil de dieta dos participantes.

Nos fatores "humor", "preço", "controle de peso", "familiaridade", "conveniência", "saúde" e "apelo sensorial", embora as diferenças tenham sido estatisticamente significativas, os contrastes entre os grupos foram menos expressivos, sugerindo efeitos de menor magnitude prática. Nesse sentido, os resultados indicam uma diferença significativa entre os grupos para todas as dimensões de fatores ($p < .05$).

A seguir, são apresentados os resultados detalhados por fator com base nas médias por grupo e nas diferenças estatisticamente significativas indicadas pelo teste de Tukey.

Saúde. Diferença significativa foi observada apenas entre vegetarianos ($M = 3,53$; $DP = 0,49$) e onívoros ($M = 3,40$; $DP = 0,58$; $p < 0,05$), indicando que vegetarianos atribuem maior importância à saúde como motivador de suas escolhas alimentares.

Humor. Onívoros ($M = 3,06$; $DP = 0,76$) diferiram significativamente dos flexitarianos ($M = 3,32$; $DP = 0,64$), vegetarianos ($M = 3,29$; $DP = 0,63$) e veganos ($M = 3,21$; $DP = 0,63$; $p < 0,001$), sendo este último o único grupo que não diferiu estatisticamente dos onívoros. Isso sugere que onívoros tendem a valorizar menos o impacto emocional da alimentação em comparação com os demais grupos.

Conveniência. Vegetarianos (M = 3,46; DP = 0,52) atribuíram maior importância à conveniência do que onívoros (M = 3,33; DP = 0,65; p < 0,001). Esse achado pode estar relacionado à necessidade de maior planejamento e disponibilidade de opções compatíveis com dietas vegetarianas.

Apelo sensorial. A diferença marginalmente significativa foi entre vegetarianos (M = 3,39; DP = 0,54) e flexitarianos (M = 3,49; DP = 0,53; p = 0,09), sugerindo que todos os grupos tendem a valorizar de forma semelhante aspectos sensoriais da alimentação.

Conteúdo natural. Onívoros (M = 2,82; DP = 0,79) apresentaram os menores escores, diferindo significativamente de todos os outros grupos (p < 0,001). Flexitarianos (M = 3,16; DP = 0,71) também diferiram de vegetarianos (M = 3,31; DP = 0,70) e veganos (M = 3,34; DP = 0,66), que apresentaram escores mais altos. Isso indica que quanto maior a restrição ao consumo de produtos de origem animal, maior a valorização do conteúdo natural dos alimentos, sugerindo uma associação entre restrição alimentar e valorização de alimentos menos processados.

Preço. Onívoros (M = 3,53; DP = 0,50) e veganos (M = 3,55; DP = 0,43) apresentaram escores semelhantes e significativamente inferiores aos de reducionistas (M = 3,63; DP = 0,42) e vegetarianos (M = 3,66; DP = 0,37). Os resultados sugerem que o preço é um fator mais relevante para aqueles que adotam dietas parcialmente restritivas.

Controle de peso. Os grupos reducionistas (M = 2,74; DP = 0,81) atribuíram maior importância a essa dimensão do que onívoros (M = 2,51; DP = 0,89) e veganos (M = 2,39; DP = 0,82; p < 0,05). Embora o controle de peso não tenha sido um fator fortemente valorizado pela amostra como um todo, parece ter maior peso entre os flexitarianos.

Familiaridade. Apenas onívoros (M = 2,55; DP = 0,75) e vegetarianos (M = 2,35; DP = 0,65) se diferenciaram significativamente, sugerindo que onívoros tendem a valorizar mais alimentos aos quais estão habituados.

Ética. Onívoros (M = 2,27; DP = 0,92) apresentaram os menores escores e se diferenciaram de todos os demais grupos (p < 0,001). Vegetarianos (M = 2,98; DP = 0,82), flexitarianos (M = 2,87; DP = 0,80) e veganos (M = 2,93; DP = 0,76) atribuem maior importância à ética, embora as comparações entre esses grupos revelem diferenças apenas parciais entre si.

Preocupação animal. Onívoros (M = 2,57; DP = 1,03) diferiram significativamente de todos os demais (p < 0,001). Flexitarianos (M = 3,35; DP = 0,79), vegetarianos (M = 3,79; DP = 0,49) e veganos (M = 3,94; DP = 0,29) apresentaram escores progressivamente mais altos. Vegetarianos e veganos foram os únicos grupos que não se diferenciaram entre si, confirmando que essa motivação é central para dietas mais restritivas.

Em síntese, os resultados demonstram que motivações éticas, relacionadas ao bem-estar animal e ao conteúdo natural dos alimentos, são mais fortemente associadas a padrões alimentares restritivos, enquanto fatores como familiaridade e controle de peso tendem a ter maior relevância entre participantes com padrões alimentares menos restritivos. Esses achados reforçam a importância de considerar o perfil alimentar na compreensão das motivações para escolhas alimentares mais sustentáveis.

4 DISCUSSÕES

Este estudo investigou os fatores psicossociais que influenciam as escolhas alimentares entre universitários brasileiros, com ênfase nas diferenças entre grupos alimentares, com o objetivo central de compreender as motivações subjacentes à adoção de padrões alimentares mais saudáveis e

sustentáveis. A análise revelou que vegetarianos atribuem maior importância à saúde como fator de consumo alimentar em comparação com onívoros ($p < 0,05$), o que sugere uma predisposição maior dos vegetarianos para associar suas escolhas alimentares a benefícios à saúde. Esse achado está em consonância com evidências anteriores (Bryant, 2019; Graça *et al.*, 2015; Rosenfeld; Burrow, 2017), que associam dietas restritivas à maior conscientização sobre saúde preventiva.

Da mesma forma, grupos como flexitarianos, vegetarianos e veganos demonstraram maior valorização pela conveniência ($p < 0,001$), um resultado que corrobora a literatura (Bryant, 2019) e que pode estar relacionado ao desafio de encontrar alimentos compatíveis com suas preferências dietéticas e valores éticos. Essas descobertas reforçam que diferentes padrões alimentares estão associados a diferentes prioridades motivacionais.

Os resultados indicaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos para todas as dimensões avaliadas neste estudo ($p < 0,05$). Destacam-se, em especial, as dimensões “saúde” (vegetarianos: M = 3,53; onívoros: M = 3,40), “conveniência” (vegetarianos: M = 3,46; onívoros: M = 3,33) e “preocupação animal”, com uma progressão clara dos escores médios desde os onívoros (M = 2,57) até os veganos (M = 3,94). Analisar essa motivação no eixo da preocupação animal é importante para o campo da sustentabilidade, pois o foco na ética e no bem-estar animal é um pilar da transição alimentar mais sustentável (Dagevos, 2021). A valorização progressiva desses aspectos é o principal indicador comportamental de que os universitários estão alinhando suas escolhas com valores de justiça social e menor impacto ambiental (Ruby, 2012).

Essa progressão nos escores da dimensão de bem-estar animal reflete o conceito de "dissonância cognitiva alimentar" (Loughnan *et al.*, 2010), segundo o qual indivíduos com dietas mais restritivas tendem a valorizar mais as dimensões éticas do consumo. Os onívoros apresentaram a menor pontuação em preocupação com bem-estar animal (M = 2,57; DP = 1,03), resultado que se alinha com o fenômeno de “desumanização estratégica” descrito por Loughnan, Haslam e Bastian (2010). Segundo os autores, consumidores de carne tendem a negar características mentais (como capacidade de sofrimento) e status moral aos animais destinados ao consumo, num processo psicológico que reduz a dissonância cognitiva entre valores éticos pessoais e a prática alimentar. Esse mecanismo explicaria a menor relevância atribuída ao bem-estar animal pelos onívoros em comparação com outros grupos, especialmente veganos (M = 3,94). A ampla variabilidade entre os onívoros (DP = 1,03) sugere que parte desse grupo pode estar em estágios iniciais de transição alimentar, conforme observado na literatura (Rothgerber, 2020). Por outro lado, a maior pontuação dos veganos na dimensão “preocupação com os animais”, em comparação com os onívoros ($p < 0,01$), reforça que motivações éticas são centrais para esse grupo. Esse resultado dialoga com a literatura que associa escolhas veganas à valorização do bem-estar animal e da sustentabilidade (Bryant, 2019; Rosenfeld; Burrow, 2017).

Além disso, a saúde emerge como um motivador principal para os grupos restritivos (M = 3,53), um achado que corrobora a literatura que aponta a saúde como um dos principais benefícios percebidos na transição para dietas baseadas em vegetais (Bryant, 2019; Lea; Worsley, 2003). Essa convergência reforça a necessidade de abordagens que combinem os benefícios pessoais (saúde) e planetários (sustentabilidade).

Os resultados da ANOVA e dos testes *post hoc* de Tukey revelaram diferenças significativas entre os grupos para diversas dimensões do FCQ, demonstrando que as motivações variam substancialmente conforme o padrão alimentar. Fatores como saúde, ética, conveniência e conteúdo natural mostraram-se fortemente associados aos perfis dietéticos mais restritivos.

Diferenças relevantes também foram observadas para a dimensão de “conveniência”, com vegetarianos e flexitarianos atribuindo maior importância à facilidade de preparação dos alimentos do que onívoros. Esse achado sugere que esses grupos enfrentam mais desafios para encontrar alimentos que se

alinhem com suas preferências dietéticas e valores éticos, o que pode justificar a maior valorização de conveniência como fator de consumo.

Boer e Aiking (2019) destacam a necessidade de estratégias para promover o consumo de proteínas sustentáveis, tanto em relação aos ingredientes quanto aos pratos preparados, o que dialoga diretamente com os resultados deste estudo ao mostrar que a "conveniência" é uma dimensão central para universitários brasileiros. Nesse contexto, desenvolver políticas para ampliar a oferta de refeições práticas e baseadas em vegetais em cantinas universitárias pode facilitar a transição para dietas mais sustentáveis e saudáveis. Outro estudo identificou que a maioria dos consumidores reconhece os benefícios éticos e ambientais das dietas vegetarianas e veganas, mas ainda enfrenta barreiras práticas relacionadas a preço e conveniência (Bryant, 2019), desafios semelhantes aos observados entre universitários brasileiros. Esses achados sugerem que uma maior acessibilidade e redução dos custos dos produtos de base vegetal podem ser condições importantes para promover adesão a essas dietas, especialmente entre jovens consumidores, que estão cada vez mais conscientes dos impactos de suas escolhas.

Além da saúde, outros fatores, como apelo sensorial e preço, também influenciam significativamente as escolhas alimentares, sugerindo que o sabor e a acessibilidade permanecem como critérios práticos relevantes, mesmo entre grupos com maior consciência ética. A dimensão da "familiaridade", por outro lado, com alimentos não obteve pontuações consistentemente altas em todas as escalas, com um item específico recebendo uma pontuação mais baixa. Isso sugere que, embora a familiaridade seja relevante para alguns respondentes, ela pode não ser um fator preponderante na escolha alimentar para todos. Essa descoberta ressalta a diversidade nas motivações alimentares.

De maneira geral, como esperado, os onívoros atribuíram menor importância às dimensões éticas e ambientais, enquanto fatores, como apelo sensorial, conveniência e preço foram mais destacados por esse grupo. Vegetarianos e veganos, por sua vez, demonstraram significativamente maior valorização da ética e do bem-estar animal ($p < 0,01$), o que está alinhado a estudos que identificam fortes vínculos entre dietas restritivas e preocupações socioambientais (Rosenfeld; Burrow, 2017). A diferença marginal entre flexitarianos e vegetarianos ($p < 0,09$) indica que o primeiro grupo pode estar em processo de mudança de valores, representando um ponto intermediário no espectro motivacional. Estudos futuros podem investigar como essa transição gradual influencia a importância atribuída à ética, especialmente entre jovens.

Esses achados oferecem subsídios relevantes para o desenvolvimento de estratégias que incentivem escolhas alimentares mais saudáveis e sustentáveis no ambiente universitário. A valorização de fatores, como saúde, conveniência e apelo sensorial, sugere que campanhas educativas podem alcançar maior adesão ao enfatizarem benefícios práticos, como bem-estar físico e facilidade de preparo. Programas que promovam refeições baseadas em vegetais, com foco em acessibilidade e praticidade, tendem a ser especialmente eficazes entre jovens flexitarianos, grupo em potencial transição para padrões alimentares mais sustentáveis.

Além disso, a maior valorização de aspectos éticos e ambientais entre vegetarianos e flexitarianos destaca a importância de políticas institucionais que ampliem a oferta de alimentos de menor impacto ambiental em restaurantes universitários. Essa abordagem é validada por estudos no contexto brasileiro que mostram que o cardápio vegetariano apresenta uma pegada hídrica significativamente menor do que o tradicional, sendo a diminuição da proteína animal a principal estratégia para a sustentabilidade do serviço (Hatjiathanassiadou *et al.*, 2019). Tais intervenções estariam em sintonia com o crescente interesse dos estudantes por práticas de consumo consciente, bem como com os compromissos das universidades com a sustentabilidade.

Apesar de análises oferecerem importantes implicações práticas e teóricas, algumas limitações devem ser consideradas. Trata-se de um estudo transversal e baseado em dados autorrelatados, o que limita

inferências causais e pode estar sujeito a vieses sociais. A ANOVA, por sua vez, avaliou diferenças médias entre universitários, o que restringe a generalização para populações mais amplas.

Futuras investigações podem adotar métodos longitudinais ou qualitativos para explorar com maior profundidade os processos de mudança alimentar, especialmente entre flexitarianos. Entrevistas em profundidade poderiam revelar aspectos emocionais, sociais e éticos que orientam essas transições.

5 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo fornecem evidências robustas sobre as diferenças nas motivações alimentares entre universitários com distintos padrões de dieta. Saúde, conveniência, apelo sensorial e preço emergem como fatores relevantes para todos os grupos, enquanto ética e bem-estar animal ganham centralidade especialmente entre vegetarianos e veganos.

As motivações éticas ainda não figuram entre as mais priorizadas pela amostra geral, mas aparecem com destaque entre grupos em transição, como os flexitarianos, reforçando a importância de campanhas e políticas que abordem o consumo responsável de forma gradual e acessível.

Este estudo contribui para o avanço do conhecimento sobre comportamento alimentar em contextos de transição nutricional, oferecendo um quadro abrangente das motivações que orientam escolhas entre jovens brasileiros. Ao identificar padrões distintos de valorização entre onívoros, flexitarianos, vegetarianos e veganos, os resultados oferecem diretrizes úteis para o planejamento de políticas públicas, intervenções institucionais e ações educativas segmentadas.

Como contribuição final, este trabalho estabelece que preocupação com o bem-estar animal é um dos principais indicadores para a transição sustentável entre universitários brasileiros. Esse achado reforça a necessidade de abordagens multifatoriais que combinem saúde, sustentabilidade, valores culturais e praticidade na construção de sistemas alimentares mais éticos.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico [números de concessão 140931/2022-8 e 160579/2022-8].

DECLARAÇÃO SOBRE O USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Os autores utilizaram Gemini (Google) exclusivamente para edição linguística e aprimoramento estilístico. Todo o conteúdo científico, análise e contribuição intelectual foram desenvolvidos e verificados pelos autores, que assumem total responsabilidade pela precisão e integridade do manuscrito.

REFERÊNCIAS

BRYANT, C. J. We can't keep meating like this: attitudes towards vegetarian and vegan diets in the United Kingdom. **Sustainability**, v. 11, n. 23, 6844, 2019.

CABRAL, D.; DE ALMEIDA, M. D. V.; CUNHA, L. M. Food choice questionnaire in an African country–application and validation in Cape Verde. **Food quality and preference**, v. 62, p. 90-95, 2017.

CUNHA, L. M.; CABRAL, D.; MOURA, A. P.; DE ALMEIDA, M. D. V. Application of the Food Choice Questionnaire across cultures: systematic review of cross-cultural and single country studies. **Food quality and preference**, v. 64, p. 21-36, 2018.

DE BOER, J.; AIKING, H. Strategies towards healthy and sustainable protein consumption: a transition framework at the levels of diets, dishes, and dish ingredients. **Food Quality and Preference**, v. 73, p. 171-181, 2019.

EL BILALI, H. Research on agro-food sustainability transitions: a systematic review of research themes and an analysis of research gaps. **Journal of Cleaner Production**, v. 221, p. 353-364, 2019.

GAZZOLA, P.; PAVIONE, E.; PEZZETTI, R.; GRECHI, D. Trends in the fashion industry. The perception of sustainability and circular economy: a gender/generation quantitative approach. **Sustainability**, v. 12, n. 7, p. 2809, 2020.

GRAÇA, J.; OLIVEIRA, A.; CALHEIROS, M. M. Meat, beyond the plate. Data-driven hypotheses for understanding consumer willingness to adopt a more plant-based diet. **Appetite**, v. 90, p. 80-90, 2015.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. Bookman editora. 2009.

HARTMANN, C.; SIEGRIST, M. Consumer perception and behaviour regarding sustainable protein consumption: a systematic review. **Trends in Food Science & Technology,** v. 61, p. 11-25, 2017.

HATJIATHANASSIADOU, M.; SOUZA, S. R. G. D.; NOGUEIRA, J. P.; OLIVEIRA, L. D. M.; STRASBURG, V. J.; ROLIM, P. M.; SEABRA, L. M. A. J. Environmental impacts of university restaurant menus: a case study in Brazil. **Sustainability**, v. 11, n. 19, 5157, 2019.

HEDLUND, T. The impact of values, environmental concern, and willingness to accept economic sacrifices to protect the environment on tourists' intentions to buy ecologically sustainable tourism alternatives. **Tourism and Hospitality Research**, New York, v. 11, n. 4, p. 278-288, 2011.

HEITOR, S. F. D.; ESTIMA, C. C. P.; NEVES, F. J. D.; AGUIAR, A. S. D.; CASTRO, S. D. S.; FERREIRA, J. E. D. S. Tradução e adaptação cultural do questionário sobre motivo das escolhas alimentares (*Food Choice Questionnaire*–FCQ) para a língua portuguesa. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 20, p. 2339-2346, 2015.

HEITOR, S. F. D.; REICHENHEIM, M. E.; FERREIRA, J. E. D. S.; CASTRO, S. D. S. Validade da estrutura fatorial da escala de versão brasileira do *Food Choice Questionnaire*. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, p. 3551-3561, 2019.

HENDY, H. M. Which comes first in food–mood relationships, foods or moods? **Appetite**, v. 58, n. 2, p. 771-775, 2012.

HOEK, A. C.; PEARSON, D.; JAMES, S. W.; LAWRENCE, M. A.; FRIEL, S. Healthy and environmentally sustainable food choices: consumer responses to point-of-purchase actions. **Food quality and preference**, v. 58, p. 94-106, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Resumo técnico do Censo da Educação Superior 2019**. Brasília, DF: INEP, 2021. Recurso eletrônico.

IVANOVA, D.; STADLER, K.; STEEN-OLSEN, K.; WOOD, R.; VITA, G.; TUKKER, A.; HERTWICH, E. G. Environmental impact assessment of household consumption. **Journal of Industrial Ecology**, v. 20, n. 3, p. 526-536, 2016.

JALALI-FARAHANI, S.; AMIRI, P. Psychometric properties of the Persian version of the food choice questionnaire and food choice motives among the study population. **Public Health Nutrition**, v. 26, n. 3, p. 684-692, 2023.

LINDEMAN, M.; VÄÄNÄNEN, M. Measurement of ethical food choice motives. **Appetite**, v. 34, n. 1, p. 55-59, 2000.

LOUGHNAN, S.; HASLAM, N.; BASTIAN, B. The role of meat consumption in the denial of moral status and mind to meat animals. **Appetite**, v. 55, n. 1, p. 156-159, 2010.

MARKOVINA, J.; STEWART-KNOX, B. J.; RANKIN, A.; GIBNEY, M.; DE ALMEIDA, M. D. V.; FISCHER, A.; FREWER, L. J. Food4Me study: validity and reliability of Food Choice Questionnaire in 9 European countries. **Food quality and preference**, v. 45, p. 26-32, 2015.

PAUL, J.; MODI, A.; PATEL, J. Predicting green product consumption using theory of planned behavior and reasoned action. **Journal of Retailing and Consumer Services**, Amsterdam, v. 29, p. 123–134, Mar. 2016.

PFEILER, T. M.; EGLOFF, B. Personality and attitudinal correlates of meat consumption: results of two representative German samples. **Appetite**, v. 121, p. 294-301, 2018.

PRIPORAS, C. V.; STYLOS, N.; FOTIADIS, A. K. Expectativas dos consumidores da Geração Z em relação às interações no varejo inteligente: uma agenda futura. **Computers in human behavior**, v. 77, p. 374-381, 2017.

RAPHAELY, T.; MARINOVA, D. Flexitarianism: a more moral dietary option. **International Journal of Sustainable Society**, v. 6, n. 1-2, p. 189-211, 2014.

RÉVILLION, J. P. P.; KAPP, C.; BADEJO, M. S.; DA VEIGA DIAS, V. O mercado de alimentos vegetarianos e veganos: características e perspectivas. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 37, n. 1, p. 26603, 2020.

ROSENFELD, D. L.; BURROW, A. L. Vegetarian on purpose: understanding the motivations of plant-based dieters. **Appetite**, v. 116, p. 456-463, 2017.

ROTHGERBER, H. Meat-related cognitive dissonance: a conceptual framework for understanding how meat eaters reduce negative arousal from eating animals. **Appetite**, v. 146, p. 104511, 2020.

RUBY, M. B. Vegetarianism. A blossoming field of study. **Appetite**, v. 58, n. 1, p. 141-150, 2012.

RUST, N. A.; RIDDING, L.; WARD, C.; CLARK, B.; KEHOE, L.; DORA, M.; WEST, N. How to transition to reduced-meat diets that benefit people and the planet. **Science of the Total Environment**, v. 718, p. 137208, 2020.

SPRINGMANN, M.; CLARK, M.; MASON-D'CROZ, D.; WIEBE, K.; BODIRSKY, B. L.; LASSALETTA, L.; WILLETT, W. Options for keeping the food system within environmental limits. **Nature**, v. 562, n. 7728, p. 519-525, 2018.

STEPTOE, A.; POLLARD, T. M.; WARDLE, J. Development of a measure of the motives underlying the selection of food: the food choice questionnaire. **Appetite**, v. 25, n. 3, p. 267-284, 1995.

STREINER, D. L. Starting at the beginning: an introduction to coefficient alpha and internal consistency. **Journal of personality assessment**, v. 80, n. 1, p. 99-103, 2003.

WILLETT, W.; ROCKSTRÖM, J.; LOKEN, B.; SPRINGMANN, M.; LANG, T.; VERMEULEN, S.; MURRAY, C. J. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. **The lancet**, v. 393, n. 10170, p. 447-492, 2019.

WILLITS-SMITH, A.; ARANDA, R.; HELLER, M. C.; ROSE, D. Addressing the carbon footprint, healthfulness, and costs of self-selected diets in the USA: a population-based cross-sectional study. **The Lancet Planetary Health**, v. 4, n. 3, p. e98-e106, 2020.

"We are victims of one of the most brutal disinformation campaigns about the Amazon": an analysis of Jair Bolsonaro's speeches at the UN (2019– 2022)

"Somos vítimas de uma das mais brutais campanhas de desinformação sobre a Amazônia": uma análise dos discursos de Jair Bolsonaro na ONU (2019 – 2022)

Klaus Ramalho von Behr [1]

Tiago Ribeiro Duarte [2]

[1] *Master's Degree in Sustainable Development, PhD student, Centre for Sustainable Development, University of Brasília, Brasília, Brazil*
E-mail: klausbehr@gmail.com

[2] *PhD in Sociology, Assistant Professor, Department of Sociology, University of Brasília, Brasília, Brazil*
E-mail: ribeiroduartetiago@gmail.com

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.58913

Received: 08/07/2025
Accepted: 08/12/2025

ARTICLE- VARIA

ABSTRACT

An aspect that drew attention during the Bolsonaro administration (2019-2022) was his anti-environmental rhetoric and policy. The central argument of this article is that by denying environmental sciences, Bolsonaro not only sought to dismantle an epistemic order based on mainstream scientific knowledge, but also to (de)construct a social order. To support this argument, we analysed his United Nations speeches from 2019 to 2022 using the notion of coproduction, as defined in Science and Technology Studies (STS) by Jasanoff (2004a, 2004b). The results show Bolsonaro's attempt to produce new representations for the Amazon and new identities for the media, science, foreign countries and a "new Brazil." We conclude that Bolsonaro sought to redefine the truth about environmental issues in the country to underpin and legitimise the dismantling of an institutional order of environmental protection built in Brazil over decades. Based on this conclusion, we critically reflect on the STS literature on the denialism of Jair Bolsonaro and his followers and on the concept of post-truth.

Keywords: Bolsonaro administration. Anti-environmental policy. Coproduction. Denialism. Environmental dismantling.

RESUMO

Um aspecto que chamou atenção no governo Bolsonaro (2019-2022) foi o seu discurso e a sua política antiambiental. O argumento central deste artigo é que ao negar as ciências ambientais, Bolsonaro não somente buscou desconstruir uma ordem epistêmica baseada no conhecimento científico mainstream, mas também (des)construir uma ordem social. Para sustentar esse argumento, realizamos uma análise

dos seus discursos na ONU entre 2019 e 2022 a partir da noção de coprodução, conforme a definição de Jasanoff (2004a, 2004b) no âmbito dos Estudos Sociais das Ciências e Tecnologias (ESCT). Os resultados mostraram a tentativa de Bolsonaro de produzir novas representações para a Amazônia e novas identidades para a mídia, para a ciência, para países estrangeiros e para um "novo Brasil". Conclui-se que Bolsonaro buscou nesses discursos redefinir o que seria a verdade sobre a questão ambiental no país de modo a embasar e legitimar a desconstrução de uma ordem institucional de proteção ao meio ambiente construída no Brasil ao longo de décadas. Com base nessa conclusão, refletimos criticamente sobre a literatura dos ESCT que tem se debruçado sobre o negacionismo de Jair Bolsonaro e de seus seguidores, e sobre o conceito de pós-verdade.

Palavras-chave: *Governo Bolsonaro. Política antiambiental. Coprodução. Negacionismo. Desmonte ambiental.*

1 INTRODUCTION

On the 17th of March 2019, at 8 pm local time, the recently elected Brazilian president, Jair Bolsonaro, was in Washington, D.C., USA, at the Brazilian ambassador's house, in a dinner with members of the Brazilian and US government and sympathisers, such as Olavo de Carvalho and Steve Bannon. In his speech, Bolsonaro said he was a president "anointed by the will of God" and reiterated that "Brazil is not an open land where we intend to build things for our people. We have to deconstruct a lot, undo a lot, and then start over"[1]. After four years, with the Bolsonaro administration over, it is clear that the environment was one of the areas most affected by this project of "deconstruction" and "undoing."

This article aims to analyse the four speeches given by Jair Bolsonaro at the opening of the United Nations General Assembly (UN) (2019–2022) and to show how the discrediting of traditional media and science in relation to environmental issues and the Amazon is linked to the construction of Bolsonaro's 'new Brazil', which is 'sovereign' and 'patriotic'. More specifically, we will seek to show, based on the notion of coproduction developed by Jasanoff (2004a, 2004b), a scholar in the field of Science and Technology Studies (STS), how the (de)construction of an epistemic order relates to the (de)construction of a social order.

In recent years, a body of literature is consolidating on the environmental dismantling that occurred during the Bolsonaro administration (Bonelli; Fernandes; Cavalcante, 2023; Bronz; Zhouri; Castro, 2020; Drummond; Capelari; Barros, 2022; Dutra da Silva; Fearnside, 2022; Fernandes *et al.*, 2024; Fleury *et al.*, 2022; Fonseca; Lindoso; Bursztyn, 2022; Giffoni Pinto; Malerba, 2022; Menezes; Barbosa Jr., 2021). Drummond, Capelari and Barros (2022) summarised four points in which environmental policy changed substantially during this period: 1) inaction by the Ministry of the Environment; 2) disconnection of environmental policies from civil society representatives; 3) loss of multilateralism; and 4) replacements of key appointed technical individuals for military personnel. In addition, it was a period marked by the strengthening of denialist influence at the upper levels of government (Behr, 2022, 2023; Fleury *et al.*, 2022; Hochstetler, 2021; Miguel, 2022; Rajão *et al.*, 2022). In this regard, it is important to highlight the intertwining of environmental dismantling and the anti-environmentalist and denialist discourses that supported and legitimised it.

To contribute to the debate on the relationship between discourse and environmental dismantlement, this paper is situated within the field of STS and is inspired by the notion of coproduction. According to Jasanoff (2004a, p. 2), "coproduction is a shorthand for the proposition that the ways in which we know and represent the world (both nature and society) are inseparable from the ways in which we choose to live in it." This implies that nature and society, both from the point of view of how they are represented and of their material dimensions, are coproduced by social relations. An important consequence of the notion of coproduction is that "when one defines which theories/representations are reliable and which are not, one also defines which institutions should be built/maintained. On the other hand, the stabilisation of certain institutions also stabilises certain ways of seeing the world" (Duarte, 2019).

In this paper, we focus on the discursive dimension of Jair Bolsonaro's effort to produce an epistemic order, more specifically, an anti-environmentalist and denialist discourse regarding deforestation in Brazil, which served as the basis and legitimisation for the environmental dismantling promoted by his government. The analysis of presidential discourse is a fertile field of study, especially in the United States. According to Campbell and Jamieson (2008), presidential discourse is a special source of power in relation to other political actors because of its representativeness and popular legitimacy, its ability to influence domestic and international affairs, and its greater reach – especially in the context of the advancement of electronic media[2]. The material analysed in this paper consists of the four opening speeches delivered by former President Jair Bolsonaro at the United Nations General Assembly between 2019 and 2022. There are two main reasons for using these speeches:

1. The environmental and Amazon issue was one of the most important topics addressed by Bolsonaro during his speeches, as it is a topic of global interest and one on which his government has been the target of criticism and pressure from the international community;

2. The UN General Assembly speech carries significant weight and visibility: it is one of the main geopolitical events of the year and an opportunity for leaders to present the current situation in their countries, gain international credibility, indicate directions and facilitate coordination among their members. For Brazil, in particular, this is a speech of greater prominence, as since 1947 it has been the country responsible for delivering the opening speech at the General Assembly, which gives the country greater responsibility and weight.

The four speeches transcribed were collected from the websites of Itamaraty (2019, 2020 and 2021) and Globo (2022)[3], Brazil's main media group. They were fully read, and the most relevant passages were classified based on four elements of social life suggested by Jasanoff as particularly salient for understanding coproduction: representations, discourses, identities, and institutions. Of these four elements, two appeared most frequently in the speeches and are therefore the focus of our analysis: representations and identities[4].

In this paper, we seek to show how, on these discourses, Bolsonaro aimed to "show the truth" about the Amazon that is opposed to the "truth" of traditional media and science, i.e., the Amazon was not on fire, and this misrepresentation was the result of economic and geopolitical disputes. In this sense, he put forward a number of *representations* about the Amazon that run counter to those dominant in the Brazilian media. On this "stage", Bolsonaro sought to construct the *identities* of the actors in his discourse: on the one hand, an unreliable media and science colluding with some colonialist foreign countries; on the other, a patriotic, sustainable "New Brazil" strongly supported by the agribusiness. Articulated with this discursive dimension is the coproduction of a third element, the *institutional*, since scientific data and theories (produced by science and propagated by traditional media) served as a basis and legitimised environmental policies established by previous governments – policies that have undergone extensive deregulation and dismantling during the Bolsonaro administration.

This article is divided into three parts: (1) the presentation of the theoretical-methodological approach based on the notion of coproduction; (2) the presentation of the results, which is divided into the analysis of the main "representations" and "identities" related to environmental issues in Bolsonaro's speeches at the UN; (3) and, finally, in the final section, we present the conclusions of this study and critically reflect on the STS literature on the denialism of Jair Bolsonaro and his followers, as well as on the concept of post-truth.

2 THEORETICAL-METHODOLOGICAL APPROACH

STS is an interdisciplinary field of study which focuses on "the diverse processes involved in the production, communication and legitimisation of scientific and technological knowledge" (Duarte;

Reyes-Galindo, 2019, p. 12), as well as its intertwining with the production of social orders (Jasanoff, 2004a). Thus, the idea that science stands at an "Archimedean point" capable of looking at reality in a neutral and impersonal way, producing knowledge of an extra-social nature (Kuhn, 2000, 2005), is rejected. The aim is, therefore, to study science considering social variables, understanding that scientific practices are performed and contested within networks of trust and conflict, plurality of worldviews, and power relations existing within the scientific community (Bloor, 1976; Collins, 1985; Latour, 2000)[5].

In this paper, the analysis is guided by the notion of coproduction, as conceptualised by Jasanoff (2004a; 2004b). This notion was developed based on the work of authors such as Foucault (2007) and Shapin and Shaffer (1985/2005), who, respectively, examined the intertwining of knowledge and power and of the history of science and the history of politics. Foucault (1995, p. 27) argued that "we should admit rather that power produces knowledge (and not simply by encouraging it because it serves power or by applying it because it is useful); that power and knowledge directly imply one another; that there is no power relation without the correlative constitution of a field of knowledge, nor any knowledge that does not presuppose and constitute at the same time power relations.". Shapin and Shaffer (1985, p. 332), in turn, in their important work *The Leviathan and the Air-Pump*, stated that: "solutions to the problem of knowledge are solutions to the problem of social order.". These two ideas were fundamental for Jasanoff to develop the notion of coproduction, which, as we introduced above, consists of the idea that the ways in which we choose to live in the world are inseparable from the beliefs we have about it, whether in the sphere of nature or the social sphere.

Jasanoff (2004a, 2004b), when developing the notion of coproduction, sought to achieve an interpretative synthesis that would overcome theoretical difficulties that STS had been encountering. Inspired by actor-network theory (Callon, 1986; Latour, 1994; Law, 1992), she sought to overcome the idea of a social construction of reality, attributed to the works of authors of the strong programme (Barnes, 1982; Bloor, 1976) and the empirical programme of relativism (Collins, 1981, 1985), which tended to overdetermine the role of the social in the construction of scientific facts, losing sight of the dimension of materiality. In addition, she sought to develop a theoretical framework that would analyse the power relations that permeate the relationship between science and society in order to articulate the micro and macro sociological dimensions. In this sense, the notion of coproduction seeks to account for the coproduction of phenomena such as representations, discourses, institutions, and identities.

This notion helps us understand, for example, why scepticism about the reality of climate change is stronger in some groups than in others. For example, the pursuit of a free market world, with minimal state restrictions, influences American neoliberals to understand and represent climate change with greater scepticism than other groups – or to argue that its solution lies more in private initiative than in state action (Dunlap; Mccright, 2015; Lahsen, 2008; Oreskes; Conway, 2010). A statement made by a participant at a meeting of the liberal-conservative *think tank Heartland Institute* on climate change illustrates well how coproduction works. The participant stated: "They [climate scientists] are putting our way of life at risk. The debate is not about climate change, nor about carbon dioxide. It is not about climate, nor science. It is about socialism versus capitalism."[6] In other words, how we know and represent the world (in this case, climate change) is inseparable from how we would like to live in it (in this case, under capitalism).

3 RESULTS

Bolsonaro's four speeches at the UN are strongly guided by an epistemic effort, insofar as the former president claims to be seeking to distinguish truth from falsehood and to present the true face of things beyond ideologies. Through this epistemic operation, it would be possible to build a "new Brazil," which would be morally superior to the "old" one. Thus, a new, superior social order would be established because it would be based on truth. In contrast, the old order would be worse because, being anchored

in untrue representations of the world, it would be corrupt and socialist. In the words of Jair Bolsonaro: "[thank you] for the opportunity to re-establish the truth, which is good for all of us" (2019)[7]; "I present to you a new Brazil, which is resurging after being on the brink of socialism" (2019); "With humility and confidence in the liberating power of truth, rest assured that you can count on this new Brazil that I present to you here" (2019); "the world needs truth to overcome its challenges" (2020); "Brazil is experiencing new times. [...] a new Brazil with its credibility already restored" (2021).

The 2019 speech is the one in which Bolsonaro most reinforces this dichotomy between the "new Brazil" *and* the "old Brazil" based on the opposition *between truth and ideology*: "During the last few decades, we have allowed ourselves to be seduced, without realising it, by ideological systems of thought that did not seek truth, but absolute power" (2019). For the president, these ideological systems of power have taken root both in family and in our private lives: "Ideology has invaded our homes to attack the *mother* cell of any healthy society, the family. They even try to destroy the innocence of our children, perverting even their most basic and elementary identity, their biological identity [...] Ideology has invaded the human soul itself to expel God and the dignity with which He has clothed us" (2019). From the perspective of presidential rhetoric analysis (Charteris-Black, 2011), Bolsonaro uses the metaphor of "invasion" to characterise ideology and to persuade and engage his listeners, as if they were facing a state of war. This metaphor also uses an analogy to a pathological situation, such as cancer, which, under the cloak of invisibility, spreads over time within the social body. At the same time, Bolsonaro appeals to biblical imagery, given that ideology operates a hidden seduction, promoting the corruption of the soul and the expulsion of God.

In relation to epistemological authorities, responsible for the production and dissemination of knowledge and information, such as the traditional media, scientists and universities, the following excerpt stands out: "ideology has taken root in the fields of culture, education and the media, dominating mass communication, universities and schools" (2019).

In the face of this social order taken over by ideology, Bolsonaro offers the path towards freedom, which necessarily passes through truth:

> On issues of climate, democracy, human rights, equal rights and duties between men and women, and many others, all we need is this: to contemplate the truth, following John 8:32: 'And ye shall know the truth, and the truth shall make you free'. All our instruments, national and international, must ultimately be directed towards this goal. (2019)

Environmental issues are set against this discursive backdrop of opposition between lies and truth, the old and the new. We look now at how Bolsonaro produces different representations of the Amazon and develops different identities for the media and science, foreign countries and Brazil, through a coproductionist analysis.

3.1 REPRESENTATION

The Amazon plays a central role in all of Bolsonaro's speeches at the UN. This is due to the significant increase in deforestation in the Amazon rainforest during his administration[8], which received considerable attention in national and international media. This resulted in pressure from foreign countries for policies to address the problem. In 2019, the situation was paradigmatic. According to the National Institute for Space Research (Inpe), there was a 278% increase in deforestation in July 2019, compared to the same month in 2018.[9] At the time, Bolsonaro questioned the data, stating that it was "a copy of previous years [...] which, based in our feeling, does not correspond to the truth" and accused Inpe director Ricardo Galvão of "being at the service of some NGO, which is very common"[10]. Galvão was dismissed from his position the following month. In August, with the increase in wildfires,

the Amazon was one of the most popular topics on Twitter, with the *hashtags* "#prayforamazonia" and "#actforamazonia" being shared by international celebrities, from footballer Cristiano Ronaldo to French President Emmanuel Macron. It should be noted that, along with the *hashtags*, it was common to see information (or images) stating that the Amazon is the lungs of the world[11].

Thus, in 2019, it was in this context of high media visibility and international pressure[12] that Bolsonaro arrived at the UN. In his speech, it was possible to perceive the construction of two different types of representations for the forest: as *an idyllic space* and as *a coveted space*. The representation of the forest as *a space of wildfire* was diminished and denied. He attributed the wildfire to natural, biological, and cultural events and, tangentially, to possible criminal acts: "At this time of year, the dry climate and winds favour spontaneous and criminal fires. It is worth noting that there is also fire set by indians (sic) and local populations as part of their respective cultures and means of survival." (2019); "Our forest is humid and does not allow wildfire to spread within it. Fires occur practically in the same places, on the eastern edge of the forest, where caboclos[13] and indians (sic) burn their fields to survive, in areas that have already been deforested." (2020). More emphatically, Bolsonaro stated that wildfires were exaggerated and the product of alarmism by the international media: "However, the sensationalist attacks we have suffered from much of the international media due to the wildfires in the Amazon have awakened our patriotic sentiment" (2019); "It is not being devastated or consumed by wildfire, as the media falsely claims." (2019); "Even so, we are victims of one of the most brutal disinformation campaigns about the Amazon and the Pantanal." (2020).

The representation of the Amazon that Bolsonaro strives to construct is that of an *idyllic* space, in the sense of natural preservation ("In the Brazilian Amazon, [...], more than 80% of the forest remains untouched" [2022]), grandiose ("I remember that the Amazon region is larger than all of Western

Europe" [2020]), natural beauty ("our Amazon, with all its vastness and natural beauty" [2019]) and abundant wealth ("the richest lands in the world [...] there is abundance of gold, diamonds, uranium, niobium and rare earths, among others" [2019]).

It is precisely in complementarity to this representation as an *idyllic* and naturally abundant space that Bolsonaro developed another representation of the Amazon: as a space *coveted* by foreign governments. For Bolsonaro, "foreign governments [...] [seek] to advance their interests in the Amazon" (2019) and, more explicitly, "are not concerned with the indian human being (sic), but rather with the mineral wealth and biodiversity existing in these areas [indigenous reserves]" (2019). For Bolsonaro, there are undisclosed interests of foreign and national organisations in the wealth of the Amazon: "The Brazilian Amazon is known to be extremely rich. This explains the support of international institutions for this campaign, which is based on shady interests that join forces with opportunistic and unpatriotic Brazilian associations with the aim of harming the government and Brazil itself." (2020).

Table 1 – Representation category

Representations	*Characteristics*
Amazon: idyllic space	Preserved, magnificent, rich in natural beauty, abundant in wealth
Amazon: coveted space	Coveted by foreign governments due to material and shady interests
Amazon: space of wildfire	Humid, not prone to wildfire, subject to sensationalist attacks and disinformation campaigns

Source: Made by the authors based on Bolsonaro's speeches at the UN (2019–2022)

3.2 IDENTITIES

In Bolsonaro's speeches, identities are built through contrasts between two blocs. On the one hand, there are the identities of the media, science and foreign countries; on the other, there is the identity of the "new Brazil".

A significant portion of the media and scientists are perceived as *unreliable*. This mistrust is based on allegations that the media and science produce a distorted reality about the Amazon. In his 2019 speech, Bolsonaro stated that ideology had taken hold in education, the media, and universities. Scientists are therefore presented as fallacious and mistaken, as they are responsible for claiming that the Amazon is the lungs of the world. In his words: "It is a fallacy to say that the Amazon is a world heritage site and a mistake, as scientists attest, to claim that our forest is the lung of the world" (2019).

The accusation against the media is more constant and severe in his speeches. The media is portrayed as *unreliable* because it spreads misinformation and distorts the image of Brazil and agribusiness. According to the president, the government and the country are "victims of one of the most brutal misinformation campaigns about the Amazon" (2020). This disinformation campaign is justified because there are undisclosed economic interests at stake to reduce the competitiveness of Brazilian agribusiness: "Brazil is emerging as the world's largest food producer. And that is why there is so much interest in spreading misinformation about our environment" (2020). For Bolsonaro, the media does not portray the country accurately: "I am here to show a Brazil that is different from what is published in newspapers or seen on television" (2021). In particular, the image of Amazon preservation: "more than 80% of the forest remains untouched, contrary to what is reported by the major national and international media" (2022).

The knowledge conveyed by the media and science is fundamental in international relations, as it is based on what it says about the Amazon that foreign countries base their foreign policies towards Brazil, such as the suggestion of economic sanctions. In this sense, if, on the one hand, Bolsonaro builds an identity of *unreliability* for the media and science, on the other, the identity built for some foreign countries is that of *colonialists*: "Taking advantage of these fallacies, one country or another, instead of helping, bought into the media's lies and behaved disrespectfully, with a colonialist spirit. [...] One of them, at the G7 meeting, dared to suggest imposing sanctions on Brazil, without even listening to us." (2019).

The construction of this *colonialist* identity is reinforced during the 2019 speech in three different ways. Firstly, the idea that these countries are *meddling* in national politics by allegedly pressuring the government to increase indigenous demarcations from 14% to 20% of the country's territory. Bolsonaro's logic goes as follows: if indigenous lands are already too extensive and sparsely populated, then the international pressure can be explained by their interest in dominating the area in the future:

> In these reserves [Ianomâmi and Raposa Serra do Sol], there is an abundance of gold, diamonds, uranium, niobium and rare earths, among other resources. Moreover, these territories are enormous. The Ianomâmi reserve alone covers approximately 95,000 km^2, equivalent to the size of Portugal or Hungary, although only 15,000 indians (sic) live in this area. This shows that those who attack us [such as some heads of state] are not concerned with the indian (sic) human being, but rather with the mineral wealth and biodiversity that exist in these areas. (2019)

Secondly, the *colonialist* identity is reinforced by the idea that *they manipulate* indigenous peoples. Bolsonaro claims that some indigenous leaders, "such as Chief Raoni, are used as pawns by foreign governments in their information war to advance their interests in the Amazon" (2019). Finally, colonialist identity is constructed by the notion of *hypocrisy*, that is, the idea that other countries pressure Brazil to defend the environment, but they themselves do not, reinforcing the image of privileged and hypocritical people: "France and Germany, for example, use more than 50% of their

territories for agriculture, while Brazil uses only 8% of its land for food production. Sixty-one per cent of our territory is preserved!" (2019).

In a significant passage, Bolsonaro mobilises both the notion of "manipulators" and that of "hypocrisy" at the same time, inferring that foreign governments exploit environmental issues for political and economic interests to disguise their true objectives: "We also reject attempts to exploit environmental issues or indigenous policy for external political and economic interests, especially those disguised as good intentions." (2019). In his 2020 speech, this idea is repeated: "The Brazilian Amazon is known to be extremely rich. This explains the support of international institutions for this campaign based on shady interests [...] to harm the government and Brazil itself" (2020).

In contrast to the identity of *unreliability* built around scientists and the media, and of *colonialists* for foreign countries, Bolsonaro's new Brazil is portrayed through three identities: as a *patriotic*, *sustainable* and *agribusiness-oriented* Brazil, as summarised in Table 2 below.

Table 2 – Identity categories

Identities	*Characteristics*
Scientists: untrustworthy	Ideological, fallacious, mistaken
Media: unreliable	Spreader of misinformation and lies
Foreign countries: colonialists	Intrusive, manipulative, hypocritical
New Brazil: patriotic	Sovereign, victim of unfair and sensationalist attacks
New Brazil: sustainable	Strict environmental legislation, clean energy, and low CO_2 emissions.
New Brazil: agribusiness-oriented	Productive, guarantor of the world´s food security

Source: Made by the authors based on Bolsonaro's speeches at the UN (2019–2022)

There are two pillars that underpin the *patriotic Brazilian* identity: the defence of *sovereignty* and the defence against *unfair attacks*. As the president stated, any aid for the preservation of the Amazon rainforest (which, as we saw above, can be disguised as "good intentions") "must be treated with full respect for Brazilian sovereignty" (2019). The theme of sovereignty also appears in the "open letter from Brazil's indigenous farmers" read during his speech at the UN. The letter seeks to "express the reality experienced by the Indigenous Peoples of Brazil and to bring to light the current framework of lies propagated by the national and international media" (2019). According to it, these lies serve to "turn the indigenous peoples of Brazil into an endless market reserve, serving the foreign interests of countries that still see Brazil as a colony without rules or sovereignty" (2019). The truth that the letter seeks to reveal is that "many communities are eager for the development of this part of Brazil to finally take place without ideological or bureaucratic constraints" (2019). In other words, it is possible to see how sovereignty here is in direct opposition to the notion of interference, manipulation and hypocrisy perpetrated by the supposed "lies" propagated by the media and the supposed "colonialism" of foreign countries, which in reality do not want to let the country and its indigenous peoples develop.

To a lesser extent, defending against unfair attacks is also related to the construction of a patriotic identity. As Bolsonaro stated, "the sensationalist attacks we have suffered from much of the international media due to the wildfire in the Amazon have awakened our patriotic sentiment" (2019). In addition to media attacks, there are also economic attacks, via sanctions from foreign countries, in response to scientific fallacies about the global importance of the Amazon as the "lung of the world and heritage of humanity." In other words, once again we see the coproduction between truth and identity: on the one hand, unreliable media and science; on the other, certain foreign countries with a colonialist identity that oppose Bolsonaro's new Brazil.

Much of Jair Bolsonaro's speech at the UN was dedicated to showing "a Brazil different from that published in newspapers or seen on television" (2021). An identity constructed for this new Brazil is that of a *sustainable* Brazil because it has the

> best environmental legislation on the planet. [...] we are leaders in tropical forest conservation. We have the cleanest and most diversified energy matrix in the world. [...] Even though we are one of the 10 largest economies in the world, we are responsible for only 3% of carbon emissions. [...] Numbers that no other country has. (2020)

In all his speeches, Bolsonaro reinforces the identity of Brazil as a global example: "In terms of the environment and sustainable development, Brazil is part of the solution and a reference for the world" (2022), while also criticising the media: "In the Brazilian Amazon, an area equivalent to Western Europe, more than 80% of the forest remains untouched, contrary to what is reported by the major national and international media" (2022).

Finally, linked to this identity of a *sustainable* Brazil, there is also the construction of an *agribusiness-oriented* Brazil. This identity is based on two pillars: (1) high *productivity*, despite severe legislative requirements and low land use; (2) and the importance of this productivity in ensuring *food security* for other nations, despite criticism from the media and foreign countries: "We must not forget that the world needs to be fed. France and Germany, for example, use more than 50% of their territory for agriculture, while Brazil uses only 8% of its land for food production. 61% of our territory is preserved." (2019); "if it weren't for Brazilian agribusiness, the planet would go hungry, [...]. Our agribusiness is a source of national pride" (2022).

4 DISCUSSION AND CONCLUSION

In this paper, we sought to understand, based on Bolsonaro's denialist and anti-environmentalist speeches at the UN annual assemblies, how he aimed to coproduce an epistemic order and a social order. It was possible to see how the construction of a new social order, in his words, "a new Brazil," is operationalised based on a logic of opposition to an old social order: the former would be on the side of truth, patriotism, sustainability, and productivity via agribusiness, while the latter would be on the side of lies, deception, ideology, and socialism. The environmental issue, in general, and the Amazon, in particular, are part of this clash.

Firstly, it was possible to see how Bolsonaro denies and minimises the representation of the Amazon as a place of *wildfires* – according to him, this representation is falsely portrayed by the media and scientists – and emphasises the representation of the Amazon as an *idyllic* and *coveted* place by foreign countries. It is in this dispute over representations on the Amazon rainforest that Bolsonaro seeks to (de)construct the identity of scientists, the media, and foreign countries and, based on this, build the identity of a "new Brazil" that would emerge with his government. Mainstream science, universities, and traditional media, responsible for the production and dissemination of knowledge about the Amazon, are portrayed as *unreliable*. Foreign countries that use supposed environmental fallacies reproduced in the media are *colonialist*. On the other hand, in contrast to these identities, Bolsonaro constructs the identity of the new Brazil as a *patriotic*, *sustainable* and *agribusiness-oriented* country, as summarised in Table 3.

Table 3 – Representations and identities

Representations	***Identities***		
Amazon	Media and Science	Foreign Countries	New Brazil
Idyllic Coveted	Untrustworthy	Colonialists	Patriotic, Sustainable, Agribusiness-oriented

Source: Made by the authors based on Bolsonaro's speeches at the UN (2019–2022)

Having summarised the main conclusions of this study, we now turn to a reflection on its contribution to the STS literature focused on Bolsonarism's denialism, whether in the environmental or public health sphere, as was the case with the Covid-19 pandemic. We will use two analytical approaches to engage with this literature. Firstly, we will engage with the various studies that have examined the relationship between Bolsonaro and his followers and science. Second, we will engage with studies on the notion of post-truth.

About the relationship between Bolsonarism and science, a convergence has emerged in a significant number of studies conducted in STS. Several authors (Castro, 2025; Cesarino; Silva, 2023; Costa, 2021; Duarte, 2025; Duarte; Benetti, 2022; Duarte *et al.*, 2025; Fonseca *et al.*, 2022; Nascimento *et al.*, 2021) have argued that Bolsonaro and his followers' denialism should not be understood as a rejection of science legitimacy to act as an important institutional actor. On the contrary, Bolsonarism does not deny that science is relevant, but seeks to redefine the boundaries of what constitutes scientific knowledge and ideology, carrying out what has become known in STS as boundary work (Gieryn, 1983, 1999). In this sense, whether in relation to the environment or to public health issues, such as in the case of the so-called early treatment for COVID-19, Bolsonarism sought to redefine who the real experts were and which statements should be taken as legitimate scientific statements.

In the case of environmental sciences, for example, Bolsonaro and his followers attacked the scientific mainstream, criticising it as "environmentalist psychosis" or calling it climatism, an ideology whose goal would be to increase state regulation of the economy, compromising the free market and the capitalist economy (Miguel, 2022, 2020). In this sense, environmental science discourses are distortions of reality constructed with the aim of overthrowing Western civilisation and its capitalist way of life.

Our study follows this same line of thinking by pointing out that Bolsonaro seeks to challenge the authority of experts who advocate for greater environmental protection in the Amazon, without, however, denying the possibility of establishing scientific truths about the environment. We therefore provide additional empirical support for the idea that Bolsonarism is not averse to the possibility of objective science; the issue lies in the rejection of science's institutionalisation and in the redefinition of the boundary between legitimate and illegitimate science.

Furthermore, this work makes a specific contribution to the ESCT literature that has focused on the environmental denialism of Bolsonaro and his followers by aligning itself with a few studies that have theorised the intertwining of criticism of environmentalism and the defence of a specific type of social order. Miguel (2022, p. 312) was one of the few who explicitly addressed this point:

> Based on the above, we argue that climate denialism goes beyond "post-truth politics," as it refers to a more heterogeneous set of political subjects formed through the activation of a conservative liberal strategic device. The perception that environmental governance represents the desecration of the free market, the right to private property, Christian spirituality and subjectivity, and Western civilisation are social meanings rooted in subjectively experienced realities.

Following Miguel's hints, and based on the notion of coproduction and on the analysis of Jair Bolsonaro's speeches at the UN, we sought to emphasise the inextricability of the epistemic and institutional effects of Bolsonaro's denialism. The anti-environmental social order that Jair Bolsonaro has strived to produce by dismantling public policies could only exist and persist over time if firmly grounded in an epistemic order. This order emphasises certain representations of the Amazon, challenges scientific consensus, and redefines the identities of both scientists and other key actors in international environmental policy in order to legitimise the institutional deconstruction of Brazilian environmental agencies.

In this sense, it is important to emphasise the *productive* effects of denialism. It not only denies scientific consensus but also produces epistemic and social orders. These new orders associated with Bolsonarism,

due to their authoritarian and anti-environmentalist character, seem clearly undesirable to us. However, they cannot be effectively combated solely through the defence of science. A coproduction effort is also needed to produce positive identities – political and institutional – that support mainstream environmental sciences. This implies the legitimisation of scientific institutions that produce cutting-edge environmental science, such as universities and research institutes, as well as science and environmental journalists who portray the Amazon issue responsibly and in accordance with the state of the art of scientific knowledge on the subject. In addition, it is important to produce and reinforce positive identities of other institutions that operate at the interface between environmental sciences and politics, such as environmental NGOs, and the state agencies responsible for producing environmental policies, such as the Ministry of the Environment and the Brazilian Institute of the Environment and Renewable Natural Resources (Ibama), institutions severely affected by the Bolsonaro administration.

Finally, the conclusions of this study indicate the importance of redefining the concept of post-truth as a future research task. It is noteworthy that STS, despite being particularly well equipped to produce rigorous definitions of this term, has so far made little progress in this direction. The term post-truth was popularised in 2016 when the Oxford Dictionary defined it as the word of the year. The dictionary conceptualised it as follows: "Relating to or denoting circumstances in which objective facts are less influential in shaping public opinion than appeals to emotion and personal belief." Although this definition has appeal in explaining the period in which we live, as pointed out above, the STS literature has long criticised conceptions of scientific fact that treat it as autonomous from values, interests and emotions. This criticism has recently been extended to the Oxford Dictionary's definition of post-truth by authors in the field (Jasanoff; Simmet, 2017; Kelkar, 2019; Lynch, 2017).

Although STS has made little progress in redefining the concept of post-truth, we can point to two exceptions: the works of Fuller and Cesarino. Fuller (2019, p. 3) defines post-truth in the following terms: "the post-truth condition is all about going meta. You try to win not simply by playing by the rules, but also by controlling what the rules are"[13]. Cesarino's (2021, p. 77-78) cybernetic definition of post-truth goes in a similar direction:

> post-truth is an epistemic condition where any statement can potentially be contested by anyone at a very low cost – that is, where there is no longer control, in the sense outlined above. Different realities seem to proliferate in a context of profound epistemic disorganisation, where the scientific community, and the expert systems, more broadly, no longer enjoy the social trust and credibility they once had, thus significantly reducing their negentropic capacity.

Although we agree with the above authors that post-truth is a phenomenon with epistemic characteristics, based on the present study, we understand that this concept needs to be broadened to include not only an effort towards an epistemic reorganisation of society, but also a more comprehensive social reorganisation[14]. Denialists such as Jair Bolsonaro not only deny environmental sciences but also democratic social orders in which environmental sciences have a weight in establishing what knowledge should inform the formulation of public policies, the international climate regime, and an entire institutional order that has been built over decades in the country to deal with environmental issues. Thus, when he adopts a denialist stance towards science, he also denies an entire institutional framework that was coproduced with it. We therefore suggest that future studies seek to redefine the concept of post-truth based on the notion of coproduction in order to contemplate the scope and complexity of the phenomenon.

NOTES

1 | https://veja.abril.com.br/politica/temos-de-desconstruir-muita-coisa-diz-bolsonaro-a-americanos-de-direita/ (Accessed February 2023)

2 | Campbell and Jamieson (2008) point out that analyses of presidential discourse may vary according to style, substance, strategy, or audience (Congress, the population, journalists, the opposition, or other countries). For example, the article by Capella and Brasil (2022) analyses how the mandatory annual speeches of the "Messages to the National Congress" by Brazilian presidents are important indicators of government agendas and public policies that will be prioritised in each term of office. Charteris-Black (2011), on the other hand, focuses on the rhetorical aspect of former presidents, more specifically on how the use of metaphors is an element of potential persuasion and engagement of their audience.

3 | All speeches were found on the official website of Itamaraty, except for the 2022 speech, which was not posted there and was found on the Globo website: https://g1.globo.com/politica/noticia/2022/09/20/leia-a-integra-do-discurso-do-presidente-jair- bolsonaro-na-assembleia-geral-da-onu.ghtml (Accessed in April 2024). It is important to mention that on many websites, the first opening speech is incomplete, missing the opening sentence and the "Open letter from the indigenous farmers of Brazil," which was fully read by Bolsonaro. For the complete first speech, we recommend watching the video on YouTube. For the transcript of the "Open letter from the indigenous farmers of Brazil," visit: https://apublica.org/wp-content/uploads/2019/09/manifestacao-agricultores-indigenas-do-brasil- ysani-kalapalo.pdf (Accessed in July 2024).

4 | In Jasanoff's work (2004), the distinction between identities and representations is purely analytical, given that identities are a subgroup within the broader category of representations. They are taken as a separate concepts due to the relevance that identities have assumed in the field of ESCT, especially in work that deployes Actor-Network Theory (e.g. Callon, 1986) and in studies of controversies in the public arena in which the status of experts is in dispute (e.g. Epstein, 1995; Wynne, 1992).

5 | It is worth noting that the concept of social is not consensual in the field, with disputes over the relevance, for example, of including non-humans in its definition (Barad, 2003; Haraway, 2008; Latour, 1994, 2012).

6 | Available at: https://jamilchade. blogosfera.uol.com. br/2019/07/31/ leia-o-telegrama- confidencial- do-itamaraty-sobre-mudancas- climaticas/ (Accessed in May 2019).

7 | From here on, all quotes from Bolsonaro will be followed by the year in which the speech was delivered at the UN.

8 | INPE deforestation data can be monitored on its Terrabrasilis platform: https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates (Accessed in May 2024)

9 | https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2019/09/desmatamento-na-amazonia-em-agosto- cresce-222-em-relacao-ao-mesmo-mes-de-2018.shtml (Accessed in May 2024)

10 | This episode was significant enough that Bolsonaro's social media team reposted the video twice on his official Facebook page: on 19 July (https://www.facebook.com/watch/?v=2375548599369320) and again on 26 September 2019 (https://www.facebook.com/watch/?v=235119958595106). The first post received 87,000 likes, 15,000 comments and 1.8 million views. The second received 135,000 likes, 9,300 comments and 979,000 views (accessed in November 2021).

11 | This is misinformation, as algae are the main producers of oxygen. At the same time, the Amazon rainforest plays a more important role in capturing carbon from the atmosphere and transforming it into organic matter.

12 | https://www.dw.com/pt-br/pegue-essa-grana-e-refloreste-a-alemanha-diz-bolsonaro-a- merkel/a-50035007 (Accessed in May 2024).

13 | Caboclos are traditional mixed-race populations, i.e. a mixture of white and indigenous ancestry, who live in the Amazon

14 | This point is consistent with Cesarino's book (2022) O mundo ao avesso: verdade e política na era digital (The world upside down: truth and politics in the digital age), in which the author analyses Bolsonarism as an effort to profoundly reorganise society in both the political and epistemic dimensions. Nevertheless, in the book (Cesarino, 2022, p. 228) the author maintains the same definition of post-truth as in the aforementioned article (Cesarino, 2021).

STATEMENT ON THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

The authors declare that no generative AI or AI-assisted technologies were used in the creation, writing, or editing of this manuscript. The entire article was submitted to DeepL for linguistic editing and stylistic improvement.

REFERENCES

BARAD, K. Posthumanist Performativity: toward an understanding of how matter comes to matter. **Signs: Journal of Women in Culture and Society**, v. 28, n. 3, 2003.

BARNES, B. **Kuhn and Social Science**. London and Basington: Macmillan Publishers Limited, 1982.

BEHR, K. **A conspiração do clima**: populismo e negacionismo climático no início do governo Bolsonaro (2018 – 2020). Brasília, Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – UnB, 2022. Available in: https://repositorio.unb.br/handle/10482/44634

BEHR, K. And you shall know the truth, and the truth shall make you free: environmental-climate conspiracy theories and populism at the beginning of the Bolsonaro administration (2018-2020). **Nuevo Mundo Mundos Nuevos** [En ligne], Questions du temps présent, 2023. Available in: https://doi.org/10.4000/nuevomundo.93640

BLOOR, D. **Conhecimento e Imaginário Social**. São Paulo: Editora Unesp, 2009.

BONELLI, F.; FERNANDES, A.; CAVALCANTE, P. The active dismantling of environmental policy in Brazil: paralysis and setbacks of the deforestation inspection and control. **Sustainability in Debate**. Brasília, v. 14, n. 1, p. 58-80, 2023. DOI:10.18472/SustDeb.v14n1.2023.44277

BRONZ, D.; ZHOURI, A.; CASTRO, E. Apresentação Passando a boiada: violação de direitos, desregulação e desmanche ambiental no Brasil. **Antropolítica - Revista Contemporânea de Antropologia**, v. 49, 2020. Available in: https://doi.org/10.22409/antropolitica2020.i49.a44533

CALLON, M. Some elements of a sociology of translation: domestication of the scallops and the fishermen of St Brieuc Bay. *In*: LAW, J. (org.). **Power, action and belief**: a new sociology of knowledge. London: Routledge, p. 196-233, 1986.

CAMPBELL, K. K.; JAMIESON, K. H. **Presidents creating the presidency: deeds done in words**. Chicago and London. University of Chicago Press. 2008.

CAPELLA, A. C. N.; BRASIL, F. G. Prioridades em políticas públicas: Mensagens ao Congresso Nacional na agenda governamental (1991–2020). **Revista de Sociologia e Política**, v. 30, n. 81, 2020. Available in: https://doi.org/10.1590/1678-987322308101

CASTRO, R. Negacionismos e temporalidades: antecipação, evidência e ciência na defesa do "tratamento precoce". **Revista Brasileira de Estudos CTS**, v. 1, n. 1, p. 168–188, 2025.

CESARINO, L. Pós-Verdade e a Crise do Sistema de Peritos: uma explicação cibernética. **Revista Ilha**, v. 23, n. 1, p. 73-96, 2021.

CESARINO, L. **O mundo ao avesso**: verdade e política na era digital. São Paulo: Ubu Editora, 2022.

CESARINO, L.; SILVA, V. Pandemic States of Exception and the Alt-science of Early Treatment for Covid-19 in Brazil. **Latin American Perspectives**, v. 50, n. 4, p. 210-227, 2023.

CHARTERIS-BLACK, J. **Politicians and rhetoric**: the persuasive power of metaphor (2nd ed.). Palgrave Macmillan, 2011.

COLLINS, H. Stages in the Empirical Programme of Relativism. **Social Studies of Science**, v. 110, n. 1, p. 3–10, 1981.

COLLINS, H. **Changing order**: replication and induction in scientific practice. Chicago: University of Chicago Press, 1985.

COSTA, A. Negacionistas são os outros? Verdade, engano e interesse na era da pós-verdade. **Principia**, v. 25, n. 2, p. 305–334, 2021.

DRUMMOND, J. A.; CAPELARI, M.; BARROS, A. F. G. **Brazilian environmental policy**: a short biography, 1934-2020. Curitiba: Appris Editora, 2022.

DUARTE, T. O painel brasileiro de mudanças climáticas na interface entre ciência e políticas públicas: identidades, geopolítica e concepções epistemológicas. **Sociologias**, v. 21, n. 51, p. 76-101, 2019. Available in: https://doi.org/10.1590/15174522-0215103

DUARTE, T. Eu não sou antivacina: desconfiança vacinal entre bolsonaristas durante a pandemia da Covid-19. **Revista Brasileira de Estudos CTS**, v. 1, n. 1, p. 189-209. 2025.

DUARTE, T.; REYES-GALLINDO, L. Apresentação: Estudos Sociais das Ciências e Tecnologias. **Pós – Revista Brasiliense de Pós-Graduação em Ciências Sociais**, v. 14, n. 2, p. 12-33, 2019. Available in: https://www.researchgate.net/publication/334964050_Apresentacao_Estudos_Sociais_das_Ciencias_e_Tecnologias

DUARTE, D.; BENETTI, P. Pela ciência, contra os cientistas? Negacionismo e as disputas em torno das políticas de saúde durante a pandemia. **Sociologias**, v. 24, n. 60, p. 98-138, 2022.

DUARTE, D.; BENETTI, P.; ALVAREZ, M. Reconsidering the 'post-truth critique': scientific controversies and pandemic responses in Brazil. **Social Studies of Science**, v. 55, n. 5, p. 791–813, 2025.

DUTRA DA SILVA, M.; FEARNSIDE, P. M. Brazil: environment under attack. **Environmental Conservation**, p. 1-3, 2022. Available in: https://doi.org/10.1017/S0376892922000364

EPSTEIN, S. The Construction of Lay Expertise: aids activism and the forging of credibility in the reform of clinical trials. **Science, Technology & Human Values**, v. 20, n. 4, p. 408–437, 1995.

FERNANDES, A. S. A.; TEIXEIRA, M. A. C.; ZUCCOLOTTO, R.; NASCIMENTO, A. B. F. M.; BONELLI, F. Dismantling and reconstruction of public policies in Brazil: from Bolsonaro's destruction to the possibilities of union to rebuild. **Administração Pública e Gestão Social**, v. 16, n. 2, 2024. Available in: https://doi.org/10.21118/apgs.v16i2.15828

FLEURY, L.; MONTEIRO, M.; DUARTE, T. Brazil at COP26: political and scientific disputes under a post-truth government. **Engaging Science, Technology, and Society**, v. 8, n. 3, p. 107–117, 2022. Available in: https://estsjournal.org/index.php/ests/article/view/1381/663

FONSECA, I.; LINDOSO, D. P.; BURSZTYN, M. Deforestation (lack of) control in the Brazilian Amazon: from strengthening to dismantling governmental authority (1999-2020). **Sustainability in Debate**, v. 13, n. 2, p. 12–31, 2022.

FONSECA, P.; RIBEIRO, B.; NASCIMENTO, L. Demarcating Patriotic Science on Digital Platforms: covid-19, chloroquine and the institutionalisation of ignorance in Brazil. **Science as Culture**, v. 31, n. 4, p. 530-554, 2022.

FOUCAULT, M. **Vigiar e punir**: nascimento da prisão. Petrópolis: Vozes, 2019.

FULLER, S. **Post-Truth**: knowledge as a power game. Londres: Anthem Press, 2018.

GIERYN, T. Boundary-Work and the Demarcation of Science from Non-Science: strains and interests in professional ideologies of scientists. **American Sociological Review**, v. 48, n. 6, 1983.

GIERYN, T. **Cultural Boundaries of Science**: credibility on the line. Chicago e Londres: The University of Chicago Press, 1999.

GIFFONI PINTO, R.; MALERBA, J. A política (anti)ambiental nos Estados Unidos e no Brasil: uma análise comparativa. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 60, p. 143-166, 2022. Available in: http://dx.doi.org/10.5380/dma.v60i0.80062.

HARAWAY, D. **When species meet**. Minneapolis: University of Minnesota Press.

HOCHSTETLER, K. O meio ambiente no governo Bolsonaro. *In*: AVRITZER, L.; KERCHE, F.; MARONA, M. **Governo Bolsonaro**: retrocesso democrático e degradação política. Belo Horizonte: Editora Autêntica, 2021.

JASANOFF, S. The idiom of co-production. *In*: JASANOFF, S. (org.). **States of knowledge**: the co-production of science and social order. New York: Routledge, 2004a. p. 1-12.

JASANOFF, S. Ordering knowledge, ordering society. *In*: JASANOFF, S. (org.). **States of knowledge**: the co-production of science and social order. New York: Routledge, 2004b. p. 13-45.

JASANOFF, S.; SIMMET, H. No funeral bells: public reason in a 'post-truth' age. **Social Studies of Science**, v. 47, n. 5, p. 751–770, 2017.

KELKAR, S. Post-truth and the Search for Objectivity: political polarization and the remaking of knowledge production. **Engaging Science, Technology, and Society,** v. V, p. 86-106, 2019.

KUHN, T. S. **The road since structure: philosophical essays, 1970-1993, with an autobiographical interview**. Edited by James Conant and John Haugeland. Chicago: The University of Chicago Press, 2000.

KUHN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2005.

LATOUR, B. **Jamais fomos modernos**. São Paulo: Editora 34, 1994.

LATOUR, B. **Ciência em Ação**: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora. São Paulo: Editora Unesp, 2000.

LATOUR, B. **Reagregando o Social**. Salvador; Bauru: Editora UFBA; Edusc, 2012.

LAW, J. Notes on the Theory of the Actor-Network: ordering, strategy, and heterogeneity. **Systems Practice**, v. 5, n. 4, p. 379–393, 1992.

LYNCH, M. STS, symmetry and post-truth. **Social Studies of Science**, v. XLVII, n. 4. p. 593–599, 2017.

MENEZES, R.; BARBOSA JR., R. Environmental governance under Bolsonaro: dismantling institutions, curtailing participation, delegitimising opposition. **Zeitschrift für Vergleichende Politikwissenschaft**, v. 15, p. 229–247, 2021.

MIGUEL, J. **Negacionismo climático no Brasil**. Coletiva, n. 27, p. 1-11, 2020.

MIGUEL, J. A 'meada' do negacionismo climático e o impedimento da governamentalização ambiental no Brasil. **Sociedade e Estado**, v. 37, n. 1, p. 293-315, 2022. Available in: https://doi.org/10.1590/s0102-6992-202237010013

NASCIMENTO, L.; FONSECA, P.; de JESUS, J.; de OLIVEIRA, J. Poder oracular e ecossistemas digitais de comunicação: a produção de zonas de ignorância durante a pandemia de Covid-19 no Brasil. **Revista Fronteiras – estudos midiáticos**, v. 23, n. 2, p.190-206, 2021.

RAJÃO, R.; NOBRE, A. D.; CUNHA, E. L. T. P.; DUARTE, T. R.; MARCOLINO, C.; SOARES-FILHO, B.; SPAROVEK, G.; RODRIGUES, R. R.; VALERA, C.; BUSTAMENTE, M.; NOBRE, C.; LIMA, L. S. de. O risco das falsas controvérsias científicas para as políticas ambientais brasileiras. **Sociedade e Estado**, v. 37, n. 1, p. 317-352, 2022. Available in: https://www.abc.org.br/wp-content/uploads/2022/04/artigo-mercedes-raoni-etc.pdf

SHAPIN, S.; SCHAFFER, S. **El Leviathan y la bomba de vacio**: Hobbes, Boyle y la vida experimental. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes Editorial, 2005.

WYNNE, B. Misunderstood misunderstanding: social identities and public uptake of science. **Public Understanding of Science**, v. 1, n. 3, p. 281–304, 1992.

“Somos vítimas de uma das mais brutais campanhas de desinformação sobre a Amazônia”: uma análise dos discursos de Jair Bolsonaro na ONU (2019 – 2022)

“We are victims of one of the most brutal disinformation campaigns about the Amazon”: an analysis of Jair Bolsonaro’s speeches at the UN (2019– 2022)

Klaus Ramalho von Behr [1]

Tiago Ribeiro Duarte [2]

[1] *Mestrado em Desenvolvimento Sustentável, Doutorando, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil*
E-mail: klausbehr@gmail.com

[2] *Doutorado em Sociologia, Professor, Departamento de Sociologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil*
E-mail: ribeiroduartetiago@gmail.com

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.58913

Received: 08/07/2025
Accepted: 08/12/2025

ARTICLE- VARIA

RESUMO

Um aspecto que chamou atenção no governo Bolsonaro (2019-2022) foi o seu discurso e a sua política antiambiental. O argumento central deste artigo é que ao negar as ciências ambientais, Bolsonaro não somente buscou desconstruir uma ordem epistêmica baseada no conhecimento científico *mainstream*, mas também (des)construir uma ordem social. Para sustentar esse argumento, realizamos uma análise dos seus discursos na ONU entre 2019 e 2022 a partir da noção de coprodução, conforme a definição de Jasanoff (2004a, 2004b) no âmbito dos Estudos Sociais das Ciências e Tecnologias (ESCT). Os resultados mostraram a tentativa de Bolsonaro de produzir novas representações para a Amazônia e novas identidades para a mídia, para a ciência, para países estrangeiros e para um “novo Brasil”. Conclui-se que Bolsonaro buscou nesses discursos redefinir o que seria a verdade sobre a questão ambiental no país de modo a embasar e legitimar a desconstrução de uma ordem institucional de proteção ao meio ambiente construída no Brasil ao longo de décadas. Com base nessa conclusão, refletimos criticamente sobre a literatura dos ESCT que tem se debruçado sobre o negacionismo de Jair Bolsonaro e de seus seguidores, e sobre o conceito de pós-verdade.

Palavras-chave: Governo Bolsonaro. Política antiambiental. Coprodução. Negacionismo. Desmonte ambiental.

ABSTRACT

An aspect that drew attention during the Bolsonaro administration (2019-2022) was his anti-environmental rhetoric and policy. The central argument of this article is that by denying environmental

sciences, Bolsonaro not only sought to dismantle an epistemic order based on mainstream scientific knowledge, but also to (de)construct a social order. To support this argument, we conducted an analysis of his speeches at the United Nations between 2019 and 2022 based on the notion of coproduction, as it was defined by Jasanoff (2004a, 2004b), within the field of Science and Technology Studies (STS). The results show Bolsonaro's attempt to produce new representations for the Amazon and new identities for the media, science, foreign countries and a "new Brazil." We conclude that Bolsonaro sought to redefine what would be the truth about environmental issues in the country in order to underpin and legitimize the dismantling of an institutional order of environmental protection built in Brazil over decades. Based on this conclusion, we critically reflect on the STS literature on the denialism of Jair Bolsonaro and his followers and on the concept of post-truth

Keywords: *Bolsonaro administration. Anti-environmental policy. Coproduction. Denialism. Environmental dismantling.*

1 INTRODUÇÃO

Em 17 de março de 2019, às 22 horas, horário local, o recém-eleito presidente Jair Bolsonaro estava em Washington, capital dos Estados Unidos, na casa do embaixador do Brasil, participando de um jantar com membros do novo governo brasileiro e estadunidense, além de simpatizantes, como Olavo de Carvalho e Steve Bannon. No discurso para os presentes, Bolsonaro disse que era um presidente "ungido pela vontade de Deus" e reiterou que "o Brasil não é um terreno aberto, onde nós pretendemos construir coisas para o nosso povo. Nós temos é que desconstruir muita coisa, desfazer muita coisa para depois recomeçarmos a fazer"[1]. Depois de quatro anos, finalizado o governo Bolsonaro, é possível afirmar que a área ambiental foi uma das áreas mais afetadas por esse projeto de "desconstruir" e "desfazer".

O objetivo principal deste artigo é o de analisar os quatro discursos proferidos por Jair Bolsonaro na abertura da Assembleia Geral das Nações Unidas (ONU) (2019 – 2022) e mostrar como a descredibilização da mídia tradicional e da ciência, em relação à questão ambiental e à Amazônia, se relaciona com a construção do "novo Brasil" de Bolsonaro, "soberano" e "patriótico". Mais especificamente, buscaremos mostrar, a partir da noção de coprodução, desenvolvida por Jasanoff (2004a, 2004b), pensadora do campo dos Estudos Sociais das Ciências e Tecnologias (ESCT), como a (des)construção de uma ordem epistêmica se relaciona com a (des)construção de uma ordem social.

Nos últimos anos, vem se consolidando uma literatura sobre o desmonte ambiental ocorrido durante o governo Bolsonaro (Bonelli; Fernandes; Cavalcante, 2023; Bronz; Zhouri; Castro, 2020; Drummond; Capelari; Barros, 2022; Dutra da Silva; Fearnside, 2022; Fernandes *et al.*, 2024; Fleury *et al.*, 2022; Fonseca; Lindoso; Bursztyn, 2022; Giffoni Pinto; Malerba, 2022; Menezes; Barbosa Jr., 2021). Drummond, Capelari e Barros (2022) sintetizaram quatro pontos em que a política ambiental mudou substancialmente nesse período: 1) inação do Ministério do Meio Ambiente; 2) desacoplamento das políticas ambientais junto às representações da sociedade civil; 3) perda de multilateralismo; e 4) substituições de cargos de caráter técnico para a alocação de militares. Além disso, foi um período de fortalecimento da influência do negacionismo nas altas esferas do governo (Behr, 2022, 2023; Fleury *et al.*, 2022; Hochstetler, 2021; Miguel, 2022; Rajão *et al.*, 2022). Nesse sentido, é importante destacar o entrelaçamento entre o desmonte ambiental e os discursos antiambientalistas e negacionistas que lhe deram suporte e legitimidade.

Com o intuito de contribuir para esse debate a respeito da relação entre discurso e desmonte ambiental, o presente texto se insere dentro do campo dos ESCT, a partir de uma abordagem inspirada na noção de coprodução. Segundo Jasanoff (2004a, p. 2-3), "coprodução é uma forma abreviada para a proposição de que as formas de conhecermos e representarmos o mundo (tanto a natureza como a sociedade) são inseparáveis dos modos que escolhemos para viver nele". A implicação disso é que

natureza e sociedade, tanto do ponto de vista de como são representadas como de suas dimensões materiais, seriam coproduzidas a partir das relações sociais. Uma consequência importante da noção de coprodução é que "quando se define quais teorias/representações são confiáveis e quais não são, define-se também quais instituições devem ser construídas/mantidas. Por outro lado, a estabilização de determinadas instituições estabiliza também determinadas formas de se ver o mundo" (Duarte, 2019, p. 76-101).

Neste trabalho enfocaremos a dimensão discursiva do esforço de Jair Bolsonaro de produzir uma ordem epistêmica, isto é, uma narrativa antiambientalista e negacionista a respeito da questão do desmatamento do Brasil, a qual serviu de embasamento e legitimação para o desmonte ambiental promovido por seu governo. A análise de discurso presidencial é um campo fértil de estudo, sobretudo nos Estados Unidos. De acordo com Campbell e Jamieson (2008), o discurso presidencial é uma fonte especial de poder em relação aos dos demais atores políticos pela sua representatividade e legitimidade popular, pela sua capacidade de influenciar assuntos domésticos e internacionais e pelo seu maior alcance – principalmente em contexto de avanço das mídias eletrônicas[2]. O material analisado são os quatro discursos de abertura da Assembleia das Nações Unidas proferidos pelo ex-presidente entre 2019 e 2022. Dois são os motivos principais que justificam o uso desses discursos:

1. A questão ambiental e amazônica foi um dos temas mais importantes abordados por Bolsonaro durante os seus discursos, pois se trata de um tema de interesse global e no qual seu governo foi alvo de críticas e pressões por parte da comunidade internacional.

2. O discurso da assembleia da ONU carrega um peso de significativa importância e grande visibilidade: é um dos principais eventos geopolíticos que acontecem no ano e uma oportunidade para os líderes apresentarem a atual situação de seus países, obterem credibilidade internacional, indicarem direcionamentos e proporcionarem articulações entre seus membros. Para o Brasil, em particular, trata-se de um discurso de maior destaque, uma vez que desde 1947 é o país responsável por fazer o discurso de abertura da Assembleia Geral, o que confere maior responsabilidade e peso ao país.

Os quatro discursos transcritos foram coletados no sítio eletrônico do Itamaraty (2019, 2020 e 2021) e da Globo (2022)[3]. Eles foram lidos em sua íntegra, e as passagens mais relevantes foram classificadas tomando-se como base quatro elementos da vida social sugeridos por Jasanoff como particularmente salientes para se vislumbrar a coprodução: representações, discursos, identidades e instituições. Desses quatro elementos, dois apareceram com maior frequência nos discursos e, portanto, são o foco de nossa análise: representações e identidades[4].

O horizonte argumentativo deste artigo é o de mostrar como nessas ocasiões Bolsonaro buscou "mostrar a verdade" sobre a Amazônia que é oposta à "verdade" da mídia tradicional e da ciência, qual seja: a Amazônia não estava em chamas; essa representação equivocada seria o resultado de disputas econômicas e geopolíticas. Nesse sentido, ele apresentou uma série de *representações* sobre a Amazônia que vão em direção contrária àquelas dominantes na mídia brasileira. É a partir desse "palco" que Bolsonaro buscou construir as *identidades* dos atores em cena em seu discurso: de um lado, uma mídia e ciência não confiáveis em conluio com alguns países estrangeiros colonialistas; de outro, um "Novo Brasil" patriótico, sustentável e fortemente apoiado pelo agronegócio. Articulada a essa dimensão discursiva está a coprodução de um terceiro elemento, o *institucional*, uma vez que dados e teorias científicas (produzidas pela ciência e propagados pela mídia tradicional) servem de embasamento e legitimam políticas ambientais estabelecidas em governos anteriores – políticas estas que sofreram ampla desregulação e desmonte.

Este artigo está dividido em três partes: (1) a apresentação da abordagem teórico-metodológica da coprodução; (2) a apresentação dos resultados, a qual está dividida na análise das principais "representações" e "identidades" referentes à questão ambiental presentes nos discursos de

Bolsonaro na ONU; (3) e, por fim, na seção final onde apresentamos as conclusões do presente estudo e refletimos criticamente sobre a literatura dos ESCT acerca do negacionismo de Jair Bolsonaro e de seus seguidores, assim como sobre o conceito de pós-verdade.

2 ABORDAGEM TEÓRICO-METODOLÓGICA

Os Estudos Sociais das Ciências e Tecnologias (ESCT) são um campo de estudos interdisciplinar. Nele são estudados "os mais diversos processos envolvidos na produção, comunicação e legitimação dos conhecimentos científicos e tecnológicos" (Duarte; Reyes-Galindo, 2019, p. 12), além de seus entrelaçamentos com a produção de ordens sociais (Jasanoff, 2004a). Assim, é rejeitada a ideia de que a ciência possa ocupar um "ponto arquimediano" capaz de olhar para a realidade de um modo neutro e impessoal, produzindo conhecimento de natureza extrassocial (Kuhn, 2000, 2005). Busca-se, então, estudar a ciência a partir de variáveis de natureza social, entendendo que o fazer científico é influenciado e disputado por meio de redes de confiança e conflito, pluralidade de visões de mundo e relações de poder existentes dentro da comunidade científica (Bloor, 1976; Collins, 1985; Latour, 2000)[5].

Neste artigo, a análise é orientada pela noção de coprodução, tal como ela foi conceptualizada por Jasanoff (2004a; 2004b). Essa noção é tributária da obra de autores como Foucault (2007) e Shapin e Shaffer (1985/2005), que, respectivamente, examinaram os entrelaçamentos entre saber e poder e entre a história da ciência e a história da política. Foucault (2007, p. 27) argumentou que "temos que admitir que o poder produz saber (e não simplesmente favorecendo-o porque o serve ou aplicando-o porque é útil); que poder e saber estão diretamente implicados; que não há relação de poder sem constituição correlata de um campo de saber, nem saber que não suponha e não constitua ao mesmo tempo relações de poder". Shapin e Shaffer (2005, p.32), por sua vez, em sua importante obra *O Leviatã e a Bomba de Vácuo*, afirmaram que: "soluções para o problema do conhecimento são soluções para o problema da ordem social". Essas duas ideias foram fundamentais para Jasanoff desenvolver a noção de coprodução já apresentada acima, a saber, de que a forma que escolhemos viver no mundo é inseparável das crenças que temos a respeito deste, seja sobre a esfera da natureza ou do social.

Jasanoff (2004a, 2004b), ao formular a noção de coprodução, buscou realizar uma síntese interpretativa que superasse dificuldades teóricas que os ESCT vinham encontrando. Inspirada na teoria ator-rede (Callon, 1986; Latour, 1994; Law, 1992), ela procurou superar a ideia de construção social da realidade, atribuída às obras de autores do programa forte (Barnes, 1982; Bloor, 1976) e do programa empírico do relativismo (Collins, 1981, 1985), que tendiam a sobredeterminar o papel do social na construção de fatos científicos, perdendo de vista a dimensão da materialidade. Além disso, ela buscou elaborar um registro teórico que desse conta de analisar as relações de poder que atravessam as relações entre ciência e sociedade de modo a articular as dimensões micro e macrossociológicas. Nesse sentido, a noção de coprodução busca, a partir de uma abordagem interpretativista, dar conta da coprodução de fenômenos como representações, discursos, instituições e identidades.

Essa noção nos ajuda a entender, por exemplo, porque a desconfiança em relação à realidade das mudanças climáticas é mais forte em alguns grupos do que em outros. Por exemplo, a busca de um mundo de livre mercado, com o mínimo de restrições do Estado, influencia liberais estadunidenses a entenderem e representarem as mudanças climáticas com maior ceticismo do que outros grupos – ou a defender que sua solução passa mais pela iniciativa privada do que pela ação estatal (Dunlap; Mccright, 2015; Lahsen, 2008; Oreskes; Conway, 2010). A frase proferida por um participante de um encontro do *think tank* liberal-conservador *Heartland Institute* sobre as mudanças climáticas ilustra bem como opera a coprodução. O participante afirmou: "Eles [os cientistas do clima] estão colocando em risco nosso modo de vida. O debate não é sobre mudança do clima, nem sobre dióxido de carbono. Não é sobre clima nem ciência. É sobre socialismo contra capitalismo"[6], ou seja, como conhecemos e representamos o mundo (no caso, as mudanças climáticas) é inseparável da maneira como gostaríamos de viver nele (nesse caso, no capitalismo).

3 RESULTADOS

Os quatro discursos de Bolsonaro na ONU são fortemente pautados por um esforço epistêmico, na medida em que o ex-presidente afirma estar em busca de distinguir verdade e mentira e de apresentar a face verdadeira das coisas para além das ideologias. Por meio dessa operação epistêmica, seria possível construir um "novo Brasil", que seria moralmente superior ao "velho". Assim, se estabeleceria uma nova ordem social superior porque estaria do lado da verdade, enquanto a antiga ordem seria pior, pois, por ser ancorada em representações de mundo não verdadeiras, seria corrupta e socialista. Nas palavras de Jair Bolsonaro: "[obrigado] pela oportunidade de restabelecer a verdade, o que é bom para todos nós" (2019)[7]; "Apresento aos senhores um novo Brasil, que ressurge depois de estar à beira do socialismo" (2019); "Com humildade e confiante no poder libertador da verdade, estejam certos de que poderão contar com este novo Brasil que aqui apresento aos senhores e senhoras" (2019); "o mundo necessita da verdade para superar seus desafios" (2020); "o Brasil vive novos tempos. [...] um novo Brasil com sua credibilidade já recuperada" (2021).

O discurso de 2019 é o discurso em que Bolsonaro mais reforça essa dicotomia entre "novo Brasil" *versus* "velho Brasil" a partir da oposição verdade *versus* ideologia: "Durante as últimas décadas, nos deixamos seduzir, sem perceber, por sistemas ideológicos de pensamento que não buscavam a verdade, mas o poder absoluto" (2019). Para o presidente, esses sistemas ideológicos de poder se instalaram tanto na esfera da família quanto na intimidade: "A ideologia invadiu nossos lares para investir contra a célula *mater* de qualquer sociedade saudável, a família. Tentam ainda destruir a inocência de nossas crianças, pervertendo até mesmo sua identidade mais básica e elementar, a biológica [...] A ideologia invadiu a própria alma humana para dela expulsar Deus e a dignidade com que Ele nos revestiu" (2019). Sob um ponto de vista da análise da retórica presidencial (Charteris-Black, 2011), Bolsonaro utiliza a metáfora da "invasão" para caracterizar a ideologia e para persuadir e engajar seus ouvintes, como se estivessem diante de um estado de guerra. Essa metáfora utiliza-se também de uma analogia a uma situação patológica, como um câncer, o qual, sob o manto da invisibilidade, se alastra ao longo do tempo dentro do corpo social. Ao mesmo tempo, Bolsonaro apela a um imaginário bíblico, dado que a ideologia operaria uma sedução imperceptível, promovendo a corrupção da alma e a expulsão de Deus.

Em relação às autoridades epistemológicas, responsáveis pela produção e disseminação de conhecimento e informação, como a mídia tradicional, cientistas e universidades, destaca-se o trecho em que ele afirma: "a ideologia se instalou no terreno da cultura, da educação e da mídia, dominando meios de comunicação, universidade e escolas" (2019).

Em face dessa ordem social tomada pela ideologia, Bolsonaro oferece aos presentes a solução rumo à liberdade que passa, necessariamente, pela verdade:

> Nas questões do clima, da democracia, dos direitos humanos, da igualdade de direitos e deveres entre homens e mulheres, e em tantas outras, tudo o que precisamos é isto: contemplar a verdade, seguindo João 8,32: 'E conheceis a verdade, e a verdade vos libertarás'. Todos os nossos instrumentos, nacionais e internacionais, devem estar direcionados, em última instância, para esse objetivo. (2019)

É diante desse cenário discursivo de oposição entre a mentira e a verdade, o velho e o novo, que a questão ambiental estará inserida. Vejamos a seguir, por meio da análise coproducionista, como Bolsonaro produz diferentes representações da Amazônia e constrói diferentes identidades para a mídia e a ciência, países estrangeiros e para o Brasil.

3.1 REPRESENTAÇÃO

A Amazônia tem papel central em todos os discursos de Bolsonaro na ONU. Isso aconteceu devido ao aumento significativo do desmatamento na Floresta Amazônica durante seu governo[8], que teve grande repercussão na mídia nacional e internacional. Isso resultou na pressão de países estrangeiros por políticas para lidar com o problema. Em 2019, a situação foi paradigmática. De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (Inpe), houve um aumento de 278% de desmatamento em julho de 2019, em comparação com o mesmo mês de 2018.9 Na época, Bolsonaro questionou os dados, afirmando que se tratava de "uma cópia de anos anteriores [...] que, pelo nosso sentimento, não condiz com a verdade" e acusou o diretor do Inpe, Ricardo Galvão, de "estar a serviço de alguma ONG, o que é muito comum"[10], exonerando-o do cargo no mês seguinte. Em agosto, com o aumento das queimadas, a Amazônia estava no centro dos assuntos mais comentados do Twitter, sendo as *hashtags* "*#prayforamazonia*" e "*#actforamazonia*" compartilhadas por celebridades internacionais, desde o futebolista Cristiano Ronaldo até o presidente da França, Emmanuel Macron. Ressalta-se que, juntamente com as *hashtags*, era comum aparecer a informação (ou imagens) de que a Amazônia é o pulmão do mundo[11].

Assim, em 2019, foi nesse contexto de alta visibilidade midiática e pressão internacional[12] que Bolsonaro chegou à ONU. Em seu discurso, foi possível perceber a construção de dois tipos diferentes de representações para a floresta: como *espaço idílico* e como *espaço cobiçado*. A representação da floresta como *espaço de queimadas* foi diminuída e negada. Ele atribuiu as queimadas a eventos naturais, biológicos, culturais e, tangencialmente, a possíveis atos criminosos: "Nesta época do ano, o clima seco e os ventos favorecem queimadas espontâneas e criminosas. Vale ressaltar que existem também queimadas praticadas por índios e populações locais, como parte de sua respectiva cultura e forma de sobrevivência." (2019); "Nossa floresta é úmida e não permite a propagação do fogo em seu interior. Os incêndios acontecem praticamente nos mesmos lugares, no entorno leste da floresta, onde o caboclo e o índio queimam seus roçados em busca de sua sobrevivência, em áreas já desmatadas." (2020). Mais enfaticamente, Bolsonaro afirmou que as queimadas são exageradas e produto de alarmismo da mídia internacional: "Contudo, os ataques sensacionalistas que sofremos por grande parte da mídia internacional devido aos focos de incêndio na Amazônia despertaram nosso sentimento patriótico" (2019); "Ela não está sendo devastada e nem consumida pelo fogo, como diz mentirosamente a mídia." (2019); "Mesmo assim, somos vítimas de uma das mais brutais campanhas de desinformação sobre a Amazônia e o Pantanal." (2020).

A representação da Amazônia que Bolsonaro se esforça em construir é a de um espaço *idílico*, no sentido de preservação natural ("Na Amazônia brasileira, [...], mais de 80% da floresta continua intocada" [2022]), grandiosa, ("Lembro que a região amazônica é maior que toda a Europa Ocidental" [2020]), de belezas naturais ("a nossa Amazônia, com toda sua vastidão e beleza natural" [2019]) e abundantes riquezas ("terras mais ricas do mundo [...] existe grande abundância de ouro, diamante, urânio, nióbio e terras raras, entre outros" [2019]).

É justamente em complementaridade a essa representação como espaço *idílico* e naturalmente abundante que Bolsonaro construiu a outra representação da Amazônia: como espaço *cobiçado* por governos do exterior, como apresentada na Tabela 1. Para Bolsonaro, "governos estrangeiros [...] [buscam] avançar seus interesses na Amazônia" (2019) e, de modo mais explícito, afirmou que eles "não estão preocupados com o ser humano índio, mas, sim, com as riquezas minerais e a biodiversidade existentes nessas áreas [reservas indígenas na Amazônia]" (2019). Para Bolsonaro, haveria interesses não revelados de organizações estrangeiras e nacionais sobre a riqueza da Amazônia: "A Amazônia brasileira é sabidamente riquíssima. Isso explica o apoio de instituições internacionais a essa campanha escorada em interesses escusos que se unem a associações brasileiras, aproveitadoras e impatrióticas com o objetivo de prejudicar o governo e o próprio Brasil." (2020).

Tabela 1 – Categoria representações

Representações	*Características*
Amazônia: espaço idílico	Preservada, grandiosa, rica em belezas naturais e abundante em riquezas
Amazônia: espaço cobiçado	Cobiçada por governos estrangeiros devido a interesses materiais e escusos
Amazônia: espaço de queimadas	Úmida, pouco propensa a queimadas, objeto de ataques sensacionalistas e campanhas de desinformação

Fonte: Elaboração dos autores a partir dos discursos de Bolsonaro na ONU (2019 – 2022)

3.2 IDENTIDADES

Nos discursos de Bolsonaro, as identidades são construídas por contrastes entre dois blocos. De um lado, há as identidades da mídia, da ciência e dos países estrangeiros; e de outro é formada a identidade do "novo Brasil".

Parte significativa da mídia e dos cientistas teria uma identidade marcada pela *não confiabilidade*. Essa não confiança se basearia no fato de a mídia e a ciência produzirem uma realidade distorcida sobre a Amazônia. Lembremos que, no discurso de 2019, Bolsonaro afirmou que a ideologia se instalou na educação, na mídia e nas universidades. Os cientistas são, portanto, apresentados como falaciosos e equivocados, pois são responsáveis por afirmar que a Amazônia é o pulmão do mundo e patrimônio da humanidade. Em suas palavras: "É uma falácia dizer que a Amazônia é patrimônio da humanidade e um equívoco, como atestam os cientistas, afirmar que a nossa floresta é o pulmão do mundo" (2019).

A acusação contra a mídia é mais constante e severa em seus discursos. A identidade da mídia é de *não confiabilidade* porque propaga desinformação e distorção da imagem do Brasil e do agronegócio. De acordo com o presidente, o governo e o país são "vítimas de uma das mais brutais campanhas de desinformação sobre a Amazônia" (2020). Essa campanha de desinformação se justifica porque há disputas de interesses econômicos não revelados para diminuir a competitividade do agronegócio brasileiro: "O Brasil desponta como o maior produtor mundial de alimentos. E, por isso, há tanto interesse em propagar desinformações sobre o nosso meio ambiente." (2020). Para Bolsonaro, a mídia não retrata adequadamente o país: "venho aqui mostrar um Brasil diferente daquilo publicado em jornais ou visto em televisões" (2021). Em especial, a imagem de preservação da Amazônia: "mais de 80% da floresta continua intocada, ao contrário do que é divulgado pela grande mídia nacional e internacional" (2022).

O conhecimento transmitido pela mídia e pela ciência é fundamental nas relações internacionais, pois é a partir do que afirma sobre a Amazônia que os países estrangeiros baseiam suas políticas externas em relação ao Brasil, como, por exemplo, a sugestão de sanções econômicas. Nesse sentido, se Bolsonaro constrói uma identidade de *não confiabilidade* para a mídia e a ciência, a identidade construída para alguns países estrangeiros é o de *colonialistas*: "Valendo-se dessas falácias, um ou outro país, em vez de ajudar, embarcou nas mentiras da mídia e se portou de forma desrespeitosa, com espírito colonialista. [...] Um deles por ocasião do encontro do G7 ousou sugerir aplicar sanções ao Brasil, sem sequer nos ouvir." (2019).

A construção dessa identidade *colonialista* é reforçada durante o discurso de 2019 de três maneiras diferentes. Em primeiro lugar, na ideia de que esses países são *intrometidos* na política nacional, ao supostamente pressionarem o governo a aumentar as demarcações indígenas de 14% para 20% do território do país. A lógica que Bolsonaro constrói é a seguinte: se as terras indígenas já são

demasiadamente extensas e com pouca densidade populacional, logo essa pressão internacional se explica pelo interesse deles em dominar futuramente essa área:

> Nessas reservas [Ianomâmi e Raposa Serra do Sol], existe grande abundância de ouro, diamante, urânio, nióbio e terras raras, entre outros. E esses territórios são enormes. A reserva Ianomâmi, sozinha, conta com aproximadamente 95 mil km², o equivalente ao tamanho de Portugal ou da Hungria, embora apenas 15 mil índios vivam nessa área. Isso demonstra que os que nos atacam [como alguns chefes de Estado] não estão preocupados com o ser humano índio, mas, sim, com as riquezas minerais e a biodiversidade existentes nessas áreas. (2019)

Em segundo lugar, a identidade *colonialista* é reforçada pela ideia de que *manipulam* os indígenas. Bolsonaro afirma que alguns líderes indígenas, "como o Cacique Raoni, são usados como peça de manobra por governos estrangeiros na sua guerra informacional para avançar seus interesses na Amazônia" (2019). Por último, a identidade colonialista é construída pela noção de *hipocrisia*, isto é, a ideia de que pressionam os outros a defenderem o meio ambiente, mas eles mesmos não o fazem, reforçando a imagem de privilegiados e hipócritas: "A França e a Alemanha, por exemplo, usam mais de 50% de seus territórios para a agricultura, já o Brasil usa apenas 8% de terras para a produção de alimentos. Sessenta e um por cento do nosso território é preservado!" (2019).

Em uma passagem significativa, Bolsonaro mobiliza ao mesmo tempo tanto a noção de "manipuladores" quanto a de "hipocrisia", ao inferir que governos estrangeiros instrumentalizam a questão ambiental para interesses políticos e econômicos, como se usassem uma máscara que disfarçasse sua verdadeira face: "Também rechaçamos as tentativas de instrumentalizar a questão ambiental ou a política indigenista, em prol de interesses políticos e econômicos externos, em especial os disfarçados de boas intenções". (2019). No discurso de 2020, essa ideia se repete: "A Amazônia brasileira é sabidamente riquíssima. Isso explica o apoio de instituições internacionais a essa campanha escorada em interesses escusos [...] com o objetivo de prejudicar o governo e o próprio Brasil" (2020).

Em contraposição à identidade de *não confiabilidade* construída sobre cientistas e a mídia, e de *colonialistas* para países estrangeiros, há a construção de três identidades do novo Brasil de Bolsonaro: como Brasil *patriótico*, *sustentável* e *agronegocial*, como apresentadas de forma resumida na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 – Categoria identidades

Identidades	*Características*
Cientistas: não confiáveis	Ideológicos, falaciosos e equivocados
Mídia: não confiável	Propagadora de desinformação e de mentiras
Países estrangeiros: colonialistas	Intrometidos, manipuladores e hipócritas
Novo Brasil: patriótico	Soberano, vítima de ataques injustos e sensacionalistas
Novo Brasil: sustentável	Severa legislação ambiental, energia limpa e baixa emissão de CO_2.
Novo Brasil: agronegocial	Produtivo e garantidor da segurança alimentar para o mundo

Fonte: Elaboração dos autores a partir dos discursos de Bolsonaro na ONU (2019 – 2022)

Dois são os pilares que sustentam essa identidade de *Brasil patriótico*: a defesa da *soberania* e a defesa contra *ataques injustos*. Como afirmou o presidente, qualquer ajuda para a preservação da Floresta Amazônica (que, como vimos logo acima, podem ser disfarçadas "de boas intenções") "deve ser tratada em pleno respeito à soberania brasileira" (2019). O tema da soberania também aparece na "carta aberta dos agricultores indígenas do Brasil" lida durante seu discurso na ONU. A carta busca "externar toda a realidade vivida pelos povos indígenas do Brasil, bem como trazer à tona o atual quadro de mentiras propagado pela mídia nacional e internacional" (2019). De acordo com a carta, tais mentiras servem justamente para "fazer dos povos indígenas do Brasil uma reserva de mercado sem

fim, atendendo interesses estrangeiros de países que ainda enxergam no Brasil uma colônia sem regras e sem soberania" (2019). A verdade que a carta busca revelar é a de que "muitas comunidades estão sedentas para que o desenvolvimento desta parte do Brasil finalmente ocorra sem amarras ideológicas ou burocráticas" (2019), ou seja, é possível ver como a soberania aqui está em oposição direta à noção de intromissão, manipulação e hipocrisia perpetrada pelas supostas "mentiras" propagadas pela mídia e pelo suposto "colonialismo" dos países estrangeiros, que na realidade não querem deixar o país e os povos indígenas se desenvolverem.

Em menor grau, a defesa a ataques injustos também se relaciona à construção da identidade patriótica. Como afirmou Bolsonaro, "os ataques sensacionalistas que sofremos por grande parte da mídia internacional devido aos focos de incêndio na Amazônia despertaram nosso sentimento patriótico" (2019). Além dos ataques da mídia, há também os ataques de cunho econômico, via sanções de países estrangeiros, como resposta às falácias científicas sobre a importância mundial da Amazônia como "pulmão do mundo e patrimônio da humanidade", ou seja, mais uma vez percebe-se a coprodução entre verdade e identidade: de um lado a mídia e a ciência não confiáveis, juntamente com alguns países estrangeiros de identidade colonialista e que estão em oposição a um novo Brasil de Bolsonaro.

Boa parte dos discursos de Jair Bolsonaro na ONU foram dedicados a mostrar "um Brasil diferente daquilo publicado em jornais ou visto em televisões" (2021). Uma identidade construída para esse novo Brasil é o de Brasil *sustentável* porque tem a

> melhor legislação ambiental do planeta. [...] somos líderes em conservação de florestas tropicais. Temos a matriz energética mais limpa e diversificada do mundo. [...] Mesmo sendo uma das 10 maiores economias do mundo, somos responsáveis por apenas 3% da emissão de carbono. [...] Números que nenhum outro país possui. (2020)

Em todos os discursos, Bolsonaro reforça essa identidade de Brasil como exemplo mundial: "Em matéria de meio ambiente e desenvolvimento sustentável, o Brasil é parte da solução e referência para o mundo" (2022). O ex-presidente também faz críticas à mídia: "Na Amazônia brasileira, área equivalente à Europa Ocidental, mais de 80% da floresta continua intocada, ao contrário do que é divulgado pela grande mídia nacional e internacional" (2022).

Por fim, ligado a essa identidade de Brasil *sustentável*, há também a construção de um Brasil *agronegocial*. Essa identidade é sustentada a partir de dois pilares: (1) alta *produtividade*, a despeito das exigências legislativas e do pouco uso territorial; (2) e da importância dessa produtividade em garantir *segurança alimentar* para as demais nações, a despeito das críticas que sofre da mídia e dos países estrangeiros: "Não podemos esquecer que o mundo necessita ser alimentado. A França e a Alemanha, por exemplo, usam mais de 50% de seus territórios para a agricultura, já o Brasil usa apenas 8% de terras para a produção de alimentos. 61% do nosso território é preservado." (2019); "se não fosse o agronegócio brasileiro, o planeta passaria fome, [...]. O nosso agronegócio é orgulho nacional" (2022).

4 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

O objetivo principal do presente trabalho foi o de compreender, a partir dos discursos negacionistas e antiambientalistas proferidos por Bolsonaro nas assembleias anuais da ONU, de que modo ele procurou coproduzir uma ordem epistêmica e uma ordem social. Foi possível perceber como a construção de uma nova ordem social, em suas palavras, "um novo Brasil", é operacionalizada a partir de uma lógica de oposição com uma velha ordem social: aquela estaria do lado da verdade, do patriotismo, da sustentabilidade, da produtividade via agronegócio, enquanto esta estaria do lado da mentira, enganação, da ideologia e do socialismo. A questão ambiental, de modo geral, e a Amazônia, em particular, se inserem em meio a esse embate.

Em primeiro lugar, foi possível perceber como Bolsonaro nega e minimiza a representação da Amazônia como espaço de *queimadas* – segundo ele, essa representação é falsamente realizada pela mídia e cientistas – e enfatiza a representação da Amazônia como um espaço *idílico* e também espaço *cobiçado* por países estrangeiros. É diante dessa representação de disputa sobre a Floresta Amazônica que Bolsonaro busca (des)construir a identidade de cientistas, da mídia, de países estrangeiros e, assim, construir a identidade de um "novo Brasil" que surgiria com o seu governo. A ciência *mainstream*, as universidades e a mídia tradicional, responsáveis pela produção e divulgação de conhecimento sobre a Amazônia, são retratadas com uma identidade de *não confiabilidade*. Já países estrangeiros que se utilizam de supostas falácias ambientais reproduzidas na mídia têm identidade construída como *colonialista*. Por outro lado, em contraposição a essas identidades, Bolsonaro constrói a identidade do novo Brasil como um país *patriótico*, *sustentável* e *agronegocial*, tal como resumido na Tabela 3.

Tabela 3 – Representações e identidades

Representações	***Identidades***		
Amazônia	Mídia e Ciência	Países estrangeiros	Novo Brasil
Idílica Cobiçada	Não confiáveis	Colonialistas	Patriótico, Sustentável, Agronegocial

Fonte: Elaboração dos autores a partir dos discursos de Bolsonaro na ONU (2019 – 2022)

Tendo sintetizado as principais conclusões deste estudo, nós nos voltamos agora para uma reflexão sobre sua contribuição para a literatura dos ESCT que vem se defrontando com o fenômeno do bolsonarismo e os negacionismos a ele associados, seja na esfera ambiental ou na saúde pública, como foi o caso da pandemia da Covid-19. Utilizaremos duas entradas analíticas para dialogar com essa literatura. Primeiramente, dialogaremos com os diversos estudos que vêm examinando a relação de Bolsonaro e seus seguidores com a ciência. Em segundo lugar, com estudos sobre a noção de pós-verdade.

No que tange à relação do bolsonarismo com a ciência, tem se formado uma convergência em um número significativo de pesquisas realizadas no campo dos ESCT. Vários autores e autoras (Castro, 2025; Cesarino; Silva, 2023; Costa, 2021; Duarte, 2025; Duarte; Benetti, 2022; Duarte *et al.*, 2025; Fonseca *et al.*, 2022; Nascimento *et al.*, 2021) têm argumentado que o negacionismo de Bolsonaro e de seus seguidores não deve ser compreendido simplesmente como uma recusa à legitimidade da ciência para atuar como uma importante atriz institucional. Pelo contrário, o bolsonarismo não nega que a ciência seja relevante, mas procura redefinir as fronteiras do que seria conhecimento científico e ideologia, realizando aquilo que se tornou conhecido nos ESCT como trabalho de fronteira (Gieryn, 1983, 1999). Nesse sentido, seja no que tange à área ambiental ou a questões de saúde pública, como no caso do chamado tratamento precoce para a Covid-19, o bolsonarismo buscou redefinir quem eram os verdadeiros experts e quais enunciados deveriam ser tomados como enunciados científicos.

No caso das ciências ambientais, por exemplo, Bolsonaro e seus seguidores atacaram o *mainstream* científico, criticando-o como uma "psicose ambientalista", ou denominando-o de climatismo, uma ideologia cujo objetivo seria aumentar a regulação estatal na economia, comprometendo o livre mercado e a economia capitalista (Miguel, 2022, 2020). Nesse sentido, os discursos das ciências ambientais seriam deformações da realidade construídas com o intuito de derrubar a civilização ocidental e seu modo de vida capitalista.

Nosso estudo segue nessa mesma direção ao apontar que Bolsonaro busca contestar a autoridade de experts que defendem maior proteção ambiental na Amazônia, sem, todavia, negar a possibilidade de se estabelecer verdades científicas sobre o meio ambiente. Trazemos, portanto, suporte empírico adicional para a ideia de que o bolsonarismo não é averso à possibilidade de uma ciência objetiva: sua questão é a rejeição à institucionalidade da ciência e a redefinição da fronteira entre o que é ciência legítima e ilegítima.

Para além disso, este trabalho traz uma contribuição específica à literatura dos ESCT que tem se debruçado sobre o negacionismo ambiental de Bolsonaro e de seus seguidores ao se posicionar junto com alguns poucos estudos que teorizaram os entrelaçamentos entre a crítica ao ambientalismo e a defesa de uma ordem social específica. Miguel (2022, p. 312) foi um dos poucos que tematizou este ponto de maneira explícita:

> Com base no que foi exposto, argumentamos que o negacionismo climático vai além da "política de pós-verdade", pois se refere a um conjunto mais heterogêneo de formação de sujeitos políticos por meio da ativação de um dispositivo estratégico liberal conservador. A percepção de que a governamentalização ambiental representa a profanação do livre mercado, do direito à propriedade privada, da espiritualidade e subjetividade cristã e da civilização ocidental são significados sociais enraizados em realidades subjetivamente vivenciadas.

Seguindo a pista deixada por Miguel, a partir da noção de coprodução e da análise dos discursos de Jair Bolsonaro na ONU, buscamos enfatizar a inextricabilidade dos efeitos epistêmicos e institucionais do negacionismo bolsonarista. A ordem social antiambientalista que Jair Bolsonaro se empenhou em produzir via desmonte de políticas públicas só poderia existir e persistir no tempo se firmemente alicerçada em uma ordem cognitiva. Esta enfatiza determinadas representações da Amazônia, desafia consensos científicos, redefine identidades tanto de cientistas como de outros atores-chave da política ambiental internacional, de modo a legitimar a desconstrução institucional dos órgãos ambientais brasileiros.

Nesse sentido, é importante enfatizar os efeitos *produtivos* do negacionismo. Ele não somente nega consensos científicos, mas também produz ordens epistêmicas e sociais. Esses novos ordenamentos derivados do bolsonarismo, devido a seu caráter autoritário e antiambientalista, nos parecem claramente indesejáveis, mas não podem ser efetivamente combatidos somente via defesa da ciência. É necessário um esforço também coproducionista que busque produzir identidades positivas – políticas e institucionais – que dão sustentação às ciências ambientais *mainstream*. Isso implica na legitimação de instituições científicas que produzem as ciências ambientais de ponta, como universidades e institutos de pesquisa, assim como de jornalistas da área de ciência e meio ambiente que retratam a questão da Amazônia de maneira responsável e em acordo com o estado da arte do conhecimento científico sobre o tema. Além disso, é importante produzir e reforçar identidades positivas de outras instituições que atuam na interface ciências ambientais e políticas, como ONGs ambientalistas, e dos próprios órgãos do Estado responsáveis pela produção de políticas ambientais, como o Ministério do Meio Ambiente e o Ibama, órgãos severamente afetados pela administração bolsonarista.

Por fim, as conclusões do presente estudo indicam a importância de se tomar como uma tarefa futura de pesquisa a redefinição do conceito de pós-verdade. É digno de nota que o campo dos ESCT, apesar de estar particularmente bem equipado para produzir definições rigorosas sobre esse termo, até agora pouco caminhou nessa direção. O termo pós-verdade foi popularizado em 2016 quando o Dicionário de Oxford o definiu como a palavra do ano. O dicionário o conceituou do seguinte modo: "Relacionado ou denotando circunstâncias em que fatos objetivos são menos influentes em formatar a opinião pública do que apelos para a emoção e crenças pessoais". Apesar de essa definição possuir apelo para explicar o período em que vivemos, conforme apontado acima, a literatura do campo dos ESCT há muito vem criticando concepções de fato científico que o trate como autônomo com relação a valores, interesses e emoções. Essa crítica foi recentemente estendida à definição de pós-verdade do Dicionário de Oxford por autores do campo (Jasanoff; Simmet, 2017; Kelkar, 2019; Lynch, 2017).

Apesar de o campo dos ESCT pouco ter caminhado na redefinição do conceito de pós-verdade, podemos indicar duas honrosas exceções: os trabalhos de Fuller e de Cesarino. Fuller (2019, p. 6) define pós-verdade nos seguintes termos: "é uma condição que consiste em um meta-esforço. Você não tenta vencer simplesmente jogando de acordo com as regras, mas também controlando quais são

as regras"13. Nessa definição, o autor trata das regras que definem o campo epistêmico. A definição cibernética de Cesarino (2021, p. 77-78) de pós-verdade vai em direção semelhante:

> pós-verdade é uma condição epistêmica em que qualquer enunciado pode ser potencialmente contestado por qualquer um, a um custo muito baixo – ou seja, onde não há mais controle, no sentido exposto acima. Diferentes realidades parecem proliferar num contexto de desorganização epistêmica profunda, onde a comunidade científica, e o sistema de peritos de modo mais amplo, deixam de gozar da confiança social que antes detinham, tendo, portanto, sua capacidade neguentrópica significativamente reduzida.

Apesar de concordarmos com os autores acima que a pós-verdade se trata de um fenômeno com características epistêmicas, tomando como base o presente estudo, entendemos que esse conceito precisa ser alargado de modo a incluir não somente um esforço no sentido de um reordenamento epistêmico da sociedade, mas também de um reordenamento social mais abrangente14. Negacionistas como Jair Bolsonaro não negam somente as ciências ambientais, mas ordens sociais democráticas nas quais as ciências ambientais têm um peso no estabelecimento do que é o conhecimento que deve informar a elaboração de políticas públicas, o regime climático internacional, e toda uma ordem institucional que foi construída ao longo de décadas no país para lidar com a questão ambiental. Assim, quando ele adota uma postura negacionista com relação à ciência, ele nega também toda uma institucionalidade que foi coproduzida com esta. Sugerimos, então, que estudos futuros busquem redefinir o conceito de pós-verdade partindo da noção de coprodução de modo a contemplar a abrangência e complexidade do fenômeno.

NOTAS

1 | https://veja.abril.com.br/politica/temos-de-desconstruir-muita-coisa-diz-bolsonaro-a-americanos-de-direita/ (Acessado em fevereiro de 2023)

2 | Campbell e Jamieson (2008) ressaltam que as análises do discurso presidencial podem variar de acordo com o estilo, a substância, a estratégia ou a audiência (Congresso, população, jornalistas, oposição ou outros países). Por exemplo, o artigo de Capella e Brasil (2022) analisa como os discursos anuais obrigatórios das "Mensagens ao Congresso Nacional" dos presidentes do Brasil são indicações importantes das agendas governamentais e das políticas públicas que serão priorizadas em cada mandato. Charteris-Black (2011), por outro lado, focaliza o aspecto retórico de ex-presidentes, mais especificamente de como o uso de metáforas é um elemento de potencial persuasão e engajamento para seu público.

3 | Todos os discursos foram coletados no site oficial do Itamaraty, menos o discurso de 2022, que não foi encontrado e foi coletado no site da Globo: https://g1.globo.com/politica/noticia/2022/09/20/leia-a-integra-do-discurso-do-presidente-jair-bolsonaro-na-assembleia-geral-da-onu.ghtml (Acessado em abril de 2024). Importante mencionar que em muitos sites o primeiro discurso de abertura não está completo, faltando a frase inicial e a "Carta aberta dos agricultores indígenas do Brasil", lida na íntegra por Bolsonaro. Para o primeiro discurso completo, recomenda-se ver o vídeo no YouTube. Para a transcrição da "Carta aberta dos agricultores indígenas do Brasil", acessar: https://apublica.org/wp-content/uploads/2019/09/manifestacao-agricultores-indigenas-do-brasil-ysani-kalapalo.pdf (Acessado em julho de 2024).

4 | Na obra de Jasanoff (2004), a distinção entre identidades e representações é puramente analítica, dado que as identidades são um subgrupo dentro do universo mais amplo das representações. Elas são tomadas como um conceito à parte devido à relevância que elas assumiram no campo dos ESCT, especialmente em trabalhos que se utilizam da Teoria Ator-Rede (p.ex. Callon, 1986) e em estudos de controvérsias na arena pública nas quais os estatutos de expert estão em disputa (p.ex. Epstein, 1995; Wynne, 1992).

5 | É digno de nota que o conceito de social não é consensual na área, havendo disputas sobre a relevância, por exemplo, de se inserir não humanos em sua definição (Barad, 2003; Haraway, 2008; Latour, 1994, 2012).

6 | Disponível em: https://jamilchade. blogosfera.uol.com. br/2019/07/31/ leia-o-telegrama- confidencial- do-itamaraty-sobre-mudancas- climaticas/ (Acessado em maio de 2019).

7 | Daqui em diante toda citação de Bolsonaro virá seguida do ano em que a fala foi proferida na ONU.

8 | Os dados de desmatamento do Inpe podem ser acompanhados na sua plataforma *Terrabrasilis*: https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates (Acessado em maio de 2024)

9 | https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2019/09/desmatamento-na-amazonia-em-agosto-cresce-222-em-relacao-ao-mesmo-mes-de-2018.shtml (Acessado em maio de 2024)

10 | Tal episódio foi significativo ao ponto de a equipe das redes sociais de Bolsonaro repostar o vídeo duas vezes em sua página oficial do Facebook: em 19 de julho (https://www.facebook.com/watch/?v=2375548599369320) e também em 26 de setembro de 2019 (https://www.facebook.com/watch/?v=235119958595106). A primeira publicação rendeu 87 mil curtidas, 15 mil comentários e 1,8 milhão de visualizações. A segunda teve 135 mil *likes*, 9,3 mil comentários e 979 mil visualizações (Acessado em novembro de 2021).

11 | Trata-se de uma informação equivocada, pois as algas são as principais produtoras de oxigênio, enquanto a Floresta Amazônica tem papel mais importante na captura do carbono da atmosfera para transformação em matéria orgânica.

12 | https://www.dw.com/pt-br/pegue-essa-grana-e-refloreste-a-alemanha-diz-bolsonaro-a-merkel/a-50035007 (Acessado em maio de 2024).

13 | Tradução realizada em estilo livre pelos próprios autores.

14 | Este ponto, inclusive, é coerente com o livro de Cesarino (2022) O mundo ao avesso: verdade e política na era digital, no qual a autora analisa o bolsonarismo como um esforço de reorganização profunda da sociedade tanto na dimensão política como epistêmica. Ainda assim, no livro (Cesarino, 2022, p. 228) a autora mantém a mesma definição de pós-verdade do artigo supracitado (Cesarino, 2021).

DECLARAÇÃO SOBRE O USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Os autores declaram que não utilizaram tecnologias de inteligência artificial generativa ou assistida por IA na criação, redação ou revisão deste manuscrito.

REFERÊNCIAS

BARAD, K. Posthumanist Performativity: toward an understanding of how matter comes to matter. **Signs: Journal of Women in Culture and Society**, v. 28, n. 3, 2003.

BARNES, B. **Kuhn and Social Science**. London and Basington: Macmillan Publishers Limited, 1982.

BEHR, K. **A conspiração do clima**: populismo e negacionismo climático no início do governo Bolsonaro (2018 – 2020). Brasília, Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – UnB, 2022. Available in: https://repositorio.unb.br/handle/10482/44634

BEHR, K. And you shall know the truth, and the truth shall make you free: environmental-climate conspiracy theories and populism at the beginning of the Bolsonaro administration (2018-2020). **Nuevo Mundo Mundos Nuevos** [En ligne], Questions du temps présent, 2023. Available in: https://doi.org/10.4000/nuevomundo.93640

BLOOR, D. **Conhecimento e Imaginário Social**. São Paulo: Editora Unesp, 2009.

BONELLI, F.; FERNANDES, A.; CAVALCANTE, P. The active dismantling of environmental policy in Brazil: paralysis and setbacks of the deforestation inspection and control. **Sustainability in Debate**. Brasília, v. 14, n. 1, p. 58-80, 2023. DOI:10.18472/SustDeb.v14n1.2023.44277

BRONZ, D.; ZHOURI, A.; CASTRO, E. Apresentação Passando a boiada: violação de direitos, desregulação e desmanche ambiental no Brasil. **Antropolítica - Revista Contemporânea de Antropologia**, v. 49, 2020. Available in: https://doi.org/10.22409/antropolitica2020.i49.a44533

CALLON, M. Some elements of a sociology of translation: domestication of the scallops and the fishermen of St Brieuc Bay. *In*: LAW, J. (org.). **Power, action and belief**: a new sociology of knowledge. London: Routledge, p. 196-233, 1986.

CAMPBELL, K. K.; JAMIESON, K. H. **Presidents creating the presidency: deeds done in words**. Chicago and London. University of Chicago Press. 2008.

CAPELLA, A. C. N.; BRASIL, F. G. Prioridades em políticas públicas: Mensagens ao Congresso Nacional na agenda governamental (1991–2020). **Revista de Sociologia e Política**, v. 30, n. 81, 2020. Available in: https://doi.org/10.1590/1678-987322308101

CASTRO, R. Negacionismos e temporalidades: antecipação, evidência e ciência na defesa do "tratamento precoce". **Revista Brasileira de Estudos CTS**, v. 1, n. 1, p. 168–188, 2025.

CESARINO, L. Pós-Verdade e a Crise do Sistema de Peritos: uma explicação cibernética. **Revista Ilha**, v. 23, n. 1, p. 73-96, 2021.

CESARINO, L. **O mundo ao avesso**: verdade e política na era digital. São Paulo: Ubu Editora, 2022.

CESARINO, L.; SILVA, V. Pandemic States of Exception and the Alt-science of Early Treatment for Covid-19 in Brazil. **Latin American Perspectives**, v. 50, n. 4, p. 210-227, 2023.

CHARTERIS-BLACK, J. **Politicians and rhetoric**: the persuasive power of metaphor (2nd ed.). Palgrave Macmillan, 2011.

COLLINS, H. Stages in the Empirical Programme of Relativism. **Social Studies of Science**, v. 110, n. 1, p. 3–10, 1981.

COLLINS, H. **Changing order**: replication and induction in scientific practice. Chicago: University of Chicago Press, 1985.

COSTA, A. Negacionistas são os outros? Verdade, engano e interesse na era da pós-verdade. **Principia**, v. 25, n. 2, p. 305–334, 2021.

DRUMMOND, J. A.; CAPELARI, M.; BARROS, A. F. G. **Brazilian environmental policy**: a short biography, 1934-2020. Curitiba: Appris Editora, 2022.

DUARTE, T. O painel brasileiro de mudanças climáticas na interface entre ciência e políticas públicas: identidades, geopolítica e concepções epistemológicas. **Sociologias**, v. 21, n. 51, p. 76-101, 2019. Available in: https://doi.org/10.1590/15174522-0215103

DUARTE, T. Eu não sou antivacina: desconfiança vacinal entre bolsonaristas durante a pandemia da Covid-19. **Revista Brasileira de Estudos CTS**, v. 1, n. 1, p. 189-209. 2025.

DUARTE, T.; REYES-GALLINDO, L. Apresentação: Estudos Sociais das Ciências e Tecnologias. **Pós – Revista Brasiliense de Pós-Graduação em Ciências Sociais**, v. 14, n. 2, p. 12-33, 2019. Available in: https://www.researchgate.net/publication/334964050_Apresentacao_Estudos_Sociais_das_Ciencias_e_Tecnologias

DUARTE, D.; BENETTI, P. Pela ciência, contra os cientistas? Negacionismo e as disputas em torno das políticas de saúde durante a pandemia. **Sociologias**, v. 24, n. 60, p. 98-138, 2022.

DUARTE, D.; BENETTI, P.; ALVAREZ, M. Reconsidering the 'post-truth critique': scientific controversies and pandemic responses in Brazil. **Social Studies of Science**, v. 55, n. 5, p. 791–813, 2025.

DUTRA DA SILVA, M.; FEARNSIDE, P. M. Brazil: environment under attack. **Environmental Conservation**, p. 1-3, 2022. Available in: https://doi.org/10.1017/S0376892922000364

EPSTEIN, S. The Construction of Lay Expertise: aids activism and the forging of credibility in the reform of clinical trials. **Science, Technology & Human Values**, v. 20, n. 4, p. 408–437, 1995.

FERNANDES, A. S. A.; TEIXEIRA, M. A. C.; ZUCCOLOTTO, R.; NASCIMENTO, A. B. F. M.; BONELLI, F. Dismantling and reconstruction of public policies in Brazil: from Bolsonaro's destruction to the possibilities of union to rebuild. **Administração Pública e Gestão Social**, v. 16, n. 2, 2024. Available in: https://doi.org/10.21118/apgs.v16i2.15828

FLEURY, L.; MONTEIRO, M.; DUARTE, T. Brazil at COP26: political and scientific disputes under a post-truth government. **Engaging Science, Technology, and Society**, v. 8, n. 3, p. 107–117, 2022. Available in: https://estsjournal.org/index.php/ests/article/view/1381/663

FONSECA, I.; LINDOSO, D. P.; BURSZTYN, M. Deforestation (lack of) control in the Brazilian Amazon: from strengthening to dismantling governmental authority (1999-2020). **Sustainability in Debate**, v. 13, n. 2, p. 12–31, 2022.

FONSECA, P.; RIBEIRO, B.; NASCIMENTO, L. Demarcating Patriotic Science on Digital Platforms: covid-19, chloroquine and the institutionalisation of ignorance in Brazil. **Science as Culture**, v. 31, n. 4, p. 530-554, 2022.

FOUCAULT, M. **Vigiar e punir**: nascimento da prisão. Petrópolis: Vozes, 2019.

FULLER, S. **Post-Truth**: knowledge as a power game. Londres: Anthem Press, 2018.

GIERYN, T. Boundary-Work and the Demarcation of Science from Non-Science: strains and interests in professional ideologies of scientists. **American Sociological Review**, v. 48, n. 6, 1983.

GIERYN, T. **Cultural Boundaries of Science**: credibility on the line. Chicago e Londres: The University of Chicago Press, 1999.

GIFFONI PINTO, R.; MALERBA, J. A política (anti)ambiental nos Estados Unidos e no Brasil: uma análise comparativa. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 60, p. 143-166, 2022. Available in: http://dx.doi.org/10.5380/dma.v60i0.80062.

HARAWAY, D. **When species meet**. Minneapolis: University of Minnesota Press.

HOCHSTETLER, K. O meio ambiente no governo Bolsonaro. *In*: AVRITZER, L.; KERCHE, F.; MARONA, M. **Governo Bolsonaro**: retrocesso democrático e degradação política. Belo Horizonte: Editora Autêntica, 2021.

JASANOFF, S. The idiom of co-production. *In*: JASANOFF, S. (org.). **States of knowledge**: the co-production of science and social order. New York: Routledge, 2004a. p. 1-12.

JASANOFF, S. Ordering knowledge, ordering society. *In*: JASANOFF, S. (org.). **States of knowledge**: the co-production of science and social order. New York: Routledge, 2004b. p. 13-45.

JASANOFF, S.; SIMMET, H. No funeral bells: public reason in a 'post-truth' age. **Social Studies of Science**, v. 47, n. 5, p. 751–770, 2017.

KELKAR, S. Post-truth and the Search for Objectivity: political polarization and the remaking of knowledge production. **Engaging Science, Technology, and Society,** v. V, p. 86-106, 2019.

KUHN, T. S. **The road since structure: philosophical essays, 1970-1993, with an autobiographical interview**. Edited by James Conant and John Haugeland. Chicago: The University of Chicago Press, 2000.

KUHN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2005.

LATOUR, B. **Jamais fomos modernos**. São Paulo: Editora 34, 1994.

LATOUR, B. **Ciência em Ação**: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora. São Paulo: Editora Unesp, 2000.

LATOUR, B. **Reagregando o Social**. Salvador; Bauru: Editora UFBA; Edusc, 2012.

LAW, J. Notes on the Theory of the Actor-Network: ordering, strategy, and heterogeneity. **Systems Practice**, v. 5, n. 4, p. 379–393, 1992.

LYNCH, M. STS, symmetry and post-truth. **Social Studies of Science**, v. XLVII, n. 4. p. 593–599, 2017.

MENEZES, R.; BARBOSA JR., R. Environmental governance under Bolsonaro: dismantling institutions, curtailing participation, delegitimising opposition. **Zeitschrift für Vergleichende Politikwissenschaft**, v. 15, p. 229–247, 2021.

MIGUEL, J. **Negacionismo climático no Brasil**. Coletiva, n. 27, p. 1-11, 2020.

MIGUEL, J. A 'meada' do negacionismo climático e o impedimento da governamentalização ambiental no Brasil. **Sociedade e Estado**, v. 37, n. 1, p. 293-315, 2022. Available in: https://doi.org/10.1590/s0102-6992-202237010013

NASCIMENTO, L.; FONSECA, P.; de JESUS, J.; de OLIVEIRA, J. Poder oracular e ecossistemas digitais de comunicação: a produção de zonas de ignorância durante a pandemia de Covid-19 no Brasil. **Revista Fronteiras – estudos midiáticos**, v. 23, n. 2, p.190-206, 2021.

RAJÃO, R.; NOBRE, A. D.; CUNHA, E. L. T. P.; DUARTE, T. R.; MARCOLINO, C.; SOARES-FILHO, B.; SPAROVEK, G.; RODRIGUES, R. R.; VALERA, C.; BUSTAMENTE, M.; NOBRE, C.; LIMA, L. S. de. O risco das falsas controvérsias científicas para as políticas ambientais brasileiras. **Sociedade e Estado**, v. 37, n. 1, p. 317-352, 2022. Available in: https://www.abc.org.br/wp-content/uploads/2022/04/artigo-mercedes-raoni-etc.pdf

SHAPIN, S.; SCHAFFER, S. **El Leviathan y la bomba de vacio**: Hobbes, Boyle y la vida experimental. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes Editorial, 2005.

WYNNE, B. Misunderstood misunderstanding: social identities and public uptake of science. **Public Understanding of Science**, v. 1, n. 3, p. 281–304, 1992.

The co-evolution of the Sustainability in Debate journal with sustainability issues and perspectives in a multilevel world

A coevolução da revista Sustainability in Debate e das questões, e perspectivas da sustentabilidade em um mundo multinível

Cristiana Dobre [1]

Patrícia Mesquita [2]

Marcel Bursztyn [3]

Carlos Hiroo Saito [4]

Frédéric Mertens [5]

[1] *PhD in Sustainable Development, Researcher, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brazil*
E-mail: dobre.cris26@gmail.com

[2] *PhD in Sustainable Development, Researcher, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brazil*
E-mail: patriciasmesquita@gmail.com

[3] *Doctor in Socio-economic Development and in Economics, Full Professor, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brazil*
E-mail: marcel.cds@gmail.com

[4] *PhD in Geography, Full Professor, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brazil*
E-mail: saito@unb.br

[5] *PhD in Environmental Sciences, Full Professor, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brazil*
E-mail: mertensbr@gmail.com

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.60624

Received: 04/12/2025
Accepted: 26/12/2025

ARTICLE - VARIA

ABSTRACT

This article analyses the evolution of *Sustainability in Debate* (SiD), a diamond open-access journal hosted by a Brazilian public university, from 2010 to 2025. Combining bibliometric indicators, citation trajectories and an SDG-based text-mining approach (SDGmapper), we examine how the journal's thematic profile, co-authorship patterns and institutional networks co-evolved with national and

global transformations in sustainability debates. The analysis traces three phases in SiD's development, highlighting shifts in article volume, collaboration intensity, methodological complexity and thematic breadth. SDGmapper results show that SiD has consolidated a strong environmental and territorial core (SDGs 15, 2, 13, and 12), while progressively incorporating issues of water, energy, health, and urban sustainability, in resonance with Brazil's socio-environmental conflicts and the global climate agenda. At the same time, themes associated with education, gender, oceans, institutional justice and partnerships remain comparatively weak. By cross-reading SDG signals with bibliometric evidence and SiD's position as a multilingual, open-access journal in the Global South, we argue that SiD has become a key platform for debates on socio-environmental and climate governance, while still facing challenges in fully integrating justice, power, gender, and epistemic diversity into its agenda.

Keywords: Scientific journals. Sustainability science. SDGs. Bibliometrics. Climate change. Open access.

RESUMO

Este artigo analisa a evolução da revista Sustainability in Debate (SiD), um periódico de acesso aberto de nível diamante, sediado em uma universidade pública brasileira, no período de 2010 a 2025. Combinando indicadores bibliométricos, trajetórias de citação e uma abordagem de mineração de texto baseada nos ODS (SDGMapper), examinamos como o perfil temático da revista, seus padrões de coautoria e suas redes institucionais coevoluíram com as transformações nacionais e globais nos debates sobre sustentabilidade. A análise identifica três fases no desenvolvimento da SiD, evidenciando mudanças no volume de artigos, na intensidade da colaboração, na complexidade metodológica e na amplitude temática. Os resultados do SDGmapper mostram que a SiD consolidou um núcleo ambiental e territorial robusto (ODS 15, 2, 13 e 12), ao mesmo tempo que incorporou progressivamente questões de água, energia, saúde e sustentabilidade urbana, em consonância com os conflitos socioambientais brasileiros e com a agenda climática global. Paralelamente, temas associados à educação, gênero, oceanos, justiça institucional e parcerias permanecem relativamente pouco expressivos. Ao interligar os sinais dos ODS às evidências bibliométricas e à posição da SiD como periódico multilíngue e de acesso aberto no Sul Global, argumentamos que a revista se tornou uma plataforma central para debates sobre governança socioambiental e climática, embora ainda enfrente desafios para integrar plenamente a justiça, o poder, o gênero e a diversidade epistêmica em sua agenda.

Palavras-chave: *Periódicos científicos. Ciência da sustentabilidade. ODS. Bibliometria. Mudanças climáticas. Acesso aberto.*

1 INTRODUCTION

Scientific journals occupy a central place in contemporary knowledge infrastructures. Far from being neutral repositories of academic output, they function as dynamic institutions that mediate the evaluation, stabilisation, circulation, and transformation of ideas within and across scientific communities. In the field of sustainability, the role of journals is even more crucial, given the complexity, urgency, and deeply interdisciplinary nature of related challenges. Sustainability problems—ranging from climate change and biodiversity loss to urban vulnerability and food systems instability—demand integrative research practices, collective forms of reasoning, and epistemic openness to diverse knowledge traditions. Thus, journals that publish sustainability research not only reflect academic trends but actively shape how societies conceptualise, debate, and respond to global environmental change.

This article presents a time-framed, theoretically informed analysis of Sustainability in Debate (SiD), a Brazilian open-access journal on sustainable development established in 2010 at the Sustainable Development Centre at the University of Brasília. Over its fifteen years of publication, SiD has become an important platform for interdisciplinary research in the Global South, fostering dialogue among academics, practitioners, policymakers, and civil society actors. By combining bibliometrics, thematic analysis, and Sustainable Development Goals (SDG) mapping, this article offers a robust empirical and

conceptual assessment of how SiD has contributed to the development of sustainability science and has evolved and adapted to a world in transformation.

Understanding the evolution of a journal such as SiD requires situating it within broader debates on scientific communication. Classical philosophy of science has long emphasised the collective and iterative nature of knowledge production. Popper's model of conjecture and refutation highlights the roles of criticism, transparency, and revisability in scientific advancement (Popper, 1959). Hull (1988), meanwhile, conceptualised science as an evolutionary process shaped by variation, selection, and the retention of ideas within communities of practice. Star and Griesemer's (Star; Griesemer, 1989) notion of *boundary objects* is central here: collaborative research provides shared, yet interpretively flexible artefacts—special issues, editorials, review articles, policy briefs—that can be used by different communities (researchers, practitioners, policymakers, social movements) without requiring full consensus, while still "holding together" heterogeneous practices, devices and epistemic cultures. From this perspective, interdisciplinary sustainability journals can be understood as boundary organisations operating at the interface between science, policy, and society.

In the sustainability domain, the role of journals acquires heightened significance, because many of its central problems — climate change, ecosystem collapse, environmental justice, socio-territorial conflicts — fit the conditions described by Post-Normal Science: deeply uncertain systems, conflicting values, high stakes and urgent decisions (Funtowicz; Ravetz, 1993). Under these conditions, the traditional model of "normal science" is insufficient. Post-Normal Science calls for extended peer communities, transdisciplinarity, and the co-production of knowledge in dialogue with policy and civil society, a mandate that suits journals like SiD: they can host debates, mediate different epistemic traditions, stabilise contested knowledges, and become institutional nodes in broader sustainability governance networks. Since the Brundtland Report[1] in 1987 first introduced the concept of "sustainable development" to the global stage, the notion of sustainability has evolved significantly. What began as a largely normative call for environmental responsibility gradually consolidated into a scientific field in its own right—one marked by growing theoretical depth, methodological diversity, and a clear ambition to link knowledge to real-world change. As the field matured, the boundaries that once separated science, policy, and society became increasingly porous. Sustainability journals now operate within this expanded intellectual landscape: they are expected to engage with interdisciplinary methods, incorporate multiple forms of expertise, and speak to audiences that extend well beyond academia. In doing so, they reflect a broader shift in how knowledge is produced and mobilised in an era of planetary crises.

Furthermore, the acceleration of global environmental change has increased the demand for timely, policy-relevant publications that synthesise complex socio-ecological interactions. Besides, interdisciplinarity and transdisciplinarity have become defining features of the field, bringing together environmental sciences, social sciences, engineering, Indigenous knowledge systems, and policy analysis to co-produce actionable knowledge (Bammer *et al.*, 2025; Hofmann; Salomon; Hoffmann, 2025). Thus, journals become sites where knowledge is not only produced but actively negotiated. In this light, evaluating the evolution of SiD provides insight into how sustainability knowledge is organised in a major context in the Global South. Against this background of strategic repositioning and institutional maturation, three interconnected shifts in the evolution of sustainability science are particularly relevant for this article. Together, they help explain both the changing contours of the field and the growing epistemic demands placed on sustainability journals.

First, sustainability science has progressively embraced complexity and systems thinking. For scientific journals, keeping pace with this transformation requires openness to heterogeneous epistemologies, model-based and qualitative methods, and research designs that cut across conventional disciplinary boundaries. Second, as already mentioned, the consolidation of sustainability science has gone hand in hand with the expansion of interdisciplinary and transdisciplinary approaches. Journals, therefore, play a critical role in enabling dialogue across disciplines and in providing space for the co-production

of actionable insights. Third, sustainability science has become increasingly oriented toward action and policy relevance. Beyond diagnosis, the field now places strong emphasis on generating evidence to inform decision-making, support social learning, and contribute to systemic transformation (Kano; Hayashi, 2021). This orientation is particularly pronounced in Global South contexts, where acute socio-environmental conflicts often shape research agendas, rapid land-use change and governance and institutional fragilities. The corpus of *SiD* includes numerous empirically grounded analyses of Brazilian and Latin American environmental policy, Amazonian governance, socio-territorial disputes, waste management, water security and climate adaptation. These contributions illustrate how sustainability journals increasingly function at the interface between science, policy and society, translating complex analyses into forms that engage with concrete sustainability challenges.

Analysing SiD's themes over time thus provides a means to observe how these global shifts are locally and regionally articulated. Journals located in the Global South often face structural challenges—limited funding, linguistic inequalities, and reduced international visibility, particularly within dominant citation systems (Debat *et al.*, 2025). However, they also play a unique role in expanding access to scientific debate and strengthening plural, transparent knowledge ecosystems (Sahle *et al.*, 2025). SiD exemplifies these dynamics through its multilingual approach—publishing articles in Portuguese, English, French, and Spanish—and through its sustained commitment to open access. Multilingualism reduces epistemic barriers (Canagarajah, 2002) and enables contributions from researchers whose work is deeply grounded in local contexts. In 2019, the journal adopted a bilingual publication strategy, ensuring that all articles are first published in English, while allowing authors to include the original version. This fosters international circulation while protecting the linguistic accessibility of local and regional authors. This dual approach strengthens SiD's role as a bridge between local realities and global scientific discourse.

Open access further reinforces this bridging function. As a diamond OA journal, SiD stopped charging authors and granted unrestricted access to its content, aligning with UNESCO's (2021) vision of science as a global public good[2]. For many students, practitioners, and public administrators in Latin America, such access is not merely desirable but essential for participating in sustainability debates. Combined with its interdisciplinarity and its embeddedness in Brazil's complex socio-ecological landscape, SiD serves as a platform where local knowledge, public policy concerns, and global sustainability agendas intersect.

SiD consistently publishes interdisciplinary content, positioning itself as a "*boundary journal*" that bridges natural and social sciences, academic and policy worlds, and local and global perspectives.

To capture this richness, this article adopts a multimethod and evidence-based analytical strategy. Rather than relying on a single set of indicators, it combines bibliometric evidence with SDG-based textual analysis to capture both the journal's structural evolution and the thematic orientations that have guided its content over time. Bibliometric analyses are used to trace long-term patterns in publication volume, co-authorship, institutional collaboration, language use and citation trajectories, providing insight into changes in collaboration intensity, methodological complexity and knowledge circulation. In parallel, the systematic examination of titles, abstracts and keywords through the European Commission's SDGmapper[3] enables a semi-quantitative, rule-based text-mining approach, with qualitative interpretive grounding of how the journal's thematic profile aligns with, anticipates, or diverges from the evolving Agenda 2030 framework.

Together, these approaches enable the reconstruction of the trajectory of Sustainability in Debate across three analytically distinct yet overlapping phases. The first phase (2010–2014) corresponds to the journal's consolidation around land-based socio-environmental conflicts, environmental governance and territorial sustainability, prior to the formal adoption of the SDGs. The second phase (2015–2019) reflects a period of thematic broadening and diversification, shaped by the institutionalisation of the SDGs and the Paris Agreement, and by the growing prominence of climate, water, urban, and health-

related debates. The most recent phase (2020–2025) is marked by heightened climate urgency, crisis convergence with the COVID-19 pandemic, and the expansion of data-intensive, modelling-based approaches, alongside increased attention to vulnerability, risk, and governance under conditions of socio-environmental stress. By integrating these analytical strands, the article offers a historically grounded and critically informed interpretation of SiD's contribution to sustainability science.

2 METHODOLOGY

This study adopts a multimethod, theoretically informed research design, combining bibliometrics, scientometrics, thematic analysis, and SDG-based text mining to analyse the evolution of SiD between 2010 and 2025. The choice of methods acknowledges that journals, particularly in the sustainability field, cannot be understood solely by counting publications and citations. They must be analysed as dynamic, historically situated infrastructures in which quantitative patterns, discursive formations and institutional logics co-evolve. This methodological strategy, therefore, allows for a nuanced understanding of the journal's trajectory as both a scholarly corpus and an institutional actor situated within evolving sustainability debates (Wyborn *et al.*, 2019), in which thematic, linguistic, and institutional dimensions are tightly intertwined.

The empirical basis of the study is the complete set of documents published by SiD from its first issue in 2010 to the most recent issue in 2025, as indexed on the official Open Journal Systems (OJS) used by the University of Brasília. For each article, the following metadata were collected: title, abstract, keywords, year of publication, authors' names, institutional affiliations, country, and first language of publication and digital object identifier (DOI).

Besides, citation data were retrieved using a dual-source strategy that combined Google Scholar with the Publish or Perish (PoP) software, which harvests and structures Google Scholar records. The decision to rely on Google Scholar and PoP rather than a single indexer's metrics reflects growing evidence that mainstream citation databases systematically under-represent non-Anglophone journals, regional outlets, and publications in the social sciences and humanities (Tennant, 2020). Large commercial platforms tend to privilege English-language journals and STEM-oriented publication formats (with a focus on **S**cience, **T**echnology, **E**ngineering, and **M**athematics), producing partial and often distorted representations of scholarly impact, particularly for interdisciplinary and Global South–based venues. Google Scholar, despite its known limitations, offers broader coverage of journals, book chapters, reports and policy-oriented outputs, which are especially relevant in sustainability research and environmental governance. Google Scholar's opaque coverage and occasional duplication problems require critical handling (Martín-Martín *et al.*, 2018). For this reason, citation counts obtained via PoP for each DOI were manually cross-checked against hits on the Google Scholar interface. When divergent values were found, the most plausible higher value was retained, without summation, to avoid double-counting. This conservative rule aligns with recent recommendations to treat citation indicators as approximations rather than precise measures, particularly in the Global South (Sugimoto; Larivière, 2018). Cross-referencing citation counts between tools, therefore, constitutes a pragmatic methodological choice aimed at improving robustness and mitigating database-specific biases, rather than an attempt to produce exhaustively precise citation metrics.

The resulting dataset was cleaned and normalised. Author names were standardised to address spelling inconsistencies and duplications; institutional names were harmonised; and keywords, titles, and other metadata were verified for better analysis. Article age was calculated as the difference between the year of citation retrieval and the year of publication. From this curated corpus, a set of derived variables was computed, including citations per article, citations per year, authors per article, and distributions of institutional affiliations and languages over time.

To construct the bibliometric corpus, only peer-reviewed research articles were included. At the same time, editorials, interviews, book reviews and introductory texts to special issues were excluded from the quantitative dataset in accordance with established practices in journal-level scientometrics, which typically analyse research articles as a comparable unit of scholarly output (Kulyk, 2025). These non-research texts, however, were examined qualitatively to contextualise thematic and institutional shifts in the journal. Thus, for the SDG-based analysis, all published documents—including editorials and special-issue introductions—were included, as SDGmapper could help identify conceptual alignments in textual discourse more broadly, and these documents often articulate the journal's thematic and strategic orientation. This dual approach ensures comparability in quantitative indicators while capturing the broader discursive evolution of SiD.

2.1 BIBLIOMETRICS AND SCIENTOMETRICS

For this research stage, the analytical focus is less on ranking the journal than on reconstructing its trajectory and internal dynamics. Publication counts per year, average number of authors per article, and the distribution of national and international affiliations are used to characterise SiD's growth, degree of collaboration and institutional reach. Citation indicators - such as total citations by publication year or mean citations per article age - serve to explore the temporal dynamics of impact and the "life course" of the journal's articles (Sugimoto; Larivière, 2018).

Rather than treating citation counts as proxies for intrinsic quality, the analysis reads them as signals of visibility and connectivity in a heterogeneous global knowledge system. For journals such as SiD, which publish in multiple languages and address regionally specific issues such as Amazonian governance, hydro-social conflicts, or rural territorial development, citation patterns reflect not only academic interest but also the politics of indexing, language hierarchies, and uneven international attention (Debat *et al.*, 2025). The scientometric indicators used in this study are therefore deployed in an exploratory and diagnostic mode, rather than in an evaluative or normative one.

2.2 THEMATIC AND SDG-BASED ANALYSIS OF TITLES, ABSTRACTS AND KEYWORDS

While bibliometric indicators capture the structural aspects of a journal, they offer limited insight into its thematic evolution. To address this dimension, the study employs thematic and SDG-based lexical analyses of the titles, abstracts, and keywords of all peer-reviewed articles published in *Sustainability in Debate* (SiD) between 2010 and 2025.

The objective of this analysis is to examine how the journal's thematic profile evolves and how its content aligns with the Sustainable Development Goals (SDGs). Rather than conducting a comprehensive qualitative content analysis or topic modelling, the approach focuses on structured, reproducible lexical patterns, interpreted in light of broader socio-environmental and political contexts.

The analysis is based on the combined textual corpus of titles, abstracts and keywords, which are widely used in science mapping and scientometric studies as concise representations of the cognitive content of publications (Sugimoto; Larivière, 2018). Given the multilingual nature of SiD, semantic variation across Portuguese, English, Spanish and occasional French texts was preserved.

To operationalise the connection with global sustainability frameworks, the study employs the *SDGmapper* tool mentioned above. SDGmapper uses a validated lexical matrix that links terms to the 17 SDGs, their targets, and indicators. In this research, the tool was applied at two complementary levels: (i) a year-by-year analysis, capturing temporal changes in SDG profiles, and (ii) an aggregated analysis of the whole corpus, identifying dominant and marginal SDGs, targets and indicators across the journal's history.

The results of the SDG-based mapping were interpreted alongside bibliometric trends and citation data, enabling cross-reading among thematic orientation, collaboration patterns, and visibility dynamics. SDGmapper outputs are treated as indicative rather than definitive classifications. As automated tools, they may underrepresent themes framed through critical, contextual or multilingual vocabularies. For this reason, the analysis adopts a reflexive stance, using SDGmapper as an analytical aid rather than a strict classificatory device.

Overall, the integration of thematic, SDG-based, and bibliometric analyses supports a comprehensive interpretation of SiD's evolution across three periods (2010–2014, 2015–2019, 2020–2025), while preserving sensitivity to the political, institutional, and epistemic contexts in which the journal operates.

3 RESULTS AND DISCUSSION

This section presents an integrated reading of the evolution of *Sustainability in Debate* (SiD) from 2010 to 2025, combining bibliometric trends, citation trajectories, institutional collaboration patterns and the SDGmapper analysis of all article titles, abstracts and keywords. Across these almost sixteen years, three phases become apparent: an early period of consolidation between 2010 and 2014, a phase of diversification during the first years of the 2030 Agenda (2015–2019), and a more recent phase (2020–2025) marked by crisis convergence, climate urgency and increasing methodological sophistication.

3.1 A BIBLIOMETRICS PANORAMA:

a) Patterns in publication volume

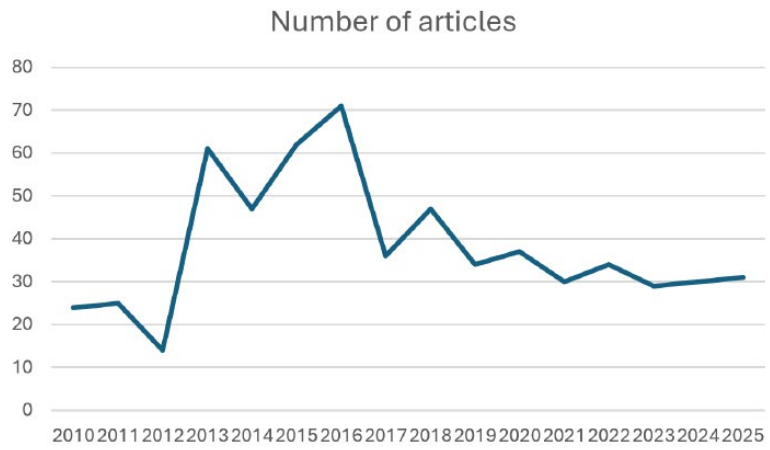


Figure 1 – Annual number of articles published in SiD (2010–2025)

Source: The authors

For the year 2025, only the first two issues published at the time of data extraction were considered. As data were automatically retrieved from the journal's OJS system, the 2025 values reflect partial publication output and should not be interpreted as a completed annual trend. Nonetheless, for the purpose of this specific graphic, the remaining 12 articles scheduled for publication in the final 2025 issue were manually added in order to present a complete annual count.

The evolution of article output reveals the journal's shifting institutional rhythms and its responsiveness to external conditions. Publication numbers remain modest and relatively stable between 2010 and 2013, reflecting the journal's early consolidation period, when editorial workflows, peer-review networks and contributor communities were still forming. This lower but steady output is typical of

young academic journals, especially those hosted by public universities, where editorial work relies on non-commercial labour structures. It is important to note that, until 2014, only two editions were published each year.

Starting in 2013, Figure 1 shows a marked expansion, with a sharp rise in the number of articles published annually. This growth corresponds to the first wave of institutionalisation of sustainability science in Brazil, the consolidation of national research networks, and the increasing visibility of SiD following its indexing in major portals. Not to mention the Paris Agreement at COP15 in Paris in 2015, which coincided with a period of intense socio-environmental debate in Brazil (Forest Code revision, water crisis, expansion of agribusiness), thereby amplifying demand for interdisciplinary sustainability venues.

In recent years, around 2019, the figure shows a stabilisation at a lower level, partly reflecting editorial restructuring, the impact of the Covid-19 pandemic on research productivity, and the broader slowdown in Brazilian academic publishing under austerity measures. This decline is consistent with patterns observed across Latin American journals during the same period (Salvador, 2024; Unesco, 2020).

b) Collaboration intensity: co-authorship trends



Figure 2 – Mean number of authors per article by year (2010–2025)

Source: The authors

Co-authorship trends tell a complementary story. This trend is consistent with broader temporal patterns observed across scientific fields. Studies on the evolution of collaboration networks show a gradual increase in the average number of authors per article over time, reflecting growing specialisation, methodological complexity and the need for larger, interdisciplinary teams. In this sense, the trajectory observed in Sustainability in Debate follows a largely linear growth pattern, similar to those reported in fields such as psychology and economics, while differing from disciplines like ecology and astronomy, where collaboration intensifies more rapidly due to data- and infrastructure-intensive research practices (Guimerà *et al.*, 2005). Figure 2 demonstrates that, in the early years, most articles were written by one or two authors, indicating small research teams and locally concentrated collaborations. This aligns with the journal's thematic focus at the time, which was dominated by rural studies, conservation governance, and territorial policy analysis—fields in which research teams in Brazil often remained small and institutionally localised.

From 2015 onwards, a clear rise in co-authorship is visible. This growth reflects the methodological and thematic diversification enabled by the SDGs and the expansion of sustainability science into areas

such as climate modelling, risk analysis, geospatial research, urban planning, and public health. These domains tend to require larger teams, interdisciplinarity and co-production with government or civil society actors, all of which encourage higher author counts.

By 2020–2025, the journal exhibits its highest levels of collaboration. This aligns with global patterns showing a steep rise in teamwork in sustainability and climate studies, as well as with national research consortia responding to Brazil's overlapping crises—environmental deregulation, climate disasters and health emergencies. Co-authorship thus emerges as a structural indicator of SiD's increasing methodological sophistication and networked knowledge production.

3.2 CITATION DYNAMICS

a) Citation peaks by publication year (Figure 3)

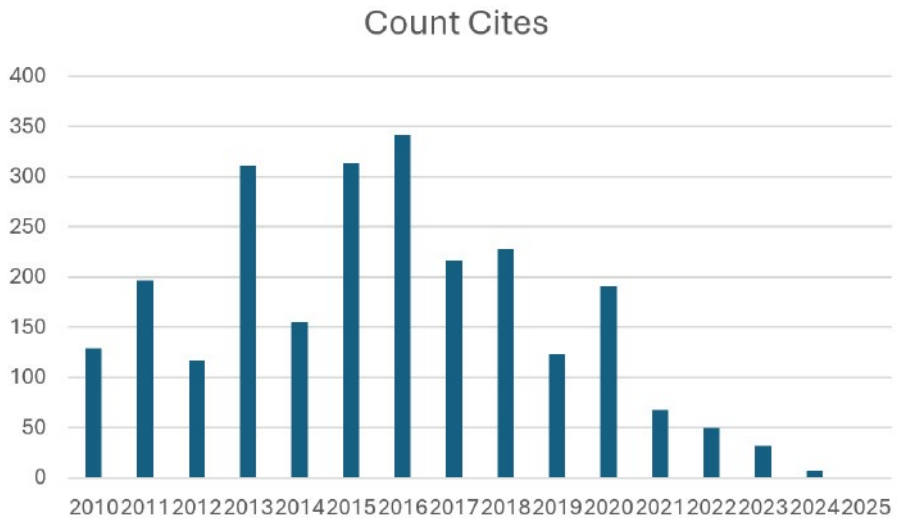


Figure 3 – SiD's total citations accumulated per year of publication

Source: The authors

Citation dynamics add temporal depth to the journal's evolution. Figure 3 reveals two major citation peaks: one for the 2012–2013 cohort and another for articles published around 2017–2018.

The 2012–2013 peak corresponds to the publication of seminal articles on payments for environmental services, rural governance and deforestation policy—topics that remain central to Brazil's socio-environmental agenda. Their long-term citation accumulation reflects their foundational influence and the enduring relevance of territorial governance in sustainability debates.

The second peak in 2017–2018 reflects another moment of thematic expansion. Articles addressing climate risk, water crisis communication and gendered adaptation gained rapid attention. This cluster demonstrates SiD's increasing engagement with climate governance, vulnerability analysis, and the social dimensions of sustainability, aligning with global scientific shifts following the Paris Agreement..

b) Citation accumulation by article age

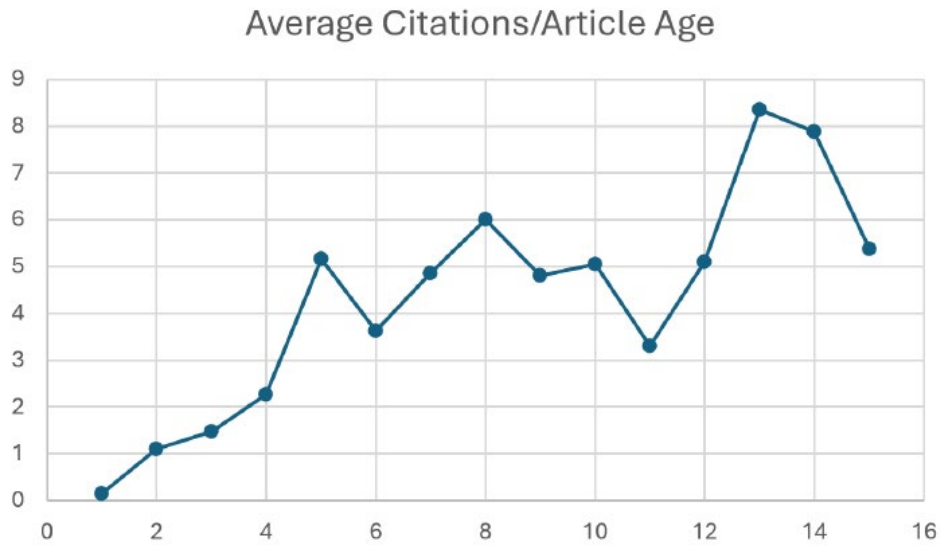


Figure 4 – Total SiD's citations by publication age

Source: The authors

While Figure 3 shows citation accumulation by *year of publication*, Figure 4 analyses average citations by article age, providing a life-cycle view of SiD's intellectual influence. The curve shows that articles typically reach peak mean influence between ages 8 and 13, corresponding to SiD's early territorial governance corpus. These articles —particularly those on PES, rural conflicts, and environmental licensing—continue to anchor academic and policy discussions years later.

Figure 4 provides direct evidence of SiD's long-tail citation dynamics. By displaying the cumulative number of citations by article age, the figure shows that publications continue to attract substantial scholarly attention well beyond their initial years, with articles aged 7 to 15 years accounting for a significant share of total citations. Rather than a rapid decline after publication, citation accumulation remains distributed over time, a pattern typical of interdisciplinary and policy-oriented research fields.

After age 14–15, mean citations begin to stabilise, a typical decay pattern in scholarly communication. More recent articles (ages 1–4) show lower means simply because they have had less time to accumulate citations. However, some of the newest climate-focused articles are already reaching citation rates comparable to those of older publications, suggesting accelerated uptake in fast-moving debates such as climate scenarios, disaster risk, and the energy transition.

3.3 INSTITUTIONAL NETWORK

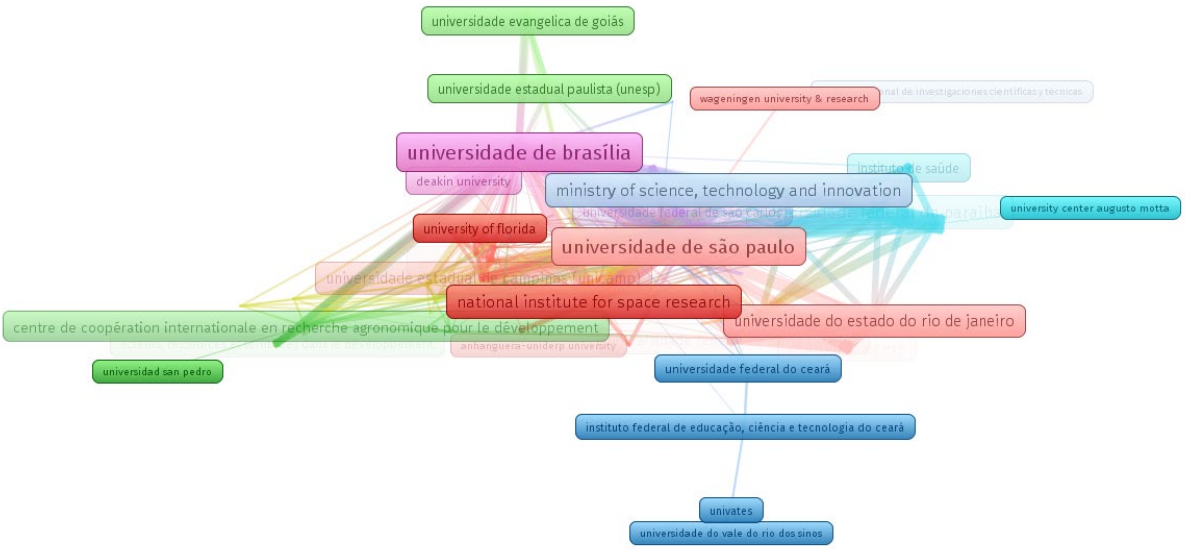


Figure 5 – Institutional collaboration network (VOSviewer), weighted by total link strength

***Nodes** represent institutions affiliated with the authors. **Node size** corresponds to the number of documents published by each institution. **Links** indicate co-authorship relationships; link thickness reflects the strength of collaboration. **Colours** represent clusters of institutions identified through co-authorship proximity, highlighting communities of collaboration within the network.*

Source: The authors

Institutional collaboration networks were generated using *VOSviewer* based on bibliographic metadata automatically retrieved from the journal's Crossref-indexed records. The analysis uses institutional affiliations as declared in the articles; therefore, node visibility and label completeness depend on the standardisation and completeness of affiliation strings in the source metadata. Networks were built using co-authorship links between institutions (full counting), and visualisation parameters (label length, minimum occurrence threshold to 2, and scaling) were adjusted to maximise readability without altering the underlying network structure.

The institutional collaboration map reveals how SiD serves as a meeting point for Brazilian and international sustainability communities. The Universidade de Brasília (UnB) serves as the central hub, with the highest total link strength, reflecting its institutional role as host and focal point of editorial coordination.

Surrounding UnB, a dense cluster of federal and state universities- including UFMG, UFSC, UFPI, UFRN, Fiocruz, and Unicamp—- indicates strong domestic collaboration across regions. These networks align with Brazil's public research infrastructure, which remains the primary driver of sustainability science in the country.

The map also shows international partners, such as French research centres active in rural development and socio-ecological governance. These links highlight SiD's role as a South-North bridge, particularly in PES, territorial governance, and political ecology.

Table 1 – SDG heatmap (counts and percentages per SDG per year)

Year	SDGs	SDG1	SDG2	SDG3	SDG4	SDG5	SDG6	SDG7	SDG8	SDG9	SDG10	SDG11	SDG12	SDG13	SDG14	SDG15	SDG16	SDG17
2010	Percentage	2,13	2,13	17,02	0	0	14,89	0	0	0	0	2,13	2,13	36,17	0	23,4	0	0
2011	Percentage	0	10,29	0	0	0	1,47	13,24	1,47	1,47	0	13,24	4,41	22,06	0	25	1,47	5,88
2012	Percentage	5,26	7,89	5,26	5,26	0	0	0	5,26	5,26	10,53	5,26	23,68	13,16	0	13,16	0	0
2013	Percentage	4,11	12,33	0	0	0	4,11	0	1,37	0	0	1,37	6,85	16,44	0	52,05	1,37	0
2014	Percentage	1,32	36,84	1,32	0	9,21	3,95	3,95	6,58	0	2,63	3,95	14,47	6,58	0	9,21	0	0
2015	Percentage	2,06	18,56	0	1,03	0	1,03	0	3,09	2,06	2,06	12,37	18,56	15,46	0	23,71	0	0
2016	Percentage	1,56	30,47	0	0	0	7,81	8,59	3,91	2,34	3,91	3,91	8,59	8,59	1,56	17,97	0,78	0
2017	Percentage	1,45	15,94	1,45	0	4,35	10,14	1,45	2,9	1,45	0	8,7	7,25	10,14	0	30,43	4,35	0
2018	Percentage	1,01	2,02	14,14	0	0	15,15	5,05	5,05	4,04	1,01	4,04	12,12	13,13	1,01	21,21	0	1,01
2019	Percentage	5,45	8,18	0	0	0	3,64	2,73	0,91	0	0	9,09	13,64	25,45	0	29,09	1,82	0
2020	Percentage	7,34	11,01	8,26	0	0	4,59	6,42	0	0	1,83	0	0	33,03	1,83	25,69	0	0
2021	Percentage	0,88	14,16	8,85	0	4,42	19,47	5,31	0,88	1,77	4,42	7,08	2,65	8,85	0	18,58	0,88	1,77
2022	Percentage	3,7	8,64	0	8,64	0	6,17	33,33	0	1,23	0	3,7	1,23	16,05	0	17,28	0	0
2023	Percentage	1,04	10,42	19,79	0	0	7,29	17,71	1,04	0	0	4,17	7,29	12,5	0	16,67	2,08	0
2024	Percentage	3,03	3,03	24,24	3,03	0	6,06	3,03	0	0	0	6,06	3,03	12,12	0	36,36	0	0
2025	Percentage	1,12	16,85	11,24	0	0	2,25	7,87	1,12	3,37	2,25	7,87	14,61	6,74	0	21,35	2,25	1,12

Source: The authors

ISSN-e 2179-9067

The SDG heatmap provides a synthetic visualisation of how SiD's thematic orientation evolved over 16 years. During 2010–2014, SDG 15, SDG 2 and SDG 12 dominated the palette, producing a plain "green-yellow" block in the heatmap associated with land, agriculture and conservation. This aligns with national debates around the Forest Code, rural conflicts and PES.

Between 2015 and 2019, the heatmap is more varied: SDG 11 (Cities), SDG 6 (Water), SDG 3 (Health) and SDG 13 (Climate) appear more frequently, reflecting SiD's diversification under the influence of the SDGs and the Paris Agreement. Notably, 2017–2018 display an extensive distribution across SDGs, corresponding to the peak in climate-urban-water publications.

In 2020–2025, SDG 13 and SDG 6 strongly intensify. This corresponds to the period of crisis convergence—Covid-19, extreme events, energy instability and renewed climate urgency. SDG 7 (Energy) becomes a stable presence. Meanwhile, SDG 5, SDG 14, SDG 16 and SDG 17 remain weak, revealing persistent thematic blind spots and opportunities for editorial strengthening.

3.5 IMPLICATIONS DISCUSSION

The evolution of Sustainability in Debate (SiD) over the past years illustrates how a regional, diamond open-access journal can become an active participant in the shifting architecture of sustainability debate. The results presented earlier—bibliometric trends, citation dynamics, institutional networks and SDG alignments—do not merely describe the journal's growth; they show how SiD has co-evolved with the political, economic and environmental turbulence that has characterised Brazil and the world since 2010, and how the journal has responded to the maturation of sustainability as a field. Interpreting these findings requires attention to the political economy of knowledge—how institutions, funding, language hierarchies and public policy shape what becomes visible or legitimised as sustainability research (Fritz; Binder, 2020).

3.5.1 TERRITORIAL IMPRINT AND SDG PROFILE

One of the clearest patterns across the journal's history is the enduring prominence of themes related to land use, forests, agriculture, rural development, environmental regulation and socio-territorial conflicts. As demonstrated in the early SDG heatmap and reinforced by citation peaks, SiD's most influential and longest-cited articles address Payments for Environmental Services (PES), forest governance, agrarian dynamics, and environmental institutions.

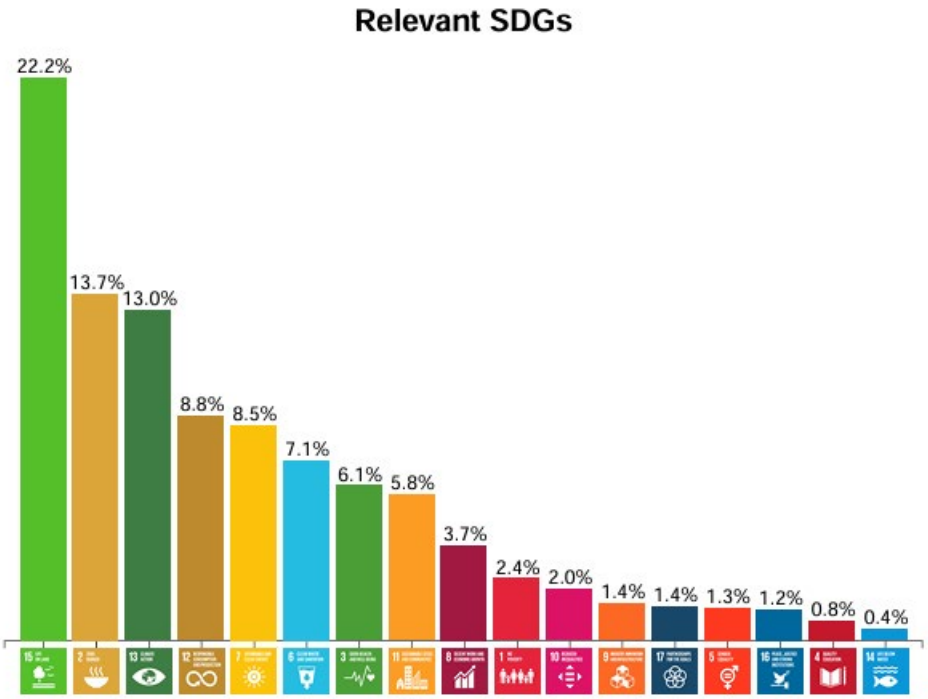


Figure 6 – Relative distribution of SDGs in the complete SiD corpus (2010–2025)

Source: The authors

This figure makes this territorial imprint explicit. When the entire OJS corpus is examined through the JRC SDGmapper, SDG 15 (Life on Land) accounts for 22.2% of all SDG signals, followed by SDG 2 (Zero Hunger/agriculture) with 13.7% and SDG 13 (Climate Action) with 13.0%. SDG 12 (Responsible Consumption and Production) and SDG 7 (Affordable and Clean Energy) follow with 8.8% and 8.5%, respectively. In comparison, SDG 6 (Clean Water and Sanitation) and SDG 3 (Good Health and Well-being) account for 7.1% and 6.1%, respectively. Urban and economic themes associated with SDG 11 (Sustainable Cities) and SDG 8 (Decent Work and Economic Growth) are present but less dominant (5.8% and 3.7%). The remaining goals—SDGs 1, 9, 10, 17, 5, 16, 4 and 14—each register below 3% of the total lexical signal.

Taken together, these results reinforce the idea that SiD's intellectual centre of gravity lies in land-based socio-environmental conflicts, agro-ecosystems, forest governance and climate–energy interactions—issues that are structurally central to Brazil's development trajectory and to global debates on tropical sustainability. Brazil's climate politics and environmental relevance are inseparable from the land question (Silva *et al.*, 2023). Since 2010, national disputes around the Forest Code, the legal status of conservation units, agribusiness expansion and deforestation in the Amazon and Cerrado have shaped public discourse and mobilised academic communities. The long-lasting citation curves of early articles show that these issues remain salient as political struggles intensify, including the rollback of environmental protections between 2019 and 2022 and the renewed emphasis on forest governance under the federal administration inaugurated in 2023.

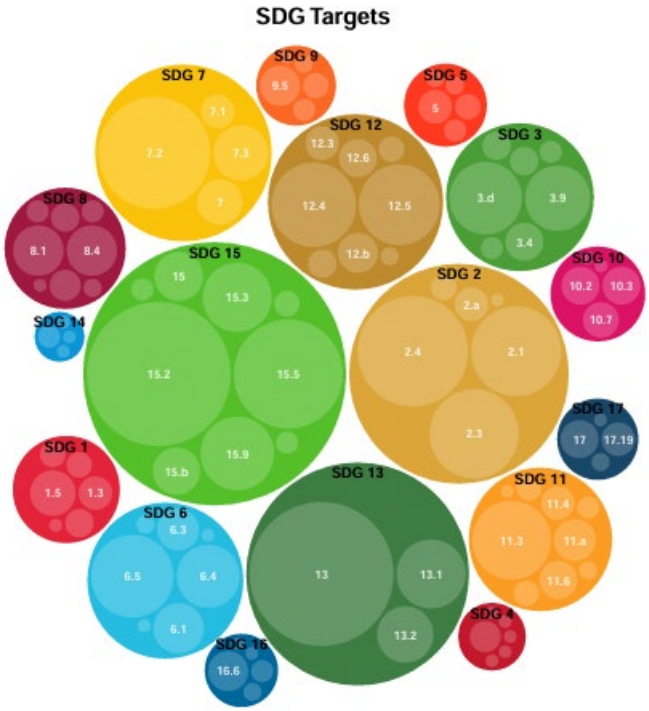


Figure 7 – Distribution of SDG targets in the complete SiD corpus (2010–2025)

Source: The authors

This second lens offers a finer-grained view of this pattern. Within SDG 15, the most prominent targets are 15.2, 15.3, and 15.5, which address sustainable forest management, land degradation neutrality, and biodiversity conservation, respectively. For SDG 2, the focus is on targets 2.3 and 2.4, centred on agricultural productivity, sustainable food systems, and resilient production practices. This configuration closely mirrors highly cited contributions on PES, conservation units, and rural areas, which explicitly debate the trade-offs between agricultural expansion, forest protection, and the rights of rural communities. A similar pattern appears for SDG 13, where targets 13.1 and 13.2—adaptation and integration of climate measures into policy and planning—dominate; these are precisely the concerns of later articles such as Marengo *et al.* (2020) and Perez *et al.* (2020), which examine climate risks, disaster incidence and warming scenarios in relation to institutional capacities and territorial inequalities (Marengo; Filho, 2020; Perez, L., 2021).

SiD thus mirrors the "territorial imprint" of Brazilian sustainability science in which land conflicts, environmental justice and governance tensions form the core of academic and policy debates. Rather than a thematic bias, this reflects the journal's country-specific focus, where territorial politics are foundational to sustainability transitions.

3.5.2 INTERNATIONALISATION DYNAMICS

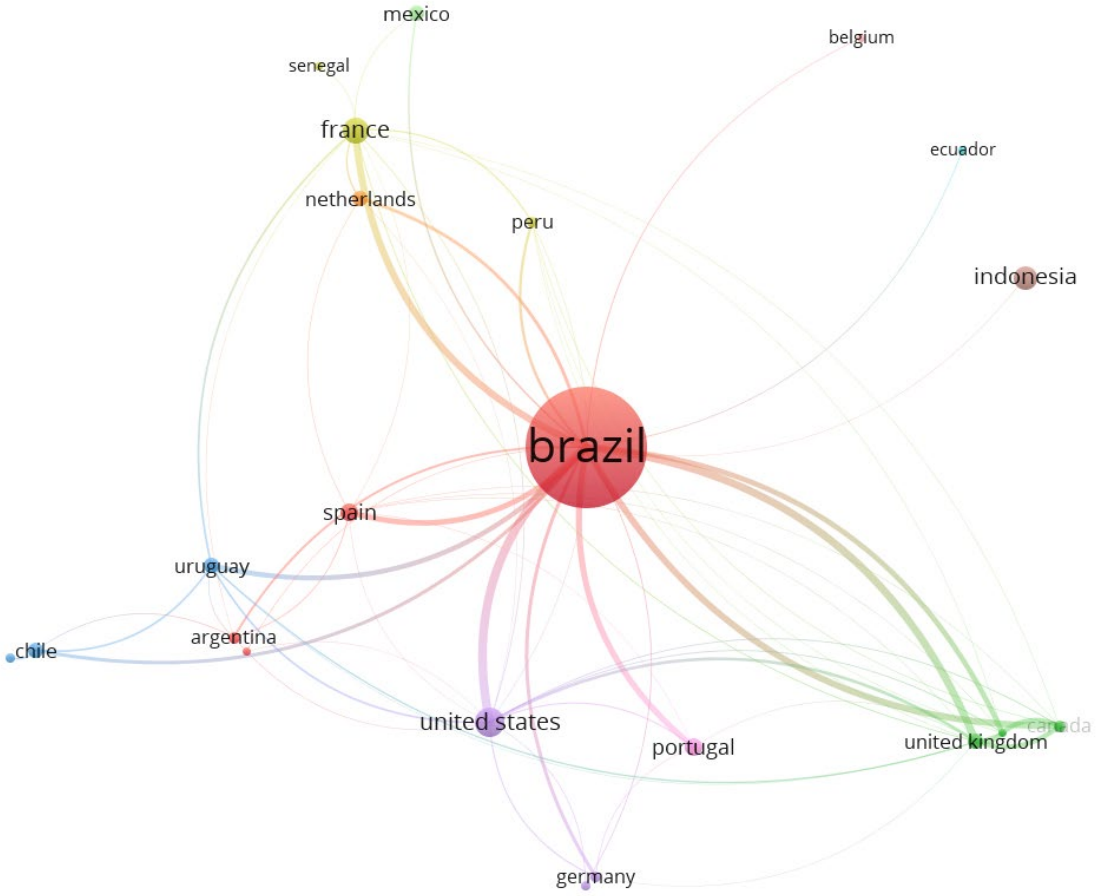


Figure 8 – International distribution and collaboration network of authors' country affiliations in Sustainability in Debate (with two or more contributions) 2010 - 2025

Source: The authors

Figure 8, generated with *VosViewer,* depicts the international co-authorship network by country based on Crossref-indexed affiliation metadata. Nodes represent countries and are sized according to the number of articles with at least one affiliated author, while links represent international co-authorships. The network, therefore, captures patterns of cross-national collaboration rather than purely domestic co-authorships, which are reflected in node size but not shown as reflexive links. Peripheral countries with smaller node sizes, such as Canada, indicate more limited participation in international collaborations within the journal's corpus, rather than invisibility in the dataset.

Alongside thematic diversification, the evolution of Sustainability in Debate also reveals a gradual process of internationalisation. While Brazilian institutions remain structurally central, reflecting the journal's territorial anchoring, the corpus shows a steady integration of authors affiliated with institutions in Europe (notably France, the United Kingdom, Portugal, Spain and Germany), North America (United States, Canada), Latin America and, more recently, Africa and Asia.

This diversification becomes more visible after 2015 and intensifies in the 2020–2025 period, when contributions from countries such as Indonesia, Senegal and Ukraine appear alongside studies grounded in Brazilian socio-environmental issues (Figure 9). SiD's trajectory suggests a relational and thematic form of internationalisation, driven by shared research agendas in climate change, governance, bioeconomy and socio-environmental justice.

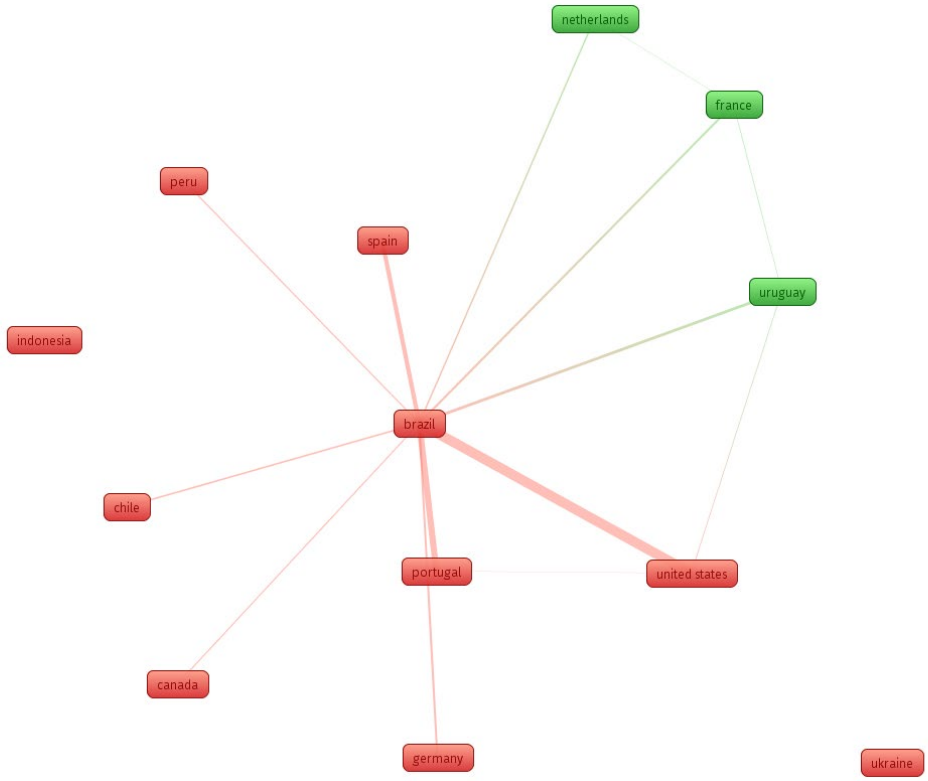


Figure 9 – International distribution and collaboration network of authors' country affiliations in Sustainability in Debate (with two or more contributions) 2020 - 2025

Source: The authors

3.5.3 THE AGENDA 2030 TURN AND THEMATIC DIVERSIFICATION

From 2015 onwards, SiD entered a period marked by a clear broadening of its thematic horizon. This shift is visible across structural indicators: co-authorship levels rise, institutional collaboration networks become denser and more geographically diverse, and the SDG lexical profile becomes more varied, with expanding signals associated with SDGs 11 (Cities), 6 (Water), 3 (Health) and 13 (Climate Action).

This transformation closely corresponds to a broader reconfiguration of sustainability debates. Globally, 2015 was a watershed year. The adoption of the 2030 Agenda and the Paris Agreement did more than add new policy frameworks; they legitimised integrated, cross-scalar and solution-oriented approaches to sustainability. Funding agencies and research networks pivoted toward climate adaptation, low-carbon transitions, urban resilience and the social dimensions of vulnerability—domains that demand interdisciplinary collaboration and shared conceptual languages. Rapid advances in climate modelling, risk assessment and geospatial analysis, encapsulated in successive IPCC assessment cycles (IPCC, 2014, 2023), reinforced this methodological shift.

Brazil's trajectory magnified these dynamics. The severe 2014–2015 drought in São Paulo—the most intense in nearly a century—exposed deep infrastructural and institutional vulnerabilities and catalysed debate around water governance, inequality and hydro-political risk. The 2015 Mariana tailings dam failure, followed by the Brumadinho disaster in 2019, revealed systemic weaknesses in environmental licensing, corporate accountability and risk governance, placing mining-related socio-environmental conflicts at the centre of national and international scrutiny. The 2019–2021 Amazon fires further drew global attention to deforestation dynamics, governance fragility and political conflict surrounding environmental monitoring. More recently, recurrent extreme floods in southern Brazil—culminating in

the 2023–2024 events in Rio Grande do Sul—have underscored the cascading effects of climate change on urban infrastructure, territorial planning and social vulnerability. In parallel, recurrent droughts in the semi-arid Northeast have continued to expose the socio-ecological dimensions of climate vulnerability, particularly affecting rural women and low-income households.

Perez *et al.* (2020) map how climate-related disasters reinforce Brazil's regional inequalities, while Santos *et al.* (2021) reinterpret the 2013–2015 São Paulo water crisis as a socially constructed disaster risk, rooted in governance choices rather than hydrology alone. Braga and Fonseca (2021) examine the regulatory responses that emerged in the wake of the Mariana and Brumadinho mining dam failures, showing how large-scale disasters can trigger reactive — and often partial — improvements in environmental policy. More recently, Fardin *et al.* (2023) analysed extreme rainfall and rain-triggered disasters in Petrópolis (RJ), and Coelho-de-Souza *et al.* (2024) discuss ecological restoration strategies in the context of the "climate catastrophe" in the PAN Lagoas do Sul territory, while Correia (2024) explores (im)mobility and adaptation to drought in the Seridó Potiguar. Together, these contributions illustrate how the journal tracks and problematises the country's shifting disaster landscape, from mining ruptures to urban floods and chronic drought in the semi-arid Northeast. Methodologically, this expansion is supported by a turn to interdisciplinary and transdisciplinary research. As sustainability problems become more complex, SiD increasingly publishes work that relies on collaboration among climatologists, geographers, sociologists, public health specialists, planners and policy analysts. The rise in the average number of authors per article directly corresponds to the need for large-scale data integration, modelling capacity, and multi-actor engagement.

It is also important to distinguish between the SDG coverage emerging from individual submissions and that resulting from the journal's thematic dossiers. While spontaneous submissions reflect broader research agendas circulating in the field, special issues introduce a degree of editorial induction, temporarily amplifying specific SDGs aligned with strategic debates. For instance, thematic dossiers such as *Gender: a necessary approach to water management,* among others*,* have contributed to heightened visibility of specific SDGs. In this case, SDG5 and 6.

However, diversification is not uniform. The aggregated SDG profile underscores stark asymmetries: SDG 14 accounts for only 0.4% of all signals, SDG 4 for 0.8%, SDG 16 for 1.2%, SDG 5 for 1.3% and SDG 17 for 1.4%. In practical terms, questions of gender justice, institutional quality, peace, partnerships and marine systems are almost absent from SiD's lexical landscape compared with forests, agriculture and climate. These low values partly reflect Brazil's continental, land-centred research priorities, but also mirror well-documented global imbalances in SDG-related co-authorship, in which governance, gender, and research on strong institutions remain underfunded and underrepresented. For SiD, recognising these blind spots is less a matter of self-critique than of strategic diagnosis: they point to concrete opportunities for future calls, thematic dossiers and editorial priorities.

3.5.4 CRISIS CONVERGENCE, DATA-DRIVEN METHODS AND SECOND-GENERATION SUSTAINABILITY

The period from 2020 to 2025 represents a profound reorientation in SiD's thematic and epistemic landscape, coinciding with what scholars describe as "crisis convergence"—the overlapping and mutually reinforcing pressures of climate change, public health emergencies, socio-environmental inequalities and governance erosion (Kelman *et al.*, 2024). These crises interact across temporal and spatial scales, amplifying vulnerabilities and exposing systemic limitations in environmental governance, risk management and social protection. Unsurprisingly, SiD's recent publications bear the imprint of this turbulent conjuncture.

The COVID-19 pandemic catalysed global shifts in sustainability scholarship, renewing attention to the entanglements among ecological degradation, zoonotic disease, public health capacity, and economic fragility. This stimulated work on environmental epidemiology, planetary health, and crisis-responsive

governance, strengthening conceptual bridges between human well-being and ecological integrity (Janaína A.). Although SiD did not become a public health journal, the rise of SDG 3 signals in the SDGmapper heatmap indicates growing engagement with health–environment linkages.

Methodologically, 2020–2025 marks an acceleration toward data-intensive, computational and geospatial approaches. Reliance on satellite monitoring, climate simulation models, machine learning tools for environmental analysis and GIS-based vulnerability mapping aligns SiD with the broader movement toward "data-driven sustainability science". These tools enable more granular analyses of environmental change but also require interdisciplinary teams with diverse technical capacities, which helps explain the record-high co-authorship levels observed in this period.

This conjuncture is also reflected in SiD's editorial dynamics. Between 2020 and 2025, the journal experienced a marked increase in submissions, alongside a stable but selective acceptance rate. In the figure below, we see that the journal received 742 submissions, of which 269 were accepted, and 295 were ultimately published, corresponding to approximately 70 submissions and just over 30 published articles per year. The overall acceptance rate of roughly 40%, combined with a 60% rejection rate, indicates a moderate but consistent level of selectivity. Notably, almost half of all rejections occur at the desk-review stage, where manuscripts are filtered for scope, basic quality criteria, and ethical compliance. In contrast, a smaller share of rejections results from the whole peer-review process. This pattern suggests that SiD has progressively consolidated clearer editorial standards and screening procedures, balancing openness to diverse contributions with the need to preserve scientific robustness and thematic coherence.

3.5.5 POLICY RELEVANCE, KNOWLEDGE CO-PRODUCTION AND FUTURE DIRECTIONS

These contributions exemplify a broader shift in sustainability science toward knowledge co-production, in which researchers, policymakers and communities jointly define problems and co-create solutions. SiD's editorial structure—marked by bilingual editions, thematic dossiers and open-access dissemination—creates favourable conditions for such engagement. By combining scientific rigour with accessibility, the journal helps translate complex socio-environmental evidence into formats that can inform public understanding and institutional action, acting as a mediating infrastructure between epistemic communities and governance arenas.

This infrastructural function is particularly relevant in a country where political fluctuations and uneven institutional capacities frequently destabilise sustainability governance. Journals such as SiD contribute to an institutional memory in sustainability debates. They document long-term patterns that extend beyond electoral cycles and inform future planning. SiD's sustained attention to Amazonian governance, Indigenous land rights, urban socio-environmental inequality and environmental licensing controversies exemplifies this role.

As Brazil advances its commitments under the Paris Agreement and the 2030 Agenda, the importance of such knowledge infrastructures becomes even more evident. Implementing climate adaptation strategies, advancing energy transitions, designing resilient cities and enforcing environmental regulations require not only technical expertise but also inclusive, accessible and context-sensitive knowledge systems. SiD contributes to this landscape by translating scientific evidence into publicly intelligible narratives, amplifying local and Indigenous knowledge, identifying thematic gaps and emerging priorities through bibliometric and SDG-based analyses, maintaining continuity in environmental policy debates during periods of institutional dismantling, and supporting dialogue among universities, public institutions, NGOs, social movements and international partners.

At the same time, the SDGmapper analysis identifies areas where SiD's contributions could be further deepened. The relative weakness of SDG 5 (Gender Equality), SDG 14 (Life Below Water), SDG 16 (Peace,

Justice and Strong Institutions) and SDG 17 (Partnerships for the Goals) mirrors global imbalances in sustainability research but also signals opportunities. Strengthening these areas—through targeted calls, interdisciplinary dossiers, and collaboration with networks specialised in gender, governance, and marine systems—would allow the journal to further address governance, equity, and international cooperation, dimensions essential to transformative sustainability and still underdeveloped in both Brazilian policy and global scholarship.

Thus, SiD's role extends beyond scholarly publication: it actively shapes the epistemic and institutional foundations upon which sustainability governance in Brazil is being constructed, while contributing a distinctive Global South perspective to international sustainability science.

4 CONCLUSION

The analysis of *Sustainability in Debate* (SiD) reveals how a regional, diamond open-access journal can become an active agent in the construction of sustainability science rather than a passive repository of articles. By tracing the journal's trajectory from 2010 to 2025 through bibliometric indicators, institutional networks, and SDG-based text mining, this article shows that SiD's evolution is inseparable from Brazil's contested socio-environmental landscape and from wider transformations in global climate and development politics. The journal's thematic core around land, forests, agriculture and environmental governance reflects the centrality of territorial conflicts to Brazilian sustainability debates. At the same time, its later expansion towards climate risk, urban resilience, water crises, energy transitions and health–environment linkages mirrors the Agenda 2030 turn and the current phase of crisis convergence.

At the same time, the SDGmapper results demonstrate how SiD's corpus both reflects and partially challenges global inequalities in knowledge production. The strong presence of SDGs 15, 2, 13, 12, 7, and 6, and the relative absence of SDGs 5, 14, 16, and 17, reproduce a pattern observed in international sustainability research, in which governance, gender, oceans, and partnership remain under-represented. However, by documenting these imbalances at the scale of a single journal, this study turns the SDGs into a diagnostic tool for editorial strategy and field reflexivity. Rather than treating the SDGs solely as external policy goals, the analysis suggests that journals can use SDG-based mapping to monitor their thematic coverage and identify silences and open spaces for emerging agendas.

The findings also highlight the political and epistemic significance of SiD's institutional design. Its diamond open-access model, multilingual publication policy, and dense network of collaborations among Brazilian, Latin American, and European institutions position the journal as a boundary infrastructure connecting academic research, public policy, and social movements. Highly cited articles on Payments for Environmental Services, water crises, climate adaptation, and urban socio-environmental inequalities illustrate how journal publications can inform governmental reports, NGO work, and local struggles, thereby contributing to what might be called the institutional memory of sustainability governance in Brazil. This role is particularly important in settings where environmental policy oscillates sharply across electoral cycles and where scientific evidence is frequently contested.

On this basis, several implications can be drawn for SiD and for similar regional, open-access journals operating in the Global South. First, the territorial grounding that gives these journals their analytical strength should be preserved and deepened, while complemented by a more systematic engagement with themes currently at the margins of their SDG profiles—especially gender, institutions, peace, partnerships, and marine systems. Strategic calls, thematic dossiers and South–South collaborations focused on SDGs 5, 14, 16 and 17 could help rebalance the landscape without diluting the territorial focus that distinguishes these venues. Second, the consolidation of data-driven, geospatial, and modelling approaches observed in the most recent period underscores the importance of investing in methodological pluralism that integrates quantitative tools with qualitative, participatory, and

decolonial perspectives. Journals can play a key role in legitimising such hybrid designs and encouraging knowledge co-production among researchers, public authorities, and affected communities.

Third, the experience of SiD points to the need for sustained support to multilingual and diamond open-access publishing as a matter of epistemic justice, not merely of dissemination logistics. Insofar as language and paywalls structure whose knowledge counts, maintaining open, multilingual platforms in public universities is itself a contribution to more democratic science systems. Strengthening these infrastructures—through stable funding, technical support, and international partnerships that do not recentre Northern agendas—is essential if Global South journals are to continue to serve as spaces where local priorities and global debates can meet on more equal terms.

In sum, the case of *Sustainability in Debate* demonstrates that the geography and governance of scientific publishing are integral components of sustainability transitions. Journals such as SiD help shape which problems are named, which territories are visible, which actors are heard and which solutions become imaginable. Recognising them as strategic sites of knowledge production and political articulation invites a research agenda that goes beyond impact metrics to examine how editorial choices, access models and linguistic architectures condition the possibilities of sustainability science. For SiD and its peers, the challenge ahead is to consolidate their role as territorially rooted, globally connected and epistemically plural infrastructures capable of supporting the profound transformations demanded by the climate and sustainability crises of the twenty-first century.

STATEMENT ON THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

The authors declare that no generative AI or AI-assisted technologies were used in the creation, writing, or editing of this manuscript.

REFERENCES

BAMMER, G.; FOLEY, T.; CHITRAVAS, N.; RICHARDSON, A. P.; VALTER, K.; NABAVI, E.; JOHNS-BOAST, L.; BROWNE, C. A.; NURMIKKO-FULLER, T.; JONES, J. S. Advancing transdisciplinarity through library–academic collaboration. **Humanities and Social Sciences Communications**, [*N.p.*], v. 12, n. 1, p. 1326, 14 Aug. 2025. Available at: https://doi.org/10.1057/s41599-025-05492-6.

BRAGA, M. C. dos R.; FONSECA, A. de F. C. Reactive improvement of environmental policies: lessons from the Mariana and Brumadinho disasters. **Sustainability in Debate**, [*N.p.*], v. 12, n. 3, p. 182–213, 2021. Available at: https://doi.org/10.18472/SustDeb.v12n1.2021.39412.

CANAGARAJAH, A. **A Geopolitics of Academic Writing**. 2002. University of Pittsburgh Press. Available at: https://upittpress.org/books/9780822957942/. Access in: 6 Dec. 2025.

CORREIA, I. A. Migração ambiental, (i)mobilidade e adaptação às secas no Seridó Potiguar. **Sustainability in Debate**, [*N.p.*], v. 15, n. 3, p. 229–259, 21 Dec. 2024. Available at: https://doi.org/10.18472/SustDeb.v15n3.2024.55532.

DEBAT, H.; OKAFOR, I. A.; SHITINDO, M.; AMARAL, O. B.; IZZATI, N.; BASU MALLICK, C.; HENRY, A. O.; DINE, R. D.; SANTACRUZ-PEREZ, C. How the Global South is reshaping scholarly communication. **eLife**, [*N.p.*], v. 14, p. e108426, 2025. Available at: https://doi.org/10.7554/eLife.108426.

FARDIN, S. C. S. G.; AGUILAR-MUÑOZ, V.; DIAS, L. F.; BASTOS, B. J. M. T. e; CUNHA, A. P. M. do A. Identificação de eventos extremos de precipitação e desastres deflagrados por chuvas no município de

Petrópolis-RJ. **Sustainability in Debate**, [*N.p.*], v. 14, n. 2, p. 84–113, 31 Aug. 2023. Available at: https://doi.org/10.18472/SustDeb.v14n2.2023.49463.

FRITZ, L.; BINDER, C. Whose knowledge, whose values? An empirical analysis of power in transdisciplinary sustainability research. **European Journal of Futures Research**. 2020. Available at: https://link.springer.com/article/10.1186/s40309-020-0161-4. Access in: 7 Dec. 2025.

FUNTOWICZ, S.; RAVETZ, R. **Science for the Post-Normal**. [*N.p.*], 1993.

GUIMERÀ, Roger; UZZI, Brian; SPIRO, Jarrett; AMARAL, Luís A. Nunes. Team assembly mechanisms determine collaboration network structure and team performance. *Science*, Washington, DC, v. 308, n. 5722, p. 697–702, 2005.HOFMANN, B.; SALOMON, H.; HOFFMANN, S. Roles of researchers in inter- and transdisciplinary sustainability research: a reflection tool. **Sustainability Science**, [*N.p.*], v. 20, n. 3, p. 777–792, 1 May 2025. Available at: https://doi.org/10.1007/s11625-024-01619-x.

IPCC. **Fifth Assessment Report**. 2014. Available at: https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar5/. Access in: 7 Dec. 2025.

IPCC. **Sixth Assessment Report**. 2023. Available at: https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/. Access in: 7 Dec. 2025.

KANO, H.; HAYASHI, T. I. A framework for implementing evidence in policymaking: perspectives and phases of evidence evaluation in the science-policy interaction. **Environmental Science & Policy**, [*N.p.*], v. 116, p. 86–95, 1 Feb. 2021. Available at: https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.09.001.

KELMAN, C. C.; SRINIVASAN, J.; BAJAJ, T. L.; RASCHKE, A. B.; BROWN-WOOD, R. N.; KELLNER, E.; AHN, M.; KARIUKI, R. W.; SIMEONE, M.; SCHOON, M. Convergence research as transdisciplinary knowledge coproduction within cases of effective collaborative governance of social-ecological systems. **Ecology and Society**, [*N.p.*], v. 29, n. 4, 31 Nov. 2024. DOI: 10.5751/ES-15534-290423. Available at: https://ecologyandsociety.org/vol29/iss4/art23/. Access in: 7 Dec. 2025.

KULYK, M. M. Challenges of Open Science: problems of metadata research and analysis of scientometric indicators of scientists (experience of the Scientific Library of Yaroslav Mudryi National Law University). **SSRN Electronic Journal**, [*N.p.*], p., 2025. Available at: https://doi.org/10.2139/ssrn.5136673.

MARENGO, J.; FILHO, S. Impacts, vulnerability and adaptation to climate change in Brazil: an integrated approach. [*N.p.*], 2020. DOI: 10.18472/SustDeb.v11n3.2020.35624. Available at: https://www.researchgate.net/publication/348395784_Impacts_vulnerability_and_adaptation_to_climate_change_in_Brazil_an_integrated_approach. Access in: 7 Dec. 2025.

MARTÍN-MARTÍN, A.; ORDUNA-MALEA, E.; THELWALL, M.; DELGADO LÓPEZ-CÓZAR, E. Google Scholar, Web of Science, and Scopus: a systematic comparison of citations in 252 subject categories. **Journal of Informetrics**, [*N.p.*], v. 12, n. 4, p. 1160–1177, 2018.

PEREZ, L. **Climate change and the unsustainable urbanism in the municipality of João Pessoa, PB, Brazil**. [*N.p.*], 2021. DOI: 10.18472/SustDeb.v11n2.2020.32330. Available at: https://www.researchgate.net/publication/343995280_Climate_change_and_the_unsustainable_urbanism_in_the_municipality_of_Joao_Pessoa_PB_Brazil. Access in: 7 Dec. 2025.

PEREZ, L. P.; RODRIGUES FILHO, S.; MARENGO, J. A.; SANTOS, D. V.; MIKOSZ, L. Climate change and disasters: analysis of the Brazilian regional inequality. **Sustainability in Debate**, [*N.p.*], v. 11, n. 3, p. 260–296, 31 Dec. 2020. Available at: https://doi.org/10.18472/SustDeb.v11n3.2020.33813.

POPPER, K. R. **The Logic of scientific discovery**. Repr. 2008 (twice). London: Hutchinson, 1959. 513 p. (Routledge classics).

SAHLE, M.; LAHOTI, S. A.; LEE, S.-Y.; BRUNDIERS, K.; VAN RIPER, C. J.; POHL, C.; CHIEN, H.; BOHNET, I. C.; AGUILAR-RIVERA, N.; EDWARDS, P.; PRADHAN, P.; PLIENINGER, T.; BOONSTRA, W. J.; FLOR, A. G.; DI FABIO, A.; SCHEIDEL, A.; GORDON, C.; ABSON, D. J.; ANDERSSON, E.; DEMARIA, F.; KENTER, J. O.; BROOKS, J.; KAUFFMAN, J.; HAMANN, M.; GRAZIANO, M.; NAGABHATLA, N.; MIMURA, N.; FAGERHOLM, N.; O'FARRELL, P.; SAITO, O.; TAKEUCHI, K. Revisiting the sustainability science research agenda. **Sustainability Science**, [*N.p.*], v. 20, n. 1, p. 1–19, 1 Jan. 2025. Available at: https://doi.org/10.1007/s11625-024-01586-3.

SALVADOR, E. Financiamento da Educação no Contexto de Ajuste Fiscal no Brasil. **Educação & Sociedade**, [*N.p.*], v. 45, p. e286672, 2024. Available at: https://doi.org/10.1590/es.286672.

SANTOS, I. P. de O.; FRACALANZA, A. P.; COATES, R.; WARNER, J. São Paulo's 2013 water crisis: a socially constructed disaster risk. **Sustainability in Debate**, [*N.p.*], v. 12, n. 3, p. 167–181, 31 Dec. 2021. Available at: https://doi.org/10.18472/SustDeb.v12n1.2021.38652.

SILVA, I. A. da; JACOBI, P. R.; LAZARO, L. L. B.; LAUDA-RODRIGUEZ, Z. L. Challenges and struggles in recovering Brazil's socio-environmental agenda. **Ambiente & Sociedade**, [*N.p.*], v. 26, p. e00003, 2023. Available at: https://doi.org/10.1590/1809-4422asoceditorialENG2023L3ED.

SOUZA, G. C.; MELLO, R. S. P.; TABOADA, J. K.; MIRANDA, T. M. Restauração ecológica para o SocioBioCotidiano: Nexus + no contexto da catástrofe climática no território do PAN Lagoas do Sul. **Sustainability in Debate**, [*N.p.*], v. 15, n. 2, p. 204–242, 31 Aug. 2024. Available at: https://doi.org/10.18472/SustDeb.v15n2.2024.54267.

STAR, S. L.; GRIESEMER, J. R. Institutional Ecology, `Translations' and Boundary Objects: amateurs and professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39. **Social Studies of Science**, [*N.p.*], v. 19, n. 3, p. 387–420, 1 Aug. 1989. Available at: https://doi.org/10.1177/030631289019003001.

SUGIMOTO, C. R.; LARIVIÈRE, V. **Measuring Research:** what everyone needs to know®. Oxford, New York: Oxford University Press, 2 Jan. 2018. 168 p. (What Everyone Needs To Know®).

TENNANT, J. P. Web of Science and Scopus are not global databases of knowledge. **European Science Editing**, [*N.p.*], v. 46, p. e51987, 27 Oct. 2020. Available at: https://doi.org/10.3897/ese.2020.e51987.

UNESCO. Relatório de monitoramento global da educação, 2020, América Latina e Caribe. Inclusão e educação: todos sem exceção, principais mensagens e recomendações - Unesco Digital Library. 2020. Available at: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374790_por. Access in: 6 Dec. 2025.

WYBORN, C.; DATTA, A.; MONTANA, J.; RYAN, M.; LEITH, P.; CHAFFIN, B.; MILLER, C.; KERKHOFF, L. van. Co-Producing Sustainability: reordering the governance of science, policy, and practice. **Annual Review of Environment and Resources**, [*N.p.*], v. 44, 2019, p. 319–346, 17 Oct. 2019. Available at: https://doi.org/10.1146/annurev-environ-101718-033103.



In this last edition of 2025, *Sustainability in Debate* reaffirms its commitment to science and to critical engagement with the climate crisis in a context marked by socio-environmental inequalities, political disputes and institutional fragility. It is not possible to address the climate crisis without simultaneously confronting socio-environmental inequalities, governance deficits and the weakening of public institutions.

Centred on the dossier "Adaptation to Extreme Climate Events and Socio-Environmental Resilience: Impacts, Challenges, and Strategies", this issue brings together studies addressing climate risks, vulnerabilities, public policies, local practices and institutional innovations across different regions of Brazil. The *Varia* section broadens the discussion by engaging with themes such as energy, territory, participatory science, political discourse and the journal's own trajectory.

In a moment when prevention is fairer and less costly than remediation, *Sustainability in Debate* reasserts its defence of science, cooperation and intergenerational responsibility.

Nesta última edição de 2025, Sustainability in Debate *reafirma seu compromisso com a ciência e com o enfrentamento crítico da crise climática em um contexto marcado por desigualdades socioambientais, disputas políticas e fragilização institucional. Não é possível enfrentar a crise climática sem enfrentar, simultaneamente, as desigualdades socioambientais, os déficits de governança e a fragilização das instituições públicas.*

Estruturada em torno do Dossiê "Adaptação a eventos climáticos extremos e resiliência socioambiental: impactos, desafios e estratégias", esta edição reúne estudos que analisam riscos, vulnerabilidades, políticas públicas, práticas locais e inovações institucionais associadas à adaptação climática em diferentes regiões do Brasil. A seção Varia *amplia o debate ao abordar temas como energia, território, ciência participativa, discursos políticos e a trajetória da própria revista.*

Diante de um cenário em que prevenir é mais justo e menos custoso do que remediar, Sustainability in Debate *reafirma sua posição em defesa da ciência, da cooperação e da responsabilidade intergeracional.*

Execution

CDS-UnB lacis LEA-UnB

Editing

EDITORAIABS

Support

IABS fapdf Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal