



SUSTAINABILITY IN DEBATE

SUSTENTABILIDADE EM DEBATE



EDITORIAL

Sustainability, democracy and knowledge: interdependence under attack

ARTICLES VARIA

Has there been a weakening of environmentalism in Brazil?

Impacts of mining on the residential rental market in Ouro Preto, Brazil

Socio-environmental projections of lithium exploitation in Puno: configuration of the social territory by the lithiferous activity in Peru by 2024

Rural productive inclusion and sustainable (agri-)food systems: the geography of transitions

Assessment of hegemonic and peripheral healthcare systems: a methodological proposal

Medication disposal: knowledge and practices of primary health care users in the municipality of Araçatuba, State of São Paulo, South-eastern Brazil

Application of the Pressure-State-Impact-Response model for urban mobility analysis in João Pessoa

Brazilian adolescents' dietary environmental footprints: a cross-sectional study with data from the National Students' Health Survey, 2015

Digitalisation and sustainability convergence: leveraging artificial intelligence capabilities to enhance agri-food value chains' sustainability in Africa

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: Fabiano Toni

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

Editing: Javiera de la Fuente C. / Editora IABS / www.editoraiabs.com.br

Text Formatting: 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: sustentabilidade.debate@gmail.com | 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.1 (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 Autònoma 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

Table of Contents / Sumário

EDITORIAL / EDITORIAL

Sustainability, democracy and knowledge: interdependence under attack / *Sustentabilidade, democracia e conhecimento: interdependência sob ataque*

By/Por: Carlos Hiroo Saito, Marcel Bursztyn, Frédéric Mertens, Patrícia Mesquita, Cristiana Dobre

doi:10.18472/SustDeb.v16n1.2025.57868..... 06

ARTICLES VARIA / ARTIGOS VARIA

Has there been a weakening of environmentalism in Brazil? / *Houve um enfraquecimento do ambientalismo no Brasil?*

By/Por: José Roberto Porto de Andrade Júnior

doi:10.18472/SustDeb.v16n1.2025.56346..... 12

Impacts of mining on the residential rental market in Ouro Preto, Brazil / *Impactos da mineração no mercado de aluguéis residenciais em Ouro Preto, Brasil*

By/Por: Rosângela Aparecida Soares Fernandes, Victor Henrique Lana Pinto, Matheus Ferraz Faria, Arthur Martins Brangioni, José Roberto Fernandes Galindo

doi:10.18472/SustDeb.v16n1.2025.57080..... 46

Socio-environmental projections of lithium exploitation in Puno: configuration of the social territory by the lithiferous activity in Peru by 2024 / *Projeções socioambientais da exploração de lítio em Puno: configuração do território social pela atividade litífera no Peru até 2024*

By/Por: Rolando Paucar Jáuregui, Franco Rueda, Alexandra Paucar Peñaherrera

doi:10.18472/SustDeb.v16n1.2025.56266..... 75

Rural productive inclusion and sustainable (agri-)food systems: the geography of transitions / *Inclusão produtiva rural e sistemas (agro)alimentares sustentáveis: geografia das transições*

By/Por: Iván Gerardo Peyré Tartaruga, Paulo Cesar Oliveira Diniz, Mireya Eugenia Valencia Perafán, Mário Lucio de Avila

doi:10.18472/SustDeb.v16n1.2025.55626..... 113

Assessment of hegemonic and peripheral healthcare systems: a methodological proposal / *Avaliação dos sistemas hegemônicos e subalternos em saúde: uma proposta metodológica*

By/Por: Dimas Floriani

doi:10.18472/SustDeb.v16n1.2025.56056..... 156

Medication disposal: knowledge and practices of primary health care users in the municipality of Araçatuba, State of São Paulo, South-eastern Brazil / *Descarte de medicamentos: conhecimentos e práticas de usuários da atenção primária em saúde no município de Araçatuba, estado de São Paulo, Sudeste do Brasil*

By/Por: Aparecida de Fátima Michelin, Camila Pedrozo Rodrigues Furlan, Neuza Alves Bonifácio, Euclides Teixeira Neto, Kátia Denise Saraiva Bresciani

doi:10.18472/SustDeb.v16n1.2025.57307..... 190

Application of the pressure-state-impact-response model for urban mobility analysis in João Pessoa / *Aplicação do modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta para análise da mobilidade urbana em João Pessoa*
By/Por: Maria Lucineide Gomes da Silva, Gesinaldo Ataíde Cândido, Eduardo Rodrigues Viana de Lima

doi:10.18472/SustDeb.v16n1.2025.55740..... 222

Brazilian adolescents' dietary environmental footprints: a cross-sectional study with data from the National Students' Health Survey, 2015 / *Pegadas ambientais da alimentação de adolescentes brasileiros: estudo transversal com dados da Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar, 2015*

By/Por: Diôgo Vale, Camila Valdejane Silva de Souza, Natalie Marinho Dantas, Maria Hatjiathanassiadou, Clélia de Oliveira Lyra, Larissa Mont'Alverne Juca Seabra, Angelo Giuseppe Roncalli

doi:10.18472/SustDeb.v16n1.2025.57130..... 253

Digitalisation and sustainability convergence: leveraging artificial intelligence capabilities to enhance agri-food value chains' sustainability in Africa / *Digitalização e convergência da sustentabilidade: aplicação da inteligência artificial para melhorar a sustentabilidade das cadeias de valor agroalimentares na África*

By/Por: David Pooe, Watson Munyanyi

doi:10.18472/SustDeb.v16n1.2025.55859..... 285

Editorial

Sustainability, democracy and knowledge: interdependence under attack

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

doi:10.18472/SustDeb.v16n1.2025.57868

The year 2025 marks the beginning of the second quarter of the 21st century and the final third of the 2030 Agenda implementation period. It also inaugurates a new phase of alarming global warming, following the World Meteorological Organization's confirmation that 2024 was the hottest year on record: the global average surface temperature, consolidated from six datasets, reached 1.55°C ($\pm 0.13^\circ\text{C}$ uncertainty margin) above the 1850-1900 average. This milestone is historically unique as the first recorded instance of global temperatures surpassing the 1.5°C Paris Agreement threshold above pre-industrial levels.

In this context, the newly elected U.S. President signed an executive order withdrawing the country from the Paris Agreement in January. This follows domestic actions like dismantling the Environmental Protection Agency, established in 1970 and long considered a global benchmark for environmental policy, alongside oil/gas sector deregulations accelerating drilling and pipeline deployment. The “drill, baby, drill” rhetoric in presidential speeches signals a dangerous shift from climate denialism to state-sponsored anti-environmental action.

It is important to remember that this behaviour reinforces and results from the regression in advancing the principle that future generations have the right to a healthy environment. This principle is sinking into oblivion, giving way to the reign of short-termism and the immediate enjoyment of profits gained from the abusive exploitation of nature.

While the outlook for achieving tangible environmental sustainability appears grim, it is equally important to recognise the range of current complementary actions that reinforce this trajectory. These include the strengthening of denialism through efforts to dismantle social media regulation, the promotion of scientific obscurantism via cuts to research funding, the persecution of scientists, and the imposition of barriers to the free flow of information and international academic collaboration. The United States' withdrawal from the World Health Organization is emblematic of this anti-science stance, undermining global preparedness for future pandemics—even though it was precisely the international exchange of data and the joint efforts of scientists across borders that proved vital in overcoming the COVID-19 pandemic, the severity of which was subject to denial both there and elsewhere.

However, science discreditation extends beyond the Trump-era United States. In Germany, the Alexander von Humboldt Institute for Internet and Society (HIIG) launched the Capacities and Competencies for Dealing with Hate Speech and Hostility Towards Science (KAPAZ) project in 2023, aiming to understand the prevalence and forms of hostility towards science in the country and to develop resources to support researchers. The Academic Freedom Index – Update 2025, recently published by the V-Dem Institute (Gothenburg, Sweden) in collaboration with the Institute of Political Science at Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (Erlangen, Germany), highlights statistically significant declines in academic freedom across several countries over the ten years from 2014 to 2024. These include Bolivia, the United States, Argentina, Mexico, Portugal, Georgia, the United Kingdom, Lithuania, Finland, Israel, Poland, Germany, and Austria¹.

These data show that if the weakening of knowledge threatens sustainability, a simultaneous attack on these two pillars of our society necessarily entails an assault on a third, equally vital pillar: democracy. Restricting scientific freedom controls the knowledge that will be available and legitimised in the future. Similarly, shaping a society to adopt more conservative worldviews often involves targeting the arts and cultural expression. In the March 2025 U.S. executive order “Restoring Truth and Sanity to American History”, the President of the United States targeted the Smithsonian Institution, the largest network of museums and cultural venues in the country. It aimed to guarantee the removal of artworks and exhibitions accused of propagating a “divisive race-centered ideology”.

According to The Washington Post of 28 March 2025, one example of what this new executive order considers as “inappropriate ideology” is the exhibition “The Shape of Power: Stories of Race and American Sculpture”, which examines the role of sculpture in shaping and reflecting the concept of race in the United States. The exhibition remains open to the public at the Smithsonian American Art Museum until 14 September.

This combination of attacks on knowledge and freedom/democracy, through the imposition of surveillance and control regimes adapted to the 21st century, led The New York Times Magazine to publish, on 29 January 2025, an essay by Matthew Purdy entitled *We Are All Living in George Orwell’s World Now*. What does this reference to a literary dystopia, transposed into the present day, suggest as a possible result on our future’s sustainability?

Research freedom requires robust, continuous funding supporting established and emerging research groups. Ensuring open-access journals remain viable without exorbitant author fees is equally vital for inclusive science. Sustainability in Debate persists in this mission - disseminating rigorous research advancing global sustainability and a new planetary ethic.

This issue of Sustainability in Debate brings together a rich mosaic of reflections on the tensions, innovations, and possibilities shaping environmental governance and sustainable development today. The contributions enter into conversation across diverse contexts and approaches, tracing how political shifts, socio-environmental pressures, participatory dynamics, and policy frameworks influence sustainability in practice. Andrade Júnior revisits the erosion of environmentalism in Brazil, revealing how public disengagement and anti-environmental rhetoric have contributed to weakening the country’s environmental movement. Fernandes *et al.* examine the externalities of mining in Ouro Preto (MG), showing how extractive activities devalue the urban housing market and demand more balanced territorial policies. In the Andean region, Jáuregui *et al.* analyse the socio-environmental consequences of lithium exploitation in Puno, Peru, highlighting institutional fragility and community apprehensions around resource governance.

These territorial and ecological tensions echo in discussions on inclusion and policy innovation. Tartaruga *et al.* explore how rural innovation niches in the Brazilian Northeast generate sociotechnical alternatives to dominant agri-food regimes, opening pathways to inclusive, low-carbon food systems. Floriani draws on the Social Interaction System (SIS) model to explore the coexistence of hegemonic and peripheral healthcare systems, reflecting on the limits and possibilities for dialogue between dominant and alternative health practices. Michelin *et al.* focus on pharmaceutical waste in Araçatuba (SP), uncovering dissonance between environmental awareness and everyday disposal practices.

With a focus on tools and frameworks to guide more sustainable urban and food-related decisions, Silva *et al.* apply the PSIR model to urban mobility in João Pessoa, proposing a set of indicators for improving local planning. Vale *et al.* evaluate the environmental footprints of adolescents’ diets in Brazil, revealing how ultra-processed food consumption patterns reflect broader social and environmental inequalities.

Closing the issue, Poee and Munyanyi turn to the role of digital technologies, examining how artificial intelligence can strengthen the resilience and sustainability of agri-food value chains in Africa. Their study shows how digitalisation and sustainability converge to transform food systems in the Global South, offering insight into the future of innovation-driven governance.

We hope you enjoy reading this issue!

NOTES

1 | https://academic-freedom-index.net/research/Academic_Freedom_Index_Update_2025.pdf

Sustentabilidade, democracia e conhecimento: interdependência sob ataque

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

doi:10.18472/SustDeb.v16n1.2025.57868

O ano de 2025 inicia o segundo quarto do século XXI e marca a entrada no terço final do período de implementação da Agenda 2030. O ano de 2025 também inaugura um novo período de alarmante aquecimento global após a confirmação pela Organização Meteorológica Mundial de que 2024 foi o ano mais quente já registrado na história: a temperatura média global da superfície do planeta, calculada a partir da consolidação de seis conjuntos de dados, foi de 1,55°C (com uma margem de incerteza de $\pm 0,13^\circ\text{C}$) acima da média de 1850-1900. Esse dado representa um marco na história por um caráter muito particular: é o primeiro ano que se registra uma temperatura média global superior ao limite de 1,5°C de aumento – em relação à média pré-industrial de 1850-1900 – estabelecido no Acordo de Paris.

Justamente nesse contexto, o presidente eleito dos EUA assinou, em janeiro deste ano, um decreto que determina a saída do seu país do Acordo de Paris sobre mudanças climáticas. Esse ato se soma à iniciativa, no âmbito interno daquele país, de desmantelamento institucional da EPA (*Environmental Protection Agency*), criada em 1970, e que sempre foi uma referência para as políticas de proteção ambiental no mundo. E segue outras ações de desregulamentações do setor de petróleo e gás, visando acelerar a perfuração e a implantação de oleodutos. A retórica “*drill, baby, drill*”, expressa no discurso do presidente americano, apenas sinaliza uma mudança significativa no cenário: a passagem do discurso negacionista para ações práticas sob a tutela do Estado.

É importante lembrar que esse comportamento tem reflexos no (e também é resultado do) retrocesso na aceitação do princípio de que as futuras gerações têm direito a um ambiente saudável: esse princípio é lançado para as profundezas do esquecimento, dando lugar ao império do curtoprazismo e do desfrute imediato de rendimentos do abuso na exploração da natureza.

Se o cenário aponta para um futuro sombrio do ponto de vista da busca dos resultados ambientais concretos em termos de sustentabilidade planetária, é importante também analisar que um conjunto de ações complementares para fazer perdurar esse cenário está em curso: o reforço do negacionismo, com a busca da quebra dos mecanismos de regulação de redes sociais, e a tentativa de lançar os anos vindouros no obscurantismo científico, com corte de verbas para pesquisa, a perseguição aos cientistas, e as barreiras que se levantam contra o fluxo de informação e intercâmbio entre pesquisadores. A saída decretada dos EUA da Organização Mundial de Saúde encaixa-se na promoção do obscurantismo científico e na capacidade de enfrentamento de novas pandemias, porque foi justamente a circulação de informação e dados, e o esforço conjunto de cientistas de diferentes nacionalidades que permitiram vencer a pandemia da Covid-19, cuja magnitude da doença foi objeto de negação lá e cá.

Mas seria injusto restringir os processos de deslegitimação da ciência e ataque aos cientistas apenas aos EUA da era Trump. Na Alemanha, o *Alexander von Humboldt Institute for Internet and Society* (HIIG) lançou em 2023 o projeto Capacidades e Competências para Lidar com Discurso de Ódio e Hostilidade em Relação à Ciência (Kapaz), buscando entender a prevalência e as formas de hostilidade à ciência na Alemanha e criar recursos para dar suporte a pesquisadores. O relatório *Academic Freedom Index – Update 2025*, recentemente lançado pelo Instituto V-DEM (Gothenburg

Suécia) e o *Institute of Political Science/Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg* (Erlangen, Alemanha), mostra, em um comparativo de 10 anos (2014-2024), diversos países com registro de declínio estatisticamente significativo da liberdade acadêmica segundo o índice que mede essa liberdade: Bolívia, Estados Unidos da América, Argentina, México, Portugal, Geórgia, Reino Unido, Lituânia, Finlândia, Israel, Polônia, Alemanha e Áustria¹.

Esses dados mostram que se a sustentabilidade é ameaçada pelo enfraquecimento do conhecimento, o ataque simultâneo a esses dois pilares da nossa sociedade requer ainda o ataque a um terceiro pilar igualmente caro: a democracia. Restringir a liberdade de fazer ciência significa restringir o tipo de conhecimento a que se pretende dar acesso no futuro. E moldar as mentes de uma sociedade para assumir olhares mais conservadores requer também atacar as artes. No mês de março de 2025, o presidente dos EUA mirou a *Smithsonian Institution*, que responde pela maior rede de museus e locais culturais do país, com sua ordem executiva intitulada ‘Restaurando a Verdade e a Sanidade da História Americana’: para assegurar a remoção de obras e exposições cunhadas como portadoras do que foi chamado de “ideologia divisiva e centrada na raça”. Segundo o jornal *The Washington Post*, de 28 de março de 2025, um exemplo de “ideologia imprópria” por essa nova ordem executiva seria a exposição “*The Shape of Power: Stories of Race and American Sculpture*”, que examina o papel da escultura na “compreensão e construção do conceito de raça nos Estados Unidos” e que se encontra aberta ao público até 14 de setembro no *Smithsonian American Art Museum*.

Foi essa combinação entre o ataque ao conhecimento e à liberdade/democracia, pela imposição de regimes de vigilância e contenção, trazidos para o século XXI, que levou o *The New York Times Magazine* a publicar, em 29 de janeiro de 2025, um ensaio, assinado por Matthew Purdy, intitulado ‘*We Are All Living in George Orwell’s World Now*’. O que essa referência a uma distopia consagrada pela literatura, transposta para os dias de hoje, nos sugere como possível consequência para a sustentabilidade do nosso futuro?

Sustentar a liberdade de pesquisa requer políticas para amplo financiamento, com dotação orçamentária perene que tanto sustente os grupos de pesquisa consolidados como suporte o crescimento dos grupos emergentes. Assegurar que revistas científicas possam subsistir continuando como revistas de acesso livre, sem que os pesquisadores arquem pelo custo desse livre acesso a preços exorbitantes, também faz parte de uma política de fortalecimento da ciência inclusiva. A revista *Sustainability in Debate* persevera nesse caminho de divulgação de artigos de qualidade, que demonstrem a contribuição da ciência para a sustentabilidade global e o desenvolvimento de uma nova ética planetária.

Esta edição de *Sustainability in Debate* reúne um mosaico de reflexões sobre as tensões, inovações e possibilidades que moldam a governança ambiental e o desenvolvimento sustentável na atualidade. Os artigos dialogam entre diferentes contextos e abordagens, traçando como mudanças políticas, pressões socioambientais, dinâmicas participativas e marcos institucionais influenciam a sustentabilidade na prática. Andrade Júnior revisita o enfraquecimento do ambientalismo no Brasil, evidenciando como o desengajamento público e a retórica antiecológica contribuíram para a perda de força do movimento ambiental. Fernandes *et al.* analisam as externalidades da mineração em Ouro Preto (MG), mostrando como a atividade extrativista desvaloriza o mercado de aluguel residencial e exige políticas territoriais mais equilibradas. Na região andina, Jáuregui *et al.* investigam os impactos socioambientais da exploração de lítio em Puno, no Peru, destacando a fragilidade institucional e as preocupações das comunidades locais com a governança dos recursos.

Essas tensões territoriais e ecológicas ressoam em debates sobre inclusão e inovação em políticas públicas. Tartaruga *et al.* examinam como nichos de inovação rural no Nordeste brasileiro geram alternativas sociotécnicas aos regimes agroalimentares dominantes, abrindo caminhos para sistemas mais inclusivos e de baixo carbono. Floriani recorre ao modelo de Sistema de Interação Societal (SIS) para discutir a coexistência entre sistemas de saúde hegemônicos e periféricos, refletindo sobre os limites e possibilidades de diálogo entre práticas tradicionais e institucionais. Michelin *et al.* investigam

o descarte de medicamentos em Araçatuba (SP), revelando uma dissonância entre a consciência ambiental dos usuários e suas práticas cotidianas.

Com um foco no tema das ferramentas e modelos para orientar decisões urbanas e alimentares mais sustentáveis, Silva *et al.* aplicam o modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta (Peir) à mobilidade urbana em João Pessoa, sugerindo indicadores úteis à gestão municipal. Vale *et al.* analisam as pegadas ambientais das dietas de adolescentes brasileiros, revelando como padrões alimentares marcados por ultraprocessados refletem desigualdades sociais e ambientais mais amplas.

Encerrando a edição, Poe e Munyanyi exploram o papel das tecnologias digitais, examinando como a inteligência artificial pode fortalecer a resiliência e a sustentabilidade das cadeias de valor agroalimentares na África. O estudo aponta a convergência entre digitalização e sustentabilidade como força transformadora dos sistemas alimentares no Sul Global, oferecendo pistas sobre o futuro da inovação em governança.

Desejamos uma ótima leitura a todos(as)!

NOTAS

1 | https://academic-freedom-index.net/research/Academic_Freedom_Index_Update_2025.pdf

Has there been a weakening of environmentalism in Brazil?

Houve um enfraquecimento do ambientalismo no Brasil?

José Roberto Porto de Andrade Júnior¹

¹ PhD in Sociology, Professor, Institute of Applied Social Sciences, Federal University of Alfenas
(Unifal-MG), Varginha, MG, Brazil
E-mail: jose.junior@unifal-mg.edu.br

doi:10.18472/SustDeb.v16n1.2025.56346

Received: 03/12/2024
Accepted: 07/04/2025

ARTICLE- VARIA

ABSTRACT

The article aims to discuss negative trends in environmentalism in Brazil over recent decades, particularly within civil society. The main research techniques employed are document analysis and the analysis of secondary data. The primary sources include the World Values Survey (WVS), Google Trends, and records of the creation of Brazilian parliamentary fronts. The findings indicate that Brazil has experienced: a decline in public confidence in the environmental movement; a decrease in the proportion of the population holding membership in environmental organisations; a drop in Google searches related to environmental topics; and reduced electoral success of environmentalist candidates. The discussion highlights that among the causes of this weakening of environmentalism in Brazil are the success of the anti-environmental movement and a shift in social priorities due to economic, political, and public health circumstances. It is also emphasised that these societal trends form part of the contextual backdrop that helps explain the dismantling of environmental policy in Brazil during the Bolsonaro administration (2019–2022).

Keywords: Environmental movement. Civil society. Brazil. Weakening. Dismantling.

RESUMO

O artigo tem como objetivo discutir tendências negativas do ambientalismo no Brasil nas últimas décadas e no âmbito da sociedade civil. As principais técnicas de pesquisa utilizadas são análise de documentos e análise de dados secundários. As principais fontes são: World Values Survey (WVS), Google Trends e listas de criação de frentes parlamentares. Os resultados evidenciam que houve no Brasil: diminuição da confiança da população no movimento ambientalista; diminuição do percentual da população associada a organizações ambientais; diminuição das buscas por temas ambientais no Google; e diminuição do sucesso eleitoral de candidaturas ambientalistas. A discussão dos resultados enfatiza que entre as causas desse enfraquecimento do ambientalismo no Brasil estão o sucesso do movimento antiecológico e mudanças dos focos prioritários de interesse social em virtude da conjuntura econômica, política e sanitária. Também é destacado que essas tendências societárias compõem o contexto conjuntural explicativo do desmantelamento da política ambiental no governo Bolsonaro (2019-2022).

Palavras-chave: Movimento ambientalista. Sociedade Civil. Brasil. Enfraquecimento. Desmantelamento.

1 INTRODUCTION

In Brazil's most recent federal legislative elections, held in 2022, two prominent figures in Brazilian environmentalism were elected to the Chamber of Deputies representing the state of São Paulo—the country's largest electoral district. Marina Silva, former Minister of the Environment under the Lula administrations (2003–2008), current Minister of the Environment and Climate Change in the third Lula government (2023–present), and a long-standing national environmentalist icon, was elected with 237,521 votes. Ricardo Salles, former Minister of the Environment under the Bolsonaro administration (2019–2021) and a key figure in the dismantling of Brazil's environmental policy framework, was elected with 640,918 votes.

The former minister who spearheaded the dismantling of Brazil's environmental state apparatus thus received 2.7 times more votes than the former minister who led the policy that achieved the greatest reduction in greenhouse gas emissions in recorded global history. This stark contrast in the electoral success of two antithetical candidates is illustrative of broader transformations experienced by Brazilian civil society and political institutions in recent decades.

Brazil has ceased to be a global reference in the fight against climate change and has instead become the country of environmental dismantling, of the government that sought to “let the herd through” (“passar a boiada”). How was this possible? What societal changes might help explain this political shift and the current environmental context in Brazil?

It is within this problematic that the present article is situated. Its aim is to discuss certain negative trends affecting environmentalism within Brazilian civil society over recent decades, supporting the hypothesis that environmentalism in Brazil has undergone a process of weakening.

This article is structured in six sections, including the introduction and the concluding remarks. Section 2 offers a brief review of the literature on the dismantling of environmental policy during the Bolsonaro administration, as well as the historical trajectory of the environmental movement in Brazil. Section 3 presents the main research techniques and sources of data used in the analysis. In Section 4, key indicators of weakening in the Brazilian environmental movement are presented and characterised. Section 5, preceding the final considerations, discusses these findings with the aim of interpreting the processes underway in the country, as well as their causes and consequences.

2 THE DISMANTLING OF BRAZILIAN ENVIRONMENTAL POLICY AND THE HISTORY OF ENVIRONMENTALISM IN BRAZIL

There is consensus in the literature on environmental conflicts in Brazil that the Bolsonaro administration (2019–2022) represents a turning point in the history of the country's environmental policy. The main conceptual and terminological framework used to analyse this period is that of “dismantling”, a theme that has been addressed in special issues and editorials of Brazil's leading academic journals (Barbosa *et al.*, 2022; Bronz; Zhouri; Castro, 2020; Capelari; Milhorange; Araújo, 2023; Paz *et al.*, 2022).

The journal *Sustainability in Debate*, for example, published a special issue in 2023 entitled “Dismantling of Brazilian Environmental Policy”, whose editorial defines “dismantling”, based on Bauer *et al.* (2012), as “a type of change that reduces the number of policies or policy instruments and/or decreases their intensity”. According to the editors, the Bolsonaro government was responsible for “the weakening or dismantling of various social, rural, health, education and environmental policies” (Capelari; Milhorange; Araújo, 2023, p. 23).

Beyond special issues and editorials, a number of studies have examined this topic. They show that during the Bolsonaro administration (2019–2022), Brazil experienced: a reduction in funding allocated

to state institutions responsible for environmental protection; a drop in the number of inspections and fines issued by those institutions; a suspension of the creation of new protected areas; censorship and persecution of public servants; verbal attacks against Indigenous peoples and non-governmental organisations; and an increase in deforestation (Bonelli; Fernandes; Cavalcanti, 2023; Drummond; Capelari; Barros, 2022; Fonseca *et al.*, 2023; Fonseca; Lindoso; Bursztyn, 2023; Milhorange, 2022; Moulin, 2023; Rajão *et al.*, 2021; Silva; Rivas; Uema, 2020; Werneck *et al.*, 2021).

A key contribution in this body of literature is the article by Capelari *et al.* (2020), which draws on the Advocacy Coalition Framework (ACF) to explain the changes brought about under Bolsonaro. According to the authors, four competing coalitions of advocacy exist within Brazil's environmental policy subsystem, each with a well-defined belief system: enlightened technocrats, socio-environmentalists, modern developmentalists, and traditional developmentalists. The traditional developmentalists oppose environmental policy instruments and protected areas, advocate for state support of private enterprise, and adopt a utilitarian view of natural resources. They are "successors of a legacy of the agro-export model, marked by land concentration (natural resources), the use of slave labour, and political conservatism". With Bolsonaro's election, they became dominant in the environmental policy subsystem (Capelari *et al.*, 2020, p. 1695–1697).

The cited literature outlines many of the key trends and developments of the 2010s. The main analytical focus lies on political institutions and the mechanisms through which environmental policy in Brazil was subject to processes of deinstitutionalisation. However, for a more comprehensive understanding of the historical process that led to such a profound transformation in Brazil's environmental reality, certain aspects remain underexplored, particularly regarding civil society.

Since the colonial period, Brazil has witnessed circulating critiques of deforestation and disorderly land occupation, leading Pádua (2002) to argue that a tradition of environmental critique existed in slaveholding Brazil and persisted through the imperial period. This tradition, driven by a small elite, was characterised by a political, anthropocentric, and scientific approach. Its most prominent figure was José Bonifácio (1763–1838), whose writings remain relevant today.

Similarly, during the so-called Brazilian First Republic (1889–1930), intellectuals engaged in environmental discussions, among them Alberto Torres (1865–1917), one of the most respected figures of his time on the national stage. However, these elite-driven initiatives had little political impact.

In the 1930s, Brazil saw the emergence of its first organisations dedicated to environmental issues, notably the *Sociedade dos Amigos das Árvores* (Society of Friends of the Trees), founded in Rio de Janeiro in 1931. These entities' political engagement contributed significantly to the development of Brazil's initial environmental regulations, such as the 1934 Forest Code and the 1934 Brazilian Water Code (Andrade Júnior, 2023; Dean, 1996; Franco; Drummond, 2009).

In the following decades, more organisations were established, albeit still limited in number and geographic spread. A standout was the *Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza* (FBCN, Brazilian Foundation for Nature Conservation), founded in 1958 in Rio de Janeiro and regarded as the most active conservationist organisation in subsequent decades. The FBCN played a key role in the legislative process that culminated in the 1965 Brazilian Forest Code (Franco; Drummond, 2009).

On the international stage, the 1972 Stockholm Conference was the first major milestone in what Wagner Costa Ribeiro called the "international environmental order", expressed through agreements and treaties aiming to manage environmental issues beyond national borders (Ribeiro, 2001). As this international order gained strength, pressure increased on national governments to adopt pro-environmental measures.

In the 1980s, amid Brazil's political transition and influenced by international trends, the country experienced an environmentalist transition, with a significant rise in the visibility and relevance of ecological agendas. Within civil society, this period saw a considerable expansion in the number and political influence of environmental organisations, including the founding of *SOS Mata Atlântica* and *Funatura – Fundação Pró-Natureza* (Pró-Nature Foundation), both in 1986.

This period also marked the incorporation of environmental rhetoric into the territorial claims of various social groups, especially Indigenous peoples such as the Kayapó, and traditional communities such as rubber tappers (Andrade Júnior, 2021, 2020). With this environmentalisation of social struggles, a division that persists today in Brazilian environmentalism became more pronounced, between conservationist and socio-environmentalist groups. Broadly, the conservationist camp takes an “ecocentric” perspective, prioritising the preservation of nature and ecosystems in a strict sense, often with a negative view of human presence. The socio-environmentalist perspective, by contrast, adopts an *anthropocentric* approach, advocating for the protection of nature and ecosystems in a broader sense, with a positive valuation of low-impact human presence.

From the late 1980s onward, Brazil witnessed a process of professionalisation and institutionalisation of environmental organisations, including increasing collaboration with state institutions and private companies (Viola; Leis, 1992). This process continued throughout the 1990s and 2000s, characterised by growing institutional formalisation, technical specialisation, and a focus on project management. These developments occurred across both conservationist and socio-environmentalist groups. Cooperative and negotiated strategies became dominant, while confrontational and protest-based actions became marginal (Alonso; Maciel, 2010).

During the 1990s and 2000s, environmental organisations continued to grow in number and spread across Brazil's states. Key institutions in contemporary Brazilian environmentalism emerged during this time, such as the Instituto Socioambiental (Socioenvironmental Institute) in 1994 and the Brazilian branch of Greenpeace in 1991.

Between the 1980s and 2000s, the institutionalisation of environmental protection in Brazil reached its peak. This period saw the adoption of the country's most significant environmental legislation, including the National Environmental Policy (Federal Law No. 6.938/1981), the 1988 Federal Constitution, the Environmental Crimes Law (Federal Law No. 9.605/1998), the National System of Conservation Units (Federal Law No. 9.985/2000), and the National Policy on Climate Change (Federal Law No. 12.187/2009). All of these – except for the National Environmental Policy, which predates Brazil's redemocratisation – were passed with strong participation from civil society in the legislative process (Andrade Júnior, 2020).

The 1990s and 2000s also saw the creation of key state institutions for environmental protection, such as the Ministry of the Environment, the Brazilian Institute for the Environment and Renewable Natural Resources (Ibama, Brazilian Environmental Federal Agency), and the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (ICMBio, another Brazilian Environmental Federal Agency, responsible for the management of Conservation Units). In addition, this period saw the implementation of major environmental policies, including the demarcation of Indigenous lands, the creation of conservation units (in Brazil, this is how environmental protection territories such as national parks are designated), and the Action Plan for the Prevention and Control of Deforestation in the Legal Amazon (PPCDAM), responsible for qualifying the fight against deforestation in this biome.

Environmental civil society organisations played a pivotal role in all political processes leading to the creation and implementation of these policies and institutions. The institutionalisation of Brazil's environmental policy can therefore only be understood within the broader context of the progressive strengthening of the Brazilian environmental movement (Andrade Júnior, 2020, 2024).

If the strengthening of the environmental movement was essential for the construction of Brazil's environmental policy, could it be that something negative occurred within civil society environmentalism in the country, something that might help explain the dismantling that took place during the Bolsonaro administration?

3 MATERIALS AND METHODS

The main research techniques employed in this study are document analysis and the analysis of secondary data. The primary sources are: (a) public opinion surveys conducted in Brazil by the World Values Survey (WVS); (b) Google Trends, a platform that tracks and quantifies searches conducted on Google; and (c) subscription lists for the establishment of the Environmentalist Parliamentary Front and the Agricultural Parliamentary Front in the Brazilian National Congress.

The World Values Survey (WVS) is an international research programme dedicated to the scientific study of social, political, economic, and cultural values across the world. Its main research tool is a comparative survey conducted every five years at the global level.

This article draws on data from two questions included in WVS waves 2 (1994–1998), 5 (2005–2009), 6 (2010–2014), and 7 (2017–2022). In Brazil, these surveys were carried out in 1997, 2006, 2014, and 2018, respectively.

The first question analysed concerns the Brazilian population's confidence in the environmental movement (referred to as the "environmental protection movement" in the WVS data documentation). The second question relates to the population's active or inactive membership in environmental organisations, or lack of affiliation ("active" or "inactive" "membership of environmental organisation", according to the documentation).

Google Trends, in turn, is a platform that provides information on searches conducted by users around the world through Google. Since 2004, Google has recorded and quantified the search terms used in a representative sample of user queries on its platform. This sampling is conducted across all regions of the world, enabling data to be presented for different territorial scopes.

These data are anonymous, categorised, and aggregated by Google, and are always presented in relative terms, proportional to the total number of searches at a given time and place. Thus, absolute figures are not provided. Instead, the data express the frequency of each search term as a proportion of all queries made during the corresponding period.

The use of Google Trends data to discuss behavioural trends in relation to environmental protection has been the subject of academic debate over the past decade. Scholars have taken opposing views, with some criticising the use of such data (Ficetola, 2013; Nghiem *et al.*, 2016) and others defending its validity (McCallum; Bury, 2013; McCallum; Bury, 2014; Proulx; Massicotte; Pépino, 2013; Troumbis, 2017). Despite the controversy, the prevailing view has been favourable to the use of such data, as long as there is an appropriate choice of terms used as indicators.

In Brazil, the use of Google Trends as a data source for scientific research across diverse topics has grown considerably. Nevertheless, caution is particularly necessary in the Brazilian case, given the significant transformations in internet access and usage patterns in the country since 2004. Among the main changes, there has been a substantial increase in internet access usage by the general population, especially among people with lower levels of education and income, which has implications both quantitatively and qualitatively for internet use (Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR, 2020).

In this study, I present the historical evolution of Google searches conducted in Brazil between 1 January 2004 and 31 December 2020 for ten terms considered representative of key contemporary themes and issues related to nature protection. These terms, listed alphabetically, are: *Amazônia* (Amazon), *aquecimento global* (global warming), *biodiversidade* (biodiversity), *desenvolvimento sustentável* (sustainable development), *desmatamento* (deforestation), *ecologia* (ecology), *meio ambiente* (environment), *poluição* (pollution), *saneamento básico* (basic sanitation), and *vegetação* (vegetation). The selection of terms was based on analyses of international research and topics highlighted in public opinion surveys on environmental issues. Data extraction and organisation were conducted between August and October 2022.

Finally, the lists of signatories for the establishment of the Environmentalist Parliamentary Front and the Agricultural Parliamentary Front are formal, public documents related to two parliamentary formal groups that are typically positioned on opposite sides of legislative disputes over environmental issues in Brazil (Araújo; Silva, 2016; Cascione, 2018; Ferreira, 2019). The Environmentalist Parliamentary Front has traditionally led efforts to pass laws aimed at strengthening environmental protection, while the Agricultural Parliamentary Front has typically promoted legislation that reduces such protections.

Although these lists do not provide a precise measure of the number of parliamentarians who actively participate in the meetings and actions of each front, as emphasised in the literature (Araújo; Silva, 2016; Cascione; Araújo, 2019; Cascione, 2018; Ferreira, 2019), they nonetheless serve as a meaningful indicator of how many members of Congress were willing to align themselves with the agendas typically promoted by each thematic front at the start of their terms in office.

In this context, the number of parliamentarians who subscribed to the request to establish the Environmentalist Parliamentary Front is taken here as an indicator of the electoral success of candidates inclined to support environmental causes. Conversely, the number of signatories to the creation of the Agricultural Parliamentary Front is used as an indicator of the electoral success of candidates predisposed to oppose such causes, given the typical legislative behaviour of the group.

4 RESULTS

The first negative indicator concerning the environmental movement in Brazil comes from the WVS survey on public confidence in the environmental movement. As shown in Figure 1, in 1997, nearly 80% of the Brazilian population reported that they had confidence in the environmental movement either “a great deal” or “quite a lot”. This percentage dropped to 64.4% in 2006, a level that remained stable in 2014. In 2018, a further decline was observed, with only 56.8% of the population responding positively to this question.

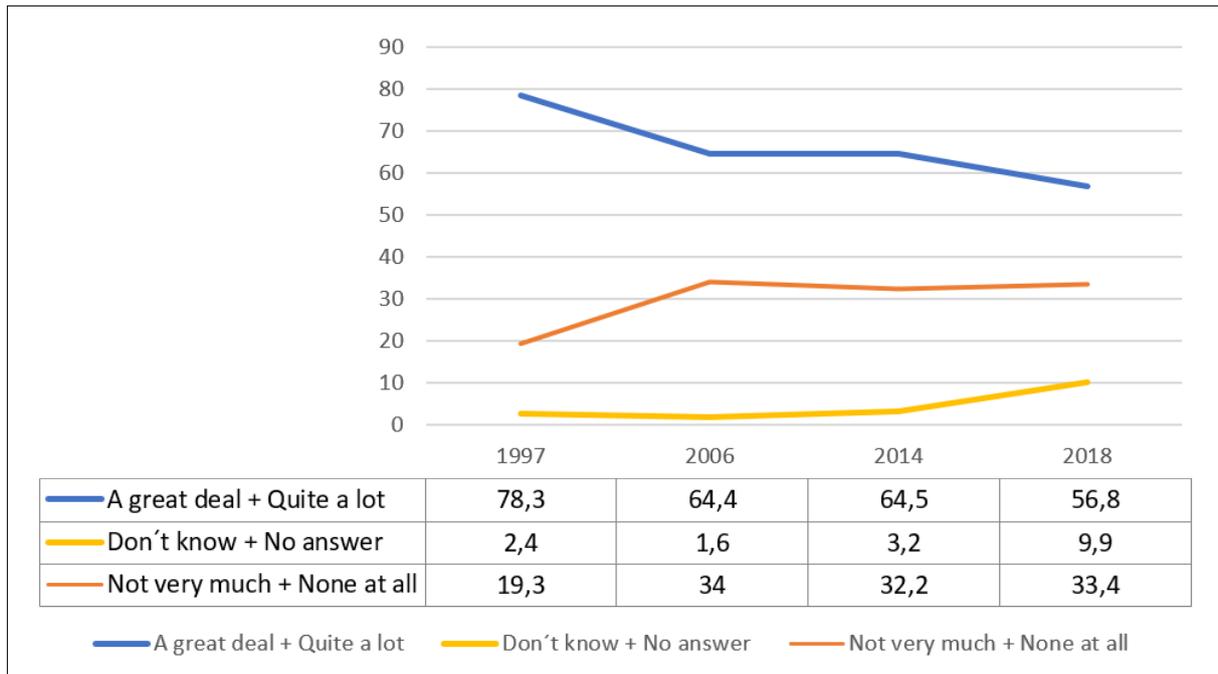


Figure 1 – Confidence in the environmental movement in Brazil – percentage (1997–2018)

Source: World Values Survey (WVS), author's elaboration

The second negative indicator also comes from the WVS, this time concerning membership in environmental organisations in Brazil. As shown in Figure 2, the percentage of individuals who reported being active or inactive members of environmental organisations declined between 1997 and 2018, while the proportion of those stating they were not members increased.

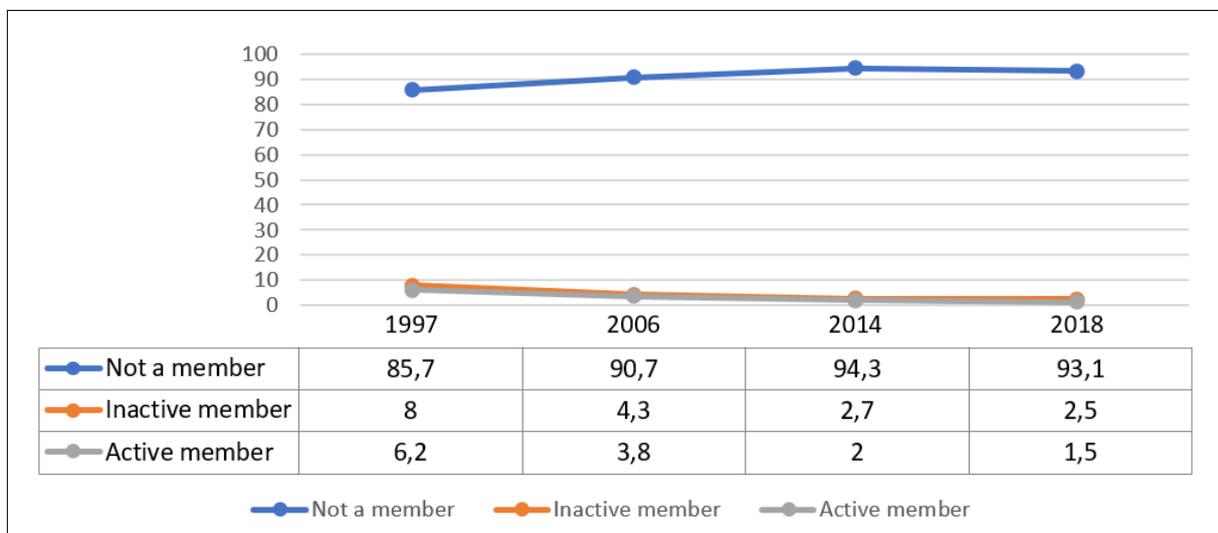


Figure 2 – Membership in environmental organisations in Brazil – percentage (1997–2018)

Source: World Values Survey (WVS), author's elaboration

The third negative indicator comes from Google Trends and refers to search activity by Brazilian users involving terms relevant to environmentalism. Figure 3 presents the results, revealing a downward trend in searches over the observed period, particularly when comparing the initial and final years of the historical series.

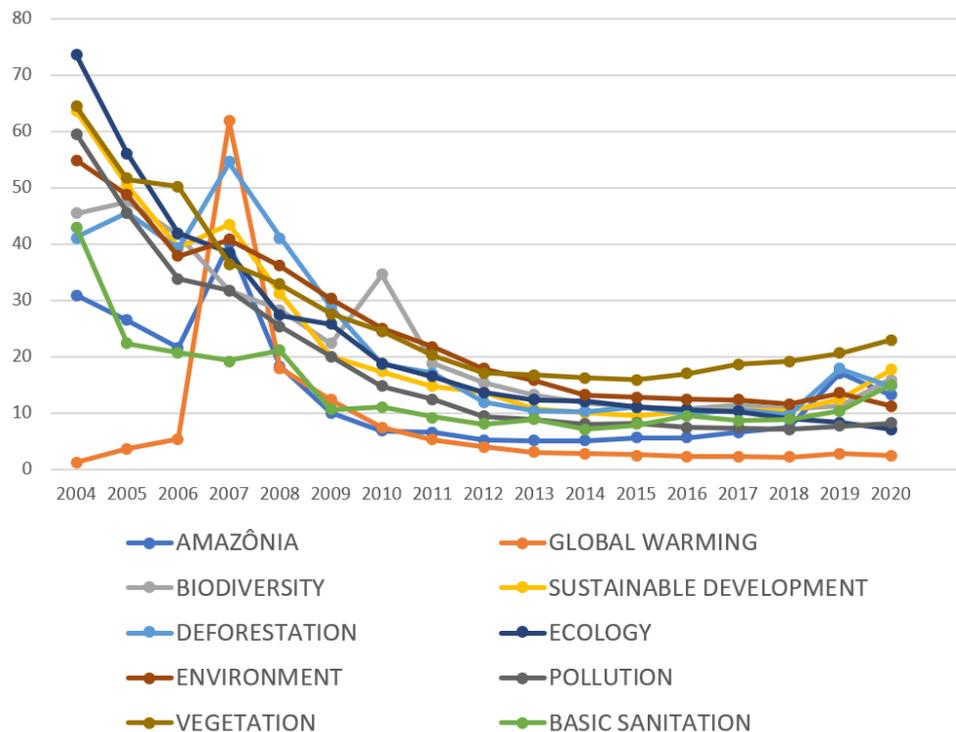


Figure 3 – Google searches on environmental topics in Brazil (2004–2020)

Source: Google Trends, author's elaboration

Below, I present a comparison of the average search interest for each term in 2004 and 2020, showing the percentage increase or decrease over time:

- Amazônia – 30.8 in 2004 and 13.1 in 2020, decrease of 57%;
- Global warming – 1.25 in 2004 and 2.3 in 2020, increase of 84%;
- Biodiversity – 45.4 in 2004 and 16 in 2020, decrease of 64%;
- Sustainable development – 63.5 in 2004 and 17.6 in 2020, decrease of 72.7%;
- Deforestation – 41.1 in 2004 and 14.5 in 2020, decrease of 64%;
- Ecology – 73.5 in 2004 and 7.08 in 2020, decrease of 90.3%;
- Environment – 54.8 in 2004 and 11.1 in 2020, decrease of 79%;
- Pollution – 59.5 in 2004 and 8.1 in 2020, decrease of 86.3%;
- Basic sanitation – 42.91 in 2004 and 15.08 in 2020, decrease of 64.8%;
- Vegetation – 64.4 in 2004 and 23 in 2020, decrease of 64.2%.

Given the expansion of internet access among people with lower educational levels in Brazil between 2004 and 2019, some degree of decline in environmental search interest could be expected. This expectation is based on public opinion surveys conducted in Brazil (Confederação Nacional da Indústria, 2012; Ibope Inteligência, 2021) and abroad (European Commission, 2017), which suggest that environmental concern tends to increase with higher levels of education.

However, the intensity of the decrease in searches for environmental terms, relative to total searches, was far greater than could be expected, generally exceeding 50%. This rules out the idea that the trend can be explained solely by the broader use of the internet by people with lower levels of education. It rather suggests a genuine decline in interest among Brazilian internet users regarding environmental topics between 2004 and 2020.

The fourth negative indicator concerns the number of parliamentarians who signed the requests to establish the Environmentalist Parliamentary Front and the Agricultural Parliamentary Front between the 53rd Brazilian Federal Legislature (2007–2010) and the 57th Brazilian Federal Legislature (2023–2026). This information is presented in Figure 4.

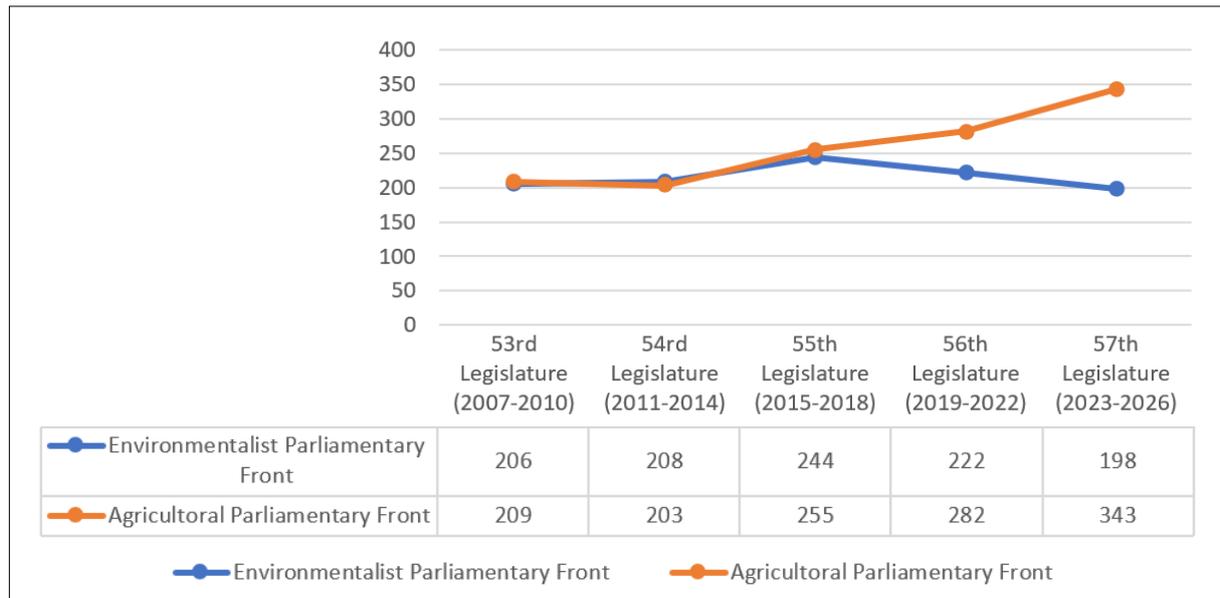


Figure 4 – Number of parliamentarians subscribing to the creation of the Environmentalist and Agricultural Parliamentary Fronts in Brazil (2007–2023)

Source: Brazilian National Congress, author’s elaboration

As shown in the graph, between the 53rd Brazilian Legislature (2007–2010) and the 57th Brazilian Legislature (2023–2026), there was a shift in the number of parliamentarians subscribing to the creation of the two fronts. While the number of signatories to the Agricultural Parliamentary Front steadily increased, the Environmentalist Parliamentary Front saw a reduction in support during the 56th (2019–2022) and 57th (2023–2026) Legislatures.

5 DISCUSSION

In summary, the results presented indicate that in recent decades Brazil has experienced a decline in public confidence in the environmental movement; a decrease in the percentage of the population affiliated with environmental organisations, whether as active or inactive members; a relative reduction in Google searches using terms related to environmental themes; and a shift in the number of parliamentarians subscribing to the creation of the Agricultural and Environmentalist Parliamentary Fronts, with an increase in the former and a reduction in the latter.

This change in the direction of Brazilian environmentalism is striking when compared to the gradual strengthening and the quantitative and qualitative expansion that characterised the historical development of the field during the second half of the twentieth century. In the early twenty-first

century, the weakening of environmentalism in Brazil is underway. This national trend parallels patterns identified by public opinion surveys and academic literature in other parts of the world.

The same World Values Survey (WVS) that underpinned the data presented in the previous section also shows that the decline in confidence in the environmental movement and the reduction in environmental associativism observed in Brazil are likewise occurring in other countries. Russia, Mexico, and several South American countries, including Argentina, Chile, Colombia, and Uruguay, are examples of societies in which positive responses regarding confidence in the environmental protection movement fell between Wave 2 (1990–1994) and Wave 7 (2017–2022) of the survey (World Values Survey, 2024). On the other hand, countries such as China, India, Indonesia, and the United States recorded an increase in positive responses concerning confidence in the environmental protection movement over the same period (World Values Survey, 2024).

Regarding affiliation to environmental organisations, WVS data also indicate a decrease in the number of active and inactive members among national populations between Wave 2 (1990–1994) and Wave 7 (2017–2022) in the United States and Mexico (World Values Survey, 2024). Stable levels of membership, within the margin of error, were recorded in Argentina, Chile, China, and Russia. Growth in environmental organisations' membership during the same period was observed in India, Colombia, and Uruguay (World Values Survey, 2024).

Lou *et al.* (2022) conducted a meta-analysis of scientific studies assessing environmental concern through the “New Environmental Paradigm”, a globally adopted framework for analysing environmental attitudes. Based on 184 studies across various continents, the authors concluded that there was a global decline in environmental concern between 1994 and 2017.

Oliveira, Carneiro, and Vecchia (2017), in turn, analysed global search trends on climate change and global warming using Google data from 2004 to 2017. They concluded that public interest in climate issues reduced globally after two peaks in 2007 and 2009.

With regard to explanations for these negative environmental trends across different regions of the world, the literature suggests two main causal arguments: economic and political.

According to the economic argument, reductions in support, declining environmental concern, and/or the weakening of environmentalism are the result of negative economic conditions in society, which lead to shifts in social priorities away from environmental issues.

The political argument, in contrast, attributes such outcomes to the success of actions, campaigns, and strategies promoted by social groups opposed to environmental protection, who have an interest in maintaining environmentally harmful practices.

A concrete example of the economic argument is the study by Scruggs and Benegal (2012), who investigated declining public concern about climate change in the United States. They concluded that the main driver was the economic recession and the fragility of the labour market. According to the authors, fluctuations in public interest in environmental issues correspond to changes in economic conditions, with lower concern during crises, when basic subsistence needs take priority. They also cite evidence from European countries that, in their view, supports the economic explanation for the reduction of climate concern.

A concrete example of the political argument is offered by the articles of McCright and Dunlap. In several publications, the authors characterise what they call a “coordinated anti-environmental countermovement”, led by “conservative foundations, think tanks, and politicians”, which emerged in reaction to global environmentalism, perceived as a threat to neoliberal economic policies (McCright; Dunlap, 2011). They argue that the rise of anti-environmental positions among conservatives and

Republicans in the United States and the resulting increase in climate polarisation, are outcomes of the political actions of this “anti-environmental countermovement”, active in the United States since the 1990s (McCright; Xiao; Dunlap, 2014, p. 258).

In Brazil, there is evidence supporting the plausibility of both the economic and political arguments for explaining the weakening of environmentalism, particularly in the 2010s, when the dismantling of the country’s environmental policy, as described in the literature, effectively took place.

Between 2011 and 2020, Brazil recorded an average annual GDP growth of just 0.26%, the lowest since national economic data began to be collected in 1901. Meanwhile, unemployment increased significantly over the decade, rising from 7.9% in the first quarter of 2012 to 13.9% in the final quarter of 2020, according to the National Household Sample Survey (Pnad, one of the main Brazilian economic surveys) conducted by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE, Brazilian census bureau). As a result, a significant portion of the population was left without the minimum means for subsistence.

This economic shift is reflected in public opinion surveys conducted by Ibope (one of the most important Brazilian research institutes at the time) on Brazil’s most pressing problems, in which “unemployment” gained prominence. In 2012 and 2014, it ranked only 10th and 11th, respectively, but by 2017 and 2019 it had reached 1st place, cited by 56% and 47% of respondents (National Confederation of Industry, 2016, 2017, 2018, 2020).

To the economic argument, one may also add the health component as an explanatory factor for the reorientation of social priorities to the detriment of environmental concerns in Brazil in recent years. Public health issues remained highly prominent throughout the 2011–2020 period in Brazil, a situation further aggravated by the onset of the Covid-19 pandemic in 2020. In Ibope surveys, “health” was consistently among the five most cited issues by Brazilians, ranking first and second in 2018 and 2019, respectively.

In this context, it is reasonable to argue that during a decade of extremely low economic growth, rising unemployment, and ongoing public dissatisfaction with health conditions, the Brazilian population shifted its focus to more urgent matters, resulting in reduced attention to environmental issues and a diminished presence of these topics on the national agenda.

As for the political argument, evidence supporting its plausibility in Brazil is also found in the academic literature.

Zhour (2022), for example, examined documents, news articles, and public statements from military personnel and politicians in Brazil’s northern region to demonstrate the historical roots of anti-environmental positions in Brazilian society, particularly from the 1980s onwards. According to her, anti-environmentalism is a constitutive element of Brazilian history.

Massarani *et al.* (2024, p. 36), in turn, analysed climate denialist messages shared on the Telegram platform between 2017 and 2023. They found that these messages, which employ tactics and techniques typical of climate denialism in other parts of the world, have had “a significant impact on public perceptions of climate change and on government action” in Brazil.

Like these two studies, other scientific research in Brazilian academic literature contribute to identifying and characterising an anti-environmental movement – or countermovement – within the country (Acsehrad, 2022; Pinheiro, 2022; Vasques, 2021), helping to link the actions of such groups to the weakening of environmentalism.

Nevertheless, in the Brazilian case, both the economic and political explanatory frameworks still require further qualitative and quantitative research in order to deepen our understanding of the causes behind the weakening of environmentalism in the country.

6 FINAL CONSIDERATIONS

The weakening of Brazilian environmentalism has already been noted by prominent analysts of the country's environmental politics. Drummond, Capelari, and Barros (2022, p. 15), for instance, argue that since the 2010s, both conservationist and socio-environmentalist groups have experienced political and social weakening in Brazil. This article contributes to the discussion by presenting a broader set of data, as well as by offering comparisons and causal reflections.

In the final considerations, it is important to emphasise that recognising this weakening does not diminish the crucial role played by environmental organisations, social movements, and activists in resisting the dismantling of Brazilian environmental policy and the authoritarian and destructive initiatives of the Bolsonaro government. These actors were fundamental in preventing the national scenario from deteriorating even further between 2019 and 2022.

However, it is equally important to underline that the dismantling of Brazil's environmental policies under Bolsonaro cannot be fully understood without acknowledging the observed weakening of environmentalism in the country. This weakening forms part of the broader contextual conditions that made environmental dismantling possible. In a different scenario, one in which environmentalism held greater political strength both nationally and internationally, the Brazilian anti-environmental movement would likely not have succeeded.

Finally, it must be stressed that the negative findings presented in this article are deeply concerning. The world is experiencing an escalation of socio-environmental collapse, and we are now within the decisive decade for implementing structural transformations in our energy and food systems, in order to enhance our chances of adapting to the new climate regime (Marques, 2023).

Despite this, Brazil has witnessed a weakening of environmentalism over the past decades. It will not be possible to promote the political changes necessary for climate mitigation and adaptation if these social trends persist. It is urgent that Brazilian environmentalism regains its strength.

NOTES

1 | A study conducted by the Union of Concerned Scientists analysed Brazil's environmental policies during the 2000s and concluded that the country had achieved "the largest reductions in deforestation and [greenhouse gas] emissions anywhere in the world" (Boucher *et al.*, 2014). Marina Silva was the minister responsible for leading the Action Plan for the Prevention and Control of Deforestation in the Legal Amazon (PPCDAm), which was the main driver behind this achievement.

2 | This is a reference to the well-known remark made by then-Minister Ricardo Salles on 22 April 2020, during a meeting between President Jair Bolsonaro and his senior ministers. In his statement, "let the herd through" ("deixar a boiada passar") referred to advancing the process of administrative deregulation of environmental policies, taking advantage of the general social demobilisation brought about by the onset of the Covid-19 pandemic.

3 | Further information is available at https://support.google.com/trends/answer/4365533?hl=pt-BR&ref_topic=6248052.

4 | People who did not respond accounted for 1.1% of the total in 2006 and 0% in the other years, while those who reported not knowing represented 1.1% in 2014 and 2.9% in 2018. These response options were excluded from Figure 2 to improve visual clarity.

5 | These contextual phenomena of the 2010–2020 decade are essential for understanding the negative trends observed in Brazilian environmentalism during this period, and they form part of the causal explanation for the dismantling of environmental policy under the Bolsonaro administration. However, the data on confidence in the environmental movement and environmental membership in Brazil show a noticeable decline that predates this decade, which calls for a specific explanation that is beyond the scope of this article.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to thank the Research Support Foundation of the State of Minas Gerais (Fapemig) for funding the research that made this publication possible, through Public Call 1/2024 – Universal Demand, Grant Agreement No. 93552015/2024. I also thank the anonymous reviewers and the editors of the journal for their valuable suggestions to improve the manuscript.

REFERENCES

ACSELRAD, H. Ambientalização das lutas sociais – o caso do movimento por justiça ambiental. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 103–119, 2010. Available at: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142010000100010>.

ACSELRAD, H. Dimensões políticas do negacionismo ambiental: interrogando a literatura. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 60, p. 26-42, 2022. Available at: <https://doi.org/10.5380/dma.v60i0.80028>.

ALONSO, A.; MACIEL, D. From protest to professionalization: Brazilian environmental activism after Rio-92. **Journal of Environment and Development**, v. 19, n. 3, p. 300–317, 2010. Available at: <https://doi.org/10.1177/1070496510378101>.

ANDRADE FRANCO, J. L. de; DRUMMOND, J. A. O cuidado da natureza: a Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza e a experiência conservacionista no Brasil: 1958-1992. **Textos de História**, v. 17, n. 1, p. 59–84, 2009. Available at: <https://periodicos.unb.br/index.php/textos/article/view/28053/24101>.

ANDRADE JÚNIOR, J. R. P. de. **Devastação ambiental e defesa da vegetação nativa: Brasil e as regiões de Ribeirão Preto-SP e São Félix do Xingu-PA**. Tese de Doutorado em Sociologia. Universidade de São Paulo, 2020. Available at: <https://repositorio.usp.br/item/003136735>.

ANDRADE JÚNIOR, J. R. P. de. Os Kayapó e o ambientalismo: lutas pela terra em São Félix do Xingu-PA (1970-2000). **Espaço Ameríndio**, v. 15, p. 117-136, 2021. Available at: <https://doi.org/10.22456/1982-6524.117557>.

ANDRADE JÚNIOR, J. R. P. de. Código Florestal de 1934: aprovação legislativa e inefetividade. **Revista Pensamento Penal**, v. 487, 2023. Available at: <https://www.pensamientopenal.com.ar/doctrina/91026-codigo-florestal-1934-aprovacao-legislativa-e-inefetividade>.

ANDRADE JÚNIOR, J. R. P. de. Direito ambiental e instituições estatais durante a transição política no Brasil (1985-1995): Constituição Federal de 1988 e atuação legislativa, judiciária e executiva. **Revista Pensamento Penal**, v. 505, 2024. Available at: <https://www.pensamientopenal.com.ar/system/files/ambiental%20.pdf>.

ARAÚJO, S. M. V. G.; SILVA, R. S. E. Frentes e bancadas parlamentares: uma proposta teórico-metodológica e de agenda de pesquisa. In: 10o ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIÊNCIA POLÍTICA - “Ciência Política e a Política: memória e futuro”. **Anais [...]** Belo Horizonte: 2016.

BARBOSA, R. G.; COSTA, R. B. M. L. de; PIERRI, N.; SANTOS, T. L. O desmonte socioambiental e as resistências emergentes. **Desenvolvimento e meio ambiente**, v. 60, 2022, p. 1-3. Available at: <https://doi.org/10.5380/dma.v60i0.86632>.

BONELLI, F.; FERNANDES, A. S. A.; CAVALCANTE, P. L. C. The active dismantling of environmental policy in Brazil: paralysis and setbacks of the deforestation inspection and control. **Sustainability in Debate**, v. 13, n. 2, p. 58-80, 2023. Available at: <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v14n1.2023.44277>.

BOUCHER, D. *et al.* Histórias de sucesso no âmbito do desmatamento. **Greentips**, p. 1–55, 2014. available at: <https://www.ucs.org/sites/default/files/2019-10/UCS-2014-DeforestationSuccessStories-Portugues-final.pdf>.

BRONZ, D.; ZHOURI, A.; CASTRO, E. Passando a boiada: violação de direitos, desregulação e desmanche ambiental no Brasil. **Revista Antropolítica**, v. 49, n. 2, p. 8-41, 2020. Available at: <https://doi.org/10.22409/antropolitica2020.i49.a44533>.

CAPELARI, M.; MILHORANCE, C.; ARAÚJO, S. de. Desmantelamento da política ambiental brasileira. **Sustainability in Debate**, v. 14, n. 1, 2023, p. 23-25. Available at: <https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/view/48319/36873>.

CAPELARI, M. G. M.; ARAÚJO, S. M. V. G. de; CALMON, P. C. D. P.; BORINELLI, B. Mudança de larga escala na política ambiental: análise da realidade brasileira. **Revista de Administração Pública**, v. 54, n. 6, p. 1691-1710, 2020. Available at: <https://doi.org/10.1590/0034-761220190445>.

CASCIONE, S.; ARAÚJO, S. M. V. G. de. Obstáculos para protagonismo das frentes parlamentares em coalizões presidenciais no Brasil. **Revista de Sociologia e Política**, v. 27, n. 72, p. 1–23, 2019. Available at: <https://doi.org/10.1590/1678-987319277205>.

CASCIONE, S. R. S. **Institucionalização e influência das frentes parlamentares no Congresso brasileiro**. Dissertação de mestrado em Ciência Política. Universidade de Brasília, 2018.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Pesquisa CNI-Ibope. **Retratos da sociedade brasileira: meio ambiente**. Brasília: CNI, 2012.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Problemas e prioridades para 2016. **Retratos da Sociedade Brasileira**, v. 5, n. 28, 2016.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Problemas e prioridades para 2017. **Retratos da Sociedade Brasileira**, v. 6, n. 36, 2017.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Problemas e prioridades para 2018. **Retratos da Sociedade Brasileira**, v. 7, n. 41, 2018.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Principais problemas do país e prioridades para 2020. **Retratos da sociedade brasileira**, v. 9, n. 53, 2020.

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

DRUMMOND, J. A.; CAPELARI, M. G. M.; BARROS, A. F. G. e. **Brazilian environmental policy: a short biography, 1934-2020**. Curitiba: Appris, 2022.

EUROPEAN COMMISSION. **Special Eurobarometer 468 “Attitudes of European citizens towards the environment”**. European Commission, 2017. Available at: https://mehi.hu/sites/default/files/ebs_468_en_1.pdf.

FERREIRA, P. F. de A. N. **Economia política do meio ambiente: identificação da bancada ruralista e outras bancadas temáticas no Congresso Nacional com análise de redes**. Tese de Doutorado em Economia. Universidade de Brasília, 2019.

FICETOLA, G. F. Is interest toward the environment really declining? The complexity of analysing trends using internet search data. **Biodiversity and Conservation**, v. 22, n. 12, p. 2983–2988, 2013. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-013-0552-y>.

FONSECA, I. F. de; 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, 2023. Available at: <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v13n2.2022.44532>.

FONSECA, I. F. de; LINDOSO, D. P.; BURSZTYN, M.; DAUGEARD, M. A desconstrução organizada da política florestal no Brasil: estratégias de desmantelamento e de resistência. In: GOMIDE, A. de Á.; SILVA, M. M. de Sá e; LEOPOLDI, M. A. **Desmonte e reconfiguração de políticas públicas (2016-2022)**. Brasília: Ipea, 2023. Available at: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/11945>.

FRANCO, J. L. de A.; DRUMMOND, J. A. **Proteção à natureza e identidade nacional no Brasil, anos 1920-1940**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2009.

GOOGLE. **Google Trends**. 2024. Available at: <https://trends.google.com.br/trends/>.

IBOPE INTELIGÊNCIA. **Mudanças climáticas na percepção dos brasileiros**. Ibope, 2021. Available at: https://itsrio.org/wp-content/uploads/2021/02/Apresenta%C3%A7%C3%A3o-IBOPE_FINAL.pptx.pdf.

INGLEHART, R.; HAERPFER, C.; MORENO, A.; WELZEL, C.; KIZILOVA, K.; DIEZ-MEDRANO, J.; LAGOS, M.; NORRIS, P.; PONARIN, E.; PURANEN, B. (Ed.). **World Values Survey**: all rounds. Country-Pooled Datafile. Madrid, Spain & Vienna, Austria: JD Systems Institute & WVSA Secretariat. 2022. Dataset Version 3.0.0. doi:10.14281/18241.17

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **As fundações privadas e associações sem fins lucrativos no Brasil - 2016**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

LOU, X.; LI, L. M. W.; XIA, W.; ZHU, Q. A meta-analysis of temporal shifts in environmental concern between 1994 and 2017: an examination of the new environmental paradigm. **Anthropocene**, v. 38, 2022, 100335. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2022.100335>.

MARQUES, L. **O decênio decisivo**: propostas para uma política de sobrevivência. São Paulo: Elefante, 2023.

MASSARANI, L.; COLATUSSO, V. de C. W.; LIMA, M. D. V. de; OLIVEIRA, T. M. de; ALVES, M. A construção do conhecimento sobre mudanças climáticas em grupos negacionistas do Telegram no Brasil. **Observatorio (OBS) Journal**, v. 18, n. 4, p. 21-41, 2024. Available at: <https://doi.org/10.15847/obsOBS18420242543>.

MCCALLUM, M. L.; BURY, G. W. Google search patterns suggest declining interest in the environment. **Biodiversity and Conservation**, v. 22, n. 6–7, p. 1355–1367, 2013. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-013-0476-6>.

MCCALLUM, M. L.; BURY, G. W. Public interest in the environment is falling: a response to Ficetola (2013). **Biodiversity and Conservation**, v. 23, n. 4, p. 1057–1062, 2014. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-014-0640-7>.

MCCRIGHT, A. M.; DUNLAP, R. E. The politicization of climate change and polarization in the american public's views of global warming, 2001-2010. **The Sociological Quarterly**, v. 52, n. 2, p. 155-194, 2011. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1533-8525.2011.01198.x>.

MCCRIGHT, A. M.; XIAO, C.; DUNLAP, R. E. Political polarization on support for government spending on environmental protection in the USA, 1974-2012. **Social Science Research**, v. 48, 2014, p. 251-260. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ssresearch.2014.06.008>.

MILHORANCE, C. Policy dismantling and democratic regression in Brazil under Bolsonaro: coalition politics, ideas, and underlying discourses. **Review of Policy Research**, v. 39, n. 6, p. 752-770, 2022. Available at: <https://doi.org/10.1111/ropr.12502>.

MOULIN, C. S. A. Building and dismantling organisational capacity and bureaucratic identity: na analysis os Ibama's civil service examinations (1989-2022). **Sustentatibility in Debate**, v. 13, n. 2, p. 81-98, 2023. DOI: 10.18472/SustDeb.v14n1.2023.44346.

NGHIEM, T. P. LE *et al.* Analysis of the capacity of google trends to measure interest in conservation topics and the role of online news. **PLoS ONE**, v. 11, n. 3, p. 1–12, 2016. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152802>.

NÚCLEO DE INFORMAÇÃO E COORDENAÇÃO DO PONTO BR. **Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos domicílios brasileiros**: TIC Domicílios 2019. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2020.

OLIVEIRA, M. J. de; CARNEIRO, C. D. R.; VECCHIA, F. A. da S. Evolução (2004-2017) do interesse mundial pelas mudanças climáticas e aquecimento global: influência da ciência, mídia, política, economia e controvérsias. **ANAP Brasil**, v. 10, n. 20, p. 92-120. 2017. Available at: <https://doi.org/10.17271/19843240102020171667>.

PAZ, M. G. A. da; SILVA JUNIOR, R. D. da; JACOBI, P. R.; LAUDA-RODRIGUEZ, Z.; MILZ, B. Guia para o desmonte da política ambiental brasileira. **Ambiente & Sociedade**, v. 25, São Paulo-SP, 2022, Editorial. Available at: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoceditorialvu2022L5EDPT>.

PINHEIRO, D. C. Quando a fake news acelera o Antropoceno: o caso da Floresta Amazônica (2018-2021). **Liinc em Revista**, v. 18, n. 1, e5927, 2022. Available at: <https://doi.org/10.18617/liinc.v18i1.5927>.

PROULX, R.; MASSICOTTE, P.; PÉPINO, M. Googling Trends in Conservation Biology. **Conservation Biology**, v. 28, n. 1, p. 44–51, 2013. Available at: <https://doi.org/10.1111/cobi.12131>.

RAJÃO, R. *et al.* **Dicotomia da impunidade do desmatamento ilegal**. Policy Brief, 2021. Available at: https://csr.ufmg.br/csr/wp-content/uploads/2021/06/Rajao_Schmitt-et-al_Julgamentos-IBAMA_final.pdf.

RIBEIRO, W. C. **A ordem ambiental internacional**. São Paulo: Contexto, 2001.

SANTOS, R. S. dos. **Pesquisa sobre o uso das tecnologias da informação e da comunicação no Brasil 2005**. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2006.

SCRUGGS, L.; BENEGAL, S. Declining public concern about climate change: can we blame the great recession? **Global Environmental Change**, v. 22, p. 505-515, 2012. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.01.002>.

SEWELL JR, W. H. **Lógicas da história**: teoria social e transformação social. Petrópolis: Vozes, 2017.

SILVA, H. M. R. da; RIVAS, D. H.; UEMA, E. E. **Cronologia de um desastre anunciado**: ações do governo Bolsonaro para desmontar as políticas de meio ambiente no Brasil. ASCEMA Nacional. Brasília: ASCEMA, 2020. Available at: <https://iieb.org.br/wp-content/uploads/2021/08/Ascema.pdf>.

TROUMBIS, A. Y. Declining Google Trends of public interest in biodiversity: semantics, statistics or traceability of changing priorities? **Biodiversity and Conservation**, v. 26, n. 6, p. 1495–1505, 2017. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10531-017-1294-z>.

VASQUES, P. H. Antiambientalismos nos Estados Unidos e no Brasil: uma avaliação sobre os elementos que contribuíram para sua emergência. **Sul Global**, v. 2, n. 2, p. 173-198, 2021. Available at: <https://revistas.ufrj.br/index.php/sg/article/download/41511/pdf/122555>.

VIOLA, E. J.; LEIS, H. R. A evolução das políticas ambientais no Brasil, 1971-1991: do bissetorialismo preservacionista para o multissetorialismo orientado para o desenvolvimento sustentável. *In*: HOGAN, D. J.; VIEIRA, P. F. (Ed.). **Dilemas socioambientais e desenvolvimento sustentável**. Campinas: Editora da Unicamp, 1992. p. 73–102.

WERNECK, F. *et al.* **“Passando a boiada”**: o segundo ano de desmonte ambiental sob Jair Bolsonaro. Observatório do Clima, 2021. Available at: <https://oc.eco.br/wp-content/uploads/2021/01/Passando-a-boiada-1.pdf>.

WORLD VALUES SURVEY. **World Values Survey Data Analysis Tool**. 2024. Available at: <https://www.worldvaluessurvey.org/WVSONline.jsp>.

ZHOURI, A. O antiambientalismo no Brasil: da violência lenta à violência nua. *In*: ZUCARELLI, M. C.; SOUZA LIMA, A. C. de; ALARCOM, D. F.; OLIVEIRA, B. P. de; RAUBER, M. A. (Org.). **Infraestrutura para produção de commodities e povos etnicamente diferenciados**: efeitos e danos da implantação de “grandes projetos de desenvolvimento” em território sociais. Rio de Janeiro: Mórula, 2022, p. 105-145.

Houve um enfraquecimento do ambientalismo no Brasil?

Has there been a weakening of environmentalism in Brazil?

José Roberto Porto de Andrade Júnior ¹

¹ *Doutorado em Sociologia, Professor, Instituto de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal de Alfenas-MG, Varginha, MG, Brasil
E-mail: jose.junior@unifal-mg.edu.br*

doi:10.18472/SustDeb.v16n1.2025.56346

Received: 03/12/2024
Accepted: 07/04/2025

ARTICLE- VARIA

RESUMO

O artigo tem como objetivo discutir tendências negativas do ambientalismo no Brasil nas últimas décadas e no âmbito da sociedade civil. As principais técnicas de pesquisa utilizadas são análise de documentos e análise de dados secundários. As principais fontes são: World Values Survey (WVS), Google Trends e listas de criação de frentes parlamentares. Os resultados evidenciam que houve no Brasil: diminuição da confiança da população no movimento ambientalista; diminuição do percentual da população associada a organizações ambientais; diminuição das buscas por temas ambientais no Google; e diminuição do sucesso eleitoral de candidaturas ambientalistas. A discussão dos resultados enfatiza que entre as causas desse enfraquecimento do ambientalismo no Brasil estão o sucesso do movimento antiecológico e mudanças dos focos prioritários de interesse social em virtude da conjuntura econômica, política e sanitária. Também é destacado que essas tendências societárias compõem o contexto conjuntural explicativo do desmantelamento da política ambiental no governo Bolsonaro (2019-2022).

Palavras-chave: Movimento ambientalista. Sociedade Civil. Brasil. Enfraquecimento. Desmantelamento.

ABSTRACT

The article aims to discuss negative trends in environmentalism in Brazil over recent decades, particularly within civil society. The main research techniques employed are document analysis and the analysis of secondary data. The primary sources include the World Values Survey (WVS), Google Trends, and records of the creation of Brazilian parliamentary fronts. The findings indicate that Brazil has experienced: a decline in public confidence in the environmental movement; a decrease in the proportion of the population holding membership in environmental organisations; a drop in Google searches related to environmental topics; and reduced electoral success of environmentalist candidates. The discussion highlights that among the causes of this weakening of environmentalism in Brazil are the success of the anti-environmental movement and a shift in social priorities due to economic, political, and public health circumstances. It is also emphasised that these societal trends form part of the contextual backdrop that helps explain the dismantling of environmental policy in Brazil during the Bolsonaro administration (2019–2022).

Keywords: Environmental movement. Civil society. Brazil. Weakening. Dismantling.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas eleições legislativas federais do Brasil, em 2022, duas figuras importantes para o ambientalismo brasileiro foram eleitas para a Câmara dos Deputados pelo estado de São Paulo, o maior colégio eleitoral do país. Marina Silva, ex-ministra do Meio Ambiente nos governos Lula 1 e 2 (2003-2008), atual ministra do Meio Ambiente e Mudança do Clima no Governo Lula 3 (2023-presente) e referência do ambientalismo nacional, foi eleita com 237.521 votos. Ricardo Salles, ex-ministro do Meio Ambiente no governo Bolsonaro (2019-2021) e referência do processo de desmantelamento da política ambiental brasileira, foi eleito com 640.918 votos.

O ex-ministro que encabeçou o processo de desmonte do Estado ambiental brasileiro teve, portanto, 2,7 vezes mais votos que a ex-ministra que encabeçou a política que produziu a maior diminuição da emissão de gases de efeito estufa da história do planeta¹. Essa diferença no sucesso eleitoral de candidaturas antípodas é ilustrativa do movimento vivenciado pela sociedade civil e pelas instituições políticas brasileiras nas últimas décadas.

Deixamos de ser um país referência global no combate às mudanças climáticas e nos tornamos o país do desmonte ambiental, do governo que quer “passar a boiada”². Como isso foi possível? Que mudanças societárias poderiam nos ajudar a entender essa reorientação política e a conjuntura ambiental atual?

Na esfera dessa problemática, insere-se o presente artigo, que tem como objetivo discutir algumas tendências negativas do ambientalismo no âmbito da sociedade civil no Brasil nas últimas décadas, defendendo a hipótese de que houve um enfraquecimento do ambientalismo no Brasil.

O artigo está estruturado em seis seções, contadas a introdução e as considerações finais. Na seção 2, faço uma breve revisão da literatura sobre o desmantelamento das políticas ambientais no governo Bolsonaro e sobre a história do movimento ambientalista no Brasil. Na seção 3, são apresentadas as principais técnicas e fontes de dados utilizadas na análise. Na seção 4, apresento dados negativos do movimento ambientalista no Brasil nas últimas décadas, caracterizando-os. Na seção 5, última antes das considerações finais, discuto esses dados, tentando interpretar os processos vivenciados no país, suas causas e consequências.

2 O DESMANTELAMENTO DA POLÍTICA AMBIENTAL BRASILEIRA E A HISTÓRIA DO AMBIENTALISMO NO BRASIL

É consensual na literatura sobre os conflitos ambientais no Brasil que o governo Bolsonaro (2019-2022) marca um ponto de inflexão na história da política ambiental brasileira. O arcabouço conceitual e terminológico principal que tem sido utilizado para a análise desse período é o do “desmantelamento”, e o tema já foi objeto de dossiês e de editoriais das principais revistas nacionais (Barbosa *et al.*, 2022; Bronz; Zhouri; Castro, 2020; Capelari; Milhorange; Araújo, 2023; Paz *et al.*, 2022).

A revista *Sustentabilidade em Debate*, por exemplo, publicou um dossiê em 2023 sob o título “Desmantelamento da política ambiental brasileira”, cujo editorial conceitua “desmantelamento”, a partir de Bauer *et al.* (2012), como “um tipo de mudança que reduz o número de políticas ou instrumentos de políticas e/ou diminui sua intensidade”. Segundo os organizadores, o governo Bolsonaro foi responsável pela “fragilização ou o desmantelamento de diversas políticas sociais e rurais, de saúde, de educação e das ambientais” (Capelari; Milhorange; Araújo, 2023, p. 23).

Além dos dossiês e editoriais, há uma série de trabalhos discutindo a temática. Eles evidenciam que houve no Brasil durante o governo Bolsonaro (2019-2022): diminuição dos recursos investidos nas instituições estatais de proteção da natureza; diminuição do número de autuações e multas lavradas por essas instituições; suspensão dos processos de formação de novas áreas protegidas; censura e perseguição

a servidores atuantes; ataques verbais contra povos ameríndios e organizações não governamentais; e ampliação do desmatamento no país (Bonelli; Fernandes; Cavalcanti, 2023; Drummond; Capelari; Barros, 2022; Fonseca *et al.*, 2023; Fonseca; Lindoso; Bursztyn, 2023; Milhorance, 2022; Moulin, 2023; Rajão *et al.*, 2021; Silva; Rivas; Uema, 2020; Werneck *et al.*, 2021).

Um trabalho de destaque no âmbito dessa literatura é o artigo de Capelari *et al.* (2020), que parte do “Advocacy Coalition Framework” (ACF) para explicar as mudanças ocorridas no governo Bolsonaro (2019-2022). Segundo os autores, no subsistema da política ambiental brasileira, existem quatro coalizões de interesse em disputa, cada qual com um sistema de crenças bem definido: os tecnocratas esclarecidos, os socioambientalistas, os desenvolvimentistas modernos e os desenvolvimentistas tradicionais. Os desenvolvimentistas tradicionais se opõem aos instrumentos da política ambiental e às unidades de conservação, defendem o fomento estatal às iniciativas privadas e têm visões utilitaristas sobre os recursos naturais. Eles são “sucessores de um legado do modelo agroexportador, que concentra terras (recursos naturais), utiliza-se de trabalho escravo e se caracteriza pelo conservadorismo político”. Com a eleição de Bolsonaro, segundo os autores, eles se tornaram dominantes no subsistema da política ambiental brasileira (Capelari *et al.*, 2020, p. 1695-1697).

A literatura citada caracteriza inúmeras das principais tendências e dos principais acontecimentos da década de 2010. O foco principal das análises são as instituições políticas e os meios pelos quais houve iniciativas de desinstitucionalização da política ambiental brasileira.

Entretanto, para uma compreensão mais completa do processo histórico que materializou uma mudança tão significativa na realidade ambiental brasileira, alguns aspectos ainda carecem de discussão, sobretudo no que diz respeito à esfera da sociedade civil.

No Brasil, desde o período colonial, circularam no território críticas ao desmatamento e à ocupação desordenada, o que levou Pádua (2002) a defender a existência de uma tradição de crítica ambiental no Brasil escravista, presente também no período imperial. Essa tradição, produto da ação de uma elite minoritária, foi marcada pelo caráter político, antropocêntrico e cientificista dos escritos. O seu representante mais importante foi José Bonifácio (1763-1838), responsável pela escrita de textos que ainda são atuais.

Durante a Primeira República, do mesmo modo, tivemos no país intelectuais que promoveram o debate sobre temas ambientais, entre os quais se destaca Alberto Torres (1865-1917), uma das figuras mais prestigiadas de seu tempo em âmbito nacional. Também aqui houve poucas consequências políticas das ações e reflexões dessa parcela minoritária da elite.

Na década de 1930, as primeiras organizações especializadas na atuação em temas ambientais foram criadas no país, com destaque para a Sociedade dos Amigos das Árvores, constituída no Rio de Janeiro, em 1931. O engajamento político das entidades nesse período foi determinante para a formalização dos primeiros atos normativos nacionais responsáveis pela proteção formal da natureza, entre os quais o Código Florestal e o Código das Águas (Andrade Júnior, 2023; Dean, 1996; Franco; Drummond, 2009).

Nas décadas seguintes, outras entidades foram criadas no Brasil, ainda em baixa quantidade e sem grande dispersão geográfica, entre elas merece destaque a Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza (FBCN), constituída em 1958 no Rio de Janeiro e tida como a mais atuante organização conservacionista brasileira nas décadas seguintes. A FBCN teve papel de destaque na tramitação legislativa que resultou no Código Florestal de 1965 (Andrade Franco; Drummond, 2009).

Na esfera internacional, a Conferência de Estocolmo em 1972 é a primeira grande referência do que Wagner Costa Ribeiro chamou de ordem ambiental internacional, que se expressa por meio de acordos e tratados que buscam gerir a problemática ambiental para além das fronteiras nacionais (Ribeiro, 2001).

Como consequência do fortalecimento do processo de criação dessa ordem ambiental internacional, aumentaram as pressões para adoção de ações pró-ambientais por parte dos Estados nacionais.

Na década de 1980, na esteira da transição política ocorrida no Brasil e sob influência desses novos fluxos internacionais, o país vivenciou também uma transição ambientalista, com ampliação substantiva do status e da relevância das pautas ecológicas. No âmbito da sociedade civil organizada, esse período foi marcado pela ampliação significativa do número e da força política das organizações ambientalistas, com a criação de importantes organizações, como a SOS Mata Atlântica e a Fundação Pró-Natureza – Funatura, ambas em 1986.

O período também foi marcado pela incorporação da retórica da proteção da natureza nas reivindicações territoriais de uma série de agrupamentos humanos, entre os quais destacam-se diversos povos ameríndios, a exemplo dos Kayapó, e populações tradicionais, a exemplo dos seringueiros (Andrade Júnior, 2021, 2020).

Com essa ambientalização de lutas sociais, uma divisão que caracteriza o ambientalismo brasileiro até o momento presente tornou-se mais importante, entre grupos conservacionistas e grupos socioambientalistas. Em síntese, é possível associar ao polo conservacionista um enfoque “ecocêntrico”, voltado para o entendimento da proteção da natureza e dos ecossistemas em sentido estrito, com valorização negativa da inserção humana nesses ambientes. Ao polo socioambiental, por sua vez, é possível associar um enfoque “antropocêntrico”, voltado para o entendimento da proteção da natureza e dos ecossistemas em sentido amplo, com valorização positiva da inserção humana de baixo impacto nesses ambientes.

Na segunda metade da década de 1980, teve início um processo de profissionalização e de institucionalização das organizações ambientalistas no Brasil, com ampliação da atuação conjunta das entidades com instituições estatais e com empresas (Viola; Leis, 1992). Nas décadas de 1990 e 2000, esse processo de institucionalização e de profissionalização do ativismo ambientalista teve seguimento, combinando formalização institucional, especialização técnica e ênfase no gerenciamento de atividades. Isso ocorreu tanto entre grupos conservacionistas quanto entre grupos socioambientais. Táticas de cooperação e negociação passaram a ser cada vez mais privilegiadas no repertório de ações das organizações, diminuindo as iniciativas de contestação e de protesto, que se tornaram residuais (Alonso; Maciel, 2010).

Também nas décadas de 1990 e 2000, a ampliação quantitativa e o aumento da distribuição geográfica das organizações ambientalistas pelos estados do Brasil prosseguiram, e entidades de grande relevância para o ambientalismo brasileiro contemporâneo foram criadas, a exemplo do Instituto Socioambiental (1994) e da unidade brasileira do Greenpeace (1991).

Nas décadas de 1980, 1990 e 2000, o processo de institucionalização da proteção da natureza gradativamente teve seu auge no Brasil. Nesse período, houve a promulgação das principais leis ambientais do país, entre as quais pode-se citar a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei n. 6.938/1981), a Constituição Federal de 1988, a Lei de Crimes Ambientais (Lei n. 9.605/1998), o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Lei n. 9.985/2000) e a Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei n. 12.187/2009). Todas essas leis ambientais – com exceção da Política Nacional do Meio Ambiente que é anterior à redemocratização brasileira – foram aprovadas com intensa participação da sociedade civil ambientalista nas tramitações legislativas (Andrade Júnior, 2020).

Houve nas décadas de 1990 e 2000, também, a criação das principais instituições estatais de proteção da natureza, entre as quais pode-se citar o Ministério do Meio Ambiente, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (Ibama) e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Houve, além disso, a implantação das principais políticas de proteção à natureza da história do país, entre as quais destacam-se a política de demarcação de terras indígenas, a política de criação

de unidades de conservação e o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PCCDAm).

Houve participação destacada de organizações sociais ambientalistas em todos os processos políticos que resultaram na criação e na implantação dessas políticas e dessas instituições, de modo que a institucionalização da política ambiental brasileira somente pode ser compreendida no contexto do gradativo fortalecimento do movimento ambientalista brasileiro (Andrade Júnior, 2020, 2024).

Se o fortalecimento do movimento ambientalista foi essencial para a construção da política ambiental brasileira, poderia ter ocorrido algo de negativo com o ambientalismo no país, no âmbito da sociedade civil, que nos ajude a compreender o desmantelamento ocorrido durante o governo Bolsonaro?

3 MATERIAIS E MÉTODOS

As principais técnicas de pesquisa utilizadas são análise de documentos e análise de dados secundários. As principais fontes de pesquisa são: a) pesquisas de opinião pública realizadas no Brasil pela World Values Survey (WVS); b) Google Trends, plataforma de contabilização das buscas realizadas no sítio eletrônico Google; c) listas de assinantes para criação da Frente Parlamentar Ambientalista e da Frente Parlamentar da Agropecuária no Congresso Nacional brasileiro.

A World Values Survey (WVS) é um programa de pesquisa internacional dedicado ao estudo científico dos valores sociais, políticos, econômicos e culturais dos povos em todo o mundo. Seu principal instrumento de pesquisa é um survey comparativo conduzido a cada período de cinco anos em nível global.

Neste artigo são utilizados dados de duas questões trabalhadas pelo World Values Survey (WVS) nas “ondas” (“waves”) 2 (1994-1998), 5 (2005-2009), 6 (2010-2014) e 7 (2017-2022). No Brasil, as pesquisas foram realizadas respectivamente nos anos de 1997, 2006, 2014 e 2018.

A primeira questão com respostas apresentadas neste artigo refere-se à confiança da população brasileira no movimento ambientalista (chamado de “environmental protection movement”, movimento de proteção ambiental, no documento de divulgação dos resultados). A segunda questão refere-se à associação ativa, associação inativa ou não associação da população brasileira a organizações ambientais (“active” ou “inactive” “membership of environmental organization”, conforme o documento de divulgação).

O Google Trends, por sua vez, é uma plataforma que apresenta informações sobre as buscas que usuários de todo o mundo realizam na plataforma Google. Desde 2004, o Google registra e quantifica os termos utilizados em uma amostra das pesquisas realizadas por usuários em seu sítio eletrônico, representativa do universo total das pesquisas realizadas. Isso é feito em todas as regiões do planeta, o que permite a apresentação de informações sobre as buscas para diferentes delimitações territoriais.

Esses dados são anônimos, categorizados e agregados pelo Google, que os apresenta sempre em termos relativos, proporcionalmente ao total de termos pesquisados naquele momento histórico e local. Assim, não há indicação do número absoluto de buscas, sendo os dados relativos ao total, de modo a indicar a proporção do termo em relação ao total das pesquisas na plataforma.³

A utilização de dados do Google Trends para discussão de tendências de comportamento social em relação à proteção da natureza foi objeto de debate durante a última década na literatura internacional, opondo críticos do uso desses dados (Ficetola, 2013; Nghiem *et al.*, 2016) biodiversity conservation and fishery. These analyses were based on Google Trends, which is a measure of how frequently a term is searched in Google, in proportion to the total of searches performed. Google Trends is a measure of relative search, and this may make difficult assessing temporal trends. I evaluated whether relative

declines in internet search volumes represent genuine decline in interest toward environmental-related themes, by comparing trends of terms representing various themes, including environment, computer science, other disciplines (astrophysics a defensores da utilização desse tipo de informação (Mccallum; Bury, 2013; McCallum; Bury, 2014; Proulx; Massicotte; Pépino, 2013; Troumbis, 2017). A despeito da controvérsia, a posição que tem prevalecido é favorável à utilização dos dados, desde que haja uma escolha adequada dos termos utilizados como indicadores.

No Brasil, é crescente a utilização do Google Trends como fonte para artigos científicos sobre as mais diversas temáticas. Apesar disso, para o caso brasileiro, a cautela no uso desses dados deve ser ampliada, uma vez que se vivenciou no país mudanças significativas na escala e no perfil de utilização da internet entre 2004 e o momento presente. Entre as principais mudanças, destaca-se uma ampliação expressiva da porcentagem geral da população brasileira usuária da internet, especialmente entre as pessoas de menor escolaridade e de menor faixa de renda, o que traz consequências quantitativas e qualitativas quanto ao uso da internet no país (Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR, 2020).

Neste trabalho, apresento a evolução histórica das buscas realizadas pelo Google no Brasil entre 1/1/2004 e 31/12/2020 em relação a 10 termos considerados representativos dos principais temas e questões relativas à proteção da natureza no Brasil contemporâneo, expostos em ordem alfabética: Amazônia; aquecimento global; biodiversidade; desenvolvimento sustentável; desmatamento; ecologia; meio ambiente; poluição; saneamento básico; e vegetação. Os termos foram escolhidos a partir de análise dos termos utilizados em pesquisas internacionais e dos temas mencionados nas pesquisas de opinião sobre meio ambiente. A extração dos dados da plataforma e a organização foram feitas entre agosto e outubro de 2022.

As listas de parlamentares assinantes para criação da Frente Parlamentar Ambientalista e da Frente Parlamentar da Agropecuária, por fim, são documentos formais e públicos relativos a dois órgãos que usualmente situam-se em polos opostos das disputas legislativas ambientais no Brasil (Araújo; Silva, 2016; Cascione, 2018; Ferreira, 2019). A Frente Parlamentar Ambientalista tradicionalmente encabeça articulações para aprovação de leis que ampliam a proteção da natureza, enquanto a Frente Parlamentar da Agropecuária tradicionalmente protagoniza articulações para aprovação de leis que minoram essa proteção.

As listas de assinaturas para criação das frentes parlamentares não exprimem precisamente a quantidade de parlamentares que participam das reuniões e das ações de cada frente, como salienta a literatura (Araújo; Silva, 2016; Cascione; Araújo, 2019; Cascione, 2018; Ferreira, 2019) mais do que em outros países, é frequentemente citada no debate político a influência de bancadas temáticas em relação aos próprios partidos políticos. Contudo, são poucas as tentativas na academia de compreender de forma empírica este sistema. Nesta tese, aplica-se a análise de redes (network analysis). Apesar disso, elas são um indicativo relevante da quantidade de parlamentares com disposição para vincular-se às demandas e reivindicações tipicamente encabeçadas por cada frente temática no início dos seus mandatos, logo após terem sido eleitos para o Congresso Nacional.

Nesse contexto, o número de parlamentares subscritores do pedido de criação da Frente Parlamentar Ambientalista é tomado neste artigo como um indicador do sucesso eleitoral de candidaturas predispostas a apoiar causas ambientais, enquanto o número de parlamentares subscritores da lista de criação da Frente Parlamentar da Agropecuária é tomado como um indicador do sucesso eleitoral de candidaturas predispostas a opor-se a essas mesmas pautas, uma vez que esse é o comportamento típico observado nessas frentes.

4 RESULTADOS

O primeiro dado negativo relativo ao movimento ambientalista no Brasil é da pesquisa da WVS sobre confiança da população brasileira em relação ao movimento ambientalista. Conforme evidencia a Figura 1, em 1997, quase 80% da população brasileira respondeu que confiava muito (“a great deal”) ou bastante (“quite a lot”) no movimento ambientalista. Esse percentual caiu em 2006 para 64,4%, patamar mantido em 2014. Em 2018 houve nova queda, com apenas 56,8% da população respondendo positivamente a esse questionamento.

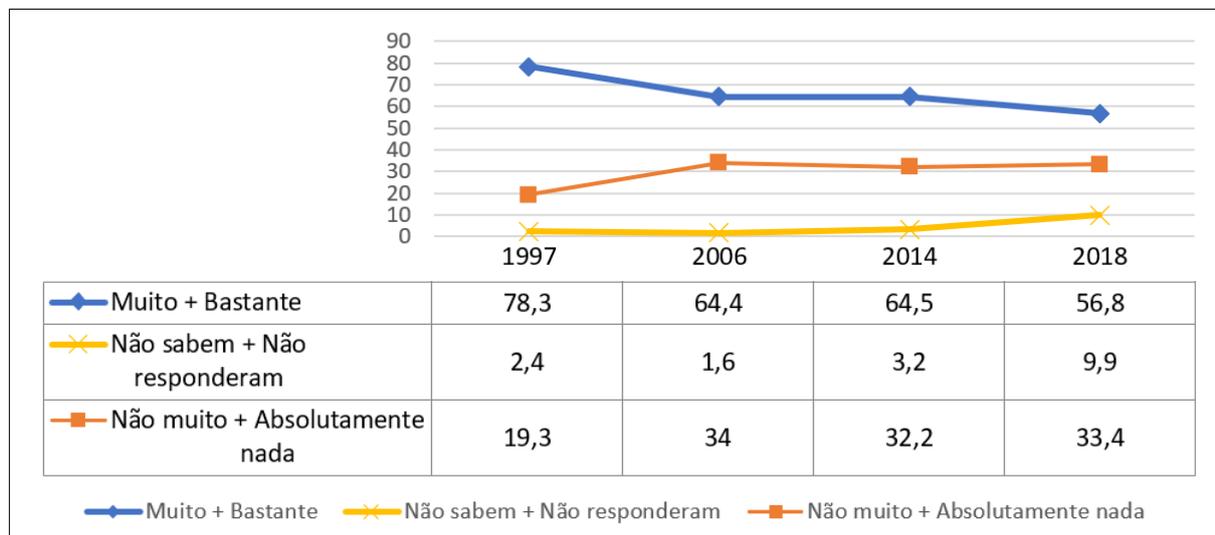


Figura 1 – Confiança no movimento ambientalista no Brasil – percentual (1997-2018)

Fonte: World Values Survey (WVS), elaboração própria

O segundo dado negativo é da mesma pesquisa da WVS, sobre associação a organizações ambientais no Brasil. Conforme exposto na Figura 2, caiu o percentual de pessoas que se declararam membros ativos ou membros inativos de organizações ambientais no país entre 1997 e 2018, enquanto subiu o número de pessoas que declararam que não eram membros.⁴

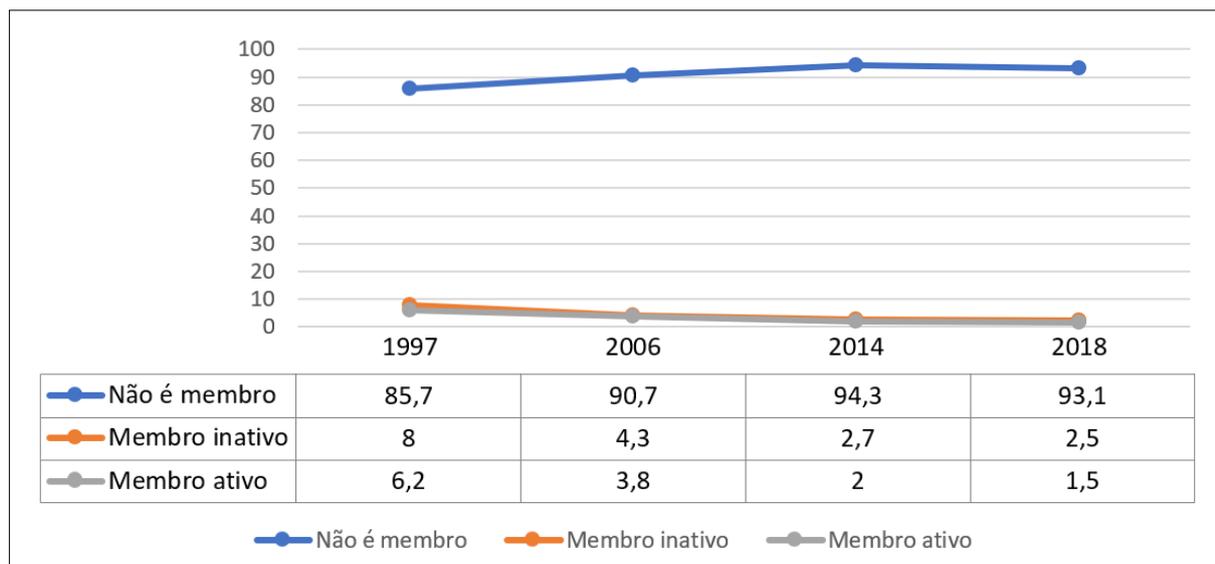


Figura 2 – Associação a organizações ambientais no Brasil – percentual (1997-2018)

Fonte: World Values Survey (WVS), elaboração própria

O terceiro dado negativo vem da plataforma Google Trends, relativo às pesquisas realizadas no Google por usuários no Brasil com termos relevantes para o ambientalismo. A Figura 3 apresenta os resultados, evidenciando a tendência de queda nas buscas ao longo do período, especialmente quando se compara o ano inicial ao ano final da série histórica.

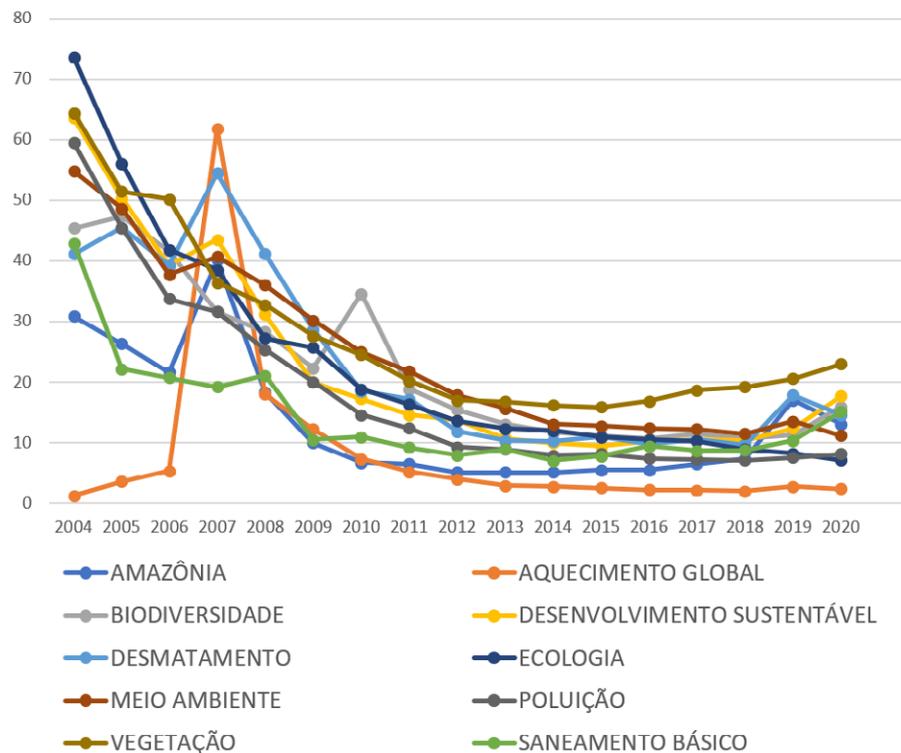


Figura 3 – Pesquisas no “Google” sobre temas ambientais (2004-2020)

Fonte: Google Trends, elaboração própria

Apresento a seguir um comparativo entre a média das buscas de 2004 e de 2020 para todos os termos constantes no gráfico, indicando a porcentagem de diminuição ou aumento relativo das buscas:

- Amazônia – 30,8 em 2004 e 13,1 em 2020, diminuição de 57%;
- Aquecimento global – 1,25 em 2004 e 2,3 em 2020, aumento de 84%;
- Biodiversidade – 45,4 em 2004 e 16 em 2020, diminuição de 64%;
- Desenvolvimento sustentável – 63,5 em 2004 e 17,6 em 2020, diminuição de 72,7%;
- Desmatamento – 41,1 em 2004 e 14,5 em 2020, diminuição de 64%;
- Ecologia – 73,5 em 2004 e 7,08 em 2020, diminuição de 90,3%;
- Meio ambiente – 54,8 em 2004 e 11,1 em 2020, diminuição de 79%;
- Poluição – 59,5 em 2004 e 8,1 em 2020, diminuição de 86,3%;
- Saneamento básico – 42,91 em 2004 e 15,08 em 2020, diminuição de 64,8%;

- Vegetação – 64,4 em 2004 e 23 em 2020, diminuição de 64,2%.

Em virtude da ampliação da utilização da internet por pessoas de baixa escolaridade entre 2004 e 2019, poderia ser esperada uma diminuição de certa intensidade do interesse social por temas ambientais expresso por meio de buscas no “Google”, tendo em vista que pesquisas de opinião realizadas no Brasil (Confederação Nacional da Indústria, 2012; Ibope Inteligência, 2021) – e também no exterior (European Commission, 2017) – sugerem que o interesse e a preocupação com questões ambientais aumentam conforme a escolaridade.

Entretanto, a intensidade da diminuição das buscas por termos ambientais em relação ao total de buscas realizadas no período foi muito mais significativa do que poderia ser esperado, em regra superior a 50%. Isso impede que se atribua o fenômeno simplesmente à ampliação do uso da internet por pessoas de baixa escolaridade e sugere a ocorrência de diminuição do interesse dos usuários brasileiros da internet por temas ambientais no período 2004-2020.

O quarto dado negativo é relativo ao número de parlamentares subscritores dos pedidos de criação da Frente Parlamentar Ambientalista e da Frente Parlamentar da Agropecuária entre a 53ª Legislatura (2007-2010) e a 57ª Legislatura (2023-2026). A Figura 4 apresenta esse dado.

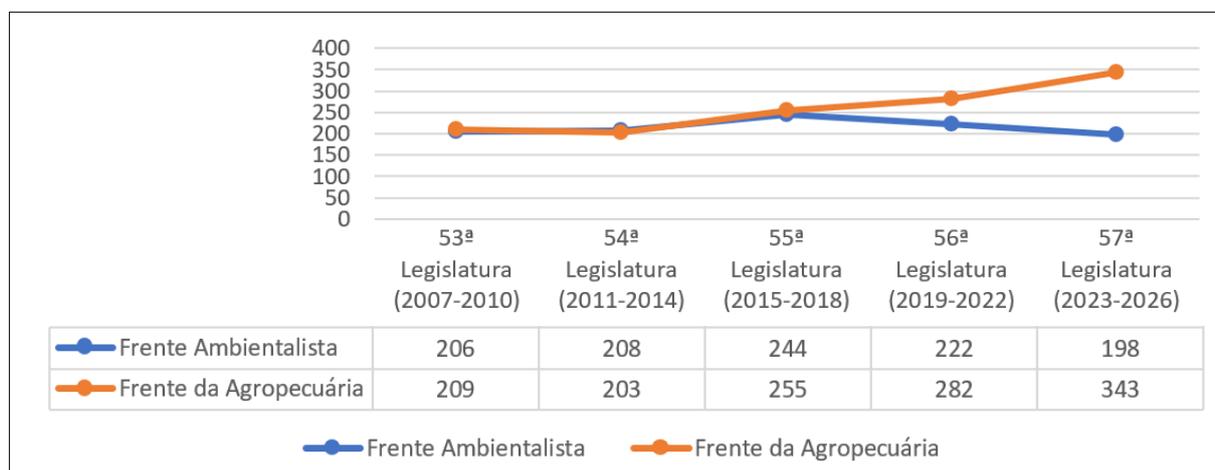


Figura 4 – Número de parlamentares assinantes da criação da Frente Parlamentar Ambientalista e da Frente Parlamentar da Agropecuária (2007-2023)

Fonte: Congresso Nacional, elaboração própria

Conforme evidencia o gráfico, entre a 53ª Legislatura (2007-2010) e a 57ª Legislatura (2023-2026), houve mudança no quantitativo de parlamentares subscritores dos pedidos de criação das duas frentes, com crescimento constante da Frente da Agropecuária e redução da Frente Ambientalista na 56ª Legislatura (2019-2022) e na 57ª Legislatura (2023-2026).

5 DISCUSSÃO

Em síntese, os resultados apresentados evidenciam que houve no Brasil, nas últimas décadas, diminuição da confiança da população no movimento ambientalista, diminuição do percentual da população associada a organizações ambientais como membro ativo ou membro inativo, diminuição relativa das pesquisas no Google usando termos relacionados com temáticas ambientais e mudança no quantitativo de parlamentares subscritores dos pedidos de criação das Frentes Parlamentares da Agropecuária e Ambientalista, com crescimento da primeira e redução da segunda.

A mudança nos rumos do ambientalismo brasileiro é notável em relação ao gradativo fortalecimento e à ampliação quantitativa e qualitativa que caracterizaram a evolução histórica do setor durante a segunda metade do século XX. Está em curso, neste início de século XXI, o enfraquecimento do ambientalismo no Brasil. Essa tendência nacional possui paralelo com tendências detectadas por pesquisas de opinião pública e pela literatura em outros lugares do planeta.

A mesma pesquisa da World Values Survey (WVS), com resultados apresentados na seção anterior, evidencia que a diminuição de confiança no movimento ambientalista e a diminuição do associativismo ambiental detectadas no Brasil também estão ocorrendo em outros países.

Rússia, México e alguns dos nossos vizinhos sul-americanos, tais como Argentina, Chile, Colômbia e Uruguai, são exemplos de sociedades em que houve redução nas respostas positivas sobre confiança no movimento de proteção ambiental entre a onda 2 (1990-1994) e a onda 7 (2017-2022) da pesquisa (World Values Survey, 2024). Por outro lado, em países, como China, Índia, Indonésia e Estados Unidos, houve crescimento das respostas positivas sobre confiança no movimento de proteção ambiental no mesmo período (World Values Survey, 2024).

Em relação à associação a organizações ambientais, os dados da WVS evidenciam que também houve diminuição do patamar de membros ativos e inativos das populações nacionais, entre a onda 2 (1990-1994) e a onda 7 (2017-2022), nos Estados Unidos e no México (World Values Survey, 2024). Houve manutenção do patamar de associativismo, dada a margem de erro das pesquisas de opinião, em países como Argentina, Chile, China e Rússia. O crescimento do associativismo ambiental no mesmo período foi observado em países como Índia, Colômbia e Uruguai (World Values Survey, 2024).

Lou *et al.* (2022) realizaram uma meta-análise de trabalhos científicos que analisam preocupação ambiental das pessoas com base no “Novo Paradigma Ecológico” (em inglês, “New Environmental Paradigm”), uma matriz de análise de preocupação ambiental amplamente utilizada em âmbito global. Como conclusão do estudo, em que analisaram 184 trabalhos científicos de vários continentes, os autores afirmam que houve uma diminuição da preocupação ambiental no mundo entre 1994 e 2017.

Oliveira, Carneiro e Vecchia (2017), por sua vez, analisaram dados de pesquisas na plataforma Google sobre temas relacionados a mudanças climáticas e aquecimento global em todo o mundo, entre 2004 e 2017. Eles concluem, com base nesses dados, que houve diminuição do interesse global na temática do clima após dois picos de interesse ocorridos em 2007 e 2009.

Em relação às explicações para essas tendências negativas do ambientalismo, observadas em distintos locais do planeta, é possível identificar na literatura dois tipos de argumentações causais explicativas para o fenômeno: os argumentos econômico e político.

Segundo o argumento econômico, as reduções de apoio, diminuição da preocupação ambiental e/ou enfraquecimento do ambientalismo seriam consequência de situações economicamente negativas vivenciadas pelas sociedades, o que geraria mudanças de prioridade do interesse societário em prejuízo das temáticas socioambientais.

Segundo o argumento político, as reduções de apoio, a diminuição da preocupação ambiental e/ou enfraquecimento do ambientalismo seriam consequência do sucesso de ações, de campanhas e de articulações promovidas por grupos sociais que se opõem às demandas de proteção da natureza e se interessam pela continuidade da ocorrência de práticas degradantes.

Um exemplo de aplicação concreta do argumento econômico é o trabalho de Scruggs e Benegal (2012). Os autores discutem a redução na preocupação pública com as mudanças climáticas na população norte-americana e concluem que sua causa principal seria a recessão econômica e as condições precárias do mercado de trabalho no país. Segundo eles, os crescimentos e decréscimos do

interesse socioambiental variariam segundo as condições econômicas, com diminuição nos momentos de crise, quando a população é levada a priorizar as demandas de subsistência. Eles também citam dados de países europeus que, na visão deles, sustentam o argumento econômico como explicação para a redução da preocupação climática.

Um exemplo de aplicação concreta do argumento político, por sua vez, são os trabalhos de McCright e Dunlap. Em diversos textos, os autores caracterizam o que chamam de “contramovimento antiambiental coordenado”, protagonizado por “fundações conservadoras, *think tanks*, e políticos”, que teria emergido em resposta ao ambientalismo global, percebido como ameaça às políticas econômicas neoliberais (McCright; Dunlap, 2011). Segundo esses autores, o crescimento da posição antiambiental dos conservadores e republicanos nos Estados Unidos e o conseqüente aumento da polarização climática no país seriam conseqüências da ação política desse “contramovimento antiambiental”, presente nos Estados Unidos a partir da década de 1990 (McCright; Xiao; Dunlap, 2014, p. 258).

Há, em relação ao Brasil, indícios da plausibilidade tanto do argumento econômico quanto do argumento político para explicação do enfraquecimento do ambientalismo no país, especialmente no que diz respeito à década de 2010-2020, quando efetivamente se materializa, segundo a literatura, o processo de desmantelamento da política ambiental brasileira.

No período 2011-2020, tivemos crescimento médio anual de apenas 0,26% do PIB, o menor índice desde que os dados começaram a ser organizados em 1901. O desemprego, por outro lado, cresceu significativamente entre o início e o final da década, passando de 7,9% no primeiro trimestre de 2012 para 13,9% no último trimestre de 2020, segundo dados da Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílios (Pnad), do IBGE. Com isso, parcela significativa dos brasileiros ficou privada do mínimo necessário para a própria subsistência.

Nas pesquisas de opinião pública do Ibope sobre os principais problemas do país, essa mudança econômica é evidenciada pelo crescimento do “desemprego” entre as respostas. Em 2012 e 2014, o tema ocupou apenas o 10º e 11º lugares entre os principais problemas do país, respectivamente, enquanto em 2017 e em 2019 ocupou o 1º lugar com 56% e 47% das citações (Confederação Nacional da Indústria, 2016, 2017, 2018, 2020).

À argumentação econômica, também é possível adicionar o componente sanitário como elemento da explicação para a reorientação das prioridades sociais em detrimento das temáticas socioambientais no Brasil na última década. Problemas sanitários mantiveram-se em destaque para a população brasileira por toda a década 2011-2020, o que foi agravado pela pandemia de Covid-19 iniciada em 2020. Nas pesquisas do Ibope, a saúde esteve entre os cinco temas mais citados pelos brasileiros em todos os anos, ocupando o primeiro e o segundo lugar em 2018 e 2019.

Nesse contexto, é defensável a explicação de que numa década de baixíssimo crescimento econômico, de ampliação do desemprego e de insatisfação continuada com as condições sanitárias do país, a população brasileira tenha priorizado temas tidos como mais urgentes, e a problemática ambiental tenha perdido importância e presença na agenda nacional.

No que tange à plausibilidade do argumento político para a explicação do enfraquecimento do ambientalismo no país, os indícios também existem e possuem amparo na literatura científica.

Zhour (2022), por exemplo, analisou documentos, matérias jornalísticas e pronunciamentos públicos de militares e políticos da Região Norte do Brasil com a finalidade de evidenciar o lastro histórico das posições antiambientais presentes na sociedade brasileira principalmente a partir da década de 1980. Segundo ela, o antiambientalismo é constitutivo da história do Brasil.

Massarani *et al.* (2024, p. 36), por sua vez, analisaram conteúdos de mensagens de negacionismo climático na plataforma Telegram entre 2017 e 2023 e concluíram que as mensagens, que se utilizam de táticas e técnicas típicas do negacionismo climático de outros locais do planeta, têm no Brasil “um impacto significativo na percepção pública das mudanças climáticas e nas ações governamentais”.

Tal como esses dois trabalhos citados, há na literatura nacional outras análises que colaboram na caracterização de um movimento – ou contramovimento – antiambiental no Brasil (Acselrad, 2022; Pinheiro, 2022; Vasques, 2021), auxiliando na associação entre as ações desses grupos sociais e o enfraquecimento do ambientalismo no país.

Entretanto, para o caso brasileiro, tanto no que tange à argumentação causal econômica quanto no que tange à argumentação política, estudos quantitativos e qualitativos ainda precisam ser feitos para que se qualifique o entendimento sobre as causas do enfraquecimento do ambientalismo no país.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O enfraquecimento do ambientalismo brasileiro já foi objeto de comentário de importantes analistas da política ambiental brasileira, a exemplo de Drummond, Capelari e Barros (2022, p. 15), que afirmam que desde a década de 2010 conservacionistas e socioambientais se enfraqueceram, política e socialmente, no Brasil. Este artigo avança na discussão do tema ao apresentar um conjunto mais amplo de dados e fazer comparações e reflexões causais.

No âmbito das considerações finais, é importante destacar que a constatação desse enfraquecimento não reduz a importância que tiveram organizações ambientalistas, movimentos sociais e ativistas na resistência ao desmantelamento da política ambiental brasileira e às iniciativas autoritárias e degradantes do governo Bolsonaro. Esses atores foram fundamentais para que o cenário nacional não se deteriorasse ainda mais entre 2019 e 2022.

Contudo, também é importante destacar que não é possível compreender o desmonte das políticas ambientais brasileiras, ocorrido durante o governo Bolsonaro, sem levar em conta o constatado enfraquecimento do ambientalismo no Brasil. Esse enfraquecimento é um elemento conjuntural explicativo da própria ocorrência do desmantelamento ambiental no Brasil. Numa conjuntura diversa, de maior força política do ambientalismo no Brasil e em âmbito internacional, o movimento antiambiental brasileiro não teria sido exitoso.

Também é importante destacar, por fim, que os resultados negativos apresentados neste artigo preocupam bastante. Vivemos a escalada do processo de colapso socioambiental em nível global e estamos no decênio decisivo para que as mudanças estruturais nos nossos sistemas energético e alimentar sejam materializadas de modo a ampliar nossas chances de adaptação ao novo regime climático (Marques, 2023).

A despeito disso, vivenciamos no Brasil, nas últimas décadas, o enfraquecimento do ambientalismo. Não será possível promover as mudanças políticas necessárias para mitigação e adaptação às mudanças climáticas no contexto da continuidade desses processos sociais. É urgente que o ambientalismo brasileiro volte a fortalecer-se.

NOTAS

1 | Um estudo conduzido pela “Union of Concerned Scientists” analisou as políticas ambientais do Brasil na década de 2000 e concluiu que o país apresentava as “maiores reduções de desmatamento e [de] emissões [de gases de efeito estufa] em todo o mundo” (Boucher *et al.*, 2014). Marina Silva foi a ministra à frente do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), principal responsável pelo feito.

2 | Trata-se de uma referência ao conhecido comentário realizado pelo então ministro Ricardo Salles no dia 22 de abril de 2020, numa reunião do presidente Jair Bolsonaro com seus principais ministros. Na fala, “passar a boiada” significava avançar no processo de desregulamentação administrativa das políticas ambientais, aproveitando a desmobilização social generalizada causada pelo início da pandemia de Covid-19.

3 | Mais informações em: https://support.google.com/trends/answer/4365533?hl=pt-BR&ref_topic=6248052.

4 | Pessoas que não responderam foram 1,1% do total em 2006 e 0% nos demais anos, enquanto as pessoas que não souberam foram 1,1% em 2014 e 2,9% em 2018. Essas opções foram retiradas da Figura 2 para facilitar a visualização.

5 | Esses fenômenos conjunturais da década 2010-2020 são imprescindíveis para a compreensão das tendências negativas verificadas no ambientalismo brasileiro no período e compõem a explicação causal do dismantelamento da política ambiental brasileira no governo Bolsonaro. Entretanto, os dados sobre confiança da população no movimento ambientalista e associativismo ambiental no país têm diminuição perceptível anterior à década, o que demanda explicação específica não presente neste artigo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) o financiamento da pesquisa que tornou possível esta publicação, por meio do Edital 1/2024 – Demanda Universal, Termo de Outorga n. 93552015/2024. Agradeço também aos revisores anônimos e aos editores da revista as importantes sugestões para melhoria do texto.

REFERÊNCIAS

ACSELRAD, H. Ambientalização das lutas sociais – o caso do movimento por justiça ambiental. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 103–119, 2010. Available at: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142010000100010>.

ACSELRAD, H. Dimensões políticas do negacionismo ambiental: interrogando a literatura. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 60, p. 26-42, 2022. Available at: <https://doi.org/10.5380/dma.v60i0.80028>.

ALONSO, A.; MACIEL, D. From protest to professionalization: Brazilian environmental activism after Rio-92. **Journal of Environment and Development**, v. 19, n. 3, p. 300–317, 2010. Available at: <https://doi.org/10.1177/1070496510378101>.

ANDRADE FRANCO, J. L. de; DRUMMOND, J. A. O cuidado da natureza: a Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza e a experiência conservacionista no Brasil: 1958-1992. **Textos de História**, v. 17, n. 1, p. 59–84, 2009. Available at: <https://periodicos.unb.br/index.php/textos/article/view/28053/24101>.

ANDRADE JÚNIOR, J. R. P. de. **Devastação ambiental e defesa da vegetação nativa: Brasil e as regiões de Ribeirão Preto-SP e São Félix do Xingu-PA**. Tese de Doutorado em Sociologia. Universidade de São Paulo, 2020. Available at: <https://repositorio.usp.br/item/003136735>.

ANDRADE JÚNIOR, J. R. P. de. Os Kayapó e o ambientalismo: lutas pela terra em São Félix do Xingu-PA (1970-2000). **Espaço Ameríndio**, v. 15, p. 117-136, 2021. Available at: <https://doi.org/10.22456/1982-6524.117557>.

ANDRADE JÚNIOR, J. R. P. de. Código Florestal de 1934: aprovação legislativa e inefetividade. **Revista Pensamiento Penal**, v. 487, 2023. Available at: <https://www.pensamientopenal.com.ar/doctrina/91026-codigo-florestal-1934-aprovacao-legislativa-e-inefetividade>.

ANDRADE JÚNIOR, J. R. P. de. Direito ambiental e instituições estatais durante a transição política no Brasil (1985-1995): Constituição Federal de 1988 e atuação legislativa, judiciária e executiva. **Revista Pensamiento Penal**, v. 505, 2024. Available at: <https://www.pensamientopenal.com.ar/system/files/ambiental%20.pdf>.

ARAÚJO, S. M. V. G.; SILVA, R. S. E. Frentes e bancadas parlamentares: uma proposta teórico-metodológica e de agenda de pesquisa. In: 10o ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIÊNCIA POLÍTICA - "Ciência Política e a Política: memória e futuro". **Anais [...]** Belo Horizonte: 2016.

BARBOSA, R. G.; COSTA, R. B. M. L. de; PIERRI, N.; SANTOS, T. L. O desmonte socioambiental e as resistências emergentes. **Desenvolvimento e meio ambiente**, v. 60, 2022, p. 1-3. Available at: <https://doi.org/10.5380/dma.v60i0.86632>.

BONELLI, F.; FERNANDES, A. S. A.; CAVALCANTE, P. L. C. The active dismantling of environmental policy in Brazil: paralysis and setbacks of the deforestation inspection and control. **Sustainability in Debate**, v. 13, n. 2, p. 58-80, 2023. Available at: <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v14n1.2023.44277>.

BOUCHER, D. *et al.* Histórias de sucesso no âmbito do desmatamento. **Greentips**, p. 1–55, 2014. available at: <https://www.ucs.org/sites/default/files/2019-10/UCS-2014-DeforestationSuccessStories-Portugues-final.pdf>.

BRONZ, D.; ZHOURI, A.; CASTRO, E. Passando a boiada: violação de direitos, desregulação e desmanche ambiental no Brasil. **Revista Antropolítica**, v. 49, n. 2, p. 8-41, 2020. Available at: <https://doi.org/10.22409/antropolitica2020.i49.a44533>.

CAPELARI, M.; MILHORANCE, C.; ARAÚJO, S. de. Desmantelamento da política ambiental brasileira. **Sustainability in Debate**, v. 14, n. 1, 2023, p. 23-25. Available at: <https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/view/48319/36873>.

CAPELARI, M. G. M.; ARAÚJO, S. M. V. G. de; CALMON, P. C. D. P.; BORINELLI, B. Mudança de larga escala na política ambiental: análise da realidade brasileira. **Revista de Administração Pública**, v. 54, n. 6, p. 1691-1710, 2020. Available at: <https://doi.org/10.1590/0034-761220190445>.

CASCIONE, S.; ARAÚJO, S. M. V. G. de. Obstáculos para protagonismo das frentes parlamentares em coalizões presidenciais no Brasil. **Revista de Sociologia e Política**, v. 27, n. 72, p. 1–23, 2019. Available at: <https://doi.org/10.1590/1678-987319277205>.

CASCIONE, S. R. S. **Institucionalização e influência das frentes parlamentares no Congresso brasileiro**. Dissertação de mestrado em Ciência Política. Universidade de Brasília, 2018.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Pesquisa CNI-Ibope. **Retratos da sociedade brasileira: meio ambiente**. Brasília: CNI, 2012.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Problemas e prioridades para 2016. **Retratos da Sociedade Brasileira**, v. 5, n. 28, 2016.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Problemas e prioridades para 2017. **Retratos da Sociedade Brasileira**, v. 6, n. 36, 2017.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Problemas e prioridades para 2018. **Retratos da Sociedade Brasileira**, v. 7, n. 41, 2018.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Principais problemas do país e prioridades para 2020. **Retratos da sociedade brasileira**, v. 9, n. 53, 2020.

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

DRUMMOND, J. A.; CAPELARI, M. G. M.; BARROS, A. F. G. e. **Brazilian environmental policy: a short biography, 1934-2020**. Curitiba: Appris, 2022.

EUROPEAN COMMISSION. **Special Eurobarometer 468 “Attitudes of European citizens towards the environment”**. European Commission, 2017. Available at: https://mehi.hu/sites/default/files/ebs_468_en_1.pdf.

FERREIRA, P. F. de A. N. **Economia política do meio ambiente: identificação da bancada ruralista e outras bancadas temáticas no Congresso Nacional com análise de redes**. Tese de Doutorado em Economia. Universidade de Brasília, 2019.

FICETOLA, G. F. Is interest toward the environment really declining? The complexity of analysing trends using internet search data. **Biodiversity and Conservation**, v. 22, n. 12, p. 2983–2988, 2013. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-013-0552-y>.

FONSECA, I. F. de; 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, 2023. Available at: <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v13n2.2022.44532>.

FONSECA, I. F. de; LINDOSO, D. P.; BURSZTYN, M.; DAUGEARD, M. A desconstrução organizada da política florestal no Brasil: estratégias de desmantelamento e de resistência. In: GOMIDE, A. de Á.; SILVA, M. M. de Sá e; LEOPOLDI, M. A. **Desmonte e reconfiguração de políticas públicas (2016-2022)**. Brasília: Ipea, 2023. Available at: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/11945>.

FRANCO, J. L. de A.; DRUMMOND, J. A. **Proteção à natureza e identidade nacional no Brasil, anos 1920-1940**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2009.

GOOGLE. **Google Trends**. 2024. Available at: <https://trends.google.com.br/trends/>.

IBOPE INTELIGÊNCIA. **Mudanças climáticas na percepção dos brasileiros**. Ibope, 2021. Available at: https://itsrio.org/wp-content/uploads/2021/02/Apresenta%C3%A7%C3%A3o-IBOPE_FINAL.pptx.pdf.

INGLEHART, R.; HAERPFER, C.; MORENO, A.; WELZEL, C.; KIZILOVA, K.; DIEZ-MEDRANO, J.; LAGOS, M.; NORRIS, P.; PONARIN, E.; PURANEN, B. (Ed.). **World Values Survey: all rounds**. Country-Pooled Datafile. Madrid, Spain & Vienna, Austria: JD Systems Institute & WWSA Secretariat. 2022. Dataset Version 3.0.0. doi:10.14281/18241.17

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **As fundações privadas e associações sem fins lucrativos no Brasil - 2016**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

LOU, X.; LI, L. M. W.; XIA, W.; ZHU, Q. A meta-analysis of temporal shifts in environmental concern between 1994 and 2017: an examination of the new environmental paradigm. **Anthropocene**, v. 38, 2022, 100335. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2022.100335>.

MARQUES, L. **O decênio decisivo: propostas para uma política de sobrevivência**. São Paulo: Elefante, 2023.

MASSARANI, L.; COLATUSSO, V. de C. W.; LIMA, M. D. V. de; OLIVEIRA, T. M. de; ALVES, M. A construção do conhecimento sobre mudanças climáticas em grupos negacionistas do Telegram no Brasil. **Observatorio (OBS) Journal**, v. 18, n. 4, p. 21-41, 2024. Available at: <https://doi.org/10.15847/obsOBS18420242543>.

MCCALLUM, M. L.; BURY, G. W. Google search patterns suggest declining interest in the environment. **Biodiversity and Conservation**, v. 22, n. 6–7, p. 1355–1367, 2013. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-013-0476-6>.

MCCALLUM, M. L.; BURY, G. W. Public interest in the environment is falling: a response to Ficetola (2013). **Biodiversity and Conservation**, v. 23, n. 4, p. 1057–1062, 2014. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-014-0640-7>.

MCCRIGHT, A. M.; DUNLAP, R. E. The politicization of climate change and polarization in the american public's views of global warming, 2001-2010. **The Sociological Quarterly**, v. 52, n. 2, p. 155-194, 2011. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1533-8525.2011.01198.x>.

MCCRIGHT, A. M.; XIAO, C.; DUNLAP, R. E. Political polarization on support for government spending on environmental protection in the USA, 1974-2012. **Social Science Research**, v. 48, 2014, p. 251-260. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ssresearch.2014.06.008>.

MILHORANCE, C. Policy dismantling and democratic regression in Brazil under Bolsonaro: coalition politics, ideas, and underlying discourses. **Review of Policy Research**, v. 39, n. 6, p. 752-770, 2022. Available at: <https://doi.org/10.1111/ropr.12502>.

MOULIN, C. S. A. Building and dismantling organisational capacity and bureaucratic identity: na analysis os Ibama's civil service examinations (1989-2022). **Sustentatibility in Debate**, v. 13, n. 2, p. 81-98, 2023. DOI: 10.18472/SustDeb.v14n1.2023.44346.

NGHIEM, T. P. LE *et al.* Analysis of the capacity of google trends to measure interest in conservation topics and the role of online news. **PLoS ONE**, v. 11, n. 3, p. 1–12, 2016. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152802>.

NÚCLEO DE INFORMAÇÃO E COORDENAÇÃO DO PONTO BR. **Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos domicílios brasileiros: TIC Domicílios 2019**. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2020.

OLIVEIRA, M. J. de; CARNEIRO, C. D. R.; VECCHIA, F. A. da S. Evolução (2004-2017) do interesse mundial pelas mudanças climáticas e aquecimento global: influência da ciência, mídia, política, economia e controvérsias. **ANAP Brasil**, v. 10, n. 20, p. 92-120. 2017. Available at: <https://doi.org/10.17271/19843240102020171667>.

PAZ, M. G. A. da; SILVA JUNIOR, R. D. da; JACOBI, P. R.; LAUDA-RODRIGUEZ, Z.; MILZ, B. Guia para o desmonte da política ambiental brasileira. **Ambiente & Sociedade**, v. 25, São Paulo-SP, 2022, Editorial. Available at: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoceditorialvu2022L5EDPT>.

PINHEIRO, D. C. Quando a fake news acelera o Antropoceno: o caso da Floresta Amazônica (2018-2021). **Liinc em Revista**, v. 18, n. 1, e5927, 2022. Available at: <https://doi.org/10.18617/liinc.v18i1.5927>.

PROULX, R.; MASSICOTTE, P.; PÉPINO, M. Googling Trends in Conservation Biology. **Conservation Biology**, v. 28, n. 1, p. 44–51, 2013. Available at: <https://doi.org/10.1111/cobi.12131>.

RAJÃO, R. *et al.* **Dicotomia da impunidade do desmatamento ilegal**. Policy Brief, 2021. Available at: https://csr.ufmg.br/csr/wp-content/uploads/2021/06/Rajao_Schmitt-et-al_Julgamentos-IBAMA_final.pdf.

RIBEIRO, W. C. **A ordem ambiental internacional**. São Paulo: Contexto, 2001.

SANTOS, R. S. dos. **Pesquisa sobre o uso das tecnologias da informação e da comunicação no Brasil 2005**. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2006.

SCRUGGS, L.; BENEGAL, S. Declining public concern about climate change: can we blame the great recession? **Global Environmental Change**, v. 22, p. 505-515, 2012. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.01.002>.

SEWELL JR, W. H. **Lógicas da história: teoria social e transformação social**. Petrópolis: Vozes, 2017.

SILVA, H. M. R. da; RIVAS, D. H.; UEMA, E. E. **Cronologia de um desastre anunciado**: ações do governo Bolsonaro para desmontar as políticas de meio ambiente no Brasil. ASCEMA Nacional. Brasília: ASCEMA, 2020. Available at: <https://iieb.org.br/wp-content/uploads/2021/08/Ascema.pdf>.

TROUMBIS, A. Y. Declining Google Trends of public interest in biodiversity: semantics, statistics or traceability of changing priorities? **Biodiversity and Conservation**, v. 26, n. 6, p. 1495–1505, 2017. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10531-017-1294-z>.

VASQUES, P. H. Antiambientalismos nos Estados Unidos e no Brasil: uma avaliação sobre os elementos que contribuíram para sua emergência. **Sul Global**, v. 2, n. 2, p. 173-198, 2021. Available at: <https://revistas.ufrj.br/index.php/sg/article/download/41511/pdf/122555>.

VIOLA, E. J.; LEIS, H. R. A evolução das políticas ambientais no Brasil, 1971-1991: do bissetorialismo preservacionista para o multissetorialismo orientado para o desenvolvimento sustentável. *In*: HOGAN, D. J.; VIEIRA, P. F. (Ed.). **Dilemas socioambientais e desenvolvimento sustentável**. Campinas: Editora da Unicamp, 1992. p. 73–102.

WERNECK, F. *et al.* **“Passando a boiada”**: o segundo ano de desmonte ambiental sob Jair Bolsonaro. Observatório do Clima, 2021. Available at: <https://oc.eco.br/wp-content/uploads/2021/01/Passando-a-boiada-1.pdf>.

WORLD VALUES SURVEY. **World Values Survey Data Analysis Tool**. 2024. Available at: <https://www.worldvaluessurvey.org/WVSONline.jsp>.

ZHOURI, A. O antiambientalismo no Brasil: da violência lenta à violência nua. *In*: ZUCARELLI, M. C.; SOUZA LIMA, A. C. de; ALARCOM, D. F.; OLIVEIRA, B. P. de; RAUBER, M. A. (Org.). **Infraestrutura para produção de commodities e povos etnicamente diferenciados**: efeitos e danos da implantação de “grandes projetos de desenvolvimento” em território sociais. Rio de Janeiro: Mórula, 2022, p. 105-145.

Impacts of mining on the residential rental market in Ouro Preto, Brazil

Impactos da mineração no mercado de aluguéis residenciais em Ouro Preto, Brasil

Rosângela Aparecida Soares Fernandes ¹

Victor Henrique Lana Pinto ²

Matheus Ferraz Faria ³

Arthur Martins Brangioni ⁴

José Roberto Fernandes Galindo ⁵

¹ Ph.D. in Applied Economics, Associate Professor, Department of Economics, Universidade Federal de Ouro Preto, Mariana, MG, Brazil
E-mail: rosangela.fernandes@ufop.edu.br

² Ph.D. in Applied Economics, Assistant Professor, Department of Economics, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil
E-mail: victor.h.lana@ufv.br

³ Undergraduate student in Civil Engineering, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, Brazil
E-mail: matheus.tomaz@aluno.ufop.edu.br

⁴ Undergraduate student in Economics, Universidade Federal de Ouro Preto, Mariana, MG, Brazil
E-mail: arthur.brangioni@aluno.ufop.edu.br

⁵ Ph.D. in Civil Engineering, Associate Professor, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, Brazil
E-mail: robertogalindo@ufrb.edu.br

doi:10.18472/SustDeb.v16n1.2025.57080

Received: 01/02/2025
Accepted: 07/04/2025

ARTICLE- VARIA

ABSTRACT

The impact of mining on residential rents is a significant concern in mining regions. This study examined the impact of negative externalities from mining companies Vale and Samarco on rental prices in Ouro Preto, Minas Gerais, in 2023. To achieve the proposed objective, a hedonic pricing model was estimated. The results showed that the closer a property is to mining activities, the lower its rental value, indicating a depreciation of real estate values. The conclusions suggest that mining externalities

affect the local real estate market, which is relevant for the creation of public policies that balance economic development and the mitigation of the negative impacts of mining.

Keywords: Real estate. Hedonic prices. Mining companies. Residential leasing.

RESUMO

O impacto da mineração nos aluguéis residenciais é uma questão importante em regiões mineradoras. Este estudo investigou como as externalidades negativas das mineradoras Vale e Samarco influenciam os preços dos aluguéis em Ouro Preto, Minas Gerais, em 2023. Para alcançar o objetivo proposto, foi estimado um modelo de precificação hedônica. Os resultados mostraram que quanto mais perto das atividades mineradoras, menor o valor dos aluguéis, evidenciando uma desvalorização dos imóveis. As conclusões sugerem que as externalidades da mineração afetam o mercado imobiliário local, o que é relevante para a criação de políticas públicas que equilibrem o desenvolvimento econômico e a mitigação dos impactos negativos da mineração.

Palavras-chaves: Setor imobiliário. Preços hedônicos. Mineradoras. Locação residencial.

1 INTRODUCTION

Mineral extraction drives economic growth in the municipalities where it is present, as it generates income, employment, and tax and royalty collections. However, the exercise of this activity has the potential to produce negative externalities on the environment and the health of the inhabitants (Kolala; Polyakov; Fogarty, 2020). Among the negative impacts generated, water, soil and atmospheric pollution stand out, as well as the reduction in the quality of life of the population living in the surrounding areas (Bai *et al.*, 2022). These unfavourable conditions make areas close to mining activity less attractive to live in, which can reduce the demand for real estate in the region. Consequently, the devaluation of real estate in the surroundings of mining areas becomes a reality because of the environmental and social adversities generated.

In addition to the problems mentioned, there is also an increase in the number of serious environmental disasters involving the mining sector in Brazil (Silva; Silva; Almeida, 2023). In view of this, the local population lives with the risk of tailings dams breaking. According to information from the National Mining Agency (ANM) (2024), there are 88 dams in Brazil with some level of alert or declared emergency. Of these, 48 are located in the Brazilian state of Minas Gerais, with the municipality of Ouro Preto leading the ranking, with the largest number of tailings dams at risk in the state¹.

In addition to being an important mining hub, Ouro Preto is a historic city recognised as a Unesco World Heritage Site², famous for its colonial architecture, which attracts tourists from all over the world. It is also home to the Federal University of Ouro Preto (Ufop), attracting a significant student population. This combination of mining, tourism and academic activity directly influences the local real estate market. On the other hand, the real estate supply and its expansion face restrictions of various natures, which prevent the real estate demand from being met satisfactorily³.

At the same time, the importance of the real estate sector for the economic growth and development of a region is also highlighted. Silva and Santana (2020), for example, emphasise that housing assets are an indicator of the economic activity of a nation because they are essential to quality of life and require large amounts of financial resources. This fact highlights the importance of studies that examine the attributes that influence the variability of residential values across different geographic contexts, whether intrinsic to real estate assets, such as their physical characteristics, or extrinsic, including urban amenities and/or (dis)amenities.

In light of the above, some studies have sought to investigate the effects of mining activity on the surrounding area and how it can influence the pricing of residential properties. Cordera *et al.* (2019), for example, studied the influence of negative externalities from the steel industry on real estate prices in the province of Taranto, Italy. Using a hedonic pricing model, the authors found that distance from the factory was a largely positive factor in determining real estate prices. In addition, they observed that some of the pollution indicators had a negative effect on these prices.

Riveira (2020) explored the impact of the opening of new mineral extraction mines in Chile on the rental prices of nearby homes. In this study, the author observed that the opening of new mines led to a decrease in the rental prices of nearby homes. In other words, the social, environmental, and health degradation resulting from mining creates an unattractive environment for housing, which can result in a decrease in the value of properties located in places close to the extractive area.

Similarly, the study by Kolala, Polyakov, and Fogarty (2020) analysed the impacts of mining on property values in the city of Kalgoorlie-Boulder, Australia. Specifically, the authors tested whether proximity to an open-pit gold mine led to a devaluation of residential properties sold in the Kalgoorlie-Boulder metropolitan area. To do so, they employed a hedonic pricing model, with distance from the mine serving as the measure of impact. The results revealed that residential properties located two kilometers from the mine are sold at a discount of 20% to 30% compared to residential properties with similar characteristics located at least six or seven kilometers from this mine.

In general, as stressed out by Totanji and Ishaki (2023), although the literature on this topic is extensive, there is still no comprehensive list of factors that affect residential property prices. Therefore, efforts dedicated to studying the aspects that can influence real estate pricing are appropriate for understanding the target market.

Considering the relevance of mining activity for economies, the externalities generated, its potential locational impacts on the surroundings and the predominance of companies in this sector in the municipality of Ouro Preto, in the state of Minas Gerais, Brazil, this study seeks to answer the following question: Do the negative externalities generated by the presence of the mining companies Vale and Samarco affect the value of residential rents in Ouro Preto in 2023?

The central hypothesis of this study is that the proximity of mining areas in Ouro Preto devalues the value of rentals due to the negative externalities associated with mining activities, such as environmental risks, pollution, and geological instability. This relationship can be observed in light of the theory of negative externalities, which suggests that economic activities can impose costs on third parties without adequate compensation, and the hedonic pricing model, which explains how environmental and locational characteristics influence the value of properties.

There is a vast literature on the application of hedonic pricing models in the real estate market. According to Li *et al.* (2019), determining the factors that influence real estate values in developed and emerging countries is the subject of several empirical studies. However, although the impacts of economic activities on the housing market are significant, research covering this topic is still scarce (Akinsomi; Bangura; Yacim, 2024).

Thus, this study seeks to contribute to the literature by investigating how mining activity in Ouro Preto affects rental property prices. This analysis is important for developing policies that reconcile the preservation of Ouro Preto's historical and cultural value with the need to mitigate the adverse effects of mining on the population's quality of life and the local real estate market.

2 HEDONIC PRICING IN THE CONTEXT OF REAL ESTATE MARKETS

The housing sector is highly relevant to the economy because of its ability to generate jobs and income and encompass a variety of productive sectors (Paz; Nobre; Nobre, 2020). The real estate market stands out as one of the most peculiar subjects of study, owing to the importance that real estate holds for families. In addition to satisfying the need for shelter, it is a significant investment in the family's consumption basket. In addition, real estate is an asset with unusual characteristics, as its construction time is lengthy, its costs are high, and it is spatially rigid (Sant'Ana Júnior, 2006).

Furthermore, real estate is a heterogeneous asset, as it varies in size, style, age, location, and internal characteristics. Therefore, the physical environment, socioeconomic, and cultural aspects will also differ. According to Sedaghati *et al.* (2022), not all of its qualities are assessed by the supply and demand process; therefore, it is necessary to employ methods to measure the non-market benefits of housing. According to Paixão and Luporini (2019), real estate belongs to the class of "differentiated assets" characterised in this way, as each unit/model differs from the others due to the composition of its attributes. Thus, the literature on price indexes sought to find a way to measure price variation that would control the different compositions of these attributes.

According to Silva and Anastácio (2022), hedonic pricing models have been widely used to analyse the attributes that determine the variability in real estate values (Silva; Anastácio, 2022). Cui *et al.* (2018) note that this model enables the establishment of a relationship between rental prices and their characteristics, thereby serving as a tool to determine the dynamics of these prices.

The literature covering the applications of hedonic models for determining real estate values in both international and national literature is extensive. The application of the hedonic pricing model in the real estate market became popularly known as the Court-Griliches-Lancaster approach (Paixão, 2015). However, Court's work (1939) represents the seminal contribution that gave rise to hedonic regressions.

Lancaster (1966) and Rosen (1974) made significant theoretical contributions to the hedonic pricing model. The former emphasised that the greater the utility that the customer extracts from the property's attributes, the greater his willingness to pay for it, thus demonstrating the relationship between the product and its characteristics. Rosen (1974) was the first to structure, theoretically and empirically, the hedonic pricing model, based on product differentiation or implicit prices. The approaches of these authors emphasised the importance of attributes in defining the value of the real estate market price. The model is relevant because it captures the intensity with which firms and the average consumer value each characteristic of a good. Empirical applications to residential markets seek to determine, based on an explicit hedonic function, which attributes or bundles of these are most relevant to the composition of residential prices. According to Campos (2018), this method is based on the idea that properties are heterogeneous (Rosen, 1974) and that the utility of families responds to the intrinsic and extrinsic characteristics of the properties.

Therefore, the usefulness of the model derives from its ability to determine how the price of a unit of a good varies according to the attributes it possesses. Thus, if the prices of the attributes are known or can be estimated and the composition of attributes of a differentiated good is also known, the hedonic pricing methodology will provide a framework for estimating value (Ustaoğlu, 2003). However, Ceccato (2017) emphasises that measuring the influence of an amenity on the price of real estate is not a simple task. According to John and Porsse (2016), the price of a property is determined by a set of independent variables (attributes), which behave according to their respective coefficients.

Campos (2017) emphasises that analyses involving real estate markets must consider not only their intrinsic characteristics, but also those surrounding the property. Therefore, the formation of real estate prices encompasses, in addition to their production costs, externalities, with location being a relevant attribute for determining their pricing. For the author, this variable serves as the connection

point between the areas of study of real estate markets, urban economics, and economic theory. According to Liang *et al.* (2018), proximity to neighbourhood services increases the value of properties by providing amenities and creating potential in terms of social, environmental and economic values.

According to Furtado (2009), agents choose properties not only for the issue of shelter, but also for the supply of goods and services in the neighbourhood. Thus, the characteristics of the surroundings, as well as the perception that economic agents have of the geographic space, form the identity of a district, city or state. For Silva and Santana (2020), in urban areas, geographic location is decisive for the provision of amenities (and/or disamenities), being one of the various inputs consumed by owners of residential properties.

Since Rosen (1974) extended the hedonic price theory to the real estate market, residential hedonic analysis has been widely applied as a tool for evaluating this market and for urban analysis. For this reason, in recent decades, the hedonic regression approach has been used in applications for the real estate market to investigate the relationship between residential property prices and their housing characteristics. There are three motivations for using this model in applications of this nature: (i) to construct price indexes; (ii) to estimate the value of properties, based on their characteristics, in general; (iii) to determine the impact of certain characteristics on the final price of the property, such as urban amenities⁴ (Ciarlini; Ramos; Ferreira, 2022).

Hedonic modeling is an empirical analysis technique widely used to review the real estate market and identify the main determinants of property prices (Vergara-Perucich, 2023). Therefore, it allows estimating how and to what extent the set of attributes impacts the value of properties. In this article, as in the study by Ciarlini, Ramos and Ferreira (2022), data on residential rentals were used. As these authors emphasised, there are few studies in the national literature that use data on the rental market, possibly due to limitations in accessing a public database with information of this nature. Therefore, conducting studies focusing on residential rental markets constitutes a contribution to the literature in the area.

3 METHODOLOGY

According to Lu, Shi, and Pettit (2023), the hedonic price model analyses, based on the estimation of multiple regressions, the impact of structural, locational, and neighbourhood attributes on the final price of properties. The authors emphasise that the model is a classic approach widely used in research related to the real estate market.

In view of the above, the model chosen to achieve the objective proposed in this article was selected due to its relevance and widespread use in research of this nature, as documented in both national and international literature. In addition to the seminal contributions of Court (1939), Lancaster (1966) and Rosen (1974), the empirical applications of Hussain *et al.* (2021); Kolala, Forgaty, Li *et al.* (2019); Liang *et al.* (2018); Paz, Nobre, and Nobre (2020); Polyakov (2020); Vergara-Perucich (2023), among others, are cited.

3.1 HEDONIC SPECIFICATION

As mentioned, to achieve the proposed objective, a hedonic price model was estimated using multiple linear regression. Besides the variables of interest, the distance of the property from the Vale mining company and the Samarco mining company, other traditional variables used in hedonic pricing models were considered. These refer to the intrinsic attributes of the property, namely, the number of bedrooms and bathrooms, the presence of parking spaces and the ventilation conditions of the property. The distances of each property from the main square in the city, Praça Tiradentes, and from a

natural and recreational area in the city, the Itacolomi State Park, were also added to the model. Below, equation (1) represents the estimation conducted for the city of Ouro Preto in 2023:

$$\ln Rent_i = \beta_0 + \beta_1 \ln DVale_i + \beta_2 \ln DSamarco_i + \beta_3 \ln NBed_i + \beta_4 \ln NBath_i + \beta_5 Parking_i + \beta_6 \ln Vent_i + \beta_7 \ln DTiradentes_i + \beta_8 \ln DItacolomi_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

where:

$\ln Rent_i$ = Logarithm of the rental value of property i (R\$)

$\ln DVale_i$ = Logarithm of the distance of property i in relation to the mining company Vale (km)

$\ln DSamarco_i$ = Logarithm of the distance of property i in relation to the mining company Samarco (km)

$\ln NBed_i$ = Logarithm of the number of bedrooms in property i

$\ln NBath_i$ = Logarithm of the number of bathrooms in property i

$Parking_i$ = dummy presence of parking space⁵ in property i (parking space = 1)

$\ln Vent_i$ = Logarithm of the ventilation condition of property i (1 = poor, 2 = satisfactory, 3 = good, 4 = excellent)

$\ln DTiradentes_i$ = Logarithm of the distance of property i in relation to Praça Tiradentes (km)

$\ln DItacolomi_i$ = Logarithm of the distance of property i in relation to Itacolomi State Park (km)

ε_i = error term

Regarding the variables of interest in equation (1), the distance, in kilometers, of property i in relation to the Vale mining company and the distance, in kilometers, of property i in relation to the Samarco mining company were considered. Properties located near these companies are expected to have relatively lower prices. That is, as the distance between a given property i and the mining companies increases, rental prices are expected to be higher. Regarding the intrinsic characteristics of properties, these are expected to be positively correlated with rental prices. In other words, properties with more bedrooms, bathrooms, parking spaces and airier environments should have relatively higher rental prices in the city of Ouro Preto, Minas Gerais.

The choice of Praça Tiradentes as a proxy for the distance of property i from amenities is justified by its central location in the historic region of the city, with the presence of museums, shops, restaurants, bars and cafés with historical and tourist infrastructure. This variable can, for example, exert positive pressure on rental prices, because in the context in which there is availability of properties for rent in this region, applicants may be willing to pay higher rents for the convenience of living near these amenities. Furthermore, Itacolomi State Park was chosen as a proxy for the distance of property i from amenities because of its extensive protected green area of conservation and natural attractions. The park also features the Museu do Chá and Casa Bandeirista, a historic building now a museum open to tourists⁶, which once operated as a tile and brick production center, an iron factory, and later, a tea producer. There is a consensus in the literature on hedonic prices that the proximity of a property to green areas tends to increase its real estate value.

In this study, the hedonic pricing model, equation (1), was estimated using ordinary least squares (OLS), using STATA 12.0.

3.2 STUDY AREA, DATA, AND VARIABLES

In this study, hedonic price analysis was applied to the market of residential properties available for rent in the city of Ouro Preto in 2023. The municipality is located in the central region of Minas Gerais, at the southeastern end of the Iron Quadrangle, the state's mining-metallurgical zone.

In 2022, the estimated population of the city of Ouro Preto was 74,821 inhabitants, with a population density of 60.06 inhabitants per square kilometer (Brazilian Institute of Geography and Statistics – IBGE, 2023). According to IBGE (2023), in that same year, there were 37,581 households in the city, of which 94.2% were houses and 5.55% were apartments. Therefore, the residential real estate supply is predominantly composed of houses, most of which are historic buildings. Possibly, the restrictions imposed by the National Institute of Historical and Artistic Heritage (Iphan), a federal agency linked to the Ministry of Culture that is responsible for the preservation of Brazilian Cultural Heritage, may explain the low relative proportion of apartments built in this city.

In this article, data were used that make up a sample of 93 properties available for rent (houses and apartments), in the formal market, registered with real estate agencies in Ouro Preto in 2023.

The variables of interest were collected using Google Maps, which obtained the distance, in kilometers, between property i and the Vale and Samarco mining companies. Regarding the intrinsic variables of the properties, information on the rental value, number of bedrooms, number of bathrooms and number of parking spaces was collected from the websites of 11 real estate agencies operating in the city of Ouro Preto. The variable was constructed based on the ratio between the number of windows and the number of rooms in the property. The results of the calculated index that presented values close to 0.25 received a score of 1 and a poor rating; values close to 0.50, a score of 2 and a satisfactory rating; results close to 0.75 and 1, received scores of 3 and 4, and were classified as good and excellent, respectively. Finally, the distances of property i in relation to Praça Tiradentes and Itacolomi State Park were obtained using Google Maps, as were the variables of interest.

Figure 1 shows the spatial distribution of residential properties available for rent in the sample, categorised by rental value ranges, in relation to the mines of Vale and Samarco.

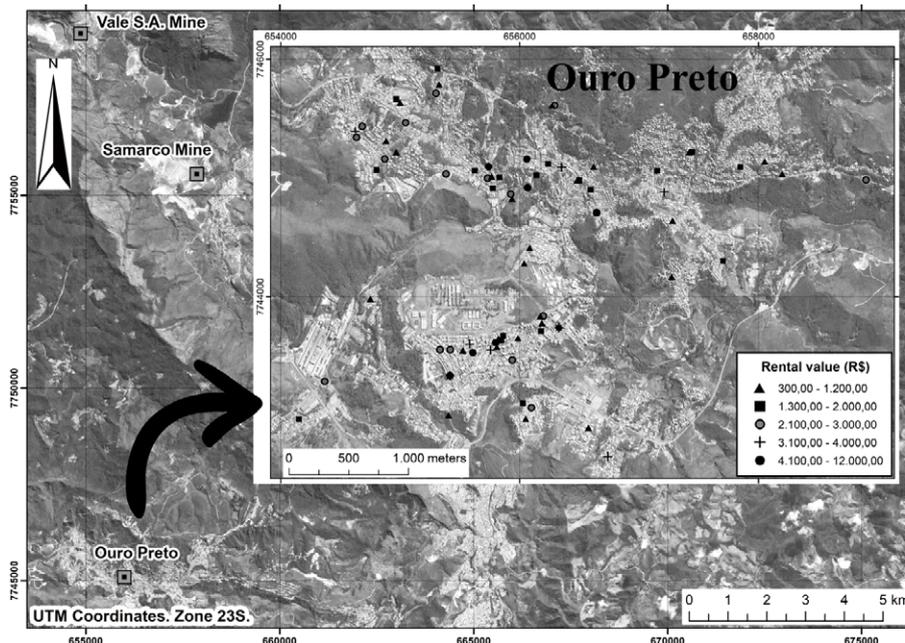


Figure 1 – Location of residential properties in the sample in relation to Vale and Samarco mines

Source: Own elaboration.

Based on the spatial dispersion of properties by price range, it can be seen that, in general, there are properties with higher rents located near properties with lower price ranges. Furthermore, there is no clear concentration of a specific price range in any region. Both properties with lower rents, between R\$ 300 and R\$ 1,200, and those with higher prices, ranging from R\$ 4,100 to R\$ 12,000, are distributed relatively evenly throughout the municipal territory.

Possibly, the lack of standardisation in the construction of properties, such as size, infrastructure, and finishing, a common phenomenon in cities with significant historical heritage, may partly explain this reality. Ouro Preto is a historic and touristic city, with a large number of old and preserved properties, which can have a high market value. These properties may be located in different parts of the city, not necessarily in a single central area, which contributes to the dispersion of rental values. The proximity of tourist attractions, such as historic churches and museums, can increase the value of certain units, even in areas that are not typically considered noble or central.

Similarly, the presence of students and mining workers generates a constant flow of people and creates a heterogeneous demand for housing, with varying needs and budgets. This demand can drive the emergence of properties with different values near the university campus and mining companies, but it can also influence the emergence of higher-value properties in areas that offer more amenities or proximity to services and leisure areas.

Another factor is the rugged topography of the city, which can impact property values depending on accessibility and proximity to flat areas that make it easier to get around. Even within the same neighbourhood, these topographical variations can result in large differences in rental values.

Finally, local infrastructure and the quality of services (such as public transportation, schools, and shops) also vary significantly from one area to another within the city. Hence, it is possible that the combination of these factors – historical-cultural, academic, extractive, topographic, and infrastructural – may, to some extent, contribute to the lack of a clear spatial standardisation in property values, resulting in a geographically dispersed distribution of the different rental ranges.

Table 1 below summarises the main information on the variables used in this study and presented in equation (1).

Table 1 – Variables considered in the study

<i>Variable</i>	<i>Regressor</i>	<i>Description</i>	<i>Expected association</i>
Dependent	$\ln Rent_i$	Property rental value i (R\$)	-
Interest	$\ln DVale_i$	Distance between property i and Vale (km)	Positive
	$\ln DSamarco_i$	Distance between property i and Samarco (km)	Positive
Intrinsic	$\ln NBed_i$	Number of bedrooms in property i	Positive
	$\ln NBath_i$	Number of bathrooms in property i	Positive
	$Parking_i$	Parking space = 1	Positive
	$\ln Vent_i$	Ventilation of property i (1 = poor, 2 = satisfactory, 3 = good, 4 = excellent)	Positive
Amenities	$\ln DTiradentes_i$	Distance between property i and Praça Tiradentes (km)	Negative
	$\ln DItacolomi_i$	Distance between property i and Itacolomi State Park (km)	Negative

Source: Own elaboration.

4 RESULTS AND DISCUSSION

This section presents the results of the coefficients estimated from equation (1). Also, this study analyses whether the value of residential rents in the city of Ouro Preto is influenced by the distance of the property with respect to the Vale and Samarco mining companies, as well as by the attributes and amenities of the sampled real estate units. Table 2 presents the results obtained from estimating the hedonic equation.

Table 2 – Results of the estimated hedonic equation for the city of Ouro Preto, Minas Gerais

Variable	Regressor	Coefficient	Standard error
Constant	β_0	-4.615***	(1.479)
Interest	$\ln DVale_i$	2.115**	(0.831)
	$\ln DSamarco_i$	2.585**	(1.104)
Intrinsic	$\ln NBed_i$	0.667***	(0.095)
	$\ln NBath_i$	0.477***	(0.142)
	$Parking_i$	0.065*	(0.040)
	$\ln Vent_i$	0.224*	(0.132)
Amenities	$\ln DTiradentes_i$	-0.272***	(0.064)
	$\ln DItacolomi_i$	-0.133**	(0.067)
Adjusted R ²		0.7867	
R ²		0.7664	
F stat		38.72	
Prob. (F stat)		0.000	
Observations		93	
VIF test		1.80	
Prob. (Breusch-Pagan)		0.8384	
Prob. (White)		0.5196	

Notes: Estimated coefficient values were rounded to three decimal places. ***, ** and * indicate 1%, 5% and 10% statistical significance, respectively.

Source: Research results.

The model fit statistics, located at the bottom of Table 2, assess the quality and adequacy of the estimated regression. The adjusted R², for example, shows the extent to which the variation in residential rental prices in Ouro Preto is explained by the regressors, considering the number of independent variables included. In contrast, the simple R² indicates the proportion of the variation in the dependent variable explained by the regressors, without adjustment for the number of predictors. Overall, more than 78% of the variability in residential rental values in the city is explained by the attributes included in the model. Additionally, the F statistic and its associated probability indicate the overall significance of the model, pointing to the rejection of the null hypothesis that the estimated coefficients are statistically jointly equal to zero.

In this article, the main objective was to investigate whether the value of residential rentals in the city of Ouro Preto is affected by the distance of the property from the mining companies Vale and Samarco. When evaluating the estimated coefficient for the variable $Rent_r$, it was observed that there is a positive and statistically significant association between the location of Vale and the sampled properties. A similar result was found for the estimated coefficient for the variable $DSamarco_i$. Therefore, the greater the distance between the residential properties available for rent in Ouro Preto and these mining

companies, the higher the rental values will be. Possibly, the negative externalities generated by the extractive activity may reduce the attractiveness of the area, negatively impacting the well-being of residents who demand properties to meet their housing needs.

These results confirm the hypothesis raised in this study, suggesting that the negative externalities generated by mining activities may produce a devaluation in the rental value of properties located near these companies. As expected, this result is consistent with those found in the studies of Kolala, Polyakov and Fogarty (2020) and Riveira (2020). Although the mining activity boosts the economy and raises real estate values in the cities where it is present, the results of this study show that the negative externalities generated cause properties located in its surroundings to have lower rental values.

Regarding the regressors that capture intrinsic characteristics of real estate assets, the estimated coefficients reveal that the number of bedrooms and bathrooms, the presence of a parking space in the property, and the ventilation conditions of the housing unit were positive and statistically different from zero. In practical terms, a greater number of bedrooms and bathrooms, as well as properties with a parking space and better ventilation, demonstrate, on average, a relatively higher rental value. Additionally, the results in Table 2 show that the real estate pricing of houses and apartments for rent in Ouro Preto is, on average, relatively more sensitive to percentage increases in the number of bedrooms (0.66% increase in the rental value) than in the number of bathrooms (0.47%), for example.

Still regarding the results associated with the intrinsic features of the properties, the presence of a parking space in the property increases, on average, the rental value by approximately 0.07%. The estimated parameter for the variable *Vent*_{*i*} revealed that as one moves from the lowest score, equivalent to poor ventilation, towards properties with better ventilation, i.e., a higher score, the residential rental value in the city of Ouro Preto increases, on average, by 0.22%. The relevance of this result is particularly noteworthy for the municipality of Ouro Preto, because of the specific climatic conditions of the region. Due to the high humidity and generally colder climate of the city, ventilation conditions become a decisive factor in the choice of real estate and, consequently, in the price of the properties located there. Additionally, the historical pattern of construction in the city often results in old properties with a reduced number of windows, a factor that contributes to potentially uncomfortable living environments.

Regarding the estimates of the variables representing the intrinsic attributes, the results found in this article were similar to those observed in recent literature on this topic. Examples include the studies of Ciarlini, Ramos, and Ferreira (2022); Fernandes *et al.* (2021); Freitas, and Cirino (2020); Freitas *et al.* (2024); Lu, Shi, and Pettit (2023); Paz, Nobre, and Nobre (2020).

The estimates of the coefficients of the attributes that represent proxies for the amenities, namely, distance from the property with respect to Praça Tiradentes and distance from the property with respect to Itacolomi State Park, were negative and statistically significant. This result shows that the shorter the distance from the property in relation to Praça Tiradentes and in relation to Parque do Itacolomi, the higher the rental value.

As mentioned, Praça Tiradentes is located in the central region of Ouro Preto, with the presence of museums, shops, restaurants, bars, and cafés with historic infrastructures. This adds value to the properties located in its surroundings. According to Hussain *et al.* (2021), the value of a property can be increased because of the presence of desirable amenities that make daily life more convenient and enjoyable for residents. In addition, Praça Tiradentes is a tourist attraction and, according to Campos and Almeida (2018), when properties are located in a neighbourhood with a high supply of cultural activities, their average price increases.

On the other hand, the proximity of the property to parks and green areas also contributes to its appreciation, which may partly justify the result obtained for the variable distance of the property from

Itacolomi State Park. Liu *et al.* (2024) argue that the existence of green amenities around a property can be considered a component of the total value of the property. Ben *et al.* (2023) add that residential properties with greater accessibility to green areas are more valued. In other words, the presence of public green spaces and natural parks significantly impacts the value of residential properties.

In general, the results found by estimating the hedonic price model, based on the sample used, were consistent with the local reality, explaining, to a large extent, the dynamics of the rental real estate market of Ouro Preto.

5 FINAL REMARKS

Different factors can influence the prices of properties available for rent in a given region. This study investigated the influence of the location of two mining companies, Vale and Samarco, on the values of residential rentals in Ouro Preto in 2023. At the same time, considering the tourist, university and historical profile of the city, the intrinsic and extrinsic characteristics of the sampled real estate properties were also analysed, in order to better understand the real estate market in the municipality of Ouro Preto.

The hypothesis raised in this study was that mineral extraction activity generates negative externalities that devalue the rental value of properties closest to the mines. The results found corroborated the initial assumption. This result was consistent with those found in studies with a similar objective to this article in the international literature. On the other hand, the estimates obtained for the variables that represent the intrinsic attributes of the properties and the urban amenities reflected the local reality and were also in line with the results of other articles in the literature in the area of urban economics.

It is important to note that studies of this nature, especially those conducted in smaller municipalities where the informal real estate market is present, may face limitations related to data availability. Therefore, it is essential to emphasise that the effort made in this study reflects the real estate scenario for residential rentals in the city of Ouro Preto based on an assessment of its formal market, through real estate agencies operating in the municipality. However, these agencies disclose limited information about real estate units, and the results provided in this study do not cover the rentals of houses and apartments negotiated informally.

In short, the results of this article have interesting practical implications. First, they elucidate that the undesirable effects resulting from extractive activities in Ouro Preto generate negative pressure on the value of properties located in the vicinity of mining companies. This knowledge can help investors in the real estate sector and those seeking rental housing not only in Ouro Preto, but also in regions that are influenced by mining companies. Likewise, the study reinforces the importance of measures to mitigate negative externalities arising from mining, which can affect both the environment and the real estate sector.

Finally, future research aimed at evaluating similar contexts may also encounter limitations in real estate data. Nonetheless, if the object of interest offers a broader set of information about the attributes specific to the sample and its surroundings, this can be incorporated into the analysis to enhance the ability to predict the variability in the rental values under consideration.

NOTES

1 | This information refers to the month of April 2024.

2 | Due to its heritage status recognised by Iphan, the city faces several restrictions on both vertical and horizontal expansion. These include building height limits, requirements for architectural harmony with the surroundings, land use restrictions, and regulations on renovations and demolitions, all aimed at preserving its cultural heritage (Brasil, 2010).

3 | In addition to heritage concerns, the characteristics of the soil, including areas classified as high-risk for construction, as well as environmental conservation zones such as the Itacolomi State Park and the Mata do Seminário, an environmental protection area (APA), also restrict the expansion of buildings (Fernandes, Fraga, and Fonseca, 2020).

4 | Urban amenities can be defined as a set of specific features of a location that contribute, either positively or negatively, to individual well-being. Amenities are not limited to natural features, such as green spaces, beaches, climate, and so on. The definition also includes man-made goods (or bads), such as traffic, pollution, availability of entertainment, safety, among others (Bartik *et al.*, 1987).

5 | A dummy variable was used for parking space, as a characteristic of this real estate market is the absence of parking spaces in historically built properties.

6 | As highlighted by Liu *et al.* (2024), the fact that urban green amenities are mostly open, free of charge, to visitors restricts the definition of a market price as a monetary measure. Thus, hedonic pricing is considered one of the tested and reliable methods for the monetary valuation of urban green amenities.

REFERENCES

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **Report mensal barragens de mineração**. Available in: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/boletim-de-barragens-de-mineracao/boletim-mensal-marco-2024.pdf>. Access at: jun. 2024.

AKINSOMI, O.; BANGURA, M.; YACIM, J. Mining activities and housing price nexus: evidence from South Africa. **International Journal of Housing Markets and Analysis**, 2024. Available in: <https://doi.org/10.1108/IJHMA-11-2023-0158>.

BAI, J.; XU, X.; DUAN, Y.; ZHANG, G.; WANG, Z.; WANG, L.; ZHENG, C. Evaluation of resource and environmental carrying capacity in rare earth mining areas in China. **Scientific Reports**, v. 12, p. 6105, 2022.

BEN, S.; ZHU, H.; LU, J.; WANG, R. Valuing the accessibility of green spaces in the housing market: a spatial hedonic analysis in Shanghai, China. **Land**, v. 12, n. 1660, 2023. Available in: <https://doi.org/10.3390/land12091660>.

BRASIL. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Portaria nº 312, de 20 de outubro de 2010. Estabelece medidas de proteção e regulamentação para edificações em áreas tombadas. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 21 out. 2010. Available in: http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/Portaria_n_312_de_20_de_outubro_de_2010.pdf. Access at: 8 mar. 2025.

CAMPOS, R. B. A.; ALMEIDA, E. S. Decomposição espacial nos preços de imóveis residenciais no município de São Paulo. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 48, n. 1, p. 5–38, 2018.

CAMPOS, R. B. A. O mercado imobiliário residencial no município de São Paulo: uma abordagem de preços hedônicos espacial. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 27, n. 1, p. 303-337, abr. 2017.

CIARLINI, M. G. C.; RAMOS, F. S.; FERREIRA, M. O. Locação de imóveis: uma aplicação de preços hedônicos para a cidade do Recife. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 53, n. 2, p. 124-143, 2022.

CORDERA, R.; CHIARAZZO, V.; OTTOMANELLI, M.; DELL'OLIO, L.; IBEAS, A. The impact of undesirable externalities on residential property values: spatial regressive models and an empirical study. **Transport Policy**, v. 80, p. 177-187, 2019.

CUI, N. N.; GU, H. Y.; SHEN, T. Y.; FENG, C. C. The impact of micro-level influencing factors on home value: a housing price-rent comparison. **Sustainability**, v. 10, n. 12, p. 4343, 2018.

Fernandes, R. A. S.; Fraga, P. C. O.; Fonseca, M. F. Determinantes dos aluguéis residenciais em Mariana, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos**, v. 6, n. 1, p. 1-15, 2020.

FERNANDES, R. A. S.; ROCHA, T. T. P.; MENDES, C. S.; FERREIRA, F. J. R. Determinantes dos valores dos imóveis residenciais para locação no município histórico de Ouro Preto, Minas Gerais. **Revista de Economia Regional, Urbana e do Trabalho**, v. 10, n. 1, p. 91-108, 2021.

FREITAS, H. D.; CIRINO, J. F. Uma análise de preços de aluguéis de imóveis em uma cidade universitária. Um estudo de caso de Viçosa (MG). **Revista de Ciências Humanas**, v. 20, n. 2, p. 247-266, 2020.

FREITAS, Y. G. P. M.; MOREIRA, F. G. P.; SOUZA, A. H. F.; SANTOS, V. I. M. Hedonic approach to vertical residential rentals in the Brazilian Amazon: the case of Belém, Pará. **Buildings**, v. 14, p. 728, 2024. Available in: <https://doi.org/10.3390/buildings14030728>.

FURTADO, B. A. **Modeling social heterogeneity, neighborhoods and local influences on urban real estate prices: spatial dynamic analyses in the Belo Horizonte Metropolitan Area, Brazil**. 2009. Tese (Doutorado em Economia) – Utrecht University, Utrecht.

HUSSAIN, T.; ABBAS, J.; WEI, Z.; AHMAD, S.; XUEHAO, B.; GAOLI, Z. Impact of urban village disamenity on neighboring residential properties: empirical evidence from Nanjing through hedonic pricing model appraisal. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 147, n. 1, 2021. Available in: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000645](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000645).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Panorama**. 2022. Available in: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/panorama>. Access at: 17 set. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo 2022 – Indicadores**. 2023. Available in: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/indicadores.html>. Access at: 14 abr. 2024.

KOLALA, C.; POLYAKOV, M.; FOGARTY, J. Impacts of mining on property values in Kalgoorlie-Boulder, Western Australia. **Resources Policy**, v. 68, p. 101777, 2020. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101777>.

LIANG, X.; LIU, Y.; QIU, T.; JING, Y.; FANG, F. The effects of locational factors on the housing prices of residential communities: the case of Ningbo, China. **Habitat International**, v. 81, p. 1–11, 2018. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2018.09.004>.

LI, H.; WEI, Y. D.; WU, Y.; TIAN, G. Analyzing housing prices in Shanghai with open data: amenity, accessibility and urban structure. **Cities**, v. 91, p. 165–179, 2019.

LIU, Z.; HUANG, H.; SIIKAMÄKI, H.; XU, J. Area-based hedonic pricing of urban green amenities in Beijing: a spatial piecewise approach. **Environmental and Resource Economics**, v. 87, n. 5, p. 1223-1248, maio 2024.

LU, Y.; SHI, V.; PETTIT, C. J. The impacts of public schools on housing prices of residential properties: a case study of Greater Sydney, Australia. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 12, n. 298, 2023. Available in: <https://doi.org/10.3390/ijgi12070298>.

PAIXÃO, L. A. R. Índice de preços hedônicos para imóveis: uma análise para o município de Belo Horizonte. **Economia Aplicada**, v. 19, n. 1, p. 5-29, 2015.

PAZ, R. R.; NOBRE, L. H.; NOBRE, F. C. Determinantes de preços no mercado imobiliário à luz do modelo hedônico. **Revista Gestão em Análise**, Fortaleza, v. 9, n. 2, p. 60-70, maio/ago. 2020. Available in: [10.12662/2359-618xregea.v9i2.p60-70.2020](https://doi.org/10.12662/2359-618xregea.v9i2.p60-70.2020).

RIVERA, N. M. Is mining an environmental disamenity? Evidence from resource extraction site openings. **Environmental and Resource Economics**, v. 75, p. 485–528, 2020. Available in: <https://doi.org/10.1007/s10640-019-00397-w>.

SEDAGHATI, A.; PIRBABAEI, M. T.; NOURIAN, F.; BEYTI, H. The literature review on value indicators of urban housing using the hedonic method analysis. **International Journal Architectural Engineering and Urban Planning**, v. 32, n. 4, p. 1-12, 2020.

SILVA, F. F.; SILVA, J. F.; TUPY, I. S. Reflexões sobre resiliência econômica regional: o cenário pós-desastre de Mariana (MG). **Redes**, Santa Cruz do Sul, v. 24, n. 2, p. 29-55, 2019.

SILVA, L. N. O.; SILVA, J. G.; ALMEIDA, R. B. Environmental disasters and their impacts on the Brazilian economy: the mining industry case. **Environment, Development and Sustainability**, p. 1–21, 2023.

SILVA, L. P. C. S.; SANTANA, J. R. Influência das amenidades nos preços dos imóveis: uma análise para os bairros Jardins e Grageru em Aracaju. **Reflexões Econômicas**, v. 5, n. 2, p. 108-132, 2020.

TOTANJI, D. M.; ISHAK, M. S. B. Factors affecting residential land prices: a review of the literature. **SCIREA Journal of Civil Engineering and Building Construction**, v. 8, n. 1, p. 1-33, fev. 2023. Available in: 10.54647/cebc560115.

USTAOGLU, E. **Hedonic price analysis of office rents**: a case study of the office market in Ankara. 2003. Dissertação (Mestrado) – Middle East Technical University, Ankara.

VERGARA-PERUCICH, F. Testing housing price drivers in Santiago de Chile: a hedonic price approach. **Critical Housing Analysis**, v. 10, n. 2, p. 44-57, 2023. Available in: <https://doi.org/10.13060/23362839.2023.10.2.558>.

Impactos da mineração no mercado de aluguéis residenciais em Ouro Preto, Brasil

*Impacts of mining on the residential rental market
in Ouro Preto, Brazil*

Rosângela Aparecida Soares Fernandes ¹

Victor Henrique Lana Pinto ²

Matheus Ferraz Faria ³

Arthur Martins Brangioni ⁴

José Roberto Fernandes Galindo ⁵

¹ Doutorado em Economia Aplicada, Professora Associada, Departamento de Economia, Universidade Federal de Ouro Preto, Mariana, MG, Brasil
E-mail: rosangela.fernandes@ufop.edu.br

² Doutorado em Economia Aplicada, Professor Adjunto, Departamento de Economia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil
E-mail: victor.h.lana@ufv.br

³ Graduando em Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, Brasil
E-mail: matheus.tomaz@aluno.ufop.edu.br

⁴ Graduando em Economia, Universidade Federal de Ouro Preto, Mariana, MG, Brasil
E-mail: arthur.brangioni@aluno.ufop.edu.br

⁵ Doutorado em Engenharia Civil, Professor Associado, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, Brasil
E-mail: robertogalindo@ufrb.edu.br

doi:10.18472/SustDeb.v16n1.2025.57080

Received: 01/02/2025

Accepted: 07/04/2025

ARTICLE- VARIA

RESUMO

O impacto da mineração nos aluguéis residenciais é uma questão importante em regiões mineradoras. Este estudo investigou como as externalidades negativas das mineradoras Vale e Samarco influenciam os preços dos aluguéis em Ouro Preto, Minas Gerais, em 2023. Para alcançar o objetivo proposto, foi estimado um modelo de precificação hedônica. Os resultados mostraram que quanto mais perto das atividades mineradoras, menor o valor dos aluguéis, evidenciando uma desvalorização dos imóveis. As conclusões sugerem que as externalidades da mineração afetam o mercado imobiliário local, o que é relevante para a criação de políticas públicas que equilibrem o desenvolvimento econômico e a mitigação dos impactos negativos da mineração.

Palavras-chave: Setor imobiliário. Preços hedônicos. Mineradoras. Locação residencial.

ABSTRACT

The impact of mining on residential rents is a significant concern in mining regions. This study examined the impact of negative externalities from mining companies Vale and Samarco on rental prices in Ouro Preto, Minas Gerais, in 2023. To achieve the proposed objective, a hedonic pricing model was estimated. The results showed that the closer a property is to mining activities, the lower its rental value, indicating a depreciation of real estate values. The conclusions suggest that mining externalities affect the local real estate market, which is relevant for the creation of public policies that balance economic development and the mitigation of the negative impacts of mining.

Keywords: Real estate. Hedonic prices. Mining companies. Residential leasing.

1 INTRODUÇÃO

A extração mineral é propulsora do crescimento econômico dos municípios em que ela está presente em razão de sua capacidade de geração de renda, emprego, arrecadação de impostos e *royalties*. Entretanto, o exercício dessa atividade tem o potencial de produzir externalidades negativas sobre o meio ambiente e a saúde dos habitantes (Kolala; Polyakov; Fogarty, 2020). Entre os impactos negativos gerados, destaca-se a poluição da água, do solo e da atmosfera, bem como a diminuição da qualidade de vida da população que vive em seu entorno (Bai *et al.*, 2022). Essas condições desfavoráveis tornam as áreas próximas à atividade mineradora menos atrativas para se viver, podendo reduzir a demanda por imóveis na região. Consequentemente, a desvalorização dos imóveis no entorno de áreas mineradoras torna-se realidade em razão das adversidades ambientais e sociais geradas.

Além dos problemas mencionados, ainda se verifica no Brasil o aumento do número de desastres ambientais graves envolvendo o setor de mineração (Silva; Silva; Almeida, 2023). Diante disso, a população local convive com os riscos de rompimentos de barragens de rejeitos de minérios. Segundo informações da Agência Nacional de Mineração – ANM (2024), existem 88 barragens no Brasil com algum nível de alerta ou emergência declarada. Destas, 48 estão localizadas no estado de Minas Gerais, sendo que o município de Ouro Preto lidera o *ranking*, com o maior número de barragens de rejeito em risco no estado¹.

Além de ser um importante polo minerador, Ouro Preto é uma cidade histórica reconhecida como Patrimônio Mundial da Unesco², famosa por sua arquitetura colonial, que recebe turistas de todo o mundo. Também abriga a Universidade Federal de Ouro Preto (Ufop), atraindo uma população estudantil significativa. Essa combinação de mineração, turismo e atividade acadêmica influencia diretamente o mercado imobiliário local. Por outro lado, a oferta imobiliária e a sua expansão enfrentam restrições, de diferentes naturezas, que impedem que a demanda imobiliária seja atendida de forma satisfatória³.

Paralelamente, destaca-se também a importância do setor imobiliário para o crescimento e desenvolvimento econômico de uma região. Silva e Santana (2020), por exemplo, ressaltam que os bens habitacionais constituem indicadores da atividade econômica de uma nação por serem essenciais à qualidade de vida e por demandarem elevados montantes de recursos financeiros. Esse fato traz luz à relevância de estudos que investigam os atributos que podem determinar a variabilidade dos valores residenciais para diferentes contextos geográficos, sejam eles intrínsecos aos bens imobiliários, como suas características físicas, ou extrínsecos, como as amenidades e/ou (des)amenidades urbanas.

Mediante o exposto, alguns estudos buscaram investigar os efeitos da atividade mineradora sobre o entorno e como ela pode influenciar a precificação dos imóveis residenciais. Cordera *et al.* (2019), por exemplo, estudaram a influência de externalidades negativas provenientes da indústria de aço sobre o preço imobiliário na província de Taranto, na Itália. Por meio de um modelo de precificação

hedônica, os autores notaram que a distância da fábrica foi, em grande parte, fator positivo nos preços imobiliários. Além disso, observaram que alguns dos indicadores de poluição tiveram efeito negativo sobre esses preços.

Riveira (2020) explorou o impacto da abertura de novas minas de extração mineral no Chile sobre os preços dos aluguéis das residências localizadas em sua vizinhança. Nesse estudo, o autor observou que a abertura de novas minas gerou a diminuição dos preços dos aluguéis das residências próximas. Em outros termos, a degradação social, ambiental e à saúde, resultante da mineração, cria um ambiente pouco atraente para habitação, o que pode resultar em diminuição do valor dos imóveis situados em locais próximos à área extrativa.

De forma análoga, o estudo de Kolala, Polyakov e Fogarty (2020) analisou os impactos da mineração sobre os valores das propriedades na cidade de Kalgoorlie-Boulder, Austrália. Especificamente, os autores testaram se a proximidade de uma mina de ouro a céu aberto gerava desvalorização dos imóveis residenciais vendidos na área metropolitana de Kalgoorlie-Boulder. Para isso, utilizaram um modelo de precificação hedônica, sendo que a distância em relação à mina foi escolhida como medida de impacto. Os resultados encontrados revelaram que os imóveis residenciais localizados a dois quilômetros da mina são vendidos com um desconto de 20% a 30% em relação às propriedades residenciais com características semelhantes, localizadas a, pelo menos, seis ou sete quilômetros dessa mina.

De forma geral, conforme destacaram Totanji e Ishaki (2023), embora a literatura sobre essa temática seja ampla, ainda não existe uma lista abrangente a respeito de fatores que afetam os preços dos imóveis residenciais. Desse modo, esforços dedicados ao estudo dos aspectos que podem influenciar a precificação imobiliária são adequados para a compreensão do mercado-alvo.

Diante da relevância da atividade mineradora para as economias, das externalidades geradas, de seus potenciais efeitos locacionais sobre o entorno e da predominância de empresas desse setor no município de Ouro Preto, no estado de Minas Gerais, Brasil, este estudo busca responder à seguinte questão: As externalidades negativas geradas pela presença das mineradoras Vale e Samarco afetam o valor dos aluguéis residenciais em Ouro Preto em 2023?

A hipótese central deste estudo é a de que a proximidade de áreas de mineração em Ouro Preto desvaloriza o valor dos aluguéis devido às externalidades negativas associadas à atividade mineradora, como riscos ambientais, poluição e instabilidade geológica. Essa relação pode ser observada à luz da teoria das externalidades negativas, que sugere que atividades econômicas podem impor custos a terceiros sem compensação adequada, e do modelo de precificação hedônica, que explica como características ambientais e locacionais influenciam o valor dos imóveis.

A literatura sobre a aplicação de modelos de preços hedônicos no mercado imobiliário é vasta. Segundo Li *et al.* (2019), determinar os fatores que influenciam os valores imobiliários em países desenvolvidos e em países emergentes é objeto de diversos estudos empíricos. Entretanto, embora os impactos das atividades econômicas sobre o mercado de habitação sejam significativos, investigações que abarcam essa temática ainda são escassas (Akinsomi; Bangura; Yacim, 2024).

Dessa forma, este estudo busca contribuir para a literatura por meio da investigação de como a atividade mineradora em Ouro Preto afeta os preços dos imóveis para locação. Essa análise é crucial para a elaboração de políticas que conciliem a preservação do valor histórico e cultural de Ouro Preto com a necessidade de mitigar os efeitos adversos da mineração sobre a qualidade de vida da população e o mercado imobiliário local.

2 PRECIFICAÇÃO HEDÔNICA NO CONTEXTO DE MERCADOS IMOBILIÁRIOS

O setor habitacional tem grande relevância para a economia em razão de sua capacidade de gerar empregos, renda e abarcar uma variedade de ramos produtivos (Paz; Nobre; Nobre, 2020). O mercado imobiliário se destaca como um dos mais peculiares como objeto de estudo em razão da importância que os imóveis têm para as famílias, pois além de satisfazer a necessidade de abrigo, é um investimento com grande peso na cesta de consumo familiar. Além disso, os imóveis são bens com características pouco usuais, pois o seu tempo de construção é longo, seus custos são elevados e são espacialmente rígidos (Sant'Ana Júnior, 2006).

Além do mais, os imóveis são bens heterogêneos, pois diferem em tamanho, estilo, idade, localização e características internas. Portanto, o ambiente físico e os aspectos socioeconômicos e culturais também irão diferir. Conforme Sedaghati *et al.* (2022), nem todas as suas qualidades são avaliadas pelo processo de oferta e procura, sendo necessário utilizar métodos para medir os benefícios não mercantis da habitação. Segundo Paixão e Luporini (2019), os imóveis pertencem à classe dos “bens diferenciados” caracterizados dessa forma, pois cada unidade/modelo se diferencia das demais em razão da composição de seus atributos. Assim, a literatura sobre índice de preços buscou encontrar uma forma de mensurar a variação de preços que controlasse as diferentes composições desses atributos.

Conforme Silva e Anastácio (2022), os modelos de preços hedônicos têm sido amplamente utilizados para analisar os atributos que determinam a variabilidade nos valores imobiliários (Silva; Anastácio, 2022). Cui *et al.* (2018) acrescentam que esse modelo permite estabelecer uma relação entre os preços dos aluguéis e as suas características, portanto, é uma ferramenta para determinar a dinâmica desses preços.

A literatura que abarca as aplicações de modelos hedônicos para a determinação de valores imobiliários tanto na literatura internacional quanto na nacional é ampla. A aplicação do modelo de preços hedônicos no mercado imobiliário ficou popularmente conhecida como abordagem de Court-Griliches-Lancaster (Paixão, 2015). Entretanto, o trabalho de Court (1939) representa a contribuição seminal, que deu origem às regressões hedônicas.

Lancaster (1966) e Rosen (1974) realizaram significativas contribuições teóricas ao modelo de preços hedônicos. O primeiro enfatizou que quanto maior a utilidade que o cliente extrai dos atributos da propriedade, maior a sua disposição em pagar por ela, evidenciando, portanto, a relação entre o produto e as suas características. Rosen (1974) foi o primeiro a estruturar, teórica e empiricamente, o modelo de preço hedônico, a partir de diferenciação do produto ou de preços implícitos. As abordagens desses autores enfatizaram a importância dos atributos na definição do valor do preço de mercado imobiliário.

O modelo é relevante, pois capta a intensidade com que as firmas e o consumidor médio valorizam cada característica de um bem. As aplicações empíricas para os mercados residenciais buscam determinar, a partir de uma função explícita hedônica, quais os atributos ou pacote destes são mais relevantes para a composição dos preços residenciais. Segundo Campos (2018), esse método se baseia na ideia de que os imóveis são heterogêneos (Rosen, 1974) e que a utilidade das famílias responde às características intrínsecas e extrínsecas dos imóveis.

Portanto, a utilidade do modelo deriva da capacidade de determinar como o preço de uma unidade de um bem varia conforme os atributos que possui. Assim, se os preços dos atributos forem conhecidos ou puderem ser estimados, e a composição de atributos de um bem diferenciado também for conhecida, a metodologia de preços hedônicos fornecerá uma estrutura para a estimativa de valor (Ustaoğlu, 2003). Entretanto, Ceccato (2017) ressalta que dimensionar a influência de uma amenidade sobre o preço dos imóveis não é uma tarefa simples. Segundo John e Porsse (2016), o preço do imóvel é determinado por um conjunto de variáveis independentes (atributos), que se comportam de acordo com seus respectivos coeficientes.

Campos (2017) destaca que as análises que envolvem os mercados imobiliários devem considerar não somente as suas características intrínsecas, mas também as que cerceiam o bem. Portanto, a formação dos preços dos imóveis abrange, além de seus custos de produção, as externalidades, sendo a localização um atributo relevante para a determinação da sua precificação. Para o autor, essa variável é o ponto de conexão entre as áreas de estudo de mercado imobiliário, economia urbana e teoria econômica. Segundo Liang *et al.* (2018), a proximidade com os serviços da vizinhança valoriza os imóveis ao proporcionar comodidades e criar um potencial em termos de valores sociais, ambientais e econômicos.

Segundo Furtado (2009), os agentes escolhem os imóveis não somente pela questão do abrigo, mas, também, pela oferta de bens e serviços da vizinhança. Desse modo, as características do entorno, bem como a percepção que os agentes econômicos têm do espaço geográfico, formam a identidade de um distrito, cidade ou estado. Para Silva e Santana (2020), no meio urbano, a localização geográfica é determinante para a oferta de amenidades (e/ou desamenidades), sendo um entre os diversos insumos consumidos pelos proprietários dos imóveis residenciais.

Desde que a teoria dos preços hedônicos foi estendida para o mercado imobiliário por Rosen (1974), a análise hedônica residencial passou a ser amplamente aplicada como ferramenta para avaliação desse mercado e para a análise urbana. Assim, nas últimas décadas, a abordagem de regressão hedônica tem sido utilizada em aplicações para o mercado imobiliário para investigar a relação entre os preços dos imóveis residenciais e as suas características de habitação. Existem três motivações para se utilizar esse modelo com aplicações dessa natureza: (i) construir índices de preços; (ii) estimar o valor de propriedades, a partir de suas características, em geral; (iii) determinar o impacto de determinadas características no preço final do imóvel, como, por exemplo, amenidades urbanas⁴ (Ciarlini; Ramos; Ferreira, 2022).

A modelagem hedônica é uma técnica de análise empírica amplamente utilizada para revisar o mercado imobiliário e identificar os principais determinantes dos preços dos imóveis (Vergara-Perucich, 2023). Portanto, permite estimar como e em que proporção o conjunto de atributos impacta sobre o valor dos imóveis. Neste artigo, assim como no estudo de Ciarlini, Ramos e Ferreira (2022), foram utilizados dados sobre aluguéis residenciais. Como enfatizaram esses autores, existem poucos trabalhos na literatura nacional que utilizam dados sobre o mercado de locação, possivelmente em razão das limitações ao acesso de uma base de dados pública com informações dessa natureza. Assim, a realização de estudos com enfoque em mercados residenciais para locação consiste em uma contribuição à literatura da área.

3 METODOLOGIA

Conforme Lu, Shi e Pettit (2023), o modelo de preço hedônico analisa, a partir da estimação de regressões múltiplas, o impacto dos atributos estruturais, locacionais e de vizinhança sobre o preço final das propriedades. Os autores ressaltam que o modelo é uma abordagem clássica amplamente utilizada em pesquisas relacionadas ao mercado imobiliário.

Mediante o exposto, o modelo utilizado para alcançar o objetivo proposto neste artigo foi escolhido em razão de sua relevância e ampla utilização em pesquisas dessa natureza na literatura nacional e internacional. Além das contribuições seminais de Court (1939), Lancaster (1966) e Rosen (1974), citam-se as aplicações empíricas de Hussain *et al.* (2021); Kolala, Forgaty, Li *et al.* (2019); Liang *et al.* (2018); Paz, Nobre e Nobre (2020); Polyakov (2020); Vergara-Perucich (2023), entre outros.

1.1 ESPECIFICAÇÃO HEDÔNICA

Como mencionado, para alcançar o objetivo proposto, estimou-se um modelo de preço hedônico a partir de regressão linear múltipla. Além das variáveis de interesse, distância do imóvel em relação à mineradora Vale e à mineradora Samarco, foram consideradas outras variáveis tradicionais

utilizadas em modelos de precificação hedônica. Essas se referem aos atributos intrínsecos do imóvel, nomeadamente, como o número de quartos e de banheiros, presença de vagas de garagem e a condição de arejamento do imóvel. Também foram adicionados ao modelo as distâncias de cada propriedade em relação à principal praça do município, a Praça Tiradentes, e em relação a uma área natural e de recreação da cidade, o Parque Estadual do Itacolomi. A seguir, a equação (1) representa a estimação conduzida para o município de Ouro Preto em 2023:

$$\ln Rent_i = \beta_0 + \beta_1 \ln DVale_i + \beta_2 \ln DSamarco_i + \beta_3 \ln NBed_i + \beta_4 \ln NBath_i + \beta_5 Parking_i + \beta_6 \ln Vent_i + \beta_7 \ln DTiradentes_i + \beta_8 \ln DItacolomi + \varepsilon_i \quad (1)$$

em que:

$\ln Rent_i$ = Logaritmo do valor do aluguel do imóvel i (R\$)

$\ln DVale_i$ = Logaritmo da distância do imóvel i em relação à mineradora Vale (km)

$\ln DSamarco_i$ = Logaritmo da distância do imóvel i em relação à mineradora Samarco (km)

$\ln NBed_i$ = Logaritmo do número de quartos do imóvel i

$\ln NBath_i$ = Logaritmo do número de banheiros do imóvel i

$Parking_i$ = *dummy* presença de vaga de garagem⁵ no imóvel i (vaga de garagem = 1)

$\ln Vent_i$ = Logaritmo da condição de arejamento do imóvel i (1 = péssimo, 2 = satisfatório, 3 = boa, 4 = excelente)

$\ln DTiradentes_i$ = Logaritmo da distância do imóvel i em relação à Praça Tiradentes (km)

$\ln DItacolomi_i$ = Logaritmo da distância do imóvel i em relação ao Parque do Itacolomi (km)

ε_i = termo de erro aleatório.

Com relação às variáveis de interesse da equação (1), foi considerada a distância, em quilômetros, do imóvel i em relação à mineradora Vale, e a distância, em quilômetros, do imóvel i em relação à mineradora Samarco. Espera-se que os imóveis localizados nas proximidades dessas empresas apresentem preços relativamente menores, isto é, à medida que se aumenta a distância entre dado imóvel i e as mineradoras, espera-se que o valor dos aluguéis seja maior. No que tange às características intrínsecas dos imóveis, espera-se que estas sejam positivamente correlacionadas com os valores dos aluguéis imobiliários. Em outros termos, os imóveis com mais quartos, banheiros, com vaga de garagem e ambientes mais arejados devem apresentar valores relativamente superiores de aluguel na cidade de Ouro Preto, Minas Gerais.

A escolha da Praça Tiradentes, como *proxy* para a distância do imóvel i em relação às amenidades, se justifica devido à sua localização central na região histórica do município, com a presença de museus, lojas, restaurantes, bares e cafés de infraestrutura histórica e turística. Essa variável pode, por exemplo, exercer pressão positiva sobre os preços dos aluguéis, pois no contexto em que há disponibilidade de imóveis para locação nessa região, demandantes podem se dispor a pagar aluguéis mais elevados pela conveniência de residir nas proximidades dessas amenidades. Além disso, o Parque do Itacolomi foi escolhido como *proxy* para distância do imóvel i em relação às amenidades, pois possui uma

extensa área verde de conservação estadual e proteção integral, dispondo de atrativos naturais, além do Museu do Chá e da Casa Bandeirista, abertos à visitação de turistas⁶. É consenso na literatura sobre preços hedônicos que a proximidade de um imóvel em relação às áreas verdes tende a aumentar o seu valor imobiliário.

Neste estudo, o modelo de precificação hedônica, equação (1), foi estimado por meio dos mínimos quadrados ordinários (MQO), utilizando o *software* STATA 12.0.

3.2 ÁREA DE ESTUDO, DADOS E VARIÁVEIS

Neste estudo, a análise de preços hedônicos foi aplicada ao mercado de imóveis residenciais disponíveis para locação da cidade de Ouro Preto em 2023. O município está localizado na região central de Minas Gerais, na extremidade sudeste do Quadrilátero Ferrífero, zona mineiro-metalúrgica do estado.

Em 2022, a população estimada da cidade de Ouro Preto foi 74.821 habitantes, com uma densidade demográfica de 60,06 habitantes por quilômetro quadrado de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2023). Segundo o IBGE (2023), nesse mesmo ano, existiam 37.581 domicílios na cidade, sendo que 94,2% eram constituídos por casas e 5,55%, por apartamentos. Portanto, a oferta imobiliária residencial é predominantemente composta por casas, a maioria delas é de construções históricas. Possivelmente, as restrições impostas pelo Iphan podem explicar a baixa proporção relativa de apartamentos construídos nessa cidade.

Neste artigo, foram utilizados dados que compõem uma amostra de 93 imóveis disponíveis para locação (casas e apartamentos), no mercado formal, cadastrados nas imobiliárias de Ouro Preto em 2023.

As variáveis de interesse foram coletadas a partir da ferramenta *Google Maps* em que se obteve a distância, em quilômetros, entre o imóvel *i* e as mineradoras Vale e Samarco. No que tange às variáveis intrínsecas dos imóveis, foram coletadas informações sobre o valor do aluguel, número de quartos, número de banheiros e número de vagas de garagem a partir do site de 11 imobiliárias que atuam na cidade de Ouro Preto. A variável *CImov_i* foi construída a partir da razão entre o número de janelas e o número de cômodos existentes no imóvel. Os resultados do índice calculado que apresentaram valores próximos a 0,25 receberam o escore 1 e a classificação “péssimo”; valores próximos a 0,50, escore 2 e a classificação “satisfatório”; resultados próximos a 0,75 e 1 receberam escores 3 e 4, e foram classificados como “bom” e “excelente”, respectivamente. Por fim, as distâncias do imóvel *i* em relação à Praça Tiradentes e ao Parque do Itacolomi foram obtidas por meio do *Google Maps*, assim como as variáveis de interesse.

A Figura 1 mostra a distribuição espacial dos imóveis residenciais disponíveis para aluguel na amostra, categorizados por faixas de valor do aluguel, em relação às minas da Vale e da Samarco.

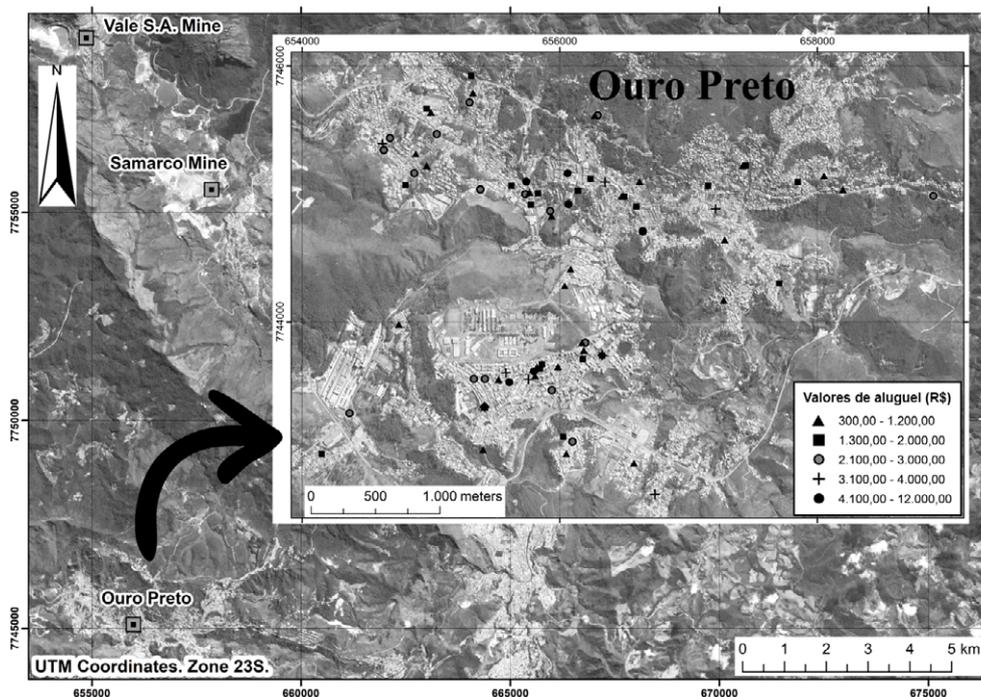


Figura 1 – Localização dos imóveis residenciais na amostra em relação às minas da Vale e da Samarco

Fonte: Elaboração própria.

A partir da dispersão espacial dos imóveis por faixa de valores, nota-se que, no geral, existem bens com aluguéis mais elevados localizados nas proximidades de imóveis de faixa de valores mais baixos. Além disso, não se observa uma concentração evidente de uma faixa de valores específica em qualquer região. Tanto os imóveis com aluguéis mais baixos, entre R\$ 300 e R\$ 1.200, quanto aqueles com valores mais altos, que variam entre R\$ 4.100 e R\$ 12.000 reais, estão distribuídos de forma relativamente uniforme pelo território municipal.

Possivelmente, a falta de padronização nas construções dos imóveis, como tamanho, infraestrutura, acabamento, fenômeno comum em cidades com patrimônio histórico significativo, pode explicar, em parte, essa realidade. Ouro Preto é uma cidade histórica e turística, com grande número de imóveis antigos e preservados, que podem ter um valor de mercado elevado. Esses imóveis podem estar localizados em diferentes partes do município, não necessariamente em uma única área central, o que contribui para a dispersão dos valores de aluguel. A proximidade de pontos turísticos, como igrejas históricas e museus, pode aumentar o valor de certas unidades, mesmo em áreas que não são tipicamente consideradas nobres ou centrais.

Do mesmo modo, a presença de estudantes e funcionários das mineradoras gera um fluxo constante de pessoas e cria uma demanda heterogênea por moradias, com necessidades e orçamentos variados. Essa demanda pode impulsionar a existência de imóveis com diferentes valores nas proximidades do *campus* universitário e das mineradoras, mas também pode influenciar o surgimento de imóveis de valor mais alto em áreas que oferecem mais comodidades ou proximidade a serviços e áreas de lazer.

Outro fator é a topografia acidentada da cidade, que pode influenciar o valor dos imóveis dependendo da acessibilidade e proximidade a áreas planas, que facilitam o deslocamento. Mesmo em um mesmo bairro, essas variações topográficas podem resultar em grandes diferenças nos valores dos aluguéis.

Finalmente, a infraestrutura local e a qualidade dos serviços oferecidos (como transporte público, escolas e comércio) também variam significativamente de uma área para outra na cidade. Dessa forma, possivelmente, a combinação desses fatores – histórico-cultural, acadêmico, extrativista, topográfico e

de infraestrutura – pode, em alguma medida, contribuir para a ausência de uma padronização espacial clara nos valores dos imóveis, resultando em uma distribuição geograficamente dispersa das diferentes faixas de aluguel.

A Tabela 1, a seguir, resume as principais informações das variáveis usadas neste estudo e apresentadas na equação (1).

Tabela 1 – Variáveis consideradas no estudo

Variável	Regressor	Descrição	Relação esperada
Dependente	$\ln Rent_i$	Valor do aluguel do imóvel i (R\$)	-
Interesse	$\ln DVale_i$	Distância entre o imóvel i e Vale (km)	Positiva
	$\ln DSamarco_i$	Distância entre o imóvel i e Samarco (km)	Positiva
Intrínseca	$\ln NBed_i$	Nº de quartos do imóvel i	Positiva
	$\ln NBath_i$	Nº de banheiros do imóvel i	Positiva
	$Parking_i$	Vaga de garagem = 1	Positiva
	$\ln Vent_i$	Arejamento do imóvel i (1 = péssimo, 2 = satisfatório, 3 = bom, 4 = excelente)	Positiva
Amenidade	$\ln DTiradentes_i$	Distância entre o imóvel i e Praça Tiradentes (km)	Negativa
	$\ln DItacolomi_i$	Distância entre o imóvel i e Parque do Itacolomi (km)	Negativa

Fonte: Elaboração própria.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta os resultados dos coeficientes estimados a partir da equação (1). Além disso, busca-se analisar se o valor dos aluguéis residenciais na cidade de Ouro Preto (MG) é influenciado pela distância do imóvel em relação às mineradoras Vale e Samarco, bem como pelos atributos e as amenidades das unidades imobiliárias amostradas. A seguir, a Tabela 2 exibe os resultados encontrados a partir da estimação da equação hedônica.

Tabela 2 – Resultados da equação hedônica estimada para a cidade de Ouro Preto, Minas Gerais

Variável	Regressor	Coefficiente	Erro-padrão
Constante	β_0	-4.615***	(1.479)
Interesse	$\ln DVale_i$	2.115**	(0.831)
	$\ln DSamarco_i$	2.585**	(1.104)
Intrínseca	$\ln NBed_i$	0.667***	(0.095)
	$\ln NBath_i$	0.477***	(0.142)
	$Parking_i$	0.065*	(0.040)
	$\ln Vent_i$	0.224*	(0.132)
Amenidade	$\ln DTiradentes_i$	-0.272***	(0.064)
	$\ln DItacolomi_i$	-0.133**	(0.067)
R ² ajustado		0.7867	
R ²		0.7664	
Estatística F		38.72	
Prob. (Estatística F)		0.000	
Nº de observações		93	
Teste VIF		1.80	
Prob. (Teste Breusch-Pagan)		0.8384	
Prob. (Teste White)		0.5196	

Notas: Valores dos coeficientes estimados foram arredondados em três casas decimais. ***, ** e * indicam 1%, 5% e 10% de significância estatística, respectivamente.

Fonte: Resultados da pesquisa.

As estatísticas de ajuste do modelo, localizadas na parte inferior da Tabela 2, avaliam a qualidade e a adequação da regressão estimada. O R² ajustado, por exemplo, mostra em que medida a variação dos preços dos aluguéis residenciais em Ouro Preto, MG, é explicada pelos regressores, considerando o número de variáveis independentes incluídas. Em contrapartida, o R² simples indica a proporção da variação na variável dependente explicada pelos regressores, sem ajuste pelo número de preditores. Em termos gerais, mais de 78% da variabilidade nos valores dos aluguéis residenciais na cidade é explicada pelos atributos incluídos no modelo. Adicionalmente, a estatística F e sua probabilidade associada indicam a significância global do modelo, apontando para a rejeição da hipótese nula de que os coeficientes estimados são, estatisticamente, conjuntamente iguais a zero.

Neste artigo, o objetivo principal foi investigar se o valor dos aluguéis residenciais na cidade de Ouro Preto (MG) é afetado pela distância do imóvel em relação às mineradoras Vale e Samarco. Ao avaliar o coeficiente estimado para a variável, observou-se que existe uma associação positiva e estatisticamente significativa entre a localização da Vale e os imóveis amostrados. Resultado semelhante foi encontrado para o coeficiente estimado para a variável $\ln DSamarco_i$. Portanto, quanto maior a distância entre as propriedades residenciais disponíveis para locação em Ouro Preto (MG) e essas mineradoras, maiores serão os valores dos aluguéis e vice-versa. Possivelmente, as externalidades negativas geradas pela atividade extrativa podem reduzir a atratividade da área, impactando negativamente o bem-estar dos moradores que demandam imóveis para suprir suas necessidades habitacionais.

Esses resultados confirmam a hipótese levantada neste estudo, sugerindo que as externalidades negativas geradas pela atividade mineradora podem causar desvalorização no valor do aluguel dos imóveis localizados nas proximidades dessas empresas. Como esperado, esse resultado é consistente com os encontrados nos trabalhos de Kolala, Polyakov e Fogarty (2020) e Riveira (2020). Apesar de a mineração impulsionar a economia e elevar os valores imobiliários das cidades em que está presente,

os resultados deste estudo evidenciam que as externalidades negativas geradas fazem com que os imóveis localizados em seu entorno tenham valores de aluguel menores.

No que tange aos regressores que capturam características intrínsecas aos bens imobiliários, os coeficientes estimados revelam que o número de quartos e de banheiros, presença de vaga de garagem no imóvel e a condição de arejamento do bem habitacional foram positivos e estatisticamente diferentes de zero. Em termos práticos, nota-se que maior número de quartos e banheiros, bem como imóveis com vaga de garagem e mais ventilados, demonstra, na média, valor de aluguel relativamente mais elevado. Ainda, os resultados apresentados na Tabela 2 mostram que a precificação imobiliária de casas e apartamentos para locação em Ouro Preto é, em média, relativamente mais sensível a acréscimos percentuais no número de quartos (aumento de 0,66% no valor do aluguel) do que no número de banheiros (0,47%), por exemplo.

Ainda com relação aos resultados associados às características intrínsecas dos imóveis, verifica-se que a presença de vaga de garagem na propriedade eleva, em média, o valor dos aluguéis em, aproximadamente, 0,07%. Já o parâmetro estimado para a variável *Cimov_i* revelou que à medida que se caminha do escore mais baixo, equivalente a péssimo arejamento, em direção aos imóveis com melhor ventilação, ou seja, escore mais alto, o valor do aluguel residencial na cidade de Ouro Preto se eleva, em média, 0,22%. Destaca-se a relevância desse resultado, particularmente para o município de Ouro Preto, devido às condições climáticas específicas da região. Em razão da alta umidade e do clima geralmente mais frio da cidade, a condição de arejamento se torna um aspecto decisivo na escolha imobiliária e, conseqüentemente, no preço das propriedades nela localizadas. Adicionalmente, é importante notar que o padrão histórico de construção na cidade, frequentemente, resulta em propriedades antigas com número reduzido de janelas, fator que contribui para ambientes potencialmente desconfortáveis à habitação.

No que diz respeito às estimativas das variáveis representativas dos atributos intrínsecos, os resultados encontrados neste artigo foram semelhantes àqueles observados na literatura recente sobre essa temática. Como exemplo, citam-se os trabalhos de Ciarlini, Ramos e Ferreira (2022); Fernandes *et al.* (2021); Freitas e Cirino (2020); Freitas *et al.* (2024); Lu, Shi, Pettit (2023); Paz, Nobre e Nobre (2020).

As estimativas dos coeficientes dos atributos que representam proxies para as amenidades, nomeadamente, distância do imóvel em relação à Praça Tiradentes e distância do imóvel em relação ao Parque do Itacolomi, se revelaram negativas e estatisticamente significativas. Esse resultado evidencia que quanto menor a distância do imóvel em relação à Praça Tiradentes e em relação ao Parque do Itacolomi, maior será o valor do aluguel.

Como mencionado, a Praça Tiradentes está localizada na região central de Ouro Preto, com a presença de museus, lojas, restaurantes, bares e cafés de infraestruturas históricas. Tudo isso agrega valor aos imóveis localizados em seu entorno. Segundo Hussain *et al.* (2021), o valor de um imóvel pode ser aumentado em razão da presença de comodidades desejáveis que tornam a vida diária mais conveniente e prazerosa para os residentes. Além disso, a Praça Tiradentes possui *status* de ponto turístico e, conforme Campos e Almeida (2018), quando os imóveis estão localizados em uma vizinhança com elevada oferta de atividades culturais, há uma valorização de seu preço médio.

Por outro lado, a proximidade do imóvel em relação a parques e áreas verdes também contribui para a sua valorização, o que pode justificar, em parte, o resultado obtido para a variável distância do imóvel em relação ao Parque do Itacolomi. Liu *et al.* (2024) argumentam que a existência de comodidades verdes ao redor de uma propriedade pode ser considerada um componente do valor total do imóvel. Ben *et al.* (2023) acrescentam que imóveis residenciais com maior acessibilidade a áreas verdes são mais valorizados. Em outros termos, a presença de espaços verdes públicos e parques naturais impacta significativamente o valor das propriedades residenciais.

De forma geral, os resultados encontrados pela estimativa do modelo de preço hedônico, com base na amostra utilizada, foram consistentes com a realidade local, explicando, em grande medida, a dinâmica do mercado imobiliário ouro-pretano.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diferentes fatores podem influenciar os preços dos imóveis disponíveis para locação em uma determinada região. Neste estudo, investigou-se a influência da localização de duas empresas mineradoras, Vale e Samarco, sobre os valores dos aluguéis residenciais em Ouro Preto em 2023. Paralelamente, considerando o perfil turístico, universitário e histórico da cidade, foram analisadas também as características intrínsecas e extrínsecas aos bens imobiliários amostrados para uma melhor compreensão do mercado imobiliário ouro-pretano.

A hipótese levantada neste estudo foi a de que a atividade extrativa mineral gera externalidades negativas que desvalorizam o valor dos aluguéis dos imóveis mais próximos das minas. Os resultados encontrados corroboraram o pressuposto inicial. Além disso, esse resultado foi consistente com aqueles encontrados em estudos com objetivo semelhante ao deste artigo na literatura internacional. Por outro lado, as estimativas obtidas para as variáveis que representam os atributos intrínsecos dos imóveis e as amenidades urbanas refletiram a realidade local e também se alinharam com os resultados de outros trabalhos da literatura da área de economia urbana.

É importante salientar que estudos dessa natureza, sobretudo aqueles conduzidos para municípios menores, em que o mercado imobiliário informal está presente, podem enfrentar limitações relativas à disponibilidade de dados. Assim, ressalta-se que o esforço despendido neste estudo reflete o cenário imobiliário para locação residencial na cidade de Ouro Preto a partir da avaliação de seu mercado formal, por meio das imobiliárias atuantes no município. Contudo, sabe-se que estas divulgam informações limitadas acerca das unidades imobiliárias e que os resultados trazidos no presente estudo não abarcam os aluguéis de casas e apartamentos negociados informalmente.

Em suma, os resultados deste estudo têm implicações práticas interessantes. Primeiramente, eles elucidam que os efeitos indesejados decorrentes da atividade extrativa em Ouro Preto geram pressão negativa sobre o valor dos imóveis localizados no entorno das mineradoras. Esse conhecimento pode auxiliar os investidores do setor imobiliário e os demandantes de habitações locais não somente em Ouro Preto, mas, também, em regiões que sofrem a influência de empresas mineradoras. Do mesmo modo, o estudo reforça a importância de medidas mitigadoras das externalidades negativas provenientes da mineração, que podem afetar tanto o meio ambiente quanto o setor imobiliário.

Por fim, destaca-se que pesquisas futuras, que visem avaliar contextos análogos, também podem se deparar com limitações de dados imobiliários. Contudo, caso o objeto de interesse forneça um conjunto maior de informações relativas aos atributos próprios da amostra e de seu entorno, este pode ser acrescentado à análise para melhorar a capacidade preditiva da variabilidade no valor dos aluguéis em questão.

NOTAS

1 | Essas informações se referem ao mês de abril de 2024.

2 | Devido ao seu status de patrimônio reconhecido pelo Iphan, a cidade enfrenta diversas restrições tanto na expansão vertical quanto horizontal. Isso inclui limites de altura de construção, requisitos de harmonia arquitetônica com o entorno, restrições de uso do solo e regulamentações sobre reformas e demolições, tudo visando preservar seu patrimônio cultural (Brasil, 2010).

3 | Além das preocupações patrimoniais, as características do solo, incluindo áreas classificadas como de alto risco para construção, bem como zonas de conservação ambiental, como o Parque Estadual do Itacolomi e a Mata do Seminário, uma área de proteção ambiental (APA), também restringem a expansão de construções (Fernandes; Fraga; Fonseca, 2020).

4 | As comodidades urbanas podem ser definidas como um conjunto de características específicas de um local que contribuem, positiva ou negativamente, para o bem-estar individual. As comodidades não se limitam a características naturais, como espaços verdes, praias, clima e assim por diante. A definição também inclui bens (ou males) feitos pelo homem, como trânsito, poluição, disponibilidade de entretenimento, segurança, entre outros (Bartik *et al.*, 1987).

5 | Uma variável fictícia foi usada para vagas de estacionamento, pois uma característica desse mercado imobiliário é a ausência de vagas de estacionamento em propriedades historicamente construídas.

6 | Conforme destacado por Liu *et al.* (2024), o fato de que as comodidades verdes urbanas são, em sua maioria, abertas, gratuitamente, aos visitantes restringe a definição de um preço de mercado como uma medida monetária. Assim, a precificação hedônica é considerada um dos métodos testados e confiáveis para a avaliação monetária de comodidades verdes urbanas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **Report mensal barragens de mineração**. Available in: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/boletim-de-barragens-de-mineracao/boletim-mensal-marco-2024.pdf>. Access at: jun. 2024.

AKINSOMI, O.; BANGURA, M.; YACIM, J. Mining activities and housing price nexus: evidence from South Africa. **International Journal of Housing Markets and Analysis**, 2024. Available in: <https://doi.org/10.1108/IJHMA-11-2023-0158>.

BAI, J.; XU, X.; DUAN, Y.; ZHANG, G.; WANG, Z.; WANG, L.; ZHENG, C. Evaluation of resource and environmental carrying capacity in rare earth mining areas in China. **Scientific Reports**, v. 12, p. 6105, 2022.

BEN, S.; ZHU, H.; LU, J.; WANG, R. Valuing the accessibility of green spaces in the housing market: a spatial hedonic analysis in Shanghai, China. **Land**, v. 12, n. 1660, 2023. Available in: <https://doi.org/10.3390/land12091660>.

BRASIL. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Portaria nº 312, de 20 de outubro de 2010. Estabelece medidas de proteção e regulamentação para edificações em áreas tombadas. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 21 out. 2010. Available in: http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/Portaria_n_312_de_20_de_outubro_de_2010.pdf. Access at: 8 mar. 2025.

CAMPOS, R. B. A.; ALMEIDA, E. S. Decomposição espacial nos preços de imóveis residenciais no município de São Paulo. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 48, n. 1, p. 5–38, 2018.

CAMPOS, R. B. A. O mercado imobiliário residencial no município de São Paulo: uma abordagem de preços hedônicos espacial. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 27, n. 1, p. 303-337, abr. 2017.

CIARLINI, M. G. C.; RAMOS, F. S.; FERREIRA, M. O. Locação de imóveis: uma aplicação de preços hedônicos para a cidade do Recife. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 53, n. 2, p. 124-143, 2022.

CORDERA, R.; CHIARAZZO, V.; OTTOMANELLI, M.; DELL'OLIO, L.; IBEAS, A. The impact of undesirable externalities on residential property values: spatial regressive models and an empirical study. **Transport Policy**, v. 80, p. 177-187, 2019.

CUI, N. N.; GU, H. Y.; SHEN, T. Y.; FENG, C. C. The impact of micro-level influencing factors on home value: a housing price-rent comparison. **Sustainability**, v. 10, n. 12, p. 4343, 2018.

Fernandes, R. A. S.; Fraga, P. C. O.; Fonseca, M. F. Determinantes dos aluguéis residenciais em Mariana, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos**, v. 6, n. 1, p. 1-15, 2020.

FERNANDES, R. A. S.; ROCHA, T. T. P.; MENDES, C. S.; FERREIRA, F. J. R. Determinantes dos valores dos imóveis residenciais para locação no município histórico de Ouro Preto, Minas Gerais. **Revista de Economia Regional, Urbana e do Trabalho**, v. 10, n. 1, p. 91-108, 2021.

FREITAS, H. D.; CIRINO, J. F. Uma análise de preços de aluguéis de imóveis em uma cidade universitária. Um estudo de caso de Viçosa (MG). **Revista de Ciências Humanas**, v. 20, n. 2, p. 247-266, 2020.

FREITAS, Y. G. P. M.; MOREIRA, F. G. P.; SOUZA, A. H. F.; SANTOS, V. I. M. Hedonic approach to vertical residential rentals in the Brazilian Amazon: the case of Belém, Pará. **Buildings**, v. 14, p. 728, 2024. Available in: <https://doi.org/10.3390/buildings14030728>.

FURTADO, B. A. **Modeling social heterogeneity, neighborhoods and local influences on urban real estate prices: spatial dynamic analyses in the Belo Horizonte Metropolitan Area, Brazil**. 2009. Tese (Doutorado em Economia) – Utrecht University, Utrecht.

HUSSAIN, T.; ABBAS, J.; WEI, Z.; AHMAD, S.; XUEHAO, B.; GAOLI, Z. Impact of urban village disamenity on neighboring residential properties: empirical evidence from Nanjing through hedonic pricing model appraisal. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 147, n. 1, 2021. Available in: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000645](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000645).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Panorama**. 2022. Available in: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/panorama>. Access at: 17 set. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo 2022 – Indicadores**. 2023. Available in: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/indicadores.html>. Access at: 14 abr. 2024.

KOLALA, C.; POLYAKOV, M.; FOGARTY, J. Impacts of mining on property values in Kalgoorlie-Boulder, Western Australia. **Resources Policy**, v. 68, p. 101777, 2020. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101777>.

LIANG, X.; LIU, Y.; QIU, T.; JING, Y.; FANG, F. The effects of locational factors on the housing prices of residential communities: the case of Ningbo, China. **Habitat International**, v. 81, p. 1–11, 2018. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2018.09.004>.

LI, H.; WEI, Y. D.; WU, Y.; TIAN, G. Analyzing housing prices in Shanghai with open data: amenity, accessibility and urban structure. **Cities**, v. 91, p. 165–179, 2019.

LIU, Z.; HUANG, H.; SIIKAMÄKI, H.; XU, J. Area-based hedonic pricing of urban green amenities in Beijing: a spatial piecewise approach. **Environmental and Resource Economics**, v. 87, n. 5, p. 1223-1248, maio 2024.

LU, Y.; SHI, V.; PETTIT, C. J. The impacts of public schools on housing prices of residential properties: a case study of Greater Sydney, Australia. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 12, n. 298, 2023. Available in: <https://doi.org/10.3390/ijgi12070298>.

PAIXÃO, L. A. R. Índice de preços hedônicos para imóveis: uma análise para o município de Belo Horizonte. **Economia Aplicada**, v. 19, n. 1, p. 5-29, 2015.

PAZ, R. R.; NOBRE, L. H.; NOBRE, F. C. Determinantes de preços no mercado imobiliário à luz do modelo hedônico. **Revista Gestão em Análise**, Fortaleza, v. 9, n. 2, p. 60-70, maio/ago. 2020. Available in: 10.12662/2359-618xregea.v9i2.p60-70.2020.

RIVERA, N. M. Is mining an environmental disamenity? Evidence from resource extraction site openings. **Environmental and Resource Economics**, v. 75, p. 485–528, 2020. Available in: <https://doi.org/10.1007/s10640-019-00397-w>.

SEDAGHATI, A.; PIRBABAEI, M. T.; NOURIAN, F.; BEYTI, H. The literature review on value indicators of urban housing using the hedonic method analysis. **International Journal Architectural Engineering and Urban Planning**, v. 32, n. 4, p. 1-12, 2020.

SILVA, F. F.; SILVA, J. F.; TUPY, I. S. Reflexões sobre resiliência econômica regional: o cenário pós-desastre de Mariana (MG). **Redes**, Santa Cruz do Sul, v. 24, n. 2, p. 29-55, 2019.

SILVA, L. N. O.; SILVA, J. G.; ALMEIDA, R. B. Environmental disasters and their impacts on the Brazilian economy: the mining industry case. **Environment, Development and Sustainability**, p. 1–21, 2023.

SILVA, L. P. C. S.; SANTANA, J. R. Influência das amenidades nos preços dos imóveis: uma análise para os bairros Jardins e Grageru em Aracaju. **Reflexões Econômicas**, v. 5, n. 2, p. 108-132, 2020.

TOTANJI, D. M.; ISHAK, M. S. B. Factors affecting residential land prices: a review of the literature. **SCIREA Journal of Civil Engineering and Building Construction**, v. 8, n. 1, p. 1-33, fev. 2023. Available in: 10.54647/cebc560115.

USTAOGLU, E. **Hedonic price analysis of office rents**: a case study of the office market in Ankara. 2003. Dissertação (Mestrado) – Middle East Technical University, Ankara.

VERGARA-PERUCICH, F. Testing housing price drivers in Santiago de Chile: a hedonic price approach. **Critical Housing Analysis**, v. 10, n. 2, p. 44-57, 2023. Available in: <https://doi.org/10.13060/23362839.2023.10.2.558>.

Socio-environmental projections of lithium exploitation in Puno: configuration of the social territory by the lithiferous activity in Peru by 2024

Projeções socioambientais da exploração de lítio em Puno: configuração do território social pela atividade litífera no Peru até 2024

Rolando Paucar Jáuregui ¹

Franco Rueda ²

Alexandra Paucar Peñaherrera ³

¹ PhD in Government and Public Policy, Master in Defense and Hemispheric Security, Physicist, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú
E-mail: ropaja@hotmail.com

² Master's student in Social Management, Political Scientist, Department of Social Sciences, Universidad Antonio Ruiz de Montoya, Lima, Perú
E-mail: franco.rueda@uarm.pe

³ Master's student in National Development and Defense, Lawyer, Department of Law, Pontificia Universidad Católica del Perú - PUCP, Lima, Perú
E-mail: 75464646@caen.edu.pe

doi:10.18472/SustDeb.v16n1.2025.56266

Received: 26/11/2024
Accepted: 07/04/2025

ARTICLE- VARIA

ABSTRACT

The study aims to identify key socio-environmental considerations for the strategic management of lithium in Peru, with a focus on the spatial configuration of the territory. This is a qualitative research study that observed concerns in some Puno communities about the impacts on their economic activities and daily lives, as well as about pollution and uneven benefits for the areas of influence. Direct interactions with the project owner, due to the state's insufficient institutional capacity, were identified through interviews with its agents. By comparing this information with documentary and theoretical material, policy recommendations can be developed to focus on the specification of the regulatory framework, expansion of participation, and analysis of similar experiences.

Keywords: Lithium in Puno. Social impact. Environmental impact. Social territory. Energy transition. Social-environmental conflicts.

RESUMO

O estudo tem como objetivo identificar considerações socioambientais-chave para a gestão estratégica do lítio no Peru, com foco na configuração espacial do território. Trata-se de uma pesquisa qualitativa que identificou preocupações em algumas comunidades de Puno sobre os impactos em suas atividades econômicas e vida cotidiana, bem como sobre poluição e benefícios desiguais para as áreas de influência. Foram identificadas interações diretas com a titular dos projetos, devido à capacidade institucional insuficiente do Estado, por meio de entrevistas com seus agentes. Ao confrontar essas informações com material documental e teórico, foram elaboradas recomendações políticas focadas em: (1) especificação do marco regulatório, (2) ampliação da participação e (3) análise de experiências similares.

Palavras-chave: Lítio em Puno. Impacto social. Impacto ambiental. Território social. Transição energética. Conflitos socioambientais.

1 CONTEXT AND SOCIO-ENVIRONMENTAL CONDITIONS

The trends of technological revolution, the need for a systematic globalisation process and the restructuring of most Latin American regimes into an increased functional role of the State, mainly driven by the free market in response to the world economic crisis of the late 20th and early 21st centuries, gave rise to the establishment of mega structures for management, trade and finance (Canaza-Choque, 2021). These mega-structures thoroughly configured the population-State and territory-production relations, connecting them directly with the global mercantile and extractive expansion, and were able to conceptualise the national and local physical and productive environment in the idea of supply and demand (Canaza-Choque, 2021; Frieden, 2007; Posada-Arrubla *et al.*, 2022). On the other hand, it is necessary to recognise that approximately 4% of the total GDP of Latin America and the Caribbean is made up of mining and metallurgical activity (Casaburi; Pietrobelli, 2022). Moreover, in cases such as Chile and Peru, mining exports represent more than 50% of total exports, which has severely influenced the region's productive sector (Anzolin, 2021; Casaburi; Pietrobelli, 2022).

For this reason, the recent positioning of lithium as a critical mineral of high supplementary value for the world energy industry has led to an intensification of the concentration and projection of its processing, mainly in areas of still-dependent economies, such as those in Latin America. González Eyzaguirre and Cantallopts Araya (2020) projected a steady rise in global lithium demand for electric vehicles between 2016 and 2022, with demand increasing from 37 kilotonnes in 2016 to 102 kilotonnes in 2019 and projected to reach 1,416 kilotonnes in 2030. Similarly, they determined that the requirement for electronic items, other batteries and other energy storage would increase from 167 kt to 377 kt in the aforementioned period. In summary, as shown in Figure 1, global lithium demand is projected to rise from 204 kt in 2016 to 1,793 kt in 2030, representing a growth of 878.92%.

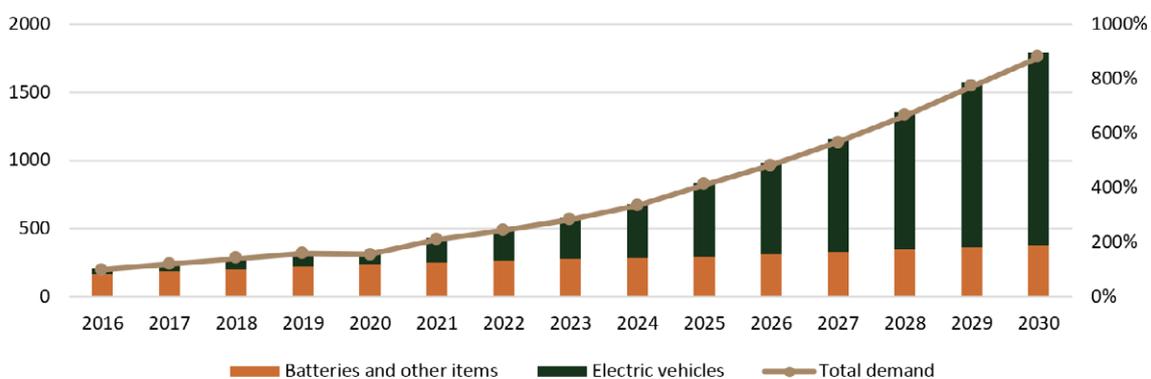


Figure 1 – World lithium demand growth by 2030

Source: González Eyzaguirre and Cantallopts Araya (2020).

Regarding the case of Puno in Peru, the estimates of the amount of extractable lithium are not yet sufficiently accurate. After initial exploration in 2018, where 2.5 million high-grade lithium resources were revealed, 2020 studies estimated 60.92 million indicated lithium resources and 260.07 million inferred lithium resources (Derechos Humanos y Medio Ambiente e EarthRights International, 2022). By 2022, official data from the mining company Macusani Yellowcake SAC (MYSAC), a subsidiary of the Canadian company American Lithium Corp. and in charge of the Falchani and Quelcaya projects (names assigned to the lithium exploitation projects in Puno), confirmed the presence of at least 5 million lithium resources (Colegio de Ingenieros del Perú, 2022), a number that would even rise to 9.5 million by 2024 (Colegio de Ingenieros del Perú, 2022; Energiminas, 2024). In Peru, compared to other countries in the region, lithium is found in rock, not in salt flats. Hence, its extraction presents a different level of complexity and work (Derechos Humanos y Medio Ambiente; EarthRights International, 2022).

This study analyses the socio-cultural and environmental projections of lithium mining projects in Puno, evaluating the environmental and social impact studies, as well as the perceptions and expectations of the local population. The aim is to identify points of interest and socio-environmental concerns for the adequate management of lithium as an energy resource and to highlight the inadequacy of the regulatory framework in the face of the particularities of its exploitation and its impact on the relationships between the company and the communities.

2 ENERGY TRANSITION: BENEFIT OR STRUCTURAL PROBLEM?

The main extractive and energy producing organisations worldwide, as well as the institutions and personalities in charge of supporting this sector and receiving its movements, are in search of alternative fuels, due to the economic damage caused by the dependence on fossil fuels, the commitments to reduce greenhouse gas emissions and the increasingly radical impact of these on life on earth, in that order (Durand, 2021). Therefore, the innovative approach to non-conventional energies has led to the need to exploit minerals around the world, either for direct or indirect use as a component of the respective infrastructures (Observatorio Ceplan, 2023).

This search, which has been enhanced in recent years, has made it possible to observe that, more than the control of natural resources and their treatment, the energy transition consists of access to technologies that make their use legitimate (Montalván-Zambrano; Wences, 2024). This type of dynamic supports the green energy concepts promoted by the Global North to replace fossil fuels. Nevertheless, while these strategies benefit this segment, extractive activities mainly impact the Global South, profoundly altering indigenous and peasant territories and causing a fracture in socio-cultural structures, which generates prolonged conflicts in the region (Jerez *et al.*, 2023).

Establishing exploitation and primary processing infrastructures leads to a series of social and territorial configurations that are standardised within the processes corresponding to the neo-extractivist model. As opposed to classic extractivism, neo-extractivism includes the increase of national participation in the benefits obtained, focused on social and economic welfare through responses to the needs of the population, mainly in the area of influence of each project, to obtain social-political legitimacy in the face of the inevitable negative effects of extraction (Lander, 2014).

World Economic Forum y McKinsey & Company (2018) ranks the world's regions in terms of their energy transition, assessing system performance in areas such as security, sustainability and inclusive economic growth. Transition readiness is measured by factors such as investment, infrastructure, human capital, and governance. According to this classification, countries with a transition readiness score of 50% or less have the potential to take advantage of opportunities, as shown in Figure 2.

Consequently, the institutionalisation of territorial dynamics falls into tensions and contradictions with the institutionalisation of, for example, the administration of concessions and investments or of environmental protection parameters, which is favourable to change and to rational human agency in the context of uncertainty (Berdegué *et al.*, 2012; Mahoney; Thelen, 2010). In this sense, how the settled population assumes the change will determine the ways of framing the investment project and conceptualising it as an opportunity and/or threat. According to the study by McAdam *et al.* (2005). The idea of similar previous or nearby configurations transmitted through social brokerage dynamics derives from processes of framing the respective situation, influencing the perception of possible or developing change. Figure 3 illustrates how, following this sequence of events, the interaction of the society that will create a scenario of contention is determined.

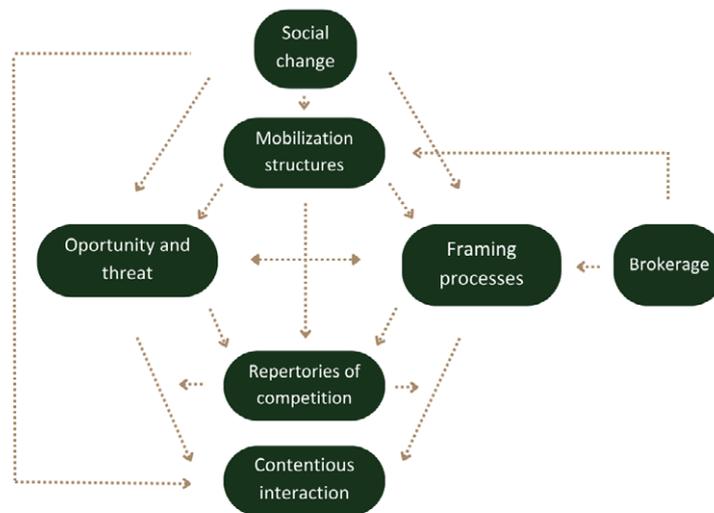


Figure 3 – Scenario of political contention

Source: McAdam *et al.* (2005).

The diagram allows us to understand the interaction and interdependence between the elements of the political contest that define the possibilities and context of social conflict. Thus, the mobilisation structures defined by previous and similar experiences, as well as the types of social change developed, determine the repertoires of contention of the affected population, which in turn condition the definition of contentious interaction as the final response to the institutional configuration.

For example, the exploitation of lithium and the arrival of the railroad to the Salinas Grandes Basin and the Guayatayoc Lagoon in the Argentine Puna have driven the Kolla and Atacama communities into a permanent process of seasonal migration, providing them with cheap labour for mining activities. Territories previously used for livestock, agriculture, and salt farming were increasingly adapted to extractive activities.

Especially in Puno, in areas such as the Ollachea Mining Community, in the province of Carabaya, mining units have installed work and residential infrastructures, as well as waste deposits, which, by inertia, have generated commercial spaces due to the high demand for materials required for their construction (Meza-Duman *et al.*, 2022). The increase in similar concessions has led to a direct rise in social conflicts, as mentioned above, because the effects on the territory have been mainly negative and have not yielded the expected socioeconomic development. Due to this and the inadequate management by the Peruvian State, the reaction of communities to any mining project is often characterised by a repertoire of direct conflict with mining companies and/or the complete adaptation of their economic dynamics to mining activities that operate below or above the law (Zevallos Yana, 2020). Examples of this are the cases of Aymarazo in the south of the region, which would close the Santa Ana project of the Canadian

company Bear Creek, or Rinconada, where the population is entirely dedicated to gold mining and its environment, almost completely illegal.

In this respect, it is essential to emphasise the role of community participation in creating opportunities to capture or influence power in relation to the configuration of their territory. Regarding the Peruvian case, Supreme Decrees N° 040-2014-EM, 042-2017-EM and 033-2005-EM, update the need for the development and implementation of a Citizen Participation Plan, Social Management Plan and the possibility of prior consultation in mining activities, according to perfectible parameters, within the performance of Environmental Impact Assessments (EIA) of exploration, exploitation, modification and closure of mines (Ministry of Energy and Mines - Minem, 2024a; 2024b). In this way, it is possible to understand the meaning of the typology of socio-environmental conflicts of Arellano Yanguas (2011) described in Table 1, which establishes how to understand the position of communities, not only as an affected agent, but as one interested in taking advantage, according to the limits of their survival and self-expression valuation structures (Welzel; Inglehart, 2008). The revenues are derived from the extractive activity.

Table 1 – Typology of socio-environmental conflicts

<i>Type of conflict</i>	<i>Intention</i>	<i>Actors</i>
Anti-mining movements	Opposition to the construction of new mines or mine expansion	Mining companies and peasant communities
Gaining negotiating power	Negotiation preparation strategy to obtain compensation	Mining companies, farming communities, and the population of nearby municipalities
Claiming mining royalties	Control and use of mining royalty transfers	Defense fronts, social organisations and different levels of subnational government

Source: Arellano Yanguas, J. (2011).

In relation to the concept of opportunity, emphasis should be placed on cases of gaining bargaining power. According to a study by Arellano Yanguas (2011), this type of conflict is understood as a preamble to direct negotiation with companies. Mobilisations are structured to obtain direct benefits from the private sector through mandatory legislation and the need for a social license for the project and its territorial configuration. The expansion of short-term policies in this sense, accepted by the mining companies, has eroded the legitimacy of the State and shifted the responsibility for meeting demands to the mining companies themselves. Meeting survival needs, rather than long-term sustainable development programmatic policies, has established an institutionalised repertoire in the relationship between companies and the community. Although they increase access to basic services, these dynamics block the possibilities of establishing comprehensive social development policies that require sustained and meaningful participation.

4 ENVIRONMENTAL IMPACT AND SUSTAINABILITY OPPORTUNITIES

The progressive degradation of ecosystems in the affected territories has led to an accelerated rate of biodiversity loss and is responsible for a third of the planet's CO₂ emissions. All this is a consequence of the type of institutional structure framed in global trends of green economy, where the accelerated deprecation of the territory is structured under compensation dynamics based on market pragmatism, such as mechanisms to replace environmental regulation or economic incentives based on ecological performance that improve the corporate image (Castro *et al.*, 2015).

The Chilean case is an example of the degree of resource exploitation, the impact on the territory, and the standardised measures to address the inevitable environmental impact. Regarding the Atacama area, located in the north of the country, the extraction of lithiferous activities by Sociedad Química y Minera de Chile (SQM) is known to have resulted in the extraction of 871,844,891 m³ of fresh water;

at the same time, Albermarle has reached 4,209,366 m³ (Romeo, 2019). In the first case, there are even conflicts between the company and the Superintendence of the Environment in Chile, due to extractions greater than those permitted between 2013 and 2015, which have led to the drying up of springs and reduction of water flows. This situation has directly impacted the survival of the Toconao community, located near the river of the same name, which supplies its daily water needs through the canal in question (Romeo, 2019).

It is essential to consider that the physical location of the lithium deposits in Puno is of the hard rock type, similar to those in Australia and Ollachea. By observing the conditions of extractive processes and the environmental impact of the mineral of interest in the oceanic country, some relevant points for the project in Peru can be highlighted (Kurmelovs, 2022): i) the environmental impact is about the same as any other comparable mining activity; ii) once the resource is identified, the surface is cleaned, the earth is scraped, the rock is mined and the tailings are transported for further processing; iii) the rock is crushed and roasted for the production of spodumene; iv) the product is transported to refineries in countries responsible for the final processes; (v) dust from operations can contaminate waterways or reach cities where it can be inhaled by the population; (vi) rainfall can wash minerals into nearby rivers or seep into groundwater; (vii) there is often a lack of budgeting and planning for rehabilitation work after mine closure.

In this regard, in Peru, through the Law of the National System of Environmental Impact Assessment (Seia) (Ministry of the Environment - Minam, 2013), the environmental certification that approves the environmental management instruments and that must be obtained by all mining extraction projects in their exploration, exploitation, modification and closure phases is regulated. Based on them, it is planned and legally established that the company in charge of the projects must comply with the obligations to prevent, minimise, rehabilitate and, eventually, compensate the negative environmental impacts generated by the activity. The assessment documentation consists of: i) project description; ii) baseline (physical, biological and social) that will establish the areas of direct and indirect influence, with subsequent commensurate benefits; iii) identification and characterisation of impacts; iv) management strategy; and v) citizen participation plan.

Likewise, based on the type of mining activity and the degree of impact on the affected territories, EIAs are classified into three types, as shown in Table 2:

Table 2 – Anticipated classification of mining exploration and exploitation

<i>Type of mining project or activity</i>	<i>Impact</i>	<i>Type of mi- ning</i>	<i>Category</i>
Up to 40 platforms, disturbed area of up to 10 hectares, and tunnels up to 100 meters in length	Slight		Category I - Environmental Impact Statement (EIS)
From 41 to 700 platforms, disturbed area greater than 10 hectares, tunnels greater than 100 meters in length, and a pilot plant	Moderate		Category II - Semi-Detailed Environmental Impact Studies (EIA-sd)
Mining, beneficiation and general mining projects	Significant	Metallic	Category III - Detailed Environmental Impact Studies (EIA-d)
Utilisation of construction and industrial materials.		Non-metallic	
Storage of minerals and/or mineral concentrates		Metallic	
Non-conventional mining transportation	Moderate / Significant	Metallic	Category II / III - EIA-sd / EIA-d
Power transmission line for mining operation		Metallic	
Aqueduct and desalination plant for mining operation		Metallic	

Source: Minam (2018).

Regarding hard rock lithium, Australia has begun implementing refineries near the mining areas to reduce the project’s environmental footprint and promote the use of renewable energy in new industrial complexes (Kurmelovs, 2022).

Another outstanding case of sustainable and innovative management is that of Minera San Cristóbal in the department of Potosí in Bolivia, where its open-pit activity is recognised for its safety based on modern technology (Quispe Arapa; Valenzuela Méndez, 2014). About 25 wells located in the area of direct influence are permanently monitored to measure water quality, flow and level, which are periodically reported to the competent state authorities. It should be noted that the sustainable management of the environmental impacts of mining activities requires constant monitoring by the responsible state authorities, which extends beyond the approval of studies at each stage. The institutional strength of the environmental assessment processes must provide an appropriate platform for compliance with specific requirements for companies and other relevant agents, including external auditors and citizen participation.

5 COMMENTS

5.1 METHODOLOGY

For this qualitative study, it was first necessary to directly understand the perspectives of the communities in Corani, Carabaya, and Puno. This district comprises five municipalities: Acconsaya (or Corani), Chacaconiza, Chimboya (or Aymaña), Isivilla, and Quelcaya (District Municipality of Corani, 2020). Based on Smith’s (1999) approach, it was decided to conduct a focus group with different members of the aforementioned communities, given the degree of trust and connection that community group participation can provide when addressing a collective problem in contexts of indigenous or peasant identification. This method is convenient for obtaining direct and unconditioned statements on the real expectations of the population towards the project. For this purpose, we contacted five volunteers from the district and its communities and the district sub-prefect, who authorised the activity in his office, and with the support of researchers from the Universidad Nacional del Altiplano Puno, Wenceslao Quispe Borda and Yeni Pocco Apana, who helped to obtain permission from the district authorities of Corani. It is also worth noting that the project’s circumstances made it challenging to recruit a larger number of participants and conduct interviews in the area.

Consequently, as shown in Table 3, a focus group was formed comprising two members from different communities and other district residents.

Table 3 – General and convening information of the focus group held in 2024

<i>Information</i>	<i>Description</i>
Place	District Subprefecture of Corani - Corani, Carabaya, Puno
Number of participants	6
Participants	District Subprefect of Corani
	President of the Peasant Patrols of Corani
	Representative of the District Municipality of Corani 1
	Representative of the District Municipality of Corani 2
	Acconsaya community representative
	Chimboya community representative

Based on the concepts derived from the theoretical analysis of power, sustainable development, and territory, the questions shown in Table 4 were structured.

Table 4 – Structured questions for the focus group, in response to theoretical concepts

Concept	Questions
Power	What do you know about lithium exploitation projects? Have you ever been asked what you think about lithium mining?
Sustainable development	What do you think lithium exploitation will bring for you? Extra money, more job opportunities, or something else?
Territory	How would their lives change if they started mining lithium near their homes? Do they think it would affect the way they use the land and their homes? Has anyone you know had health problems due to pollution? Or have you had such a problem yourselves?

Secondly, based on what was stated by Hernández Sampieri *et al.* (2014) about qualitative methodological tools, a semi-structured interview was conducted with the general manager of the project’s owner, MYSAC, Ulises Solís, as the main agent of interest for the initiation and development of activities.

Based on the study of Peña Vera (2022), a documentary analysis of the social and environmental impacts related to lithiferous extraction projects was carried out. Public information on the progress of the EIAs of projects in the exploration phase was made available: Falchani, with 301 platforms and an EIA-sd, and Quelcaya, with 18 platforms and an EIS, both in the name of MYSAC SAC. (Acomisa, 2023; SRK Consulting, 2024). The primary objective of this technique is to officially validate the testimonies of the parties involved, including the population and company, as well as to evaluate the functionality of the SEIA provisions. Table 5 presents the documents chosen for analysis.

Table 5 – Selection of public EIA documents for the Falchani and Quelcaya projects.

Impact	Document
Social	Falchani Exploration Project EIA-sd Executive Summary (SRK Consulting, 2024)
	Executive Summary of the Quelcaya Exploration Project EIS (Acomisa, 2023)
Environmental	Falchani Exploration Project EIA-sd Executive Summary (SRK Consulting, 2024)
	Executive Summary of the Quelcaya Exploration Project EIS (Acomisa, 2023)

Finally, the information collected was contrasted with each other to make a cross-sectional comparison with the analytical concepts developed in the second part of the study. Finally, the information was systematised in an artisanal way by listening to recordings, transcribing them and contrasting them with each other. This follows the organisational logic also proposed for the questions, as shown in Figure 4.

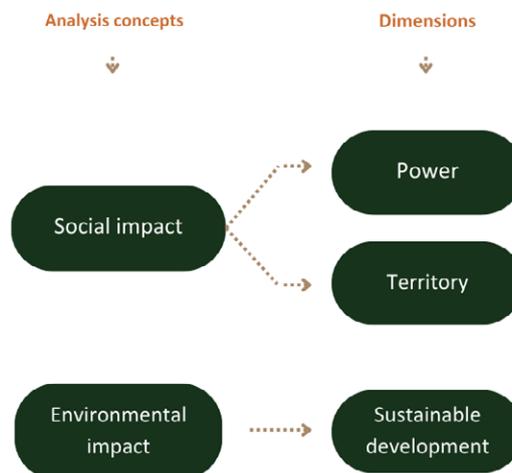


Figure 4 – Conceptualisation of results

All of this aimed to establish recommendations and convenient reference points for the sustainable execution of the project in question, focusing on its importance for local and national development, the country's position in the energy transition, and the inclusion of communities in investment programs, such as the treaty.

5.2 RESULTS AND DISCUSSIONS

As shown in Table 6, a summary of the responses obtained from the focus group described above is presented. The prevailing perspective in the conversation was that the negotiations discussed would only benefit the communities of direct influence, Chacaconiza and Quelcaya, who would also be given some level of participation.

Table 6 – Summary of focus group responses in Corani

<i>Question</i>	<i>Summary of responses</i>
What do you know about lithium exploitation projects?	There is little information. They claim that the EIA studies were done without involving the district and its local authorities. The community is generally unfamiliar with lithium and its applications. The authorities ask that the benefits reach the communities, the province and the region, and expect informative workshops, although they have not yet been held.
Have you ever been asked what you think about lithium mining?	They claim that MYSAC and the State have only dialogued with the communities of Chacaconiza and Quelcaya, which some consider to be landholders. The other communities and the district center have not been informed. In Corani, where extreme poverty is prevalent, they fear an increase in political interest due to the commercial and population impact of the project.
What do you think lithium exploitation will bring for you? Extra money, more job opportunities or other things?	The project promises income and opportunities, but the direct benefits would be limited to Chacaconiza and Quelcaya, while the other communities would receive little. This is seen as unfair. They accuse MYSAC of unofficial deals, such as financing a van, and criticise the mayors as mere intermediaries. They demand that the district be a shareholder, recalling a similar case with Bear Creek in Corani, where only two communities benefited directly.
How would their lives change if they started mining lithium near their homes? Do they think it would affect the way they use the land and their homes?	The testimonies warn of changes in the daily dynamics of Corani, with risks to the security and tranquility derived from agriculture and cattle ranching, the district's main activities. They fear that mining will displace these traditions and cause disorder. They are also opposed to selling land for related activities, recalling previous conflicts, such as in Ollachea.
Has anyone you know had health problems due to pollution? Or have you had such a problem yourselves?	The population compares their situation to Ollachea, where mining caused disorder and contamination that affected livestock. With only one health post and doctors hired on a temporary basis, they hope that mining will help solve these problems, as they believe the companies have the resources to do so.

Based on the results obtained, it can be understood that the main concern of communities not directly affected by the lithiferous projects is being excluded from the sponsored distribution of benefits, and that the impacts of the mining activity shape their livelihood structures. In this regard, it is necessary to note that, for the National Service of Environmental Certification for Sustainable Investments - Senace (2019), the area of direct influence includes the space where the project components are located and the areas that are directly impacted by the activity, while the area of indirect influence refers to the zone outside the area of direct influence and extends to where these impacts are manifested. The official distribution of benefits is applied following these criteria.

However, in the interview with the general manager of the company that owns the projects in question, Ulises Solis (US), when asked about Bear Creek's experience and the concern about the redistribution of benefits in Corani, he assured that, except for Chimboya, all of them are part of the area of direct social influence (AISD), as can be seen in the following dialogue:

“Bear Creek had good social work only at the beginning. What Bear Creek gives, I give three times as much. Their project (Corani en la Comunidad Campesina (CC) de Chacaconiza) included a trust fund of \$4 million per year distributed proportionally among the five CCs of Corani and its municipality. All are included as a direct influence in our project, except Chimboya. With them, we have other uranium projects. But my relations with them are good.”

As there was a clear contradiction in the understanding of the communities that entered into the consideration of AISD, it was consistent to consult with the EIA documents of both projects. After reviewing the determination of the type of influence of each impact area, it was identified that only Chacaconiza and Quelcaya (Chacaconiza and Quelcaya for Falchani and Quelcaya for the project of the same name) are officially listed as AISD; while in both cases, only the district of Corani is expressly listed as an area of indirect social influence (AISI) (Acomisa, 2023; SRK Consulting, 2024). Against this, Solis also mentions:

“We give them rotating positions, every thirty days per community. We give them 2,700 soles per month, plus family allowance. They are unskilled labour. We pay the community between 50 and 200 thousand soles, depending on the annual agreement. I always receive letters requesting support for schools, events, soup kitchens, and sports fields in Isivilla. (...) We are committed to installing one thousand solar panels of the same size in the huts of those who do not have electricity. We have an internet center in Isivilla”.

Through the study by Arellano Yanguas (2011), it can be understood that the confusion in the understanding of the determination of AISD and consequent benefits of the Falchani and Quelcaya projects is based on a standard slogan, through state mechanisms, and another external or private one, in direct agreement between the project owner and the communities involved. This is demonstrated by MYSAC's social management to date, where a direct dynamic of communication and economic support is applied through agreements directly with the five communities of Corani. However, as mentioned in the abstracts of both projects, the direct work and agreement, on paper, would only be with Chacaconiza and Quelcaya.

This latter fact becomes important when, within the EIA regulatory processes, the abstracts of the study are coincidentally the documents that must be socialised with the communities within the areas of influence, through different instruments of citizen participation, due to their greater ease of understanding and possible need for translation (Minam, 2013). There was evidence that Quelcaya includes the implementation of a Permanent Information Office, from which queries will be answered and the necessary data on the activity will be disseminated (Acomisa, 2023). On the Falchani side, a collaborative workshop was held in coordination with the Regional Directorate of Energy and Mines of Puno (DREM Puno) and the main authorities of AISD and AISI, where the characteristics and documents of the project were presented (SRK Consulting, 2024). It should be noted that, in the latter, only the authorities of Chacaconiza and Quelcaya were summoned.

With the dissemination of such content, the perspective of the three communities not considered as AISD becomes meaningful. It should also be noted that MYSAC has complied in detail with the stipulated legal requirements. In particular, the determination of the areas of social influence is based on the logic of environmental impact in which, according to the documents of both projects, the area of direct environmental influence (AIAD) and the area of indirect environmental influence (AIAI) were consigned through technical instruments and conclusions approved by the competent state body, in the case of Quelcaya (General Directorate of Environmental Affairs - DGAAM, 2023), and on the way to approval by Falchani (Salazar Herrada, 2024). Table 7 shows some of the determination factors described in each physical baseline and impact analysis, based on the Benchmark Effective Area (PEF).

Table 7 – Factors for determining the area of environmental influence

Project	AIAD	AIAI	Use of local infrastructure	PEF
Falchani	Area of the PEF site, where the most significant direct environmental impacts would occur. Extension of 872.25 ha.	Area where direct environmental impacts of lesser significance and indirect impacts of second or third order would occur. Extension of 1284.72 ha.	Use of roads and rental of housing in premises in Chacaconiza	0.9 km from Chacaconiza, 5.7 km from Quelcaya and 14.2 km from Isivilla, for example.
Quelcaya	Area of the PEF site, where the most significant direct environmental impacts would occur. Extension of 4288.48 ha.	Area where direct environmental impacts of lesser significance and indirect impacts of second or third order would occur. Extension of 9382.35 ha.	Detour ditch on each exploration platform to prevent runoff water from entering the work zone and causing water erosion in Quelcaya.	0.5 km from Quelcaya and 16.63 km from Acconsaya, for example.

Source: SRK Consulting (2024) and Acomisa (2023).

According to DGAAM and Minem, the projects comply with measures to mitigate social and environmental impacts. MYSAC has worked directly with communities not included in the studies, achieving moderate progress. However, the rapid management of the project and the need to avoid bureaucratic procedures have created distrust and concern among the communities. This last point is also reflected in the conversation with Ulises Solis in September 2024, who indicates:

“We applied for approval of the Quelcaya Project in July 2021 to expand our resources, through DIA. In May 2023, the DGAAM approved our EIS, but they requested the start-up document to be approved by the Dirección General de Minería (General Directorate of Mining) (DGM). In July 2023, the DGM requests prior consultation for exploration. Quelcaya and Chacaconiza demand that it not be applied, because they are the owners of the territories to be explored. In December 2023, the Social Management office publishes a document confirming that it will not be necessary. In February 2024, I met with Romulo Mucho (head of Minem), Jorge Soto Yen (DGM), and Henry Luna (vice-minister of mining), and they informed me that the resolution is not effective until it is published. In March 2024, Soto Yen assured us that he would notify us within 15 days. After this period, the DGM informs us that we must carry out a prior consultation by hierarchical decision. In July 2024, this process concludes, and the project is unanimously approved for execution. Ten days ago, I visited the new head of the DGM, and last week we were notified of the Directorial Resolution to start operations”.

Even though the company promotes the projects and seeks compensation agreements with the affected population, it is the regulatory and political parameters that limit management, standardising activities. This may result, in cases like this, in a limited use in the face of the current urgency and demand of the energy transition. According to Evans (1995), public and political processes develop according to existing rules, whether in positive dynamics or in conflictive situations.

The institutional framework described above appears to be the main source of concern for communities outside of the AISD about the impacts and benefits of the projects. The information gathered suggests potential areas of conflict in the negotiation between the communities and the company. Figure 5 shows data on potential disputes and the attainment of bargaining power in Corani, based on Figure 3.



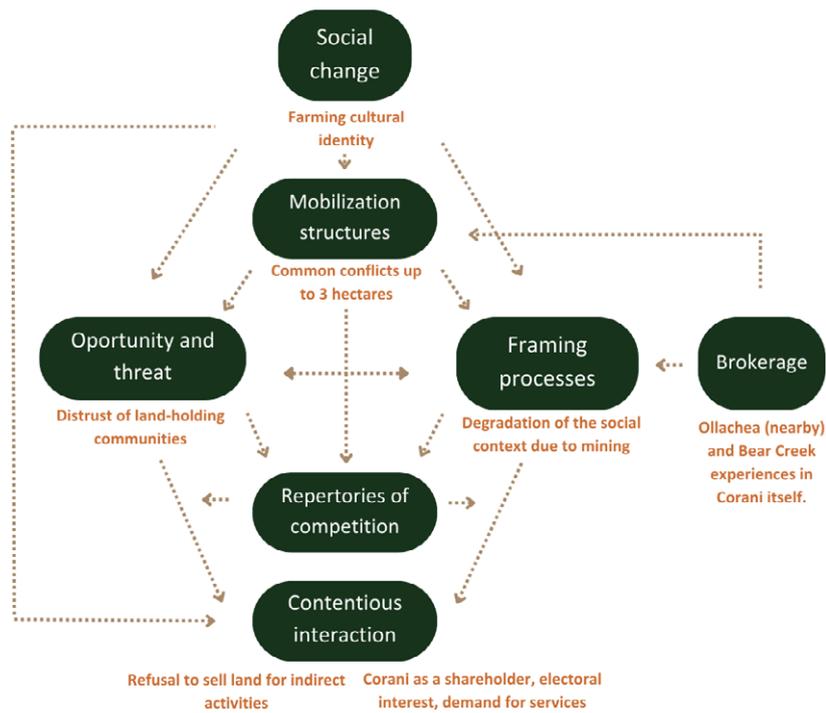


Figure 5 – Scenario of political contention in Corani

Source: McAdam et al. (2005).

Previous experiences in the area have linked lithium extraction with destructive mining activities, viewing it as both a threat to social change and a development opportunity due to the benefits it offers to the land-owning communities. This can generate internal disputes and demands for basic services from the other communities, which negotiate directly with MYSAC to obtain benefits.

In addition, the company has also been able to identify negative physical and biological impacts that would result in a significant but moderate configuration of natural territories. Table 8 presents the main effects observed and some of the main management activities.

Table 8 – Physical and biological impacts identified by MYSAC

Project	Type of impact	Description	Impact classification	Main management activities
Falchani	Physical	Alteration of ambient noise and air levels due to particulate material and gaseous emissions	Significant Moderate	Quarterly monitoring during construction/operation and at the end of the post-closure stage.
	Biological	Affectation of ecosystems in general, loss of vegetation cover, decrease in the diversity of flora species, alteration of terrestrial habitat and landscape quality.	Significant Moderate	Solid waste management and storage.
Quelcaya	Physical	Potential impact on water availability	Significant Moderate	Particulate matter emission control (20 km/h in areas close to the population and a maximum of 35 km/h in affirmed terrain).
				Irrigation of work areas.
	Alteration of the capacity of land use	Drainage ditches on access roads.		
	Alteration of air quality due to particulate material	Prohibition of the dumping of any type of waste into bodies of water.		
	Biological	Alteration of wild flora and displacement of wildlife		Remains of the materials without the bed of a watercourse as the final receptor.
	Affectation of hydrobiological species and alteration of flora in wetlands	Significant Moderate	Environmental signage program. Noise and vibration generation schedules.	

Source: SRK Consulting (2024) and Acomisa (2023).

As observed in the Australian case, one of the primary environmental impacts of lithium mining is air and water pollution resulting from waste generated during the crushing and transportation processes. Impact management should focus on the management of these wastes in both bodies (air and water), as was also seen in the case of Potosi in Bolivia. Moreover, the impact on soil use affects flora, fauna, and agricultural activities, so it may be necessary to remove contaminated soil to a depth of 10 cm and irrigate the affected areas, although this process must be constantly evaluated.

5 CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

In the Falchani and Quelcaya lithiferous projects, a positive relationship has been observed between the company and the communities, with direct benefits, but also risks due to the informal interaction between the State and the private sector. This has generated confusion about the impacts of the project, especially the inclusion or exclusion from the AISD and compensation. Traditional activities in Corani, centered on livestock and agriculture, are affected by mining, showing how the physical and biological impacts of the territory influence the social dynamics and the relationships between actors.

The State plays a crucial role in the development of EIAs and mining activity relations, but bureaucratic inefficiency, with delays of up to three years, has led the private sector to simplify processes to its benefit. Direct interactions between communities and project owners allow for more favourable management, although the regulatory framework is weak and insufficient to respond to local needs. The study suggests points for sustainable management that combine primary exploitation and programmatic development in mining, adapted to Peruvian conditions.

- a. Build and approve a specific regulatory framework for the lithic activity, differentiating it from other mining activities. As Ulises Solis points out, a specific regulation is needed, although

there is currently a lack of political will. This proposal not only addresses pollution but also takes advantage of the benefits derived from the demand for lithium, strategically positioning the country in the energy transition, while at the same time opening space for new and specific environmental protection strategies.

- b. Implement an autonomous agency, derived from the regulatory framework discussed in the previous point, whose powers will serve to enhance the use and technical study of the lithiferous activity. In addition, this application would contribute to the unique concentration in lithiferous mining activity, thereby avoiding cumbersome processes. This proposal may be similar to the cases of Corporación Nacional del Cobre de Chile (Codelco) and Comisión Chilena del Cobre (Cochilco) (Poveda Bonilla, 2019). The purpose is to institutionalise the dynamics of lithium mining and progressively transfer them to the different activities of the sector.
- c. To address the potential conflict and short-term solutions requested by the communities, the direct participation of the population in the projects is proposed, guaranteeing an integral percentage for their benefit. This could include the implementation of works for taxes and the constant inclusion of communities in the decisions of local governments and other bodies linked to the executive branch.
- d. A second initiative involves expanding the studies at AISI and AIAI, with a focus on improving data collection, participation, and consultation instruments. This requires the improvement of bureaucratic processes and the institutionalisation of specific technicalities for each mining activity, without increasing the current complexity. This would ensure integrated and sustainable long-term development for the entire area of influence of the project, while avoiding cross-referencing of information.
- e. The Australian example of waste and particulate mitigation in air and water, with an impact on soils, involves locating processing plants and refineries powered by renewable energy close to operating areas to reduce transportation and pollution. This strategy could be implemented in Peru, based on the Potosi and Ollachea mines, contributing positively to the country's energy transition and adding value to the extraction of lithium, a key mineral for clean energy, while minimising pollution in industrial processes.

The proposals presented respond to the need to generate a progressive institutional framework that allows the establishment of technical and specific dynamics for the lithic activity planned in Puno. It is important to build institutional platforms within a process of change, such as that represented by the configuration of the territory in Corani. There is a need to apply dynamics of institutional interaction from the State with the communities and private enterprise so that dealings and exchanges are developed within standardised technical frameworks at all levels, avoiding confusion and the construction of threat perspectives through the display of participation and visible results.

REFERENCES

ACOMISA. Executive Summary *In: Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto de Exploración "Quelcaya"*. Macusani Yellowcake SAC, 2023.

ADJUNTÍA PARA LA PREVENCIÓN DE CONFLICTOS SOCIALES Y LA GOBERNABILIDAD. **Reporte de Conflictos Sociales N.º 245**. Lima. Available in: <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2024/08/Reporte-de-Conflictos-Sociales-n.%C2%B0-245-julio-2024.pdf>. Access at: Aug, 22. 2024.

ANZOLIN, G. **Productive Development Policies in the Mining Value Chain**: policy opportunity and alignment. IDB Discussion Paper. Available in: <https://publications.iadb.org/publications/english/document/Productive-Development-Policies-in-the-Mining-Value-Chain-Policy-Opportunity-and-Alignment.pdf>. Access at: May, 17. 2024.

ARELLANO YANGUAS, J. Cómo la NEIE fomentó conflictos sociales: interpretación de las dinámicas sociales. *In: ¿Minería sin fronteras? Conflicto y desarrollo en regiones mineras de Perú*. Lima: Universidad Antonio Ruiz de Montoya; PUCP; IEP, 2011. p. 139–182.

AZAMAR ALONSO, A. El mito de la transición energética y la importancia del litio. *In: AZAMAR ALONSO, A. (Ed.). Litio en América Latina*. Demanda global contra daño socioambiental. DCSH Publicaciones, 2022. p. 25–50.

BERDEGUÉ, J. A. *et al.* **Territorios en Movimiento**. Dinámicas Territoriales Rurales en América Latina: programa dinámicas territoriales rurales. Santiago. Available in: <https://dinamicasterritorialesrurales.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/05/n110-2012-territorios-en-movimiento-berdegue-bebbington-escobal-favareto-et-al.pdf>. Access at: Sep, 20. 2024.

CALLES ALMEIDA, P.; VEGA ARAÚJO, J.; AROND, E.; MUÑOZ CABRÉ, M.; GUERRERO, R.; VALLE RUESTRA, E.; MARIÑO, H.; FONSECA, R.; TAMBORREL, A. **Transición energética en Latinoamérica**: ¿hacia dónde vamos? SEI brief. Estocolmo. Available in: <https://doi.org/10.51414/sei2023.002>. Access at: March, 11. 2025.

CANAZA-CHOQUE, F. A. Problemas en el Sur: Puno en los procesos de transformación del Capitalismo Global. **Pensamiento Crítico**, v. 26, n. 2, p. 29–77, 6 dez. 2021.

CASABURI, G.; PIETROBELLI, C. **Las cinco nuevas dimensiones del sector minero en América Latina**. Available in: <https://blogs.iadb.org/innovacion/es/las-cinco-nuevas-dimensiones-del-sector-minero-y-america-latina>. Access at: May, 17. 2024.

CASTELLO, A.; KLOSTER, M. **Industrialización del litio y agregado de valor local**: documento de trabajo. Buenos Aires. Available in: <https://www.ciecti.org.ar/wp-content/uploads/2017/07/DT1-Indsutrializaci%C3%B3n-del-litio-y-agregado-de-valor-local.pdf>. Access at: April, 29. 2024.

CASTRO, F. de; HOGENBOOM, B.; BAUD, M. Gobernanza ambiental en América Latina en la encrucijada. Moviéndose entre múltiples imágenes, interacciones e instituciones. *In: CASTRO, F. de; HOGENBOOM, B.; BAUD, M. (Ed.). Gobernanza Ambiental en América Latina*. Buenos Aires: CLACSO, 2015. p. 13–38.

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ. **Experto José Malqui dice que Falchani puede ubicarse entre los cinco primeros proyectos globales de litio y también en producción de sulfato de potasio para el agro**. Available in: <https://cdlima.org.pe/experto-jose-malqui-dice-que-falchani-puede-ubicarse-entre-los-cinco-primeros-proyectos-globales-de-litio-y-tambien-en-produccion-de-sulfato-de-potasio-para-el-agro/#:~:text=Se%20ubica%20en%20la%20meseta,de%20la%20ciudad%20de%20Macusani..> Access at: May, 17. 2024.

DANNEMANN, V. **Descubrimiento de litio en Perú**: los desafíos del oro blanco. Available in: <https://www.dw.com/es/descubrimiento-de-litio-en-per%C3%BA-desaf%C3%ADos-de-la-riqueza-del-oro-blanco/a-44916579>. Access at: April, 29. 2024.

DERECHOS HUMANOS Y MEDIO AMBIENTE; EARTHRIGHTS INTERNATIONAL. **El rostro del litio y uranio en Puno**: la cultura, salud, derechos de las comunidades y medio ambiente en riesgo. Puno. Available in: https://earthrights.org/wp-content/uploads/2023/09/Informe_LYU_20223.pdf. Access at: 28 abr. 2024.

DIÁLOGOS MINEROS. **Entrevista a Ulises Solís, gerente general de Macusani Yellowcake**. Lima. Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, 30 abr. 2024. Available in: https://www.youtube.com/watch?v=xRspS4_lyvQ&t=88s. Access at: May, 13. 2024

DICKSON, E. South America's prospective. Lithium Triangle. **Resource World**, 2018.

DURAND, F. **La toma de decisiones en el sector minero-energético en tiempos de crisis y cambios (Perú 2020-2021)**. Available in: https://resourcegovernance.org/sites/default/files/documents/decisiones_sector_minero-energetico_tiempos_crisis_y_cambios_peru_2020-2021.pdf. Access at: Sep, 14. 2024.

ECONOMÍA PARA TODOS. **“Las comunidades en Puno tienen muchas expectativas en el proyecto de litio”, indicó Ulises Solís**. Lima RPP Noticias, 18 abr. 2024. Available in: https://www.youtube.com/watch?v=E1lkjZhx_4&t=751s. Access at: May, 13. 2024

ENERGIMINAS. **Proyecto de litio de Macusani espera operar en el 2027 y montar refinería en el 2028**. Available in: <https://energiminas.com/2024/05/02/proyecto-de-litio-de-macusani-espera-operar-en-el-2027-y-montar-refineria-en-el-2028>. Access at: May, 12. 2024.

EVANS, P. States and Industrial Transformation. In: **Embedded Autonomy: states and industrial transformation**. New Jersey: Princeton University Press, 1995. p. 3–20.

FRIEDEN, J. A. **Capitalismo global: el trasfondo económico de la historia del siglo XX**. Crítica, 2007.

GONZÁLEZ EYZAGUIRRE, S. A.; CANTALLOPTS ARAYA, J. **Oferta y demanda de litio hacia el 2030: dirección de estudios y políticas públicas**. Santiago. Available in: <https://www.cochilco.cl/Mercado%20de%20Metales/Produccion%20y%20consumo%20de%20litio%20hacia%20el%202030.pdf>. Access at: May, 22. 2024.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ COLLADO, C.; BAPTISTA LUCIO, M. DEL P. Recolección y análisis de los datos cualitativos. In: **Metodología de la Investigación**. 6. ed. Mexico D.F.: McGraw-Hill Education, 2014. p. 394–467.

JEREZ, B. P.; BOLADOS, P.; TORRES, R. La eco-colonialidad del extractivismo del litio y la agonía socioambiental del Salar de Atacama: el lado oscuro de la electromovilidad “verde”. **Revista Austral de Ciencias Sociales**, n. 44, p. 73–91, 10 jul. 2023.

KURMELOVS, R. **Cómo Australia se convirtió en la mayor fuente de litio del mundo (y en qué se diferencia su extracción de la de Chile, Bolivia y Argentina)**. Available in: <https://www.bbc.com/mundo/vert-fut-63607545>. Access at: Sep, 23. 2024.

LANDER, E. El Neoextractivismo como modelo de desarrollo en América Latina y sus contradicciones. (Neo) Extractivismo y el Futuro de la Democracia en América Latina: diagnóstico y retos. **Anais**. Berlín: Heinrich-Böll-Stiftung, 13 maio 2014. Available in: <https://mx.boell.org/sites/default/files/edgardolander.pdf>. Access at: 4 set. 2024

MAHONEY, J.; THELEN, K. A Theory of Gradual Institutional Change. In: MAHONEY, J.; THELEN, K. (Ed.). **Explaining Institutional Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. p. 1–37.

MAMANÍ, E. M. **El conflicto del Litio en la Puna de Atacama**. III Jornadas de Sociología de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la Universidad Nacional de Cuyo. 2017. Available in: https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/10587/elconflictodellitio.pdf

MCADAM, D.; TARROW, S.; TILLY, C. ¿Cuál es el problema? In: **Dinámica de la contienda política**. Barcelona: Editorial Hacer, 2005. p. 3–98.

MEZA-DUMAN, R.; HERMOZA-GUTIERREZ, M.; MALDONADO, I.; SALAS-MERCADO, D. Percepción Social de la Calidad del Agua y la Expansión Territorial de la Minería en Ollachea, Puno, Perú. **Comuni@cción: Revista de Investigación en Comunicación y Desarrollo**, v. 13, n. 1, p. 16–28, 24 mar. 2022.

MINAM. **Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental y su Reglamento**. Lima. Available in: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/10/Ley-y-reglamento-del-SEIA1.pdf>. Access at: 1 out. 2024.

MINAM. **Minería**. Available in: <https://www.minam.gob.pe/seia/mineria>. Access at: 1 oct. 2024.

MINEM. **Reglamento de protección y gestión ambiental para las actividades de explotación, beneficio, labor general, transporte y almacenamiento minero**. D.S. N° 040-2014-EM. Lima. 2024a.

MINEM. **Ley y Reglamento que regula el Cierre de Minas**. Ley N° 28090 y su Reglamento. Lima. Available in: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4467449/RCM%202023.pdf?v=168211445>. Access at: 1 oct. 2024b.

MINEM. **Reglamento de Protección Ambiental para Actividades de Exploración Minera**. D.S. N° 042-2017-EM. Lima. Available in: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6412265/5615749-replor-ed-2024.pdf?v=1716930412>. Access at: 1 out. 2024.

MONGE, C. Industrias extractivas y gobernanza democrática de los territorios. **Quehacer (DESCO)**, n. 190, p. 80–87, 2013.

MONTALVÁN-ZAMBRANO, D.; WENCES, I. Transición energética y litio: nuevos “comunes” y otros extractivismos. **Oñati Socio-Legal Series**, v. 14, n. 2, p. 416–446, 1 abr. 2024.

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CORANI. **Comunidades**. Available in: <https://municorani.gob.pe/index.php/comunidades>. Access at: May, 10. 2024.

OBSERVATORIO CEPLAN. **Mayor demanda por minerales alternativos**. Available in: https://observatorio.ceplan.gob.pe/ficha/o17_2023. Access at: May, 10. 2024.

PEÑA VERA, T. Etapas del análisis de la información documental. **Revista Interamericana de Bibliotecología**, v. 45, n. 3, p. e340545, 31 ago. 2022.

PÉREZ GUEDES, N.; ARUFE PADRÓN, A. Prospects for energy transition in Latin America in the post-pandemic scenario. **Región Científica**, v. 2, n. 1, 13 jan. 2023.

POSADA-ARRUBLA, A.; FLÓREZ-PORTILLA, D.; TORRES-CAMACHO, L. D.; VIANA-RÍOS, R. Territorio y minería: la necesidad de precisar un enfoque para su abordaje. **Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica**, v. 25, n. 2, 3 ago. 2022.

POVEDA BONILLA, R. **Estudio de caso sobre la gobernanza del cobre en Chile**: documentos de proyectos. Santiago. Available in: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/e3b304c3-7899-4cf9-b23e-209f273a92c5/content>. Access at: Oct, 9. 2024.

QUISPE ARAPA, E. M.; VALENZUELA MÉNDEZ, O. Visita experimental efectuada a la empresa Minera San Cristóbal (MSC) subsidiaria de Sumitomo Corporation, provincia Norlípez, departamento de Potosí (Actividad académica del taller de grado Carrera de Química Industrial). **Revista Tecnológica**, v. 10, n. 16, p. 29–35, 2014.

ROMEO, G. Riesgo ambiental e incertidumbre en la producción del litio en salares de Argentina, Bolivia y Chile. *In*: FORNILLO, B. (Ed.). **El litio en Sudamérica**. Geopolítica, energía y territorios. El Colectivo, CLACSO, IEALC, 2019. p. 223-260.

SALAZAR HERRADA, E. **El ‘oro blanco’ cada vez más cerca**: Falchani y Quelcaya recibirán oficialmente permiso para explorar litio en menos de 90 días. Available in: <https://www.infobae.com/peru/2024/09/18/el-oro-blanco-cada-vez-mas-cerca-falchani-y-quelcaya-recibiran-oficialmente-permiso-para-explorar-litio-en-menos-de-90-dias>. Access at: Oct, 6. 2024.

SENACE. **Área de influencia en un proyecto de inversión**. Available in: <https://www.senace.gob.pe/blog/area-de-influencia-en-un-proyecto-de-inversion>. Access at: Sep, 6. 2024.

SMITH, L. T. Articulating an Indigenous Research Agenda. *In*: **Decolonizing Methodologies**. Research and Indigenous Peoples. Londres: Zed Books Ltd., 1999. p. 123–141.

SRK CONSULTING. Executive Summary. *In*: **Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado**. Proyecto de Exploración Falchani, Puno – Perú. Lima: Macusani Yellowcake SAC, 2024.

THE SAN DIEGO UNION-TRIBUNE. El litio, clave en la transición energética global. **The San Diego Union-Tribune**, Nov, 10. 2023.

WELZEL, C.; INGLEHART, R. The Role of Ordinary People in Democratization. **Journal of Democracy**, v. 19, n. 1, p. 126–140, 2008.

WORLD ECONOMIC FORUM; MCKINSEY & COMPANY. **Fostering Effective Energy Transition 2018**. Available in: <https://www.weforum.org/publications/fostering-effective-energy-transition>. Access at: Sep, 5. 2024.

ZEVALLOS YANA, J. F. Para entender a las comunidades campesinas en el bicentenario: una descripción local. **Alteritas**, v. 11, n. 12, p. 23–38, 2022.

Proyecciones socioambientales de la explotación de litio en Puno: configuración del territorio social por la actividad litífera en Perú a 2024

Socio-environmental projections of lithium exploitation in Puno: configuration of the social territory by the lithiferous activity in Peru by 2024

Rolando Paucar Jáuregui ¹

Franco Rueda ²

Alexandra Paucar Peñaherrera ³

*1 Doctor en Gobierno y Política Pública, Magíster en Defensa y Seguridad Hemisférica, Físico, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú
E-mail: ropaja@hotmail.com*

*2 Estudiante de Maestría en Gerencia Social, Politólogo, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Antonio Ruiz de Montoya, Lima, Perú
E-mail: franco.rueda@uarm.pe*

*3 Estudiante de Maestría en Desarrollo y Defensa Nacional, Abogada, Facultad de Derecho, Pontificia Universidad Católica del Perú - PUCP, Lima, Perú
E-mail: 75464646@caen.edu.pe*

doi:10.18472/SustDeb.v16n1.2025.56266

Received: 26/11/2024
Accepted: 07/04/2025

ARTICLE- VARIA

RESUMEN

El estudio busca establecer puntos de atención socioambiental para la gestión estratégica del litio en Perú con foco en la configuración del territorio. Se trata de una investigación cualitativa donde observó preocupación en algunas comunidades puneñas por los impactos sobre sus actividades económicas y vida diaria, así como por la contaminación y beneficios dispares para las áreas de influencia. Se identificaron interacciones directas con la titular de los proyectos por una institucionalidad estatal insuficiente, a través de entrevistas a agentes de esta. Al contrastar esta información con el material documental y teórico, se pudieron construir recomendaciones de política enfocadas en la especificación del marco normativo, ampliación de la participación y análisis de experiencias semejantes.

Palabras clave: Litio en Puno. Impacto social. Impacto ambiental. Territorio social. Transición energética. Conflictos socioambientales.

ABSTRACT

The study aims to identify key socio-environmental considerations for the strategic management of lithium in Peru, with a focus on the spatial configuration of the territory. This is a qualitative research study that observed concerns in some Puno communities about the impacts on their economic activities and daily lives, as well as about pollution and uneven benefits for the areas of influence. Direct interactions with the project owner, due to the state's insufficient institutional capacity, were identified through interviews with its agents. By comparing this information with documentary and theoretical material, policy recommendations can be developed to focus on the specification of the regulatory framework, expansion of participation, and analysis of similar experiences.

Keywords: Lithium in Puno. Social impact. Environmental impact. Social territory. Energy transition. Social-environmental conflicts.

1 CONTEXTO Y CONDICIONES SOCIOAMBIENTALES

Las tendencias de revolución tecnológica, la necesidad de un proceso globalizador sistemático y la reestructuración de la mayoría de los regímenes latinoamericanos hacia un ascenso del papel funcional del Estado con predominancia del libre mercado frente a la crisis económica mundial de fines del siglo XX e inicios del siglo XXI, originaron el establecimiento de mega estructuras de gestión, comercio y finanzas (Canaza-Choque, 2021). Estas mega estructuras configuraron profundamente las relaciones población-Estado y territorio-producción, articulándolas directamente con la expansión mercantil y extractiva mundial, y lograron conceptualizar el entorno físico y productivo nacional y local en la idea de oferta y demanda (Canaza-Choque, 2021; Frieden, 2007; Posada-Arrubla *et al.*, 2022). En contraste, resulta necesario reconocer que aproximadamente el 4% del PBI total de América Latina y el Caribe está compuesto por la actividad minera y metalúrgica (Casaburi; Pietrobelli, 2022). Además, para casos como el de Chile y Perú, las exportaciones mineras representan más del 50% del total de exportaciones, situación que ha condicionado profundamente al sector productivo de la región (Anzolin, 2021; Casaburi; Pietrobelli, 2022).

Por ello, el reciente posicionamiento del litio como mineral crítico de alto valor suplementario para la industria energética mundial ha intensificado la concentración y proyección de su tratamiento, particularmente en zonas de economías aún dependientes, como las de América Latina. González Eyzaguirre y Cantallopts Araya (2020) proyectaron un ascenso constante de la demanda mundial de litio para vehículos eléctricos entre 2016 y 2022, donde de 37 kilotoneladas de demanda en 2016, llegaron a 102 kt en 2019 y llegarían a 1416 kt en 2030. En la misma línea, determinaron que el requerimiento para artículos electrónicos, otras baterías y demás almacenamiento energético, pasarían de 167 a 377 kt en el tramo señalado. En resumen, como se observa en la Figura 1, la demanda mundial de litio ascendería de 204 kt en 2016 a 1793 kt en 2030, lo que representa un crecimiento de 878.92%.

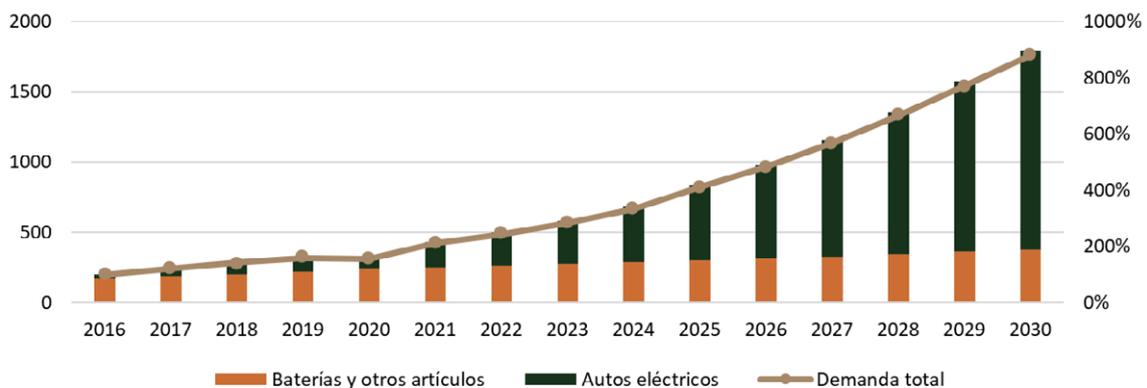


Figura 1 – Crecimiento de demanda mundial del litio hacia 2030

Fuente: González Eyzaguirre y Cantallopts Araya (2020).

En el caso de Puno en Perú, los cálculos que se tienen sobre la estimación de la cantidad de litio extraíble aún no son lo suficientemente exactos. Luego de la exploración inicial en 2018, donde se reveló la cantidad de 2.5 millones de recursos de litio de alto grado, estudios de 2020 estimaron 60.92 millones de recursos de litio indicado y 260.07 millones de recursos de litio inferido (Derechos Humanos y Medio Ambiente e EarthRights International, 2022). Ya hacia 2022, los datos oficiales de la empresa minera Macusani Yellowcake SAC (MYSAC), dependiente de la empresa canadiense American Lithium Corp. y encargada de los proyectos Falchani y Quelcaya (nombres asignados a los proyectos de explotación de litio en Puno), confirmaban la presencia de al menos 5 millones de recursos de litio (Colegio de Ingenieros del Perú, 2022), número que incluso se elevaría a 9.5 millones para 2024 (Energiminas, 2024). Asimismo, en comparación con los demás países de la región, en el caso peruano, el litio fue ubicado en roca y no en salares, por lo que su extracción presenta otro tipo de complejidad y trabajo (Derechos Humanos y Medio Ambiente & EarthRights International, 2022).

Este estudio analiza las proyecciones socioculturales y ambientales de los proyectos de explotación de litio en Puno, evaluando los estudios de impacto ambiental y social, así como las percepciones y expectativas de la población local. El objetivo es identificar puntos de interés y preocupación socioambiental para una gestión adecuada del litio como recurso energético y destacar la insuficiencia del marco normativo frente a las particularidades de su explotación y su impacto en las relaciones entre la empresa y las comunidades.

2 TRANSICIÓN ENERGÉTICA: ¿BENEFICIO O UN PROBLEMA ESTRUCTURAL?

Las principales organizaciones extractivas y productoras de energía a nivel mundial, además de las instituciones y personalidades que respaldan este sector y reciben sus movimientos, se encuentran en la búsqueda de alternativas de combustible, debido a los perjuicios económicos originados por la dependencia de combustibles fósiles, los compromisos de reducción de emisión de gases de efecto invernadero y la afectación cada vez más radical de estos para la vida en la tierra, en ese orden (Durand, 2021). A raíz de ello, la incursión en la innovación en energías no convencionales ha derivado en la necesidad de explotación de minerales alrededor del mundo, sea para su uso directo o indirecto como componente de las infraestructuras respectivas (Observatorio Ceplan, 2023).

Tal búsqueda, potenciada en los últimos años, ha permitido observar que, más que el control de recursos naturales y su tratamiento, la transición energética consiste en el acceso a tecnologías que hacen legítimo su aprovechamiento (Montalván-Zambrano; Wences, 2024). Este tipo de dinámica respalda los conceptos de energía verde promovidos por el Norte Global para reemplazar los combustibles fósiles. Sin embargo, mientras estas estrategias benefician a ese segmento, las actividades extractivas impactan principalmente al Sur Global, alterando profundamente los territorios indígenas y campesinos, y causando una fractura en las estructuras socioculturales, lo que genera conflictos prolongados en la región (Jerez *et al.*, 2023).

El establecimiento de infraestructuras de explotación y proceso primario conlleva a una serie de configuraciones sociales y territoriales que son estandarizadas dentro de los procesos correspondientes al modelo neoextractivista. A diferencia del extractivismo clásico, el neoextractivismo comprende el aumento de la participación nacional en los beneficios obtenidos, enfocada en el bienestar social y económico a través de respuestas a las necesidades de la población, principalmente en el área de influencia de cada proyecto, con el propósito de obtener legitimidad político-social frente a los inevitables efectos negativos de la extracción (Lander, 2014).

El *World Economic Forum* y *McKinsey & Company* (2018) clasifican las regiones del mundo en cuanto a su transición energética, evaluando el rendimiento del sistema en áreas como seguridad, sostenibilidad y crecimiento económico inclusivo. La preparación para la transición se mide por factores como inversión, infraestructura, capital humano, y gobernanza. Según esta clasificación, los países con un

50% o menos en la preparación para la transición tienen potencial para aprovechar oportunidades, como se muestra en la Figura 2.

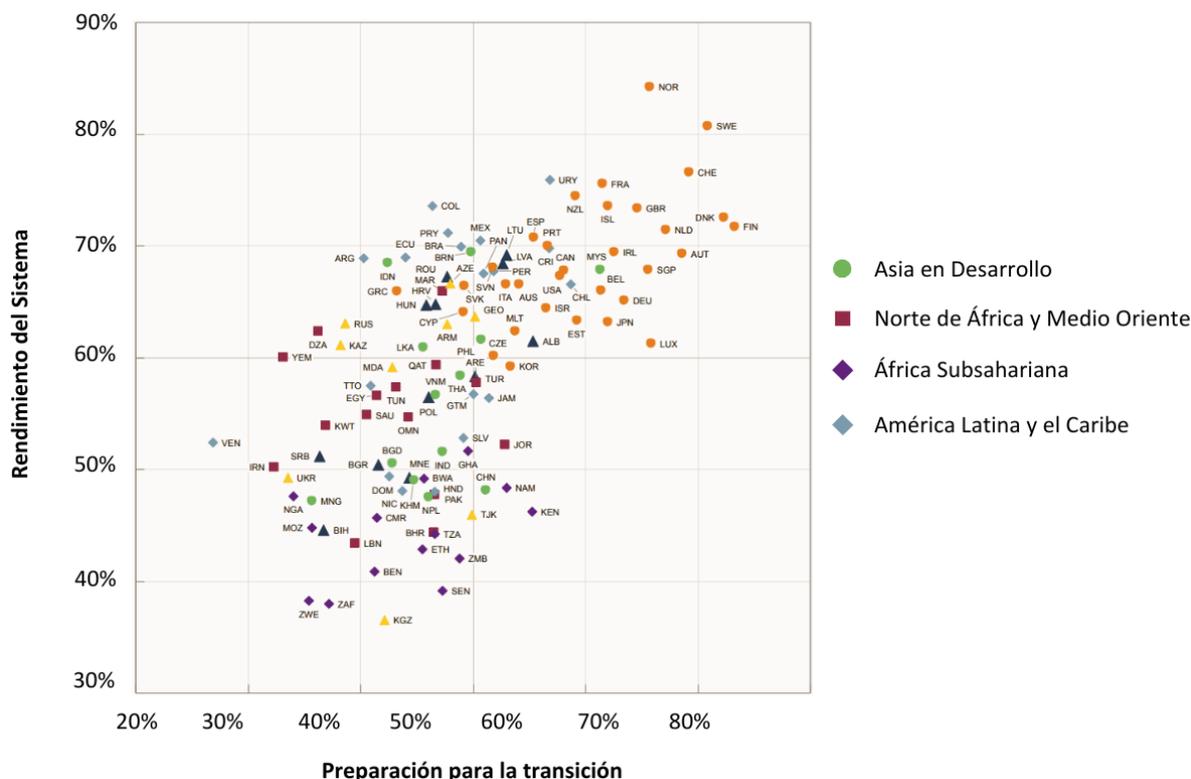


Figura 2 – Condiciones para la transición energética

Fuente: World Economic Forum & McKinsey & Company (2018).

Cabe resaltar que los países de América Latina presentan condiciones de sistema considerablemente positivas, probablemente indicadas por su desarrollo macroeconómico permanente (incluido el potente ingreso fiscal por proyectos minero-energéticos), pero esto se contradice con las condiciones estructurales de las instituciones de cada uno de ellos, observadas en el eje horizontal de preparación para la transición. Como mencionan Pérez Guedes y Arufe Padrón (2023), la producción y uso de recursos renovables y limpios de la región, aptos para la transición energética, han crecido un 60% hasta 2020; sin embargo, la deficiente planificación y enfoque de la inversión en energías tradicionales perjudican dichas características óptimas (Calles Almeida *et al.*, 2021). Debe tenerse en cuenta que una transición energética óptima debe desarrollar un sistema energético más inclusivo, sostenible, asequible y seguro (Azamar Alonso, 2022). Mientras ello no se cumpla, no puede proyectarse a una evolución beneficiosa del sector para la sociedad.

3 IMPACTO SOCIAL Y CONFLICTIVIDAD

Para el entendimiento del impacto social de los proyectos extractivos, es necesario establecer que la noción de territorio como un concepto vinculado a la naturaleza biológica resulta inexacta. Frente a la amplitud de esta clase de análisis y por cómo se interpretará dicho concepto a lo largo del presente estudio, resulta oportuno comprender que se aborda a un territorio social, al tratarse de una estructura donde los actores, a través de sus dinámicas desarrolladas en distintas temporalidades, determinan sus fronteras, modalidades de ocupación y el uso del espacio y sus recursos (Monge, 2013). En ese sentido, estas prácticas de estructuración son aplicadas por grupos determinados que establecen su hegemonía sobre otros en el espacio respectivo (Berdegué *et al.*, 2012). Por ello, la irrupción de nuevas estructuras de manejo de este territorio social en favor y control de agentes externos generan un

cambio hegemónico profundo que puede significar una amenaza y/u oportunidad para las sociedades localizadas en áreas de influencia.

En consecuencia, la institucionalidad de las dinámicas territoriales entra en tensiones y contradicciones con la institucionalidad de, por ejemplo, la administración de las concesiones e inversiones o de los parámetros de protección ambiental, lo que es favorable al cambio y a la agencia humana racional en el contexto de incertidumbre (Berdegué *et al.*, 2012; Mahoney; Thelen, 2010). En tal sentido, la asunción del cambio por parte de la población asentada determinará las formas de enmarcar el proyecto de inversión y conceptualizarlo como oportunidad y/o amenaza. Según el estudio de McAdam *et al.* (2005), la idea de configuraciones similares previas o cercanas transmitidas a través de dinámicas de correduría social deriva en procesos de enmarcamiento de la situación respectiva sobre la percepción del cambio posible o en desarrollo. La Figura 3 grafica como, luego de esta línea de hechos, se determina la interacción de la sociedad que construirá un escenario de contienda.

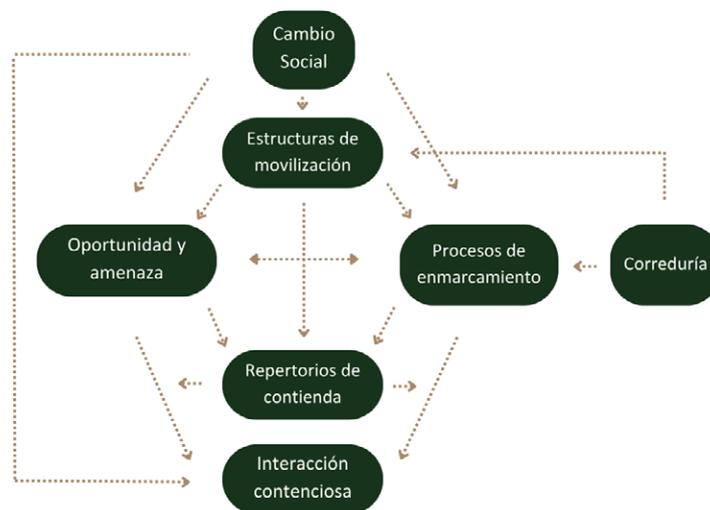


Figura 3 – Escenario de contienda política

Fuente: McAdam *et al.* (2005).

El diagrama planteado permite comprender la interacción e interdependencia entre los elementos de la contienda política que definen las posibilidades y contexto de la conflictividad social. De esa forma, las estructuras de movilización definidas por experiencias previas y similares y los tipos de cambio social desarrollado determinan los repertorios de contienda de la población afectada que condicionará la definición de la interacción contenciosa como respuesta final a la configuración institucional.

Por ejemplo, la explotación de litio y la llegada del ferrocarril a la Cuenca de Salinas Grandes y la Laguna de Guayatayoc en la Puna argentina, las comunidades kollas y atacamas han sido llevadas a un proceso permanente de migración estacional como mano de obra barata para las actividades mineras aplicadas. Los territorios antes utilizados para la ganadería, agricultura y cría de la sal pasaron a ser cada vez más configurados para su adaptación a la actividad extractiva.

Particularmente en Puno, en zonas como la Comunidad Minera de Ollachea, en la provincia de Carabaya, las unidades mineras instalaron infraestructuras de trabajo, residencia y depósitos de desmonte que, por inercia, generaron espacios comerciales por la alta demanda de los materiales necesarios para su construcción (Meza-Duman *et al.*, 2022). El incremento de concesiones similares ha propiciado un crecimiento de relación directa de los conflictos sociales, debido a que, como se mencionó anteriormente, los efectos en el territorio han sido principalmente negativos y no han representado el desarrollo socioeconómico esperado. Por ello y la gestión ausente del Estado peruano, la reacción de las comunidades frente a cualquier proyecto minero se basa en un repertorio de conflictividad directa

con las empresas mineras y/o en la adaptación completa de sus dinámicas económicas a la minería por debajo o por encima de la ley (Zevallos Yana, 2020). Ejemplo de ello son los casos del Aymarazo en el sur de la región, que llegaría a cerrar el proyecto Santa Ana de la empresa canadiense *Bear Creek*, o de la Rinconada, donde la población se dedica enteramente a la extracción de oro y su entorno, casi por completo en la ilegalidad.

En ese sentido, es importante resaltar el papel de la participación de las comunidades, a través de la construcción de una oportunidad de captación o condicionamiento de poder frente a la configuración de su territorio. En el caso peruano, los Decretos Supremos N° 040-2014-EM, 042-2017-EM y 033-2005-EM, actualizan la necesidad del desarrollo y aplicación de un Plan de Participación Ciudadana, Plan de Gestión Social y posibilidad de consulta previa en actividades mineras, según parámetros perfectibles, dentro de la realización de Estudios de Impacto Ambiental (EIA) de exploración, explotación, modificación y cierre de minas (Ministerio de Energía y Minas - Minem, 2024a; 2024b). A partir de ello, es posible comprender el sentido de la tipología de conflictos socioambientales de Arellano Yanguas (2011) descrita en el Cuadro 1, que establece cómo comprender la posición de las comunidades, no sólo como un agente afectado, sino como uno interesado en aprovechar, según los límites de sus estructuras de valoración de supervivencia y autoexpresión (Welzel; Inglehart, 2008), los réditos derivados de la actividad extractiva.

Cuadro 1 – Tipología de conflictos socioambientales

<i>Tipo de conflicto</i>	<i>Intención</i>	<i>Actores</i>
Movimientos antiminería	Oposición a la construcción de nuevas minas o su expansión	Compañías mineras y comunidades campesinas
Ganar poder negociador	Estrategia de preparación de negociaciones para conseguir compensaciones	Compañías mineras y comunidades campesinas y población de las municipalidades cercanas
Reclamar canon minero	Control y uso de las transferencias del canon minero	Frentes de defensa, organizaciones sociales y distintos niveles de gobierno subnacional

Fuente: Arellano Yanguas, J. (2011).

Con relación a la concepción de oportunidad, cabe hacer hincapié en los casos de ganar poder negociador. Según el estudio de Arellano Yanguas (2011), este tipo de conflicto se entiende como un preámbulo a la negociación directa con las empresas: se estructuran las movilizaciones para obtener beneficios directos del privado a través de la legislación imperativa y la necesidad de licencia social del proyecto y su configuración del territorio. La expansión de políticas cortoplacistas en ese sentido, aceptadas por las empresas mineras, han erosionado la legitimidad del Estado y trasladado la responsabilidad de satisfacción de demandas a ellas mismas. El cubrir necesidades de supervivencia, por sobre políticas programáticas de desarrollo sostenible a largo plazo, ha establecido un repertorio institucionalizado en el relacionamiento entre empresas y comunidad. Aunque incrementan el acceso a servicios básicos, estas dinámicas bloquean las posibilidades de establecer políticas de desarrollo social integral que necesitan de una participación sostenida y significativa.

4 IMPACTO AMBIENTAL Y OPORTUNIDADES DE SOSTENIBILIDAD

La progresiva degradación de ecosistemas de los territorios en cuestión ha originado una acelerada tasa de pérdida de biodiversidad y se ha posicionado como responsable de un tercio de las emisiones de CO2 en el planeta. Todo ello en consecuencia al tipo de institucionalidad enmarcado en tendencias mundiales de economía verde, donde la acelerada depredación del territorio es estructurada bajo dinámicas de compensación basadas en el pragmatismo de mercado, como mecanismos de reemplazo de regulación ambiental o incentivos económicos apoyados en el desempeño ecológico que mejoran la imagen corporativa (Castro et al., 2015).

Casos como el de Chile, sirven de ejemplo frente al grado de explotación del recurso, la afectación del territorio y las medidas estandarizadas frente al inevitable impacto ambiental. Sobre la zona de Atacama, al norte del país en cuestión, se conoce que la extracción de las actividades litíferas de la Sociedad Química y Minera de Chile (SQM), ha extraído 871,844,891 m³ de agua dulce; al mismo tiempo que Albermarle ha alcanzado los 4,209,366 m³ (Romeo, 2019). Incluso, en el primer caso, existen conflictos entre la empresa y la Superintendencia de Medio Ambiente en Chile, debido extracciones mayores a las permitidas entre 2013 y 2015, lo que ha conllevado al desecamiento de vertientes y reducción de caudales. Esta situación ha afectado directamente la supervivencia de la comunidad de Toconao, situada en las cercanías del río del mismo nombre, que abastece su día a día de las aguas del canal en cuestión (Romeo, 2019).

Es importante tener en cuenta que la situación física de los yacimientos del litio en Puno es del tipo roca dura, similar a los casos de Australia y Ollachea. Al observar las condiciones de procesos extractivos y de impacto ambiental del mineral de interés en el país oceánico, pueden resaltarse algunos puntos relevantes para el proyecto en Perú (Kurmelovs, 2022): i) el impacto ambiental es casi el mismo que el de cualquier otra actividad minera comparable; ii) una vez identificado el recurso, se limpia la superficie, raspa la tierra, se explota la roca y se transportan los escombros para su posterior proceso de concentración; iii) la roca es triturada y tostada para la producción de espodumena; iv) el producto es trasladado a refinerías en países encargados de los procesos finales; v) el polvo de las operaciones puede contaminar vías fluviales o llegar a ciudades donde la población pueda inhalarlo; vi) las lluvias pueden arrastrar minerales a los ríos cercanos o filtrarlos en aguas subterráneas; vii) suele existir una falta de presupuestación y planificación de los trabajos de rehabilitación luego del cierre de la mina.

En ese sentido, en el Perú, a través de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (Seia) (Ministerio del Ambiente - Minam, 2013), se norma la certificación ambiental que aprueba los instrumentos de gestión ambiental y que debe obtener todo proyecto de extracción minera en sus fases de exploración, explotación, modificación y cierre. A partir de ellos, se planifica y establece legalmente que la empresa titular de los proyectos debe cumplir con las obligaciones de prevenir, minimizar, rehabilitar y, eventualmente, compensar los impactos ambientales negativos que genera la actividad. La documentación de la evaluación se compone por: i) descripción del proyecto; ii) línea base (física, biológica y social) que establecerá las áreas de influencia directa e indirecta, con posteriores beneficios acorde; iii) identificación y caracterización de impactos; iv) estrategia de manejo; y v) plan de participación ciudadana.

Asimismo, a partir del tipo de actividad minera y el grado de afectación de los territorios intervenidos, los EIA se clasifican en tres tipos, como se observa en el Cuadro 2:

Cuadro 2 – Clasificación anticipada de exploración y explotación minera

<i>Tipo de proyecto o actividad minera</i>	<i>Impacto</i>	<i>Tipo de minería</i>	<i>Categoría</i>
Hasta 40 plataformas, área disturbada de hasta 10 hectáreas, túneles de hasta 100 metros de longitud	Leve		Categoría I - Declaración de Impacto Ambiental (DIA)
De 41 a 700 plataformas, área disturbada mayor a 10 hectáreas, túneles mayores a 100 metros de longitud, una planta piloto	Moderado		Categoría II - Estudios de Impacto Ambiental Semidetallado (EIA-sd)
Proyectos de explotación, beneficio y labor general mineros	Significativo	Metálico	Categoría III - Estudios de Impacto Ambiental Detallado (EIA-d)

Aprovechamiento de materiales de construcción, industriales.		No metálico	
Almacenamiento de minerales y/o concentrados de minerales		Metálico	
Transporte minero no convencional	Moderado / Significativo	Metálico	Categoría II / III - EIA-sd / EIA-d
Línea de transmisión eléctrica para operación minera		Metálico	
Acueducto y planta desalinizadora para operación minera		Metálico	

Fuente: Minam (2018).

Sobre el litio en roca dura, Australia ha iniciado a implementar refinerías cercanas a las zonas de explotación para reducir el área de influencia de los proyectos y la contaminación consecuente, así como también promover el uso de energía renovable en los nuevos complejos industriales (Kurmelovs, 2022).

Otro caso resaltante de gestión sostenible e innovadora es el de la Minera San Cristóbal en el departamento de Potosí en Bolivia, donde su actividad a cielo abierto es reconocida por su seguridad a partir de tecnología moderna (Quispe Arapa y Valenzuela Méndez, 2014). En ella, cerca de 25 pozos ubicados en el área de influencia directa cuentan con un monitoreo permanente de medición de la calidad, caudal y nivel del agua que son reportados periódicamente a las autoridades estatales competentes. Cabe resaltar que una gestión sostenible de los impactos ambientales de la actividad minera necesita de un seguimiento constante de las autoridades estatales responsables que vaya más allá de la aprobación de los estudios en cada fase. La fortaleza institucional de los procesos de evaluación ambiental debe ser la plataforma adecuada para el cumplimiento de requerimientos específicos a las empresas titulares y demás agentes involucrados, desde fiscalizadores externos hasta la participación de la propia ciudadanía.

5 OBSERVACIÓN DEL CASO

5.1 METODOLOGÍA

Para este estudio cualitativo, en primer lugar, se consideró necesario conocer directamente las perspectivas de las comunidades en Corani, en Carabaya, Puno. Este distrito se encuentra conformado por cinco de ellas: Acconsaya (o Corani), Chacaconiza, Chimboya (o Aymaña), Isivilla y Quelcaya (Municipalidad Distrital de Corani, 2020). A partir del planteamiento de Smith (1999), se decidió aplicar un focus group a diferentes miembros de las comunidades mencionadas, debido al grado de confianza y extensión que puede brindar la participación grupal comunitaria, al tratar una problemática colectiva en contextos de identificación indígena o campesina. Este método resulta conveniente para la obtención de declaraciones directas y libres de condicionamiento sobre las expectativas reales de la población hacia el proyecto. Para ello, con el apoyo de los investigadores de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, Wenceslao Quispe Borda y Yeni Pocco Apana, quienes contribuyeron con la obtención del permiso de las autoridades distritales de Corani, se contactó a cinco personas voluntarias del distrito y sus comunidades y al subprefecto distrital, quien autorizó realizar la actividad en su oficina. Asimismo, cabe resaltar que la coyuntura del proyecto complejizó la obtención de un mayor número de participantes y entrevistas en la zona.

En consecuencia, como se observa en el Cuadro 3, se logró conformar un focus group con dos integrantes de comunidades distintas y demás miembros del distrito en cuestión.

Cuadro 3 – Información general y de convocatoria del focus group realizado en 2024

Información	Descripción
-------------	-------------

Lugar	Subprefectura Distrital de Corani - Corani, Carabaya, Puno
N° de participantes	6
Participantes	Subprefecto Distrital de Corani
	Presidente de las Rondas Campesinas de Corani
	Representante de la Municipalidad Distrital de Corani 1
	Representante de la Municipalidad Distrital de Corani 2
	Representante de la comunidad de Acconsaya
	Representante de la comunidad de Chimboya

A partir de los conceptos derivados del análisis teórico, poder, desarrollo sostenible y territorio, se estructuraron las preguntas que pueden verse en el Cuadro 4.

Cuadro 4 – Preguntas estructuradas para el focus group, en respuesta a conceptos teóricos

Concepto	Preguntas
Poder	¿Qué conocen sobre los proyectos de explotación de litio?
	¿Alguna vez les han preguntado qué piensan sobre la explotación de litio?
Desarrollo sostenible	¿Qué creen que traerá la explotación de litio para ustedes? ¿Dinero extra, más oportunidades de trabajo u otros?
Territorio	¿Cómo cambiarían sus vidas si empiezan a explotar litio cerca de sus hogares? ¿Piensan que afectaría la forma en que usan la tierra y sus hogares?
	¿Alguien que conocen ha tenido problemas de salud debido a la contaminación? ¿O ustedes mismos han tenido algún problema así?

En segundo lugar, con base en lo expuesto por Hernández Sampieri *et al.* (2014) acerca de herramientas metodológicas cualitativas, se realizó una entrevista semiestructurada al gerente general de la empresa titular del proyecto, MYSAC, Ulises Solís, como principal agente de interés para el inicio y desarrollo de actividades.

Basado en el estudio de Peña Vera (2022), se realizó un análisis documental de los impactos sociales y ambientales relacionados con los proyectos de extracción litífera. Se accedió a información pública sobre los avances de los EIA de los proyectos en fase de exploración: Falchani, con 301 plataformas y un EIA-sd, y Quelcaya, con 18 plataformas y una DIA, ambos a nombre de MYSAC SAC (Acomisa, 2023; SRK Consulting, 2024). El principal objetivo de esta técnica es la validación oficial de los testimonios de las partes involucradas, población y empresa; además de la evaluación de la funcionalidad de las disposiciones del SEIA. El Cuadro 5 presenta los documentos elegidos para el análisis.

Cuadro 5 – Selección de documentos públicos de EIA de los proyectos Falchani y Quelcaya

Impacto	Documento
Social	Resumen Ejecutivo del EIA-sd del Proyecto de Exploración Falchani (SRK Consulting, 2024)
	Resumen Ejecutivo de la DIA del Proyecto de Exploración Quelcaya (Acomisa, 2023)
Ambiental	Resumen Ejecutivo del EIA-sd del Proyecto de Exploración Falchani (SRK Consulting, 2024)
	Resumen Ejecutivo de la DIA del Proyecto de Exploración Quelcaya (Acomisa, 2023)

Por último, se contrastó la información recopilada entre sí para luego realizar una comparación transversal con los conceptos analíticos desarrollados en la segunda parte del estudio. Finalmente, la información se sistematizó de manera artesanal mediante la escucha de grabaciones, transcripción de estas y contraste entre ellas. Esto siguió la lógica de organización planteada también para las preguntas que puede observarse en la Figura 4.

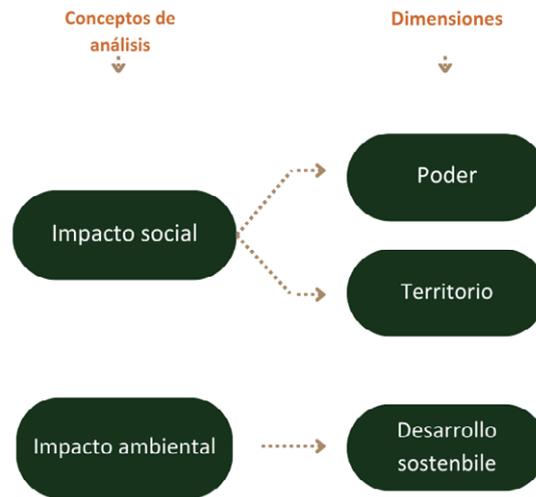


Figura 4 – Conceptualización de resultados

Todo ello, con el objetivo de establecer algunas recomendaciones y puntos de referencia convenientes para una ejecución sostenible del proyecto en cuestión, enfocados en su importancia para el desarrollo local y nacional, la posición del país en la transición energética y la inclusión de las comunidades en los programas de inversión como el tratado.

5.2 RESULTADOS Y DISCUSIONES

Como puede visualizarse en el Cuadro 6, se presenta un resumen de las respuestas obtenidas en el focus group descrito. La perspectiva preponderante en la conversación fue que las negociaciones tratadas solo beneficiarían a las comunidades de influencia directa, Chacaconiza y Quelcaya, a quienes también se les brindaría cierto nivel de participación.

Cuadro 6 – Resumen de respuestas de focus group en Corani

Pregunta	Resumen de respuestas
¿Qué conocen sobre los proyectos de explotación de litio?	Hay poca información. Aseguran que los estudios EIA se hicieron sin involucrar al distrito ni a sus autoridades locales. La comunidad sabe poco sobre el litio y su uso. Las autoridades piden que los beneficios lleguen a las comunidades, la provincia y la región, y esperan talleres informativos, aunque aún no se han realizado aún.
¿Alguna vez les han preguntado qué piensan sobre la explotación de litio?	Aseguran que la empresa MYSAC y el Estado solo han dialogado con las comunidades de Chacaconiza y Quelcaya, consideradas parcelarias por algunos. Las otras comunidades y el centro distrital no han sido informados. En Corani, donde prevalece la pobreza extrema, temen un aumento del interés político por el impacto comercial y poblacional del proyecto.
¿Qué creen que traerá la explotación de litio para ustedes? ¿Dinero extra, más oportunidades de trabajo u otras cosas?	El proyecto promete ingresos y oportunidades, pero el beneficio directo sería solo para Chacaconiza y Quelcaya, mientras las demás comunidades recibirían poco. Esto se percibe como injusto. Acusan a MYSAC de tratos extraoficiales, como financiar una camioneta, y critican a los alcaldes como meros intermediarios. Exigen que el distrito sea accionista, recordando un caso similar con Bear Creek en Corani, donde solo dos comunidades se beneficiaron directamente.
¿Cómo cambiarían sus vidas si empiezan a explotar litio cerca de sus hogares? ¿Piensan que afectaría la forma en que usan la tierra y sus hogares?	Los testimonios advierten cambios en la dinámica diaria de Corani, con riesgos para la seguridad y tranquilidad derivada de la agricultura y ganadería, actividades principales del distrito. Temen que la minería desplace estas tradiciones y cause desorden. También se oponen a vender tierras para actividades relacionadas, recordando conflictos previos, como en Ollachea.
¿Alguien que conocen ha tenido problemas de salud debido a la contaminación? ¿O ustedes mismos han tenido algún problema así?	La población compara su situación con Ollachea, donde la minería causó desorden y contaminación que afectó al ganado. Con solo un puesto de salud y médicos contratados temporalmente, esperan que la minería ayude a resolver estos problemas, ya que creen que las empresas tienen los recursos para hacerlo.

A partir de lo obtenido, puede comprenderse que la principal preocupación de las comunidades que no son parte del área de influencia directa de los proyectos litíferos es quedar fuera de la distribución de beneficios auspiciada y que sus estructuras de vida queden configuradas con los impactos de la actividad minera. En ese sentido, es necesario detallar que, para el Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles - Senace (2019), el área de influencia directa comprende el espacio donde se sitúan los componentes del proyecto y de las áreas que son impactadas directamente por la actividad; mientras que el área de influencia indirecta refiere a la zona externa al área de influencia directa y se extiende hasta donde se manifiestan dichos impactos. La distribución oficial de beneficios se aplica en concordancia a tal criterio.

Sin embargo, en la entrevista con el gerente general de la empresa titular de los proyectos en cuestión, Ulises Solís (US), al preguntársele acerca de la experiencia de *Bear Creek* y la preocupación por la redistribución de los beneficios en Corani, este aseguró que, salvo Chimboya, todas son parte del área de influencia social directa (AISD), como puede verse en el siguiente diálogo:

“Bear Creek tuvo un buen trabajo social solo al inicio. Lo que da *Bear Creek*, yo lo doy tres veces más. Su proyecto (Corani en la Comunidad Campesina (CC) de Chacaconiza) incluía un fideicomiso de 4 millones anuales repartidos proporcionalmente entre las cinco CC de Corani y su municipalidad. Todas están incluidas como influencia directa en nuestro proyecto, menos Chimboya. Con ellos tenemos otros proyectos de uranio. Pero mis relaciones con ellos son buenas”.

Al presentarse una clara contradicción en el entendimiento sobre las comunidades que ingresan en la consideración de AISD, fue consecuente consultar con los documentos de EIA de ambos proyectos. Luego de revisar la determinación del tipo de influencia de cada área de impacto, logró identificarse que solo Chacaconiza y Quelcaya (Chacaconiza y Quelcaya para Falchani y Quelcaya para el proyecto del mismo nombre) figuran oficialmente como AISD; mientras que, en ambos casos, se consigna como área de influencia social indirecta (AIS) solo al distrito de Corani, expresamente (Acomisa, 2023; SRK Consulting, 2024). Frente a ello, Solís también menciona:

“Nosotros les damos puestos rotativos, cada treinta días por comunidad. Les damos 2700 soles mensuales, más asignación familiar. Son mano de obra no calificada. Pagamos un monto a la comunidad entre 50 y 200 mil soles, según el convenio anual. Siempre recibo oficios solicitándome apoyo para colegios, eventos, comedor popular, losas deportivas en Isivilla. (...) Tenemos el compromiso de poner mil paneles solares del tamaño en las chozas de los que no tienen energía eléctrica. Tenemos en Isivilla un centro de internet”.

A través del estudio de Arellano Yanguas (2011), puede comprenderse que la confusión en el entendimiento de la determinación de AISD y beneficios consecuentes de los proyectos Falchani y Quelcaya, parte de una consigna estándar, a través de los mecanismos estatales, y otra externa o privada, en acuerdo directo entre el titular del proyecto y las comunidades involucradas. Esto queda demostrado con la gestión social de MYSAC realizada hasta el momento, donde se aplica una dinámica directa de comunicación y soporte económico a través de convenios tratados directamente con las cinco comunidades de Corani. Sin embargo, como se menciona en los resúmenes ejecutivos de ambos proyectos, el trabajo y acuerdo directo, sobre el papel, solo se realizaría con Chacaconiza y Quelcaya.

Este último hecho cobra importancia, cuando dentro de los procesos normativos de EIA, son casualmente los resúmenes ejecutivos del estudio los documentos que deben socializarse con las comunidades dentro de las áreas de influencia, a través de diferentes instrumentos de participación ciudadana, debido a su mayor facilidad de comprensión y posible necesidad de traducción (Minam, 2013). Pudo corroborarse que Quelcaya incluye la implementación de una Oficina de Información Permanente, a partir de la cual se atenderán consultas y difundirán los datos necesarios de la actividad (Acomisa,

2023). Por el lado de Falchani, se realizó un taller participativo en coordinación con la Dirección Regional de Energía y Minas de Puno (DREM Puno) y principales autoridades de las AISD y AISI, donde se expusieron las características y documentos del proyecto (SRK Consulting, 2024). Cabe destacar que, en este último, se observa que solo convocó a las autoridades de Chacaconiza y Quelcaya.

Al difundirse tal contenido, cobra sentido la perspectiva de las tres comunidades no consideradas como AISD. Asimismo, cabe resaltar que MYSAC ha cumplido a detalle con los requisitos legales estipulados. Particularmente, la determinación de las áreas de influencia social parte de la lógica de impacto ambiental en la que, según los documentos de ambos proyectos, el área de influencia ambiental directa (AIAD) y el área de influencia ambiental indirecta (AIAI) fueron consignadas a través de instrumentos técnicos y conclusiones aprobados por el órgano estatal competente, en el caso de Quelcaya (Dirección General de Asuntos Ambientales - DGAAM, 2023), y en camino a la aprobación, por parte de Falchani (Salazar Herrada, 2024). En el Cuadro 7, se muestran algunos de los factores de determinación, descritos en cada línea de base física y análisis de impactos, con base en el Punto referencial Área Efectiva (PEF).

Cuadro 7 – Factores de determinación del área de influencia ambiental

Proyecto	AIAD	AIAI	Uso de infraestructura local	PEF
Falchani	Superficie de emplazamiento del PEF, donde sucederían los impactos ambientales directos de mayor significancia. Extensión de 872.25 ha.	Superficie donde sucederían los impactos ambientales directos de menor significancia e indirectos de segundo o tercer orden. Extensión de 1284.72 ha.	Uso de vías y alquiler de viviendas en locales en Chacaconiza.	A 0.9 km de Chacaconiza, 5.7 km de Quelcaya y 14.2 km de Isivilla, por ejemplo.
Quelcaya	Superficie de emplazamiento del PEF, donde sucederían los impactos ambientales directos de mayor significancia. Extensión de 4288.48 ha.	Superficie donde sucederían los impactos ambientales directos de menor significancia y los indirectos de segundo o tercer orden. Extensión de 9382.35 ha.	Cuneta de desviación en cada plataforma de exploración con el objetivo de evitar que el agua de escorrentía ingrese a la zona de trabajo y ocasionar erosión hídrica en Quelcaya.	A 0.5 km de Quelcaya y 16.63 km de Acconsaya, por ejemplo.

Fuente: SRK Consulting (2024) y Acomisa (2023).

Según la DGAAM y el Minem, los proyectos cumplen con medidas para mitigar los impactos sociales y ambientales. MYSAC ha trabajado directamente con comunidades no incluidas en los estudios, logrando un progreso moderado. Sin embargo, la gestión rápida del proyecto y la necesidad de evitar trámites burocráticos han creado desconfianza y preocupación entre las comunidades. Este último punto queda reflejado también en la conversación con Ulises Solís en setiembre de 2024, quien indica:

“Solicitamos la aprobación del Proyecto Quelcaya en julio de 2021 para ampliar nuestros recursos, a través de DIA. En mayo de 2023 la DGAAM aprueba nuestra DIA, pero solicitan el documento de inicio de operaciones que debe aprobar la Dirección General de Minería (DGM). En julio de 2023, la DGM solicita consulta previa para la exploración. Quelcaya y Chacaconiza exigen que no se aplique, porque ellos son propietarios de los territorios a explorar. En diciembre de 2023, la oficina de Gestión Social publica un documento que confirma que no será necesario. En febrero de 2024, me reuní con Rómulo Mucho (titular Minem), Jorge Soto Yen (DGM) y Henry Luna (viceministro de minería), y me dicen que la resolución no surte efecto mientras no se notifica. En marzo de 2024, Soto Yen nos asegura que en 15 días nos notificará. Pasado ese plazo, la DGM nos informa que debemos realizar consulta previa por

decisión jerárquica. En julio de 2024 concluye ese proceso y aprueban la ejecución del proyecto por unanimidad. Hace 10 días visité al nuevo titular de la DGM y la semana pasada se nos notificó la Resolución Directoral de inicio de operaciones”.

Aunque la empresa titular impulsa los proyectos y busca acuerdos de compensación con la población afectada, son los parámetros normativos y políticos los que limitan la gestión, estandarizando actividades. En casos como este, esto puede devenir en un aprovechamiento limitado frente a la urgencia y demanda actual de la transición energética. Según Evans (1995), los procesos públicos y políticos se desarrollan según las reglas existentes, ya sea en dinámicas positivas o en situaciones conflictivas.

La institucionalidad descrita parece ser la principal fuente de preocupación de las comunidades fuera de la AISD sobre los impactos y beneficios de los proyectos. La información recopilada señala posibles áreas de conflicto en la negociación entre las comunidades y la empresa titular. La Figura 5 muestra datos sobre posibles disputas y la obtención de poder negociador en Corani, basándose en la Figura 3.

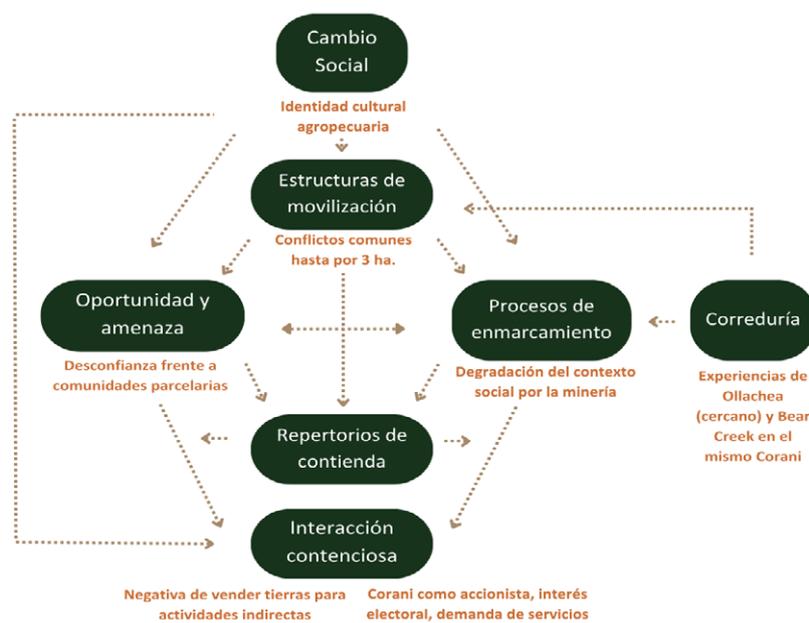


Figura 5 – Escenario de contienda política en Corani

Fuente: McAdam et al. (2005).

Las experiencias previas en la zona han vinculado la extracción de litio con actividades mineras destructivas, viéndola tanto como una amenaza al cambio social como una oportunidad de desarrollo por los beneficios para las comunidades parcelarias. Esto puede generar disputas internas y demandas por servicios básicos de las otras comunidades, que negocian directamente con MYSAC para obtener beneficios.

Adicionalmente, la empresa titular ha podido identificar también los impactos negativos físicos y biológicos que incurrirían en una configuración significativa pero moderada de los territorios naturales. El Cuadro 8 presenta los principales efectos observados y algunas de las principales actividades de manejo.

Cuadro 8 – Impactos físicos y biológicos identificados por MYSAC

Proyecto	Tipo de impacto	Descripción	Clasificación del impacto	Principales actividades de manejo
Falchani	Físico	Alteración del nivel de ruido ambiental y del aire por material particulado y emisiones gaseosas	Significativo Moderado	Monitoreo trimestral durante construcción / operación y al finalizar la etapa de post cierre.
	Biológico	Afectación de los ecosistemas en general, pérdida de la cobertura vegetal y disminución de la diversidad de especies de flora, alteración del hábitat terrestre y la calidad paisajística	Significativo Moderado	Manejo y almacenamiento de residuos sólidos.
Quelcaya	Físico	Potencial afectación de disponibilidad hídrica	Significativo Moderado	Control de emisión de material particulado (20 km/h en áreas cercanas a la población y un máximo de 35 km/h en terreno afirmado).
				Riego de áreas de trabajo.
		Cunetas de drenaje en las vías de acceso.		
	Alteración de la capacidad de uso del suelo	Prohibición del arrojo de cualquier tipo de residuo a los cuerpos de agua		
	Alteración de la calidad de aire por material particulado	Restos de los materiales sin el lecho de algún curso de agua como receptor final.		
Biológico	Alteración de flora silvestre y desplazamiento de fauna silvestre	Significativo Moderado	Programa de señalización ambiental.	
	Afectación de especies hidrobiológicas y alteración de flora en bofedal		Horarios de generación de ruido y vibraciones.	

Fuente: SRK Consulting (2024) y Acomisa (2023).

Como se observó en el caso australiano, uno de los principales impactos ambientales de la extracción de litio es la contaminación del aire y el agua debido a los residuos generados en el proceso de trituración y transporte. La gestión del impacto debe centrarse en el manejo de estos residuos en ambos cuerpos (aire y agua), como se vio también en el caso de Potosí en Bolivia. Además, la afectación del uso de suelos impacta la flora, fauna y las actividades agropecuarias, por lo que podría ser necesario remover el suelo contaminado hasta 10 cm de profundidad y regar las áreas afectadas, aunque se debe evaluar constantemente el proceso.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En los proyectos litíferos Falchani y Quelcaya, se ha observado una relación positiva entre la empresa y las comunidades, con beneficios directos, pero también riesgos debido a la interacción informal entre el Estado y el sector privado. Esto ha generado confusión sobre los impactos del proyecto, especialmente por la inclusión o no en la AISD y las compensaciones. Las actividades tradicionales en Corani, centradas en la ganadería y agricultura, se ven afectadas por la minería, mostrando cómo los impactos físicos y biológicos del territorio influyen en las dinámicas sociales y las relaciones entre actores

El Estado juega un papel crucial en el desarrollo de los EIA y en las relaciones de la actividad minera, pero la ineficiencia burocrática, con demoras de hasta tres años, ha llevado al sector privado a simplificar procesos en su beneficio. Las interacciones directas entre comunidades y titulares del proyecto permiten un manejo más favorable, aunque el marco normativo es débil e insuficiente para responder a las necesidades locales. El estudio sugiere puntos para una gestión sostenible que combine aprovechamiento primario y desarrollo programático en la minería, adaptándose a las condiciones del Perú.

- a. Construir y aprobar un marco normativo específico para la actividad litífera, diferenciándola de otras actividades mineras. Como señala Ulises Solís, es necesario un reglamento específico, aunque actualmente falta voluntad política. Esta propuesta no solo aborda la contaminación, sino que también aprovecha los beneficios derivados de la demanda por litio, posicionando estratégicamente al país en la transición energética, al mismo tiempo que abre espacio para nuevas estrategias de protección ambiental específicas.
- b. Implementar un organismo autónomo, derivado del marco normativo tratado en el punto anterior, cuyas facultades sirvan para potenciar el aprovechamiento y estudio técnico de la actividad litífera. Asimismo, esta aplicación contribuiría con la concentración única en la actividad minera litífera que evitaría procesos engorrosos. Esta propuesta puede asemejarse a los casos de la Corporación Nacional del Cobre de Chile (Codelco) y la Comisión Chilena del Cobre (Cochilco) (Poveda Bonilla, 2019). El objetivo es institucionalizar las dinámicas de la minería del litio y trasladarlas progresivamente a las diferentes actividades del sector.
- c. Para abordar la potencial conflictividad y las soluciones a corto plazo solicitadas por las comunidades, se propone la participación directa de la población en los proyectos, garantizando un porcentaje integral para su beneficio. Esto podría incluir la implementación de obras por impuestos y la inclusión constante de las comunidades en las decisiones de los gobiernos locales y otros organismos vinculados al poder ejecutivo.
- d. Una segunda iniciativa consiste en ampliar los estudios en la AISI y AIAI, enfocándose en mejorar los instrumentos de recolección de datos, participación y consulta. Esto requiere la mejora de procesos burocráticos y la institucionalización de tecnicismos específicos para cada actividad minera, sin aumentar la complejidad actual. Así, se garantizaría un desarrollo integral y sostenible a largo plazo para toda la zona de influencia del proyecto, evitando al mismo tiempo el cruce de información.
- e. El ejemplo australiano de mitigación de residuos y partículas en el aire y agua, con impacto en los suelos, consiste en ubicar plantas de procesamiento y refinerías movidas por energías renovables cerca de las zonas de explotación para reducir el transporte y la contaminación. Esta estrategia podría implementarse en Perú, con base en las minerías de Potosí y Ollachea, contribuyendo positivamente a la transición energética del país y agregando valor a la extracción de litio, un mineral clave para las energías limpias, mientras se minimiza la contaminación en los procesos industriales.

Las propuestas presentadas responden a la necesidad de generar una institucionalidad progresiva que permita establecer dinámicas técnicas y específicas para la actividad litífera proyectada en Puno. Es importante construir plataformas institucionales dentro de un proceso de cambio como el que representa la configuración del territorio en Corani. Resulta necesario aplicar dinámicas de interacción institucional desde el Estado con las comunidades y la empresa privada para que los tratos e intercambios se desarrollen en marcos técnicos estandarizados en todo nivel, que eviten confusión y la construcción de perspectivas de amenaza a través de la muestra de participación y resultados visibles.

REFERENCIAS

ACOMISA. Executive Summary *In: Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto de Exploración “Quelcaya”*. Macusani Yellowcake SAC, 2023.

ADJUNTÍA PARA LA PREVENCIÓN DE CONFLICTOS SOCIALES Y LA GOBERNABILIDAD. **Reporte de Conflictos Sociales N.º 245**. Lima. Available in: <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2024/08/Reporte-de-Conflictos-Sociales-n.%C2%B0-245-julio-2024.pdf>. Access at: Aug, 22. 2024.

ANZOLIN, G. **Productive Development Policies in the Mining Value Chain**: policy opportunity and alignment. IDB Discussion Paper. Available in: <https://publications.iadb.org/publications/english/document/Productive-Development-Policies-in-the-Mining-Value-Chain-Policy-Opportunity-and-Alignment.pdf>. Access at: May, 17. 2024.

ARELLANO YANGUAS, J. Cómo la NEIE fomentó conflictos sociales: interpretación de las dinámicas sociales. *In: ¿Minería sin fronteras? Conflicto y desarrollo en regiones mineras de Perú*. Lima: Universidad Antonio Ruiz de Montoya; PUCP; IEP, 2011. p. 139–182.

AZAMAR ALONSO, A. El mito de la transición energética y la importancia del litio. *In: AZAMAR ALONSO, A. (Ed.). Litio en América Latina*. Demanda global contra daño socioambiental. DCSH Publicaciones, 2022. p. 25–50.

BERDEGUÉ, J. A. *et al. Territorios en Movimiento*. Dinámicas Territoriales Rurales en América Latina: programa dinámicas territoriales rurales. Santiago. Available in: <https://dinamicasterritorialesrurales.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/05/n110-2012-territorios-en-movimiento-berdegue-bebbington-escobal-favareto-et-al.pdf>. Access at: Sep, 20. 2024.

CALLES ALMEIDA, P.; VEGA ARAÚJO, J.; AROND, E.; MUÑOZ CABRÉ, M.; GUERRERO, R.; VALLE Riestra, E.; MARIÑO, H.; FONSECA, R.; TAMBORREL, A. **Transición energética en Latinoamérica**: ¿hacia dónde vamos? SEI brief. Estocolmo. Available in: <https://doi.org/10.51414/sei2023.002>. Access at: March, 11. 2025.

CANAZA-CHOQUE, F. A. Problemas en el Sur: Puno en los procesos de transformación del Capitalismo Global. **Pensamiento Crítico**, v. 26, n. 2, p. 29–77, 6 dez. 2021.

CASABURI, G.; PIETROBELLI, C. **Las cinco nuevas dimensiones del sector minero en América Latina**. Available in: <https://blogs.iadb.org/innovacion/es/las-cinco-nuevas-dimensiones-del-sector-minero-y-america-latina>. Access at: May, 17. 2024.

CASTELLO, A.; KLOSTER, M. **Industrialización del litio y agregado de valor local**: documento de trabajo. Buenos Aires. Available in: <https://www.cieci.org.ar/wp-content/uploads/2017/07/DT1-Indsutrializaci%C3%B3n-del-litio-y-agregado-de-valor-local.pdf>. Access at: April, 29. 2024.

CASTRO, F. de; HOGENBOOM, B.; BAUD, M. Gobernanza ambiental en América Latina en la encrucijada. Moviéndose entre múltiples imágenes, interacciones e instituciones. *In: CASTRO, F. de; HOGENBOOM, B.; BAUD, M. (Ed.). Gobernanza Ambiental en América Latina*. Buenos Aires: CLACSO, 2015. p. 13–38.

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ. **Experto José Malqui dice que Falchani puede ubicarse entre los cinco primeros proyectos globales de litio y también en producción de sulfato de potasio para el agro**. Available in: <https://cdlima.org.pe/experto-jose-malqui-dice-que-falchani-puede-ubicarse-entre-los-cinco-primeros-proyectos-globales-de-litio-y-tambien-en-produccion-de-sulfato-de-potasio-para-el-agro/#:~:text=Se%20ubica%20en%20la%20meseta,de%20la%20ciudad%20de%20Macusani..> Access at: May, 17. 2024.

DANNEMANN, V. **Descubrimiento de litio en Perú**: los desafíos del oro blanco. Available in: <https://www.dw.com/es/descubrimiento-de-litio-en-per%C3%BA-desaf%C3%ADos-de-la-riqueza-del-oro-blanco/a-44916579>. Access at: April, 29. 2024.

DERECHOS HUMANOS Y MEDIO AMBIENTE; EARTHRIGHTS INTERNATIONAL. **El rostro del litio y uranio en Puno: la cultura, salud, derechos de las comunidades y medio ambiente en riesgo.** Puno. Available in: https://earthrights.org/wp-content/uploads/2023/09/Informe_LYU_20223.pdf. Access at: 28 abr. 2024.

DIÁLOGOS MINEROS. **Entrevista a Ulises Solís, gerente general de Macusani Yellowcake.** Lima. Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, 30 abr. 2024. Available in: https://www.youtube.com/watch?v=xRspS4_lyvQ&t=88s. Access at: May, 13. 2024

DICKSON, E. South America's prospective. Lithium Triangle. **Resource World**, 2018.

DURAND, F. **La toma de decisiones en el sector minero-energético en tiempos de crisis y cambios (Perú 2020-2021).** Available in: https://resourcegovernance.org/sites/default/files/documents/decisiones_sector_minero-energetico_tiempos_crisis_y_cambios_peru_2020-2021.pdf. Access at: Sep, 14. 2024.

ECONOMÍA PARA TODOS. **“Las comunidades en Puno tienen muchas expectativas en el proyecto de litio”, indicó Ulises Solís.** Lima RPP Noticias, 18 abr. 2024. Available in: https://www.youtube.com/watch?v=ElIkjKZhx_4&t=751s. Access at: May, 13. 2024

ENERGIMINAS. **Proyecto de litio de Macusani espera operar en el 2027 y montar refinería en el 2028.** Available in: <https://energiminas.com/2024/05/02/proyecto-de-litio-de-macusani-espera-operar-en-el-2027-y-montar-refineria-en-el-2028>. Access at: May, 12. 2024.

EVANS, P. States and Industrial Transformation. *In: Embedded Autonomy: states and industrial transformation.* New Jersey: Princeton University Press, 1995. p. 3–20.

FRIEDEN, J. A. **Capitalismo global: el trasfondo económico de la historia del siglo XX.** Crítica, 2007.

GONZÁLEZ EYZAGUIRRE, S. A.; CANTALLOPTS ARAYA, J. **Oferta y demanda de litio hacia el 2030: dirección de estudios y políticas públicas.** Santiago. Available in: <https://www.cochilco.cl/Mercado%20de%20Metales/Produccion%20y%20consumo%20de%20litio%20hacia%20el%202030.pdf>. Access at: May, 22. 2024.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ COLLADO, C.; BAPTISTA LUCIO, M. DEL P. Recolección y análisis de los datos cualitativos. *In: Metodología de la Investigación.* 6. ed. Mexico D.F.: McGraw-Hill Education, 2014. p. 394–467.

JEREZ, B. P.; BOLADOS, P.; TORRES, R. La eco-colonialidad del extractivismo del litio y la agonía socioambiental del Salar de Atacama: el lado oscuro de la electromovilidad “verde”. **Revista Austral de Ciencias Sociales**, n. 44, p. 73–91, 10 jul. 2023.

KURMELOVS, R. **Cómo Australia se convirtió en la mayor fuente de litio del mundo (y en qué se diferencia su extracción de la de Chile, Bolivia y Argentina).** Available in: <https://www.bbc.com/mundo/vert-fut-63607545>. Access at: Sep, 23. 2024.

LANDER, E. El Neoextractivismo como modelo de desarrollo en América Latina y sus contradicciones. (Neo) Extractivismo y el Futuro de la Democracia en América Latina: diagnóstico y retos. **Anais.** Berlín: Heinrich-Böll-Stiftung, 13 maio 2014. Available in: <https://mx.boell.org/sites/default/files/edgardolander.pdf>. Access at: 4 set. 2024

MAHONEY, J.; THELEN, K. A Theory of Gradual Institutional Change. *In: MAHONEY, J.; THELEN, K. (Ed.). Explaining Institutional Change.* Cambridge: Cambridge University Press, 2010. p. 1–37.

MAMANÍ, E. M. **El conflicto del Litio en la Puna de Atacama.** III Jornadas de Sociología de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la Universidad Nacional de Cuyo. 2017. Available in: https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/10587/elconflictodellitio.pdf

MCADAM, D.; TARROW, S.; TILLY, C. ¿Cuál es el problema? *In: Dinámica de la contienda política*. Barcelona: Editorial Hacer, 2005. p. 3–98.

MEZA-DUMAN, R.; HERMOZA-GUTIERREZ, M.; MALDONADO, I.; SALAS-MERCADO, D. Percepción Social de la Calidad del Agua y la Expansión Territorial de la Minería en Ollachea, Puno, Perú. **Comuni@cción: Revista de Investigación en Comunicación y Desarrollo**, v. 13, n. 1, p. 16–28, 24 mar. 2022.

MINAM. **Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental y su Reglamento**. Lima. Available in: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/10/Ley-y-reglamento-del-SEIA1.pdf>. Access at: 1 out. 2024.

MINAM. **Minería**. Available in: <https://www.minam.gob.pe/seia/mineria>. Access at: 1 oct. 2024.

MINEM. **Reglamento de protección y gestión ambiental para las actividades de explotación, beneficio, labor general, transporte y almacenamiento minero**. D.S. N° 040-2014-EM. Lima. 2024a.

MINEM. **Ley y Reglamento que regula el Cierre de Minas**. Ley N° 28090 y su Reglamento. Lima. Available in: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4467449/RCM%202023.pdf?v=168211445>. Access at: 1 oct. 2024b.

MINEM. **Reglamento de Protección Ambiental para Actividades de Exploración Minera**. D.S. N° 042-2017-EM. Lima. Available in: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6412265/5615749-replor-ed-2024.pdf?v=1716930412>. Access at: 1 out. 2024.

MONGE, C. Industrias extractivas y gobernanza democrática de los territorios. **Quehacer (DESCO)**, n. 190, p. 80–87, 2013.

MONTALVÁN-ZAMBRANO, D.; WENCES, I. Transición energética y litio: nuevos “comunes” y otros extractivismos. **Oñati Socio-Legal Series**, v. 14, n. 2, p. 416–446, 1 abr. 2024.

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CORANI. **Comunidades**. Available in: <https://municorani.gob.pe/index.php/comunidades>. Access at: May, 10. 2024.

OBSERVATORIO CEPLAN. **Mayor demanda por minerales alternativos**. Available in: https://observatorio.ceplan.gob.pe/ficha/o17_2023. Access at: May, 10. 2024.

PEÑA VERA, T. Etapas del análisis de la información documental. **Revista Interamericana de Bibliotecología**, v. 45, n. 3, p. e340545, 31 ago. 2022.

PÉREZ GUEDES, N.; ARUFE PADRÓN, A. Prospects for energy transition in Latin America in the post-pandemic scenario. **Región Científica**, v. 2, n. 1, 13 jan. 2023.

POSADA-ARRUBLA, A.; FLÓREZ-PORTILLA, D.; TORRES-CAMACHO, L. D.; VIANA-RÍOS, R. Territorio y minería: la necesidad de precisar un enfoque para su abordaje. **Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica**, v. 25, n. 2, 3 ago. 2022.

POVEDA BONILLA, R. **Estudio de caso sobre la gobernanza del cobre en Chile**: documentos de proyectos. Santiago. Available in: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/e3b304c3-7899-4cf9-b23e-209f273a92c5/content>. Access at: Oct, 9. 2024.

QUISPE ARAPA, E. M.; VALENZUELA MÉNDEZ, O. Visita experimental efectuada a la empresa Minera San Cristóbal (MSC) subsidiaria de Sumitomo Corporation, provincia Norlípez, departamento de Potosí (Actividad académica del taller de grado Carrera de Química Industrial). **Revista Tecnológica**, v. 10, n. 16, p. 29–35, 2014.

ROMEO, G. Riesgo ambiental e incertidumbre en la producción del litio en salares de Argentina, Bolivia y Chile. *In*: FORNILLO, B. (Ed.). **El litio en Sudamérica**. Geopolítica, energía y territorios. El Colectivo, CLACSO, IEALC, 2019. p. 223-260.

SALAZAR HERRADA, E. **El 'oro blanco' cada vez más cerca**: Falchani y Quelcaya recibirán oficialmente permiso para explorar litio en menos de 90 días. Available in: <https://www.infobae.com/peru/2024/09/18/el-oro-blanco-cada-vez-mas-cerca-falchani-y-quelcaya-recibiran-oficialmente-permiso-para-explorar-litio-en-menos-de-90-dias>. Access at: Oct, 6. 2024.

SENACE. **Área de influencia en un proyecto de inversión**. Available in: <https://www.senace.gob.pe/blog/area-de-influencia-en-un-proyecto-de-inversion>. Access at: Sep, 6. 2024.

SMITH, L. T. Articulating an Indigenous Research Agenda. *In*: **Decolonizing Methodologies**. Research and Indigenous Peoples. Londres: Zed Books Ltd., 1999. p. 123–141.

SRK CONSULTING. Executive Summary. *In*: **Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado**. Proyecto de Exploración Falchani, Puno – Perú. Lima: Macusani Yellowcake SAC, 2024.

THE SAN DIEGO UNION-TRIBUNE. El litio, clave en la transición energética global. **The San Diego Union-Tribune**, Nov, 10. 2023.

WELZEL, C.; INGLEHART, R. The Role of Ordinary People in Democratization. **Journal of Democracy**, v. 19, n. 1, p. 126–140, 2008.

WORLD ECONOMIC FORUM; MCKINSEY & COMPANY. **Fostering Effective Energy Transition 2018**. Available in: <https://www.weforum.org/publications/fostering-effective-energy-transition>. Access at: Sep, 5. 2024.

ZEVALLOS YANA, J. F. Para entender a las comunidades campesinas en el bicentenario: una descripción local. **Alteritas**, v. 11, n. 12, p. 23–38, 2022.

Rural productive inclusion and sustainable (agri-)food systems: the geography of transitions

Inclusão produtiva rural e sistemas (agro)alimentares sustentáveis: geografia das transições

Iván Gerardo Peyré Tartaruga¹

Paulo Cesar Oliveira Diniz²

Mireya Eugenia Valencia Perafán³

Mário Lucio de Avila⁴

¹ PhD in Geography, Researcher and Professor, Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território (Cegot), Faculdade de Letras, Universidade do Porto, Porto, Portugal
E-mail: itartaruga@letras.up.pt

² PhD in Sociology, Associate Professor, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, PB, Brazil
E-mail: paulo.cesar@professor.ufcg.edu.br

³ PhD in Social Sciences, Associate Professor, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, Brazil
E-mail: mireya@unb.br

⁴ PhD in Sustainable Development, Researcher, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brazil
E-mail: unbavila@gmail.com

doi:10.18472/SustDeb.v16n1.2025.55626

Received: 25/09/2024
Accepted: 07/04/2025

ARTICLE- VARIA

ABSTRACT

The transition to sustainable food systems can provide opportunities for the productive inclusion of people in situations of exclusion, especially in rural areas, and contribute to reducing the effects of the climate crisis. This study aims to understand productive and sustainable inclusion cases in rural areas and verify the role of public policies. The experiences studied in two regions of the Brazilian Northeast characterise innovation niches, highlighting the generation of new technical and social solutions that trigger a transition to sustainable and inclusive food systems. Using a quali-quantitative methodology, we analysed the cases' socio-technical configurations (STCA) within the scope of transition studies and network analysis. The results show the importance of family farmers' cognitive and organisational capacities. In conclusion, policies supporting these emerging niches must be strengthened according to

the territorial context. Finally, mitigating the adverse effects of external environmental technologies, such as wind energy, on rural communities is essential.

Keywords: Productive inclusion. Sociotechnical transitions. Food regimes. Food systems. Agroecology.

RESUMO

A transição para a sustentabilidade dos sistemas alimentares pode oferecer oportunidades para a inclusão produtiva em contextos de exclusão, sobretudo nas áreas rurais, e contribuir para o enfrentamento da crise climática. Este estudo tem o objetivo de compreender casos de inclusão produtiva e sustentável em meio rural e verificar o papel das políticas públicas. As experiências estudadas, em duas regiões do Nordeste brasileiro, caracterizam-se como nichos de inovação, ressaltando as soluções técnicas e sociais que conduzem à transição para sistemas sustentáveis e inclusivos. Mediante uma metodologia quali-quantitativa, procedeu-se à análise das configurações sociotécnicas (ACST) no âmbito dos estudos de transições e análise de redes. Os resultados mostram a importância das capacidades cognitivas e organizativas oriundas de agricultores familiares. Conclui-se que é necessário fortalecer as políticas que apoiem esses nichos emergentes, conforme o contexto territorial. Por fim, é fundamental mitigar os efeitos negativos das tecnologias ambientais externas, como a energia eólica, sobre as comunidades rurais.

Palavras-chave: Inclusão produtiva. Transições sociotécnicas. Regimes alimentares. Sistemas alimentares. Agroecologia.

1 INTRODUCTION

This paper aims to present the results of studies on rural and sustainable productive inclusion in the Northeast of Brazil, with the potential to guide new research agendas on the subject and contribute to the development of public policies for rural productive inclusion (RPI). The situation of vulnerability of a significant portion of the Brazilian population in recent years is proven by official data indicating that, in 2017, hunger (severe food insecurity) was present in 10.3 million people, with 36.7% of households having some level of food insecurity (84.9 million people) (IBGE, 2020).

This situation was exacerbated by the Covid-19 pandemic, starting in 2020, especially in rural areas, substantially affecting the productivity of small agricultural businesses, the improvement of market access strategies, and the productive inclusion associated with the promotion of food security (Veredas, 2020). However, some studies (Veredas, 2019 and 2020) have highlighted a series of alternative food systems throughout the country, which have strengthened short commercialisation circuits, appropriated innovations to some extent, and regained control over territorial food supply flows.

Based on the assumption that social exclusion is a multidimensional process, this analysis aimed to identify productive aspects and commercial combinations that could generate RPI processes in different contexts and with the participation of various social actors. At the same time, the analysis conceptualised these experiences as innovation niches that could lead to a transition towards sustainable and inclusive food systems.

The analysis used a theoretical framework closely linked to the applied methodology to address these objectives. In addition to the concepts of RPI and inclusive innovation, the study applied a multilevel perspective of socio-technical transitions (Geels, 2019; Geels; Schot, 2007), which addresses transitions in their inseparable social and technological aspects, as well as its strand that considers the territorial dimension, known as the geography of sustainability transitions (Binz *et al.*, 2020; Truffer *et al.*, 2015).

The text has five parts in addition to this introduction. The next part describes the conceptual basis of the study used as theoretical support. The third part presents the study's methodology, contextualising its conceptual basis and describing tools and procedures. The fourth part explains the results of the analysis of the configurations with a discussion of relevant aspects of the study, and the fifth part ends with the conclusions section.

2 THEORETICAL BASIS: SOCIO-TECHNICAL TRANSITIONS AND GEOGRAPHY OF TRANSITIONS

The conceptual basis of this study connects to the approach to socio-technical transitions, also known as the multilevel perspective (MLP) (Geels, 2002, 2019; Geels; Schot, 2007). These theories analyse social transformations that lead to the transition to more sustainable systems that may, for example, refer to industrial, energy, housing, or food systems. Following this approach, the systems are named "socio-technical" because they emphasise the inseparable union between technology and social aspects for transitions. In this regard, MLP defines three levels of focus for transitions (Geels; Schot, 2007): the technical niche that appears at the micro level where innovations emerge; the socio-technical regime (meso level) that refers to routines and techniques shared by a productive sector and its respective institutions (science, markets, policies, culture, etc.) forming a homogeneous and stable set; and the socio-technical panorama that concerns the macro level, that is, the exogenous contexts that can influence niches and regimes (for example, macroeconomic events, profound changes in the cultural pattern, etc.).

The approach is based on the existence of established socio-technical regimes that are thus dominant in their sectoral spectrum and other areas of society. The idea of transition is precisely the replacement or partial transformation of the established regime by an emerging one. Historically, transitions have occurred from the emergence of new technical niches that innovate within the field of an existing regime (Schot; Kanger, 2018).

The success of these niches depends on several factors, the most important of which is the creation of a critical mass (in quantity and quality) of niches that follow the same socio-technical trajectory. In turn, panoramas play an important role as an exogenous disruptive element concerning the regime and, therefore, can help in the emergence of new niches.

However, it is important to emphasise that the MLP proposal has also been criticised. One of the main initiators and propagators of this perspective, Frank Geels (2011), received and discussed several questions about its foundations. In this work, he pointed out the main criticisms as a lack of agency, difficulty in operationalising and specifying socio-technical regimes, methodological concerns (especially with data sources), and a lack of attention to socio-technical panoramas, among others. While he answered some criticisms categorically (in defense of the proposal), he valued others as challenges to be faced within the scope of the difficult task of studying socio-technical changes.

However, two criticisms have emerged in recent years regarding the MLP and are fundamental to this work. One of them points to the lack of attention to the spatial aspects of transitions, that is, neglecting the specificity of places and the geography of intra-organizational relationships of actors in general (Kanger, 2022; Köhler *et al.*, 2019). As a result, economic geographers have suggested a new approach known as the geography of sustainability transitions (Binz *et al.*, 2020; Hansen; Coenen, 2015; Truffer *et al.*, 2015) that adds the spatial dimension to transition studies.

Another point of criticism is the lack of attention paid to studies on the transition of food systems compared to other supposedly more relevant topics, such as energy or mobility (El Bilali, 2019). Indeed, agri-food activities have a significant impact on the environment as they are responsible for a quarter

of global greenhouse gas emissions (Ritchie *et al.*, 2022). To address this deficit, the geography of transitions is proposed as an ideal approach for analysing food transitions.

This analysis is relevant considering that food systems are one of the areas that emerge as an opportunity to promote RPI due to its interdependencies with other dimensions such as health, economy, and the environment (Favareto *et al.*, 2022). Investigating how, in these domains, it is possible to generate inclusion processes from the study of practical experiences implies the observation of a set of variables that, in the same way, configure different types of inclusion. It is understood that research must approach the problem of RPI from a multidimensional perspective that takes into account both the interdependencies between the domains to promote inclusion and the context and particularities of the territories which contain the experiences of productive inclusion (Favareto *et al.*, 2022; Veredas, 2019, 2020).

3 METHODOLOGY

The study was performed in the territories of Itapipoca in the state of Ceará and Polo da Borborema in Paraíba, Brazil. The choice of these two regions came from a previous study that developed the Typology of Rural Productive Inclusion (TIPR) (Valencia *et al.*, 2022a, 2022b). This typology analysed 66 experiences of family farming documented in databases, selecting 33 of these experiences from the North, Northeast, and South regions of the country. The study classified these experiences into different types based on two criteria: capacity for technical and social innovation, and level of interaction or cooperation among farmers. Both territories analysed in this article are among the most robust in the typology (TIPR), whether in terms of innovation or cooperation, hence their choice.

The study used the methodology proposed by Heiberg *et al.* (2022) and Miörner *et al.* (2021), known as Socio-technical Configurations Analysis (STCA), to identify socio-technical transitions in the niches. This set of qualitative and quantitative procedures was developed within the scope of the geography of socio-technical transitions (Binz *et al.*, 2020; Hansen; Coenen, 2015; Truffer *et al.*, 2015). Based on a body of selected discourses (qualitative data), this approach seeks to establish the social and economic relations of subjects and ideas through quantitative metrics. In addition, this methodology faces the problem of the lack of consideration of territorial aspects (spaces, scales, and places) in studies on transitions (Köhler *et al.*, 2019). Therefore, it is a recent and original methodology that contributes significantly to understanding socio-technical transitions – an approach considered the most relevant among the set of theories of socio-technical change (Sovacool; Hess, 2017). Despite being recent, the methodology has been applied in some sectors like water supply (Heiberg *et al.*, 2022; Miörner *et al.*, 2022), energy (Markard *et al.*, 2021), and sanitation (Lesch *et al.*, 2023).

STCA seeks to visualise and measure the processes of social and economic alignment in contexts of transitions in time and territory. These alignments are characterised as sets of actors and institutions (or innovation niches) that form a configuration that functions successfully regarding socioeconomic development in a specific economic sector and geographic context. In addition to determining these transition trajectories, this methodology also seeks to verify the role of existing socio-technical regimes (in the same sector of the niche) that may threaten these emerging trajectories.

The combination of actors, institutions, technologies, and networks from a specific sector constitutes these socio-technical configurations. Thus, the method starts with determining two types of basic elements. On the one hand, the actors can be people, leaders, or institutions such as government entities or organised civil society. By definition, both actors have some relevance in the context under study. On the other hand, there are the concepts: technologies, values, activities, or actions of the context.

The methodology begins with semi-structured interviews with key actors in the territorial contexts of Itapipoca, Ceará, and Borborema, Paraíba. The interviews sought to reveal local organisational aspects,

successful productive experiences, difficulties, relationships with external agents, and policies, among others. Consequently, all the elements explain the organisation and socioeconomic development of these territories.

The research used discourse analysis to define local social networks for food production development in these regions. The main objective of the interviews was to understand the broad and central alignments of these innovation niches and not their particular aspects. Ultimately, the STCA aims to investigate the general and not specific aspects of the social and economic alignments that explain these realities. In this regard, the study conducted five groups of interviews in Ceará, of which three were chosen (Balanço do Coqueiro, Cetra, and the network of market vendors), and four groups in Paraíba, of which two were used (POLO network and ASPTA). These choices resulted from the significance and representativeness of the interviews for the niches.

The study constructed a matrix of relationships between actors and concepts from the transcripts of the interviews with key actors. In other words, the actor-concept matrix is formed by several rows corresponding to the number of actors, and the columns to the number of concepts (Table 1). The values of the matrix correspond to the existence of a relationship (value 1) or not (value 0) between the respective actors and concepts. The relationship networks are established based on the matrices.

Table 1 – Hypothetical actor-concept matrix (A = actors, C = concepts).

	C1	C2	C3	C4	C5
A1	0	0	1	1	1
A2	1	1	0	0	0
A3	0	0	1	0	1
A4	1	0	0	0	1

Source: elaborated by the authors

To perform STCA, one works with the matrix of relations between concepts (concept-concept), quoted by the number of actors that relate each pair of concepts. In other words, a matrix similar to Table 1, however, where the rows and columns are the same, the list of concepts; therefore, the same number of rows and columns (square matrix). Each cell of this matrix (the relation between a pair of concepts) is filled with the number of actors that configure the relationship. This matrix (concepts-concepts) is obtained through the relatedness technique (Balland, 2017). The procedure provides, from the actors-concepts matrix, a matrix of concepts-concepts with the respective numbers of actors.

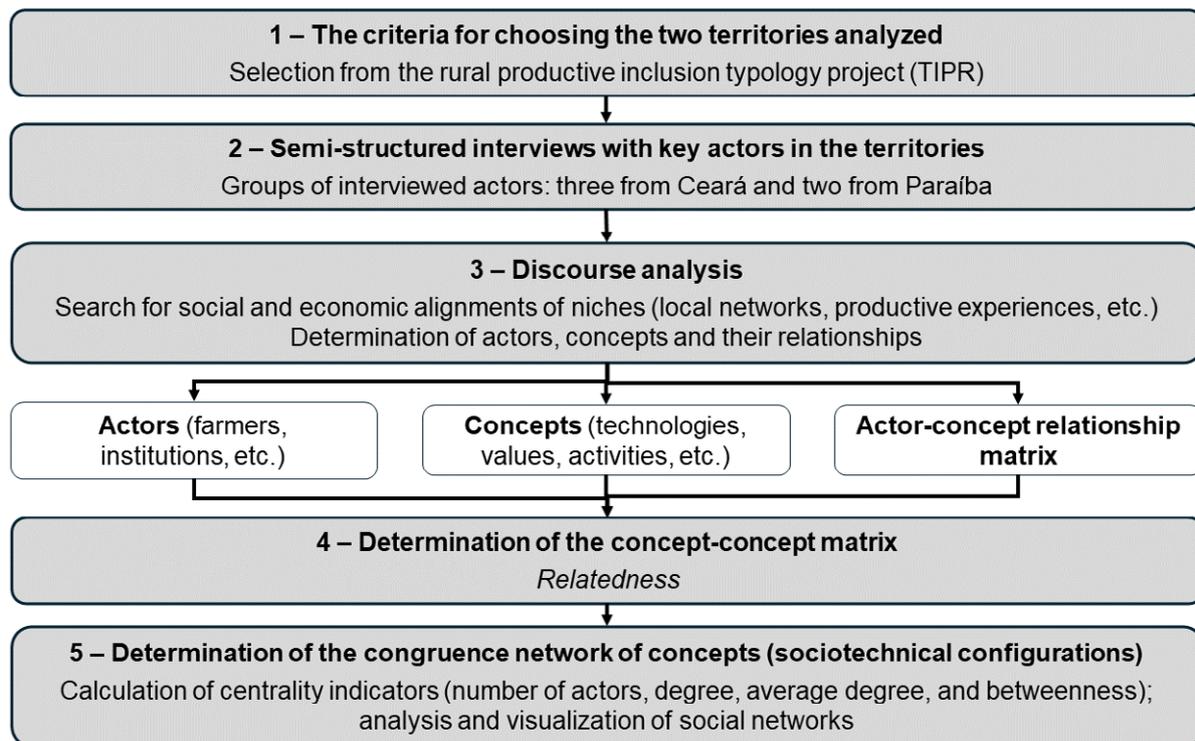


Figure 1 – Methodological diagram of analysis of socio-technical configurations (STCA)

Source: elaborated by the authors.

These operations result in the matrix (concepts-concepts) to construct the STCA network (Figure 1). This network is composed of the configuration concepts and is called the Concept Congruence Network. Centrality indicators can be applied to it, such as density (degree), referring to the number of connections of an element in the network, and intermediation centrality (betweenness), which measures the intermediation capacity of an element (Hanneman; Riddle, 2005).

These networks are presented through a radial centrality network (Figure 2). The circles (light blue) refer to the density values, that is, the closer the concept is to the center, the more connections it has; and the widths of the lines connecting concepts correspond to the degree of betweenness. The concepts (represented by colored circles) are subdivided into three types: innovation niches of an emerging system (green circles), dominant system (dark blue circles), and regulation or policies (red circles).

Furthermore, some global indexes were calculated for each network, such as absolute and average densities (average number of actors per concept). These indicators measure the connectivity between network elements, allowing comparison between different networks.

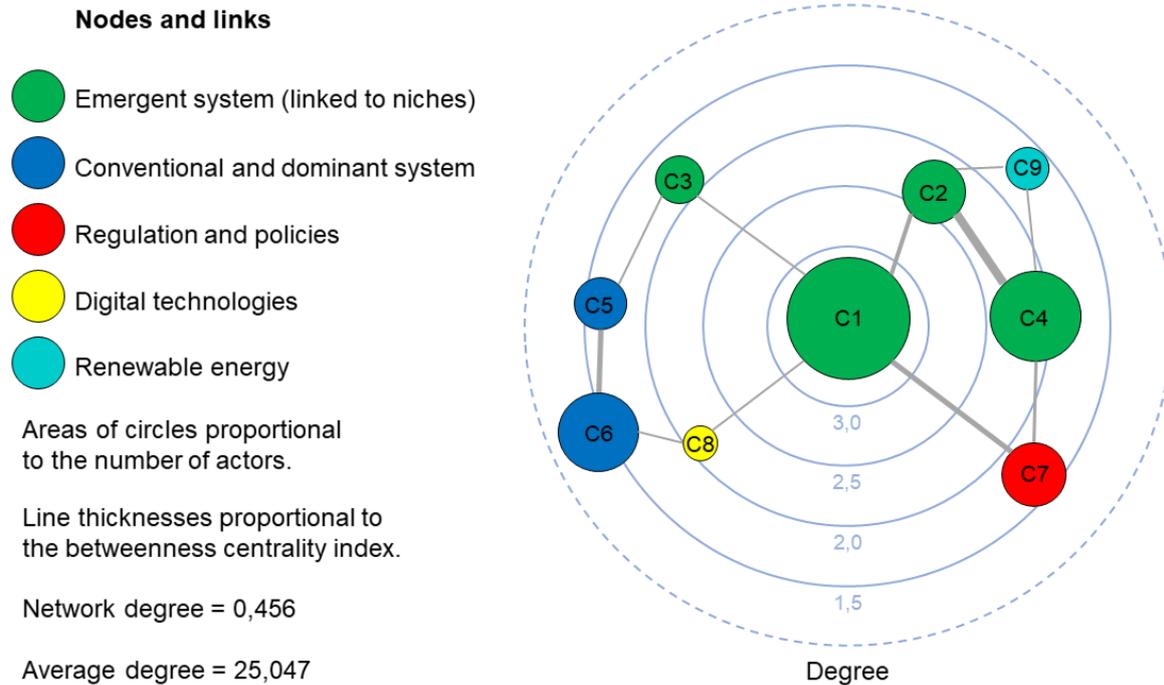


Figure 2 – Hypothetical network of concept congruence (C = concept)

Source: elaborated by the authors.

Network visualisation and indicators allow the understanding of the alignment of configurations in each context. Thus, several aspects of the configurations can be identified as exemplified below:

- Lines demarcate connections between concepts;
- The more central the network, the greater the concept's capacity to relate to other concepts (density), which shows its power to influence the configuration;
- The larger the size of the circles, the greater the number of actors linked to the concept, which denotes the capacity for engagement/linking to the concept;
- The greater the width of the lines connecting the concepts, the greater the capacity for intermediation, that is, for being important entities in the network that links different groups of concepts – another way of indicating the degree of influence of the concept in the network.
- The network density indicator shows that, for example, the network in Figure 2 has almost half (0,456) of the possible connections between knots (concepts) in the network, meaning that the global structure of the network is well connected.

In this way, it is possible to verify the influence of certain concepts (technologies, forms of organisation, etc.) in the context in question. Identifying, at the same time, the power these configurations have in the network of relationships as a whole, the degree of institutionalisation (formal and informal), and, equally, confronting the antagonistic socio-technical systems (or regimes).

The social networks from the STCA resulted in robust sets of information in both territories under study. Thus, the quantitative data from the analysis of all five groups of these territories show that 447

actors were evaluated, and an overall average of 3.57 actors for each concept, revealing the complexity of the sociotechnical configurations existing in these contexts.

4 RESULTS AND DISCUSSION

The regions of this study, located in the states of Ceará and Paraíba, have reached the present day after several heterogeneous and differentiated transformations in their respective food regimes over time. These regimes are characterised by social and economic inequalities, and by the exclusion of traditional family farming from opportunities and support given to modern agriculture. In the recent period, the dominant regime has been of a transnational corporate nature that often appropriates environmentalist discourse to strengthen the private domain of food to the detriment of public food models – here defined as the conventional and dominant socio-technical agrifood regime (McMichael, 2016).

Facing this prevailing regime are the niches targeted by this study, which identify them as experiences of social and technical innovation. They support a potential new regime under construction, marked by healthy and sustainable food production within the scope of agroecology and, mainly, by a local community logic based on the territory. Thus, the current socio-technical configurations of the two regions under analysis are presented below, contrasting in different ways with the dominant regime.

It is important to remember that studies on innovation generally highlight that denser networks of actors (large numbers of actors and links between them) are often associated with situations of greater capacity for innovation, which depends on the territorial context in terms of trust and shared conventions (Glückler, 2007; Glückler; Doreian, 2016; Glückler *et al.*, 2017).

4.1 NICHES OF INNOVATION: NETWORKS IN ITAPIPOCA, CEARÁ

The territory of the Curu and Aracatiçu Valleys, historically occupied by the Tremembé indigenous people, *quilombolas* (maroon societies), and peasants, has seen an increase in agrarian tensions and the beginning of the struggle for access to land during its agricultural modernisation process (centered on sugar cane and coconut in the 1970s). At the same time, these tensions became more pronounced at the beginning of this century, given the tourism developments on the territory's coast (Souza, 2010, p. 22). However, it was also a time when the notion of territorial development gained national emergence, and historical struggles gained legitimacy and visibility based on actions to strengthen family farming through training based on agroecology.

The Network of Agroecological Farmers of the territory emerged through the training process in Agroecology in 2005, promoted by Cetra with the support of international cooperation. From this training, a group of farmers – from the municipalities of Itapipoca, Trairi, Tururu, Irauçuba, Apuiarés, and Amontada – decided to create the Agroecological and Solidarity Market of Itapipoca. The market became a kind of “extension of the training activity, providing the opportunity for meetings, exchange of information, and expansion of the network's reach, with gradual incorporation of new participants” (Souza, 2010, p. 23, freely translated).

Operating once a week, the market aims to dynamise the production of rural families, provide healthy food, and ensure an increase in family income (ACCV, 2021). Coordinated by the farmers themselves, the Itapipoca experience has been consolidating and encouraging the creation of new markets in other territories. The Network of Agroecological and Solidarity Markets was created in 2019, involving around 300 farming families, young people, *quilombolas*, and Indigenous people through training, network meetings, and strengthening of agroecological and solidarity experiences in the municipalities and territories (Cetra, 2024).

Two initiatives of the Network are worth highlighting: the first is the creation of a monthly agroecological market in Fortaleza (Ceará) with the participation of farmers from the Network, involving all territories under the assistance of Cetra. Since not all market vendors can participate, there is a coordinated action that consists of market participants bringing products from their neighbors to sell and then passing the money on to the producer.

The second initiative appears in the context of the pandemic, with the organisation of groups of customers to make online sales. Based on pre-existing contacts, with the help of their children and advisors, they began to offer a “menu” of products every week to their old customers. As a result, new customers emerged and joined the online sales groups of the market vendors. In addition to more customers, online sales required the families of the market vendors to improve planning in their production, whether for family consumption or the newly created market. It was also an important mechanism in the sense that some family members began to participate more in the sales process (preparation of products, packaging, deliveries, search for new payment methods, etc.).

Regarding the greater involvement of family members, it is worth highlighting the role of young people in this process, especially a group of young people called “Balanço do Coqueiro” from the Maceió Settlement (historically important in the fight for land in the region), in Itapipoca. The group is composed of young people from settler families, and its “organisational” action began as an artistic-cultural movement, to later be complemented with productive actions, such as the production of coconut oil using the pressing method, as well as innovation in the presentation of the product (labeling, packaging with different volumes, search for new markets, online sales, in addition to already consolidated markets such as agroecological markets).

This action facilitated the inclusion of other young people, the diversification of opportunities for income generation and appropriation of cultural identity, and the succession of farmers from older generations.

This is the context that constitutes the three studied niches: Balanço do Coqueiro (BC), Cetra, and Rede dos Feirantes (“Marketers’ Network” - FF). Together, these experiences make the notable niche of agroecological markets in the territory of the Curu and Aracatiaçu Valleys, advised by Cetra and actively participated in by BC.

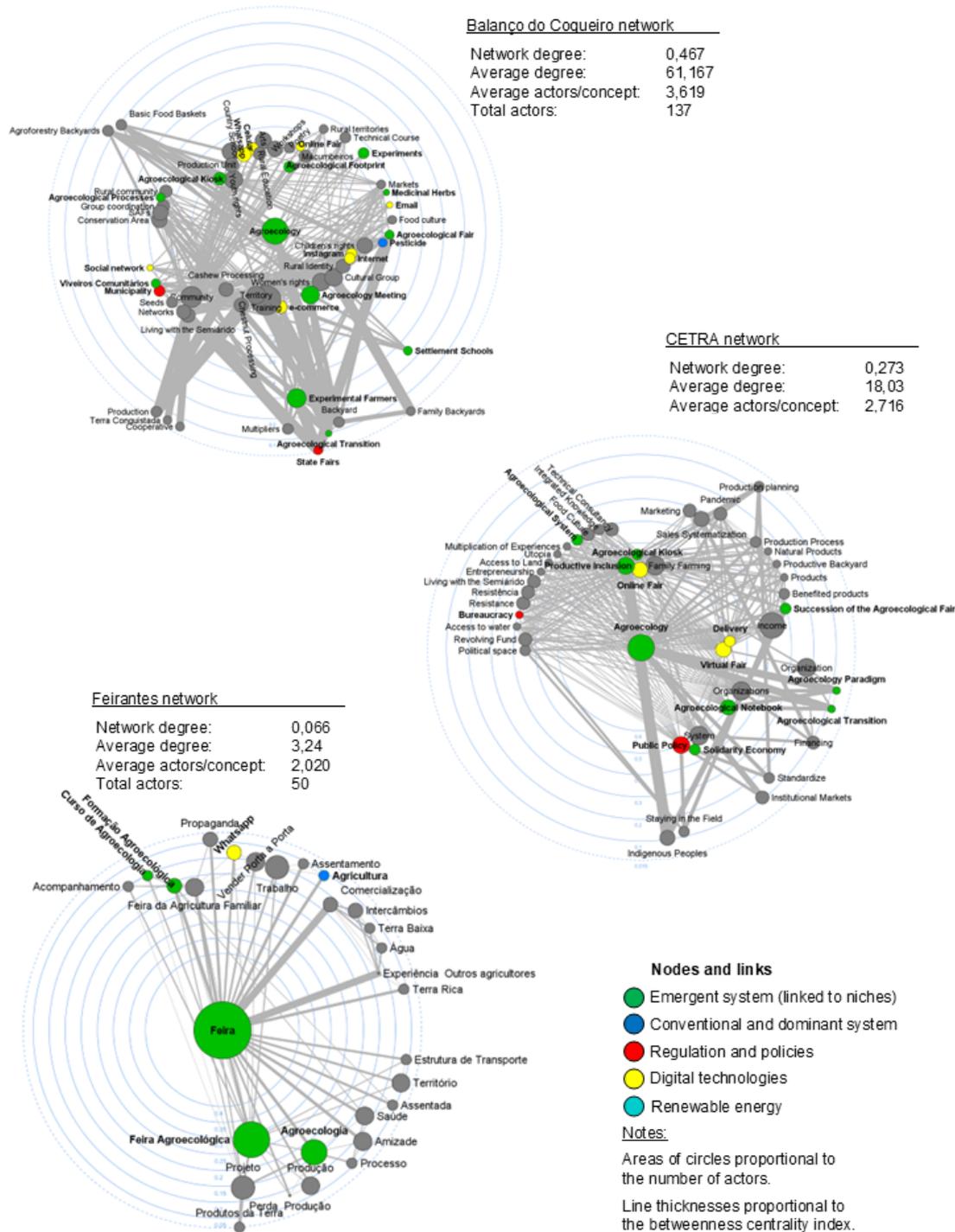


Figure 3 – Congruence networks of socio-technical configurations in Ceará

Source: elaborated by the authors.

General network statistics show that BC and Cetra are clearly denser and more complex networks than FF (Figure 3). This result is partly explained by the smaller number of actors involved in the latter (137, 95, and 50, respectively). Furthermore, among the two densest networks, the BC network is the most powerful in terms of density/volume of links, as it has a higher total and average density, average number of actors per concept, and even total number of actors. It is worth remembering that greater density presupposes a likely greater capacity for social cooperation in the respective network and, therefore, a greater possibility of innovations, as indicated by the literature on innovation studies (Glückler *et al.*, 2017). Furthermore, the strongest connections between concepts (identified by the

width of the lines in the figure – betweenness centrality) clearly show the strong configurations in the BC network, while the other two do not.

In the BC configuration, agroecology is the center of the network, that is, the emerging regime linked to the studied niches. From this central point, at least four clusters of closer concepts are identifiable. One in the northern quadrant, clearly linked to agroecology (with the concepts “agroecological kiosk” and “agroecological footprint”) and two other determining aspects. The first is related to digital technologies with the use of “cell phones” and “WhatsApp” and, therefore, goes in the direction of production commercialisation (“online market”). The second determining aspect is creativity in the sense of “arts” (for example, “poetry”). Added to this is a point of religiosity of African origin with the “Macumbeiros”. To this group, we must add technical education (“technical course”, “Rural School” and “workshops”). This leads to the connection between agroecological production, digitalisation, and creativity. This union exposes a convergence of different types of knowledge (analytical, synthetic, and symbolic) relevant to innovation processes (Asheim, 2007).

In the southeast portion, the influence of digital technologies (“internet”, “e-mail”, and “Instagram”) is once again visible, aiming to access new markets (“online commerce” and “Agroecological Market”). In this sector, it is interesting to highlight the importance of the discussion on human rights (“women’s rights” and “children’s rights”). In terms of production, this group is linked to the “processing” of “cashew” and “nut”.

In the small group to the southwest, the importance of “seeds” emerges with a territorial culture character marked by “coexistence with the semi-arid region” within configurations linked to “social networks”. However, one can also observe the role of the government (“municipality”) in the sense of collective actions (“community nurseries”). Here, another government element also deserves to be highlighted: that of the “state markets”, located in the southernmost portion. Despite being on the edge of the network densities (outermost circles as described in the methodology section), this group is a point of union of both previous sectors (southeast and southwest). This group mentions the agroecological transition.

In this configuration, the dominant regime linked to the use of “agrochemicals” is represented in the middle of the southeast group, which characterises a possible attempt to confluence different types of conflicting regimes, where farmers are forced to choose between one or the other - a possible situation in transition processes (Geels; Schot, 2007).

As the second densest, **Cetra network** presents a simpler configuration centered on “agroecology”. Just above the central concept, to the north, is “family farming”, strengthened by agroecological activities (“agroecological kiosk”) and digital technologies (“online market”), and with the objective of “productive inclusion”.

This sector is linked to two aspects. One in the west-northwest portion is related to the difficulties for the “agroecological system”, such as “bureaucracy”, and elements of “resistance”, the search for “political space” and “access to land”. The ways to overcome these obstacles are “entrepreneurship”, “technical consultancy” and “integrated knowledge” for the “multiplication of experiences”. Here, it is important to highlight the search for a new, more sustainable reality linked to “food culture” as a “utopia”.

The second aspect is located in the east-northeast sector and concerns, in particular, “income”. Here, the fundamental elements are “production planning”, “sales systematization”, “processed products” and “fresh products”. A prominent concern is the “succession of the ecological market” to maintain activities since the pioneering stallholders are aging - a relevant challenge for the evolution of a new regime.

In the southeast portion, the constituent elements of an “agroecological transition” are observed: digital technologies (“delivery” and “virtual market”), the role of “policy” linked to the “solidarity economy”

and “institutional markets”. Here, “Indigenous peoples” (at the southern end of the configuration) also appear as an important node for “productive inclusion”, demanding an improvement in “income”.

The **FF network** is the least dense, but very important for the information it generates. The central point is the concept of “market”, as could not be otherwise in this case. The latter is associated with two groups of concepts: the south-southeast group, the most relevant, because it brings together the “agroecological market” and “agroecology” itself (concepts with a significant number of actors). On the other side, there is the north-northeast group, linked to agroecological learning (“agroecology course” and “agroecological training”), digital technologies (“WhatsApp”), and “commercialisation”. Included in this group is conventional agriculture (dominant regime), which is basically present at the markets, often in conflict, but sometimes as an opportunity to seek customer loyalty for agroecological stallholders.

The set of these three networks in Ceará highlights the centrality of agroecology as a beacon of niches around differentiated production, through sustainability and collective work. The main characteristics of this group of socio-technical configurations are:

- Local community and social organisation as the main strength of experiences;
- Important role of digital technologies in accessing markets, basically related to mobile devices and digital social media (which was strengthened by the occurrence of the Covid-19 pandemic);
- Little presence of policies as a structuring or supporting element of experiences, which characterises a weakness in the sense of strengthening actions and disseminating knowledge; and
- Intense confrontation of niches with the dominant conventional regime, especially in the Cetra network, resulting from a historical process of exclusion and economic inequality, and the search for social rights by rural popular sectors reflected in the differentiation between socio-technical systems.

4.2 NICHES OF INNOVATION: NETWORKS AT POLO BORBOREMA, PARAÍBA

Polo (“hub”) Borborema results from a long tradition of social and political resistance to political and economic situations that are adverse to peasant agriculture. It is currently structured by the articulation of 13 rural workers’ unions, 150 community associations, a regional association of agroecological producers – EcoBorborema – and the CoopBorborema cooperative, also formed by family farmers. (Interview AS-PTA, 2023).

The networks promoted by Polo Borborema include Rural Workers’ Unions, non-governmental organisations such as AS-PTA, and forums of civil society organisations, such as the *Articulação do Semiárido Paraibano* (“Articulation of the Semi-arid in Paraíba” - ASA-PB). As a political actor, the hub has built a proposal for local development and the promotion of agroecology (Silveira *et al.*, 2010).

One path to productive inclusion in this territory is through the 12 fixed agroecological markets, held weekly in several municipalities, and another seven markets that take place at specific events, such as the Women’s March, youth meetings, the harvest festival, and three markets organised at the state level, in partnership with the ASA-PB.

The management of the markets is defined by a group of stallholders (organisation rules, space management, market fund management, adjustments to functioning). This management is done

monthly in itinerant meetings on the stallholders' properties, which also contributes to the participatory certification of agroecological products.

In addition to the markets, recent "agroecological grocery stores" have a prominent role for women farmers in the region. Since the beginning of the formation of Polo Borborema, a group of women has consolidated around the theme of "health and food", bringing the debate to the center of the actions on agroecology. Actions have advanced with the improvement and implementation of agroecological yards, small animal farming, productive diversification in economic plots, processing of production, and, lastly, the installation of a kitchen school.

In this context, the niches under analysis are configured as follows: the workers' union organisation of Polo Borborema and the non-governmental organisation AS-PTA. The statistical data of the respective socio-technical configurations show that both networks are dense in links between concepts and, consequently, the actors involved (Figure 4). However, an interesting difference is that ASPTA has a lower total and average density despite having a considerably larger number of actors (99) than the Polo (66) (in any case, close in intensity). This means the Polo Network is slightly more complex and, therefore, more interconnected and active. Consequently, the Polo Network has a significant capacity for social cooperation, an essential element for innovation processes (Glückler *et al.*, 2017). Furthermore, these configurations are involved in conflicts with other socio-technical regimes.

The **configuration of the POLO network** does not present a single central concept but rather a set of central themes (represented in Figure 4 in the incomplete circle of central concepts). Even so, "agroecology" stands out (especially due to the greater number of actors), linked to the "agroecological market". In terms of emerging niches (linked to agroecology), the *Marcha das Margaridas* ("March of the Daisies") in the eastern part also deserves attention, an event for women's rights that takes place every four years. Noticeably, this mobilisation of women goes hand in hand with the "processing of agroecological cotton". Likewise, along with these are the "community vegetable bank" and the "solidarity baskets", connecting production and commercialisation (technical-productive sphere) to the fight for women's rights.

On the other hand, the role of "policy" appears to promote both agroecological production and conventional "agriculture". Related to the conventional regime is the production using "agrochemicals". In this context, the "product with agrochemicals" is close to "agroecology", but as a production that harms agroecological producers (verified in the interview transcripts). Therefore, the conventional regime (with agrochemicals) conflicts with emerging (agroecological) niches.

In this context, the contradictory and controversial role of renewable energy in the region, specifically regarding "wind energy", also deserves emphasis. As an environmentally friendly energy alternative, this technology appears to disrupt the organisation of communities and the entire trajectory of territorial construction – a problem to be discussed later. Several other studies warn of this same problem in different geographies. In the Northeast region of Brazil, the economic and physical marginalisation of local communities is observable (Gorayeb *et al.*, 2018), a problem that extends to other countries in the Global South, Africa, and Asia, but also affects the Global North (Sovacool, 2021).

In the same sense, such situations of injustice occur in other supposedly sustainable sectors, such as solar and nuclear energy, electric vehicles, electronic equipment recycling, and climate change mitigation activities, among others (Marino; Ribot, 2012; Ramos-Castillo *et al.*, 2017; Sovacool *et al.*, 2021). These examples emphasise the dark side of technological innovations concerning both their production and use, causing harmful impacts on the environment (Coad *et al.*, 2021), as well as their uneven geographical distribution of positive and negative effects between and within nations (Boschma *et al.*, 2025; Pinheiro *et al.*, 2022).

The **ASPTA configuration** has a central concept, “commercialisation” – the core of this network. Linked to this is “agroecology”, which spreads across various aspects of the region’s economic activities. There are “community seed banks” with the important contribution of “participatory certification” of products (validating their quality), and the “network of markets” and promotional actions such as *Natal sem Veneno* (“Christmas without Poison”). An example of a product in this context is “agroecological cotton”.

In this scenario, the debate on rights also arises through the “Women’s March”, in the *northwest branch* of the network related to remarkable territorial identity aspects such as the “Semiárido” and the “Borborema territory” itself.

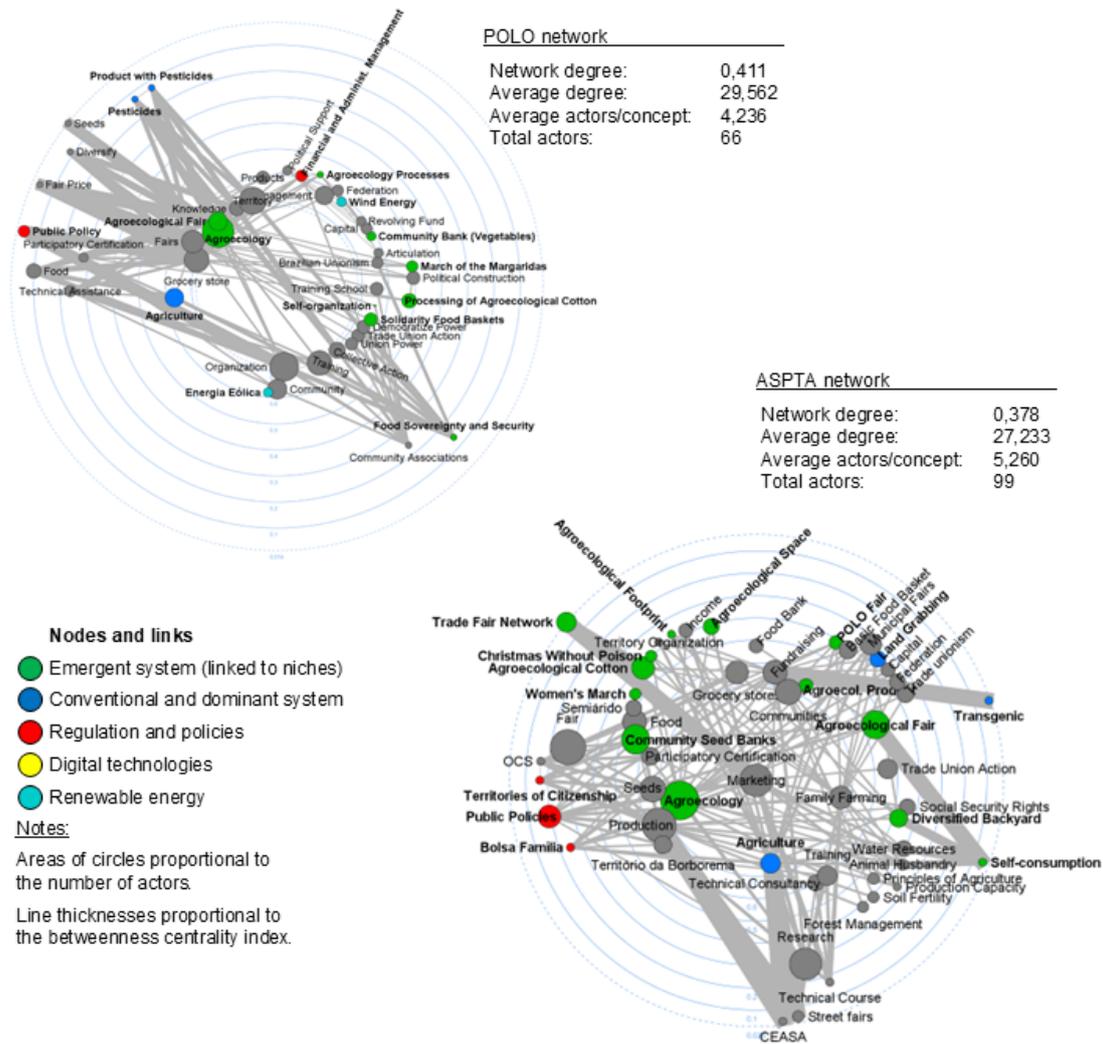


Figure 4 – Congruence networks of socio-technical configurations in Paraíba

Source: elaborated by the authors.

In terms of “policies”, in the western sector, there are two important federal government programs that contributed to the formation of this production: *Territórios da Cidadania* (“Territories of Citizenship”) and “Bolsa Família” (“Family Welfare”). The first program provided support mainly for “community seed banks”, while “Bolsa Família” is linked to the “Agroecological Market” and the “training” of farmers.

Regarding the dominant and conventional regime, its repercussions in the northeastern portion of the network can be seen as dysfunctional in the configuration of the niches (confirmed in the

respective interviews). The two structuring elements of the regime are “transgenic” food and “land concentration”, thus defining the technological domains and access to land in this configuration. To counter these elements, the niches respond through “municipal markets” and the “POLO market” of an agroecological nature, that is, through the commercialisation of differentiated products (healthy and sustainable); and also through “unionism” or “union action”.

The combination of the two networks points to configurations that are less convergent with agroecology than in Ceará, although intense. Similar to those in Ceará, the networks in Paraíba are marked by collective work for sustainable food production, with the main characteristics being:

- Collective organisation linked to unionism and organisation;
- Technification of productive activities with a predominantly traditional character – apparent absence of digital technologies;
- Consistent presence of policies of a social and productive nature;
- Niches in confrontation with the conventional food regime and, additionally, with a contradictory regime in the area of sustainability linked to the production of renewable energy (wind).

In general, for both territories – Itapipoca in Ceará and Borborema in Paraíba – some results of the study point to a relevant element in practical and scientific terms. A transition process is related to both technical and social development - the latter referring, at least, to the minimum conditions for a creative life. In other words, referring to the important inseparable complementarity between social and technological capabilities for innovation processes (Fagerberg; Srholec, 2009). Therefore, the social organisation of the communities under analysis is an essential element in generating innovations, as pointed out by the specialised literature on social cooperation in small or multinational companies (Broekel; Boschma, 2016; Hill *et al.*, 2014).

Furthermore, different knowledge bases, mainly practical and symbolic bases originating from traditional knowledge, are relevant both for innovation processes (Tartaruga, 2021) and for sustainable development (Tartaruga; Sperotto, 2021). However, it is important to emphasise that the study of these territories has as a differential the emphasis on inclusion and, therefore, the centrality of social and economic inclusion in innovations (inclusive innovations) for healthy and sustainable nutrition. These results point to facing the three main challenges of inclusive or grassroots innovations (Smith *et al.*, 2014); important questions for academia (science), and the construction of development policies to reduce poverty (Kaplinsky, 2011).

First, the need for creativity on the part of local social groups to deal with the lack of access to markets and to the government. Second, the requirement for pioneering the creation or promotion of inclusive and sustainable economies through leadership and social cooperation. Finally, the convenience of trying to do things differently (in daily life, production, etc.) through new ideas based on local knowledge, thus highlighting the structural impediments to inclusive innovation.

5 CONCLUSIONS

The number of studies on sustainability transitions has grown significantly in recent years due to ongoing environmental and social transformations. In this context, food systems have a significant impact on both climate change and socioeconomic inequality processes in several regions of the world. Thus, this study verified essential aspects of understanding these phenomena in Northeastern Brazil in the recent period.

As supported by the literature on transitions, only a robust and significant constellation of relationships between territorial actors and technical innovations can bring about a true transition to a more sustainable and healthier regime for local communities, especially the most vulnerable ones. The results presented here show some degree of systematisation and organisation – an alignment – of the niches under analysis from different contexts, a fundamental characteristic to enable the emergence of a new effective socio-technical regime. However, the alignments of the niches depend, to a large extent, on informal institutions in the community, such as trust and friendship, and, to a lesser extent, on formal institutions (laws, regulations, etc.). Even so, some commendable experiences should be highlighted, such as the participatory certification of agroecological products. The strength of these informal institutions is based on the territory – Semiarid, Borborema territory, among others – as a referential substrate for the communities.

This characteristic of the niches – reduced institutional formalisation – indicates the difficulty in achieving a greater technical leap in technological development experiences. This condition can be explained by the relatively low incidence of innovation policies, especially towards capacity building, incentives for the self-organisation of groups in the territory, and access to digital technologies complementing agroecological processes. Another explanation for this situation is the pressing need for basic conditions of survival and even existence when, for example, we talk about women's or youth's rights.

However, it can be stated that social actors share cultural values that predate the formation of market networks. Social roots in the creation, control, and maintenance of these markets are important because they favour the viability of markets and, in turn, the processes of productive inclusion. The territories under analysis present niches of innovation that are still emerging but contemplate significant improvements in the social conditions of vulnerable groups.

In this context, niches in their trajectory of transition to a sustainable regime can follow different strategies. They can follow a strategy of *technological substitution* concerning the dominant regime, which is not the case in this research, since the niches would have to be well structured and strong to be able to simply replace the technologies of the incumbent regime – a strength that they do not have to face the dominant regime.

The niches may also follow a path of *misalignment and realignment*, which is more plausible for the cases under study. In this case, the sociotechnical panoramas (macrostructural elements in the direction of sustainability) play a fundamental role in pressuring the dominant regime to change (misalignment) and thus providing opportunities for emerging niches to obtain their space in windows of opportunity (realignment). At the same time, these sociotechnical panoramas encourage external agents (e.g. governments, universities, or NGOs) to support the niches in these territories.

Results also revealed the threat of another external incumbent regime: renewable energy in the region, especially in Borborema. Despite its appeal to environmental sustainability, there is already scientific literature criticising the implementation of wind farms in the Northeast of Brazil in recent years. In this scenario, traditional communities suffer the loss of control over their lands, which also affects their capacity for social and economic organisation. This problem is fundamentally related to the private planning processes of these activities, with the essential support of local and regional authorities.

Finally, this work points to a relevant and viable research agenda on socio-technical transitions related to the regions under analysis, with significant repercussions for the country. As supported by the literature on transitions, the implementation of sustainability transitions depends on a convergence of niches that follow the same direction to overcome the existing regime. Added to this is the pivotal role (positive or negative to the transition) of the geographic context in which these niches are inserted. Therefore, several lines of research open up here, such as the identification and study of more niches like those analysed here and its (joined) strength in overcoming the prevailing regime; the identification

of the convenient characteristics of the territorial contexts for the transition; and the evaluation of the most favourable and efficient policies for these niches.

In addition to the food system, the introduction of foreign environmental technologies is another important topic for future analysis. As discussed previously, wind energy is one such technique with seemingly laudable environmental assumptions, but with negative repercussions for local communities. This need for a deeper understanding is part of the research on the adverse impacts of some climate change mitigation activities, especially in the most economically vulnerable regions, both in developing and developed countries.

This article contributed to the debate on sustainable socio-technical transitions by demonstrating how to enhance rural productive inclusion through local innovation niches. By highlighting the decisive role of the cognitive and organisational capacities of family farmers and community networks in the Northeast region of Brazil, the research demonstrated the relevance of the territorial context for the success of these transitions. However, important limitations were identified, such as the reduced institutional formalisation of the initiatives and the low incidence of policies aimed at strengthening these experiences. It is therefore recommended that future research investigates strategies to fill these gaps, in addition to critically analysing the local impacts of external environmental technologies, such as renewable energy, on rural communities.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was performed within project *Produção Rural Inclusiva e Sistemas Alimentares (Prisma): apontando caminhos para consolidação de nichos de inovação* (“Inclusive Rural Production and Food Systems (Prisma): pointing out ways to consolidate innovation niches”), led by the *Rede Brasileira de Pesquisa e Gestão em Desenvolvimento Territorial – Rete* (“Brazilian Network of Research and Management in Territorial Development”) and financed by the *Cátedra Itinerante sobre Inclusão Produtiva no Brasil Rural e Interiorano* (“Itinerant Chair on Inclusive Production in Rural and Interior Brazil”), an initiative of initiative Cebrap Sustentabilidade.

With support from *Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território* (Cegot – “Centre of Studies in Geography and Spatial Planning”), financed by national funds through *Fundação para a Ciência e Tecnologia* (FCT – “Foundation for Science and Technology” – Portugal) reference UIDB/04084/2020.

NOTES

1 | In addition to sociotechnical transitions, 13 other approaches were evaluated, including technical systems, theory of social practices, socio-technical imaginaries, and actor-network theory.

2 | The computational procedure was performed in the EconGeo package of the R statistics software (RStudio Team, 2020). The function provides the network of relationships between concepts based on the co-occurrence matrix (actors-concepts).

3 | Network indicators calculated in the social network analysis and visualization software Visone (2024).

4 | Network density varies from 0 to 1, in which 1 means the network has the maximum possible connectivity (all entities are directly connected).

5 | Expressions presented in quotation marks refer to concepts present in the configuration networks.

6 | Cetra – Centro de Estudos do Trabalho e de Assessoria ao Trabalhador e à Trabalhadora (“Center for Studies on Labour and Consultancy for Workers”). Available at: <https://cetra.org.br/quem-somos/>

7 | AS-PTA Agricultura Familiar e Agroecologia (“Family Agriculture and Agroecology”) (<https://aspta.org.br/quem-somos/>).

REFERENCES

- AÇÃO COLETIVA COMIDA DE VERDADE. **Comida de verdade em tempos de pandemia: resultados de pesquisa e indicativos de ação** projeto “Covid-19 e sistemas agroalimentares no Brasil”. Available in: <https://acaocoletivacomidaverdade.org>. Access at: 1 set. 2021.
- ASHEIM, B. Differentiated knowledge bases and varieties of regional innovation systems. **Innovation: The European Journal of Social Science Research**, v. 20, n. 3, p. 223–241, 2007. Available in: <https://doi.org/10.1080/13511610701722846>
- BALLAND, P.-A. **Economic Geography in R**: introduction to the EconGeo package. Papers in Evolutionary Economic Geography, v. 17, n. 9, p. 1–60, 2017. Available in: <http://econ.geo.uu.nl/peeg/peeg1709.pdf>. Access at: 9 jul. 2019
- BINZ, C.; COENEN, L.; MURPHY, J.; TRUFFER, B. Geographies of transition —From topical concerns to theoretical engagement: a comment on the transitions research agenda. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 34, p. 1–3, 2020. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2019.11.002>
- BOSCHMA, R.; FITJAR, R.; GIULIANI, E.; IAMMARINO, S. Unseen costs: the inequities of the geography of innovation. **Regional Studies**, 2025. Available in: <https://doi.org/10.1080/00343404.2024.2445594>
- BROEKEL, T.; BOSCHMA, R. The cognitive and geographical structure of knowledge links and how they influence firms’ innovation performance. **Regional Statistics**, v. 6, n. 2, p. 3-26, 2016. Available in: <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/terstat/2016/rs06201.pdf>
- COAD, A.; NIGHTINGALE, P.; STILGOE, J.; VEZZANI, A. Editorial: the dark side of innovation. **Industry and Innovation**, v. 28, n. 1, p. 102-112, 2021. Available in: <https://doi.org/10.1080/13662716.2020.1818555>
- 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. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.232>
- FAGERBERG, J.; SRHOLEC, M. **Knowledge, capabilities and the poverty trap**: the complex interplay between technological, social and geographical factors. TIK Working Papers on Innovation Studies, n. 20091218, Oslo: TIK, 2009.
- FAVARETO, A.; VAHDAT, V.; FAVARÃO, C.; FERNANDES, B. **Relatório inclusão produtiva no Brasil rural e interiorano 2022**. São Paulo: Cebrap, 2022.
- GEELS, F. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. **Research Policy**, v. 31, n. 8–9, p. 1257-1274, 2002. Available in: [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00062-8)
- GEELS, F. The multi-level perspective on sustainability transitions: responses to seven criticisms. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 1, n. 1, p. 24–40, 2011. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2011.02.002>
- GEELS, F. Socio-technical transitions to sustainability: a review of criticisms and elaborations of the Multi-Level Perspective. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 39, p. 187–201, 2019. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.06.009>
- GEELS, F.; SCHOT, J. Typology of sociotechnical transition pathways. **Research Policy**, v. 36, n. 3, p. 399–417, 2007. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003>

GLÜCKLER, J. Economic geography and the evolution of networks. **Journal of Economic Geography**, v. 7, n. 5, p. 619-634, 2007. Available in: <https://doi.org/10.1093/jeg/lbm023>

GLÜCKLER, J.; DOREIAN, P. Editorial: social network analysis and economic geography—positional, evolutionary and multi-level approaches. **Journal of Economic Geography**, v. 16, n. 6, p. 1123-1134, 2016. Available in: <https://doi.org/10.1093/jeg/lbw041>

GLÜCKLER, J.; LAZEGA, E.; HAMMER, I. Exploring the Interaction of Space and Networks in the Creation of Knowledge: an introduction. In: GLÜCKLER, J.; LAZEGA, E.; HAMMER, I. (Ed.). **Knowledge and Networks**. Heidelberg: Springer, 2017. p. 1-21.

GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C.; MEIRELES, A.; MENDES, J. Wind power gone bad: critiquing wind power planning processes in northeastern Brazil. **Energy Research & Social Science**, v. 40, p. 82–88, 2018. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.11.027>

HANNEMAN, R.; RIDDLE, M. **Introduction to social network methods**. Riverside: University of California, 2005.

HANSEN, T.; COENEN, L. The geography of sustainability transitions: review, synthesis and reflections on an emergent research field. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 17, p. 92-109, 2015. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2014.11.001>

HEIBERG, J.; TRUFFER, B.; BINZ, C. Assessing transitions through socio-technical configuration analysis – a methodological framework and a case study in the water sector. **Research Policy**, v. 51, n. 1, 2022. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104363>

HILL, L. A.; BRANDEAU, G.; TRUELOVE, E.; LINEBACK, K. **Collective Genius: the art and practice of leading innovation**. Boston: Harvard Business School Publishing, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2017-2018**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Available in: <http://ibge.gov.br>. Access at: 15 jul. 2022.

KANGER, L. The spatial dynamics of deep transitions. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 44, p. 145-162, 2022. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2022.06.005>

KAPLINSKY, R. Schumacher meets Schumpeter: appropriate technology below the radar. **Research Policy**, v. 40, n. 2, p. 193-203, 2011. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.10.003>

KÖHLER, J.; GEELS, F. W.; KERN, F.; MARKARD, J.; WIECZOREK, A.; ALKEMADE, F.; AVELINO, F.; BERGEK, A.; BOONS, F.; FÜNFSCILLING, L.; HESS, D.; HOLTZ, G.; HYYSSALO, S.; JENKINS, K.; KIVIMAA, P.; MARTISKAINEN, M.; MCMMEEKIN, A.; MÜHLEMEIER, M. S.; NYKVIST, B.; ONSONGO, E.; PEL, B.; RAVEN, R.; ROHRACHER, H.; SANDÉN, B.; SCHOT, J.; SOVACOOOL, B.; TURNHEIM, B.; WELCH, D.; WELLS, P. An agenda for sustainability transitions research: state of the art and future directions. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 31, p. 1–32, 2019. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2019.01.004>

LESCH, D.; MIÖRNER, J.; BINZ, C. The role of global actors in sustainability transitions – Tracing the emergence of a novel infrastructure paradigm in the sanitation sector. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 49, p. 100787, 2023. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2023.100787>.

MARINO, E.; RIBOT, J. Special Issue Introduction. Adding insult to injury: climate change and the inequities of climate intervention. **Global Environmental Change**, v. 22, n. 2, p. 323-328, 2012. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.03.001>

MARKARD, J.; RINSCHIED, A.; WIDDEL, L. Analyzing transitions through the lens of discourse networks: coal phase-out in Germany. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 40, p. 315-331, 2021. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2021.08.001>

MCMICHAEL, P. **Regimes alimentares e questões agrárias**. São Paulo: Unesp, 2016.

MIÖRNER, J.; BINZ, C.; FUENFSCHILLING, L. Understanding transformation patterns in different socio-technical systems – A scheme of analysis. **Geist – Geography of Innovation and Sustainability Transitions**, n. 11, 2021. Geist Working Paper series. Available in: https://www.geist-wp.com/papers/geist_wp_2111.pdf. Access at: 15 mar. 2022.

MIÖRNER, J.; HEIBERG, J.; BINZ, C. How global regimes diffuse in space – Explaining a missed transition in San Diego's water sector. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 44, p. 29-47, 2022. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2022.05.005>

PINHEIRO, F.; BALLAND, P-A.; BOSCHMA, R.; HARTMANN, D. The dark side of the geography of innovation: relatedness, complexity and regional inequality in Europe. **Regional Studies**, v. 59, n. 1, 2022. Available in: <https://doi.org/10.1080/00343404.2022.2106362>

RAMOS-CASTILLO, A.; CASTELLANOS, E.; GALLOWAY MCLEAN, K. Indigenous peoples, local communities and climate change mitigation. **Climatic Change**, v. 140, n. 1, p. 1-4, 2017. Available in: <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1873-0>

RITCHIE, H.; ROSADO, P.; ROSER, M. **Environmental impacts of food production**. OurWorldInData.org, 2022. Available in: <https://ourworldindata.org/environmental-impacts-of-food>. Access at: 10 abr. 2024.

RSTUDIO TEAM. **RStudio: integrated development for R [Computer Software]**. Boston: RStudio, 2020. Available in: <https://rstudio.com/>. Access at: 10 dez. 2023.

SCHOT, J.; KANGER, L. Deep transitions: emergence, acceleration, stabilization and directionality. **Research Policy**, v. 47, n. 6, p. 1045-1059, 2018. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.03.009>

SILVEIRA, L.; FREIRE, A.; DINIZ, P. C. O. O Polo da Borborema: ator contemporâneo das lutas camponesas pelo território. **Agriculturas**, v. 7, n. 1, p. 13-19, 2010. Available in: https://aspta.org.br/files/2019/10/Artigo2_Agriculturas_MAR2010_Site.pdf. Access at: 10 set. 2023.

SMITH, A.; FRESSOLI, M.; THOMAS, H. Grassroots innovation movements: challenges and contributions. **Journal of Cleaner Production**, v. 63, p. 114-124, 2014. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.12.025>

SOUZA, M. Tecendo a rede e construindo dinâmicas territoriais em Itapipoca. **Agriculturas**, v. 7, n. 1, p. 20-27, 2010.

SOVACOOOL, B. Who are the victims of low-carbon transitions? Towards a political ecology of climate change mitigation. **Energy Research & Social Science**, v. 73, 101916, 2021. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.101916>

SOVACOOOL, B.; HESS, D. Ordering theories: typologies and conceptual frameworks for sociotechnical change. **Social Studies of Science**, v. 47, n. 5, p. 703–750, 2017. Available in: <https://doi.org/10.1177/0306312717709363>

SOVACOOOL, B.; TURNHEIM, B.; HOOK, A.; BROCK, A.; MARTISKAINEN, M. Dispossessed by decarbonisation: reducing vulnerability, injustice, and inequality in the lived experience of low-carbon pathways. **World Development**, v. 137, 105116, 2021. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105116>

TARTARUGA, I. Tradition, Inclusive Innovation, and Development in Rural Territories: exploring the case of Amiais Village (Portugal). *In*: OLIVEIRA, L.; AMARO, A.; MELRO, A. (Ed.). **Handbook of Research on Cultural Heritage and Its Impact on Territory Innovation and Development**. Hershey: IGI Global, 2021. p. 62-74. Available in: <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-6701-2.ch004>.

TARTARUGA, I.; SPEROTTO, F. Rethinking clusters in the sense of innovation, inclusion and green growth. *In*: SEDITA, S. R.; BLASI, S. (Ed.). **Rethinking Clusters: place-based value creation in sustainability transitions**. Cham: Springer, 2021. p. 101-110. Available in: https://doi.org/10.1007/978-3-030-61923-7_8.

TRUFFER, B.; MURPHY, J.; RAVEN, R. The geography of sustainability transitions: contours of an emerging theme. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 17, p. 63-72, 2015. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.07.004>

VALENCIA, M.; TARTARUGA, I.; ÁVILA, M. (Coord.). **Projeto – Tipologia da inclusão produtiva rural (TIPR) e sua incidência em políticas públicas de desenvolvimento rural sustentável: relatório final**. Brasília: RETE, 2022a. Available in: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.35422.82244>.

VALENCIA, M. *et al.* **Tipologia da inclusão produtiva rural e a sua incidência em políticas de desenvolvimento rural sustentável: documento síntese**. Brasília: Rete, 2022b. Available in: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.17875.25128>

VISONE. **Analysis and visualization of social networks [Computer Software]**. 2024. Available in: <https://visone.ethz.ch/>. Access at: 10 set. 2023.

Inclusão produtiva rural e sistemas (agro) alimentares sustentáveis: geografiadas das transições

*Rural productive inclusion and sustainable (agri-)food
systems: the geography of transitions*

Iván Gerardo Peyré Tartaruga¹

Paulo Cesar Oliveira Diniz²

Mireya Eugenia Valencia Perafán³

Mário Lucio de Avila⁴

¹ Doutorado em Geografia, Pesquisador e Professor, Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território (Cegot), Faculdade de Letras, Universidade do Porto, Porto, Portugal
E-mail: itartaruga@letras.up.pt

² Doutorado em Sociologia, Professor Associado, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé/PB, Brasil
E-mail: paulo.cesar@professor.ufcg.edu.br

³ Doutorado em Ciências Sociais, Professora Associada, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil
E-mail: mireya@unb.br

⁴ Doutorado em Desenvolvimento Sustentável, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, DF, Brasil
E-mail: unbavila@gmail.com

doi:10.18472/SustDeb.v16n1.2025.55626

Received: 25/09/2024
Accepted: 07/04/2025

ARTICLE- VARIA

RESUMO

A transição para a sustentabilidade dos sistemas alimentares pode oferecer oportunidades para a inclusão produtiva em contextos de exclusão, sobretudo nas áreas rurais, e contribuir para o enfrentamento da crise climática. Este estudo tem o objetivo de compreender casos de inclusão produtiva e sustentável em meio rural e verificar o papel das políticas públicas. As experiências estudadas, em duas regiões do Nordeste brasileiro, caracterizam-se como nichos de inovação, ressaltando as soluções técnicas e sociais que conduzem à transição para sistemas sustentáveis e inclusivos. Mediante uma metodologia quali-quantitativa, procedeu-se à análise das configurações sociotécnicas (ACST) no âmbito dos estudos de transições e análise de redes. Os resultados mostram a importância das capacidades cognitivas e organizativas oriundas de agricultores familiares. Conclui-

se que é necessário fortalecer as políticas que apoiem esses nichos emergentes, conforme o contexto territorial. Por fim, é fundamental mitigar os efeitos negativos das tecnologias ambientais externas, como a energia eólica, sobre as comunidades rurais.

Palavras-chave: Inclusão produtiva. Transições sociotécnicas. Regimes alimentares. Sistemas alimentares. Agroecologia.

ABSTRACT

The transition to sustainable food systems can provide opportunities for the productive inclusion of people in situations of exclusion, especially in rural areas, and contribute to reducing the effects of the climate crisis. This study aims to understand productive and sustainable inclusion cases in rural areas and verify the role of public policies. The experiences studied in two regions of the Brazilian Northeast characterise innovation niches, highlighting the generation of new technical and social solutions that trigger a transition to sustainable and inclusive food systems. Using a quali-quantitative methodology, we analysed the cases' socio-technical configurations (STCA) within the scope of transition studies and network analysis. The results show the importance of family farmers' cognitive and organisational capacities. In conclusion, policies supporting these emerging niches must be strengthened according to the territorial context. Finally, mitigating the adverse effects of external environmental technologies, such as wind energy, on rural communities is essential.

Keywords: Productive inclusion. Sociotechnical transitions. Food regimes. Food systems. Agroecology.

1 INTRODUÇÃO

Este texto tem o objetivo de apresentar os resultados de estudos realizados sobre inclusão produtiva rural e sustentável no Nordeste do Brasil, com potencial para orientar novas agendas de pesquisa sobre a temática e contribuir para a elaboração de políticas públicas de inclusão produtiva rural (IPR).

A situação de vulnerabilidade de uma parcela significativa da população brasileira, nos últimos anos, é comprovada por dados oficiais que apontam que, no ano de 2017, a fome (insegurança alimentar grave) estava presente em 10,3 milhões de pessoas, sendo que 36,7% dos domicílios estavam com algum nível de insegurança alimentar – 84,9 milhões de pessoas (IBGE, 2020).

Essa condição foi aprofundada pela pandemia da Covid-19, a partir de 2020, especialmente nas áreas rurais, em que a produtividade dos pequenos negócios agrícolas e o aperfeiçoamento de estratégias de acesso aos mercados e de inclusão produtiva associada à promoção de segurança alimentar foram afetados substancialmente (Veredas, 2020). Contudo, alguns estudos (Veredas, 2019, 2020) deram visibilidade a uma série de sistemas alimentares alternativos por todo o país, que fortaleceram circuitos curtos de comercialização, apropriaram-se em alguma medida de inovações e retomaram o controle sobre os fluxos territoriais de abastecimento alimentar.

Partindo do pressuposto de que a exclusão social é um processo multidimensional, o objetivo da análise em foco foi identificar aspectos produtivos e combinações comerciais, que poderiam gerar processos de IPR em diferentes contextos, e contando com a participação de diversos atores sociais. Ao mesmo tempo, essas experiências foram conceitualizadas como nichos de inovação, no sentido de que elas poderiam conduzir a uma transição para sistemas alimentares sustentáveis e inclusivos.

Para lidar com esses objetivos, utilizou-se um quadro teórico intimamente vinculado à metodologia aplicada. Além dos conceitos de IPR e de inovação inclusiva, recorreu-se à perspectiva multinível das transições sociotécnicas (Geels, 2019; Geels; Schot, 2007), que aborda as transições nos seus indissociáveis aspectos sociais e tecnológicos, e sua vertente que considera a dimensão territorial, conhecida como geografia das transições de sustentabilidade (Binz et al., 2020; Truffer et al., 2015).

O texto está dividido em cinco partes, além desta introdução. A seguir, faz-se a descrição da base conceitual do estudo usada como suporte teórico. Na terceira parte, apresenta-se a metodologia do estudo, contextualizando sua base conceitual e descrevendo as ferramentas e procedimentos de análise. Na quarta parte, explicitam-se os resultados da análise das configurações com a discussão de aspectos relevantes do estudo. Finalizando com a seção de conclusões.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: TRANSIÇÕES SOCIOTÉCNICAS E GEOGRAFIA DAS TRANSIÇÕES

A base conceitual deste estudo está ancorada na abordagem das transições sociotécnicas, também conhecida como perspectiva multinível – PMN (Geels, 2002, 2019; Geels; Schot, 2007). Essas teorizações servem para analisar as transformações sociais que levam à transição para sistemas mais sustentáveis, podendo, por exemplo, referir-se a sistemas industriais, energéticos, habitacionais ou alimentares. Seguindo essa abordagem, os sistemas são designados “sociotécnicos”, pois ressalta-se a união indissociável entre a tecnologia e os aspectos sociais para a realização das transições. Nesse sentido, a PMN define três níveis de enfoque das transições (Geels; Schot, 2007): o nicho técnico, que se apresenta no micronível onde as inovações emergem; o regime sociotécnico (mesonível), que se refere às rotinas e técnicas compartilhadas por um setor produtivo e suas respectivas instituições (ciência, mercados, políticas, cultura, etc.) conformando um conjunto homogêneo e estável; e o panorama sociotécnico, que diz respeito ao macronível, ou seja, os contextos exógenos que podem influenciar os nichos e regimes (por exemplo, eventos macroeconômicos, mudanças profundas no padrão cultural, etc.).

A abordagem parte da existência de regimes sociotécnicos estabelecidos e, portanto, dominantes em seu espectro setorial e em outros espectros da sociedade. A ideia de transição é justamente a substituição ou transformação parcial do regime estabelecido por outro emergente. Historicamente, as transições ocorreram a partir da emergência de novos nichos técnicos que inovam dentro do campo de um regime existente (Schot; Kanger, 2018).

O sucesso desses nichos depende de diversos fatores, entre os quais o mais importante é a criação de uma massa crítica (em quantidade e qualidade) de nichos que sigam uma mesma trajetória sociotécnica. Por sua vez, os panoramas possuem um papel importante como elemento disruptivo exógeno em relação ao regime e, portanto, podendo auxiliar na emergência de novos nichos.

Contudo, é importante ressaltar que a proposta da PMN sofreu também críticas. Um dos principais iniciadores e propagadores dessa perspectiva, Frank Geels (2011), recebeu e discutiu diversos questionamentos aos seus fundamentos. Nessa obra, ele próprio apontou, como principais críticas, a ausência de agência, a dificuldade de operacionalização e especificação dos regimes sociotécnicos, as preocupações metodológicas (sobretudo com as fontes de dados), a pouca atenção com os panoramas sociotécnicos, entre outras. Enquanto algumas críticas foram respondidas categoricamente (em defesa da proposta), outras foram valorizadas no sentido de se considerarem desafios a serem enfrentados no âmbito da difícil tarefa dos estudos de mudanças sociotécnicas.

Entretanto, duas críticas têm surgido nos últimos anos em relação à PMN e que são basilares para este trabalho. Uma delas aponta para falta de atenção aos aspectos espaciais das transições, isto é, a negligência da especificidade dos lugares e a geografia das relações intraorganizacionais dos atores em geral (Kanger, 2022; Köhler *et al.*, 2019). Em razão disso, geógrafos econômicos têm sugerido uma nova abordagem conhecida como geografia das transições de sustentabilidade (Binz *et al.*, 2020; Hansen; Coenen, 2015; Truffer *et al.*, 2015) que acrescenta a dimensão espacial aos estudos das transições.

A outra crítica diz respeito à falta de atenção dos estudos das transições aos sistemas alimentares em comparação a outros temas pretensamente mais relevantes, como energia ou mobilidade (El Bilali,

2019). Com efeito, as atividades agroalimentares possuem um impacto ambiental importante, pois são responsáveis por um quarto das emissões globais dos gases de efeito estufa (Ritchie *et al.*, 2022). Para solucionar essa deficiência, sugere-se, justamente, a geografia das transições como abordagem ideal para a análise das transições alimentares.

Essa análise é relevante considerando que os sistemas alimentares são um dos domínios que surgem como oportunidade para promover a IPR pelas suas interdependências com outras dimensões, como a saúde, a economia e o meio ambiente (Favareto *et al.*, 2022). Investigar, nesses domínios, como é possível gerar processos de inclusão a partir do estudo de experiências práticas implica a observação de um conjunto de variáveis que, de igual forma, configuraram diferentes tipos de inclusão. Entende-se que o problema da IPR deve ser abordado desde uma perspectiva multidimensional para a qual deve-se levar em conta tanto as interdependências entre os domínios para promover a inclusão como o contexto e as particularidades dos territórios onde as experiências de inclusão produtiva estão inseridas (Favareto *et al.*, 2022; Veredas, 2019, 2020).

3 METODOLOGIA

O estudo foi realizado nos territórios de Itapipoca, no Ceará, e do Polo da Borborema, na Paraíba, Brasil. As duas regiões foram escolhidas com base em estudo anterior que elaborou a Tipologia da Inclusão Produtiva Rural (TIPR) (Valencia *et al.*, 2022a, 2022b). Nessa tipologia, analisaram-se 66 experiências da agricultura familiar documentadas em bancos de dados de onde foram selecionadas 33 experiências, das regiões Norte, Nordeste e Sul do país. Essas experiências foram classificadas em diferentes tipos à luz de dois critérios: capacidade de inovação técnica e social, e nível de interação ou cooperação entre os(as) agricultores(as). Ambos os territórios analisados neste artigo estão entre aqueles mais robustos da tipologia (TIPR), tanto em termos de inovação como de cooperação, por isso sua escolha.

Para identificar transições sociotécnicas nos nichos estudados, utilizou-se a metodologia proposta por Heiberg *et al.* (2022) e Miörner *et al.*, (2021), conhecida como Análise de Configurações Sociotécnicas (ACST). Esse conjunto de procedimentos qualiquantitativos foi elaborado no âmbito da geografia das transições sociotécnicas (Binz *et al.*, 2020; Hansen; Coenen, 2015; Truffer *et al.*, 2015). Assim, buscase, a partir de um corpo de discursos selecionados (dados qualitativos), estabelecer as relações sociais e econômicas de sujeitos e ideias por meio de métricas quantitativas. Além disso, tal metodologia vem enfrentar o problema da falta de consideração dos aspectos territoriais (espaços, escalas e lugares) nos estudos sobre transições (Köhler *et al.*, 2019). Portanto, trata-se de metodologia recente e original que contribui significativamente para a compreensão das transições sociotécnicas, abordagem esta considerada a mais relevante entre o conjunto de teorias de mudança sociotécnica (Sovacool; Hess, 2017). Apesar de recente, a metodologia vem sendo aplicada em alguns setores, como o do abastecimento hídrico (Heiberg *et al.*, 2022; Miörner *et al.*, 2022), da energia (Markard *et al.*, 2021) e do saneamento (Lesch *et al.*, 2023).

A ACST procura visualizar e medir os processos de alinhamento social e econômico em contextos de transições no tempo e no território. Esses alinhamentos se caracterizam como conjuntos de atores e instituições (ou nichos de inovação) que formam uma configuração que funciona, exitosamente, em termos de desenvolvimento socioeconômico em um setor econômico e contexto geográfico específicos. Além de determinar essas trajetórias de transição, esta metodologia também busca verificar o papel de regimes sociotécnicos já existentes (no mesmo setor do nicho) que podem ameaçar essas trajetórias emergentes.

Tais configurações sociotécnicas se constituem pela combinação de atores, instituições, tecnologias e redes provenientes de um setor específico. Assim, o método parte da determinação de dois tipos de elementos básicos. Por um lado, os atores, que podem ser pessoas, lideranças ou instituições, como entidades governamentais ou da sociedade civil organizada. Ambos os atores se caracterizam por

apresentar alguma relevância no contexto em estudo. Por outro lado, têm-se os conceitos: tecnologias, valores, atividades ou ações do contexto.

O início da metodologia está na realização de entrevistas semiestruturadas a atores-chave dos contextos territoriais estudados, em Itapipoca, no Ceará, e no polo da Borborema, na Paraíba. As entrevistas buscaram revelar aspectos organizativos locais, experiências produtivas exitosas, dificuldades, relações com agentes externos, políticas públicas, entre outros. E, por conseguinte, todos os elementos que explicam a organização e o desenvolvimento socioeconômico desses territórios.

Aplicou-se a análise de discurso para conformar as redes sociais locais de desenvolvimento da produção alimentar nessas regiões. O objetivo principal das entrevistas foi compreender os alinhamentos amplos e centrais desses nichos de inovação, e não seus aspectos particulares. Em definitivo, a ACST pretende averiguar os aspectos gerais, e não os específicos, dos alinhamentos sociais e econômicos que explicam essas realidades. Nesse sentido, foram efetuados cinco grupos de entrevistas no Ceará, dos quais se escolheram três (Balanço do Coqueiro, Cetra e rede de feirantes), e quatro grupos na Paraíba, dos quais se utilizaram duas (rede POLO e ASPTA). Essas escolhas foram feitas em razão da significância e representatividade das entrevistas para os nichos.

A partir das transcrições das entrevistas dos atores-chave, foi construída a matriz de relacionamentos entre atores e conceitos. Em outras palavras, a matriz atores-conceitos é formada por um número de linhas que corresponde à quantidade de atores, e as colunas ao número de conceitos (Tabela 1). Os valores da matriz correspondem à existência de relação (valor 1) ou não (valor 0) entre os respectivos atores e conceitos. A partir das matrizes, estabelecem-se as redes de relacionamentos.

Tabela 1 – Matriz atores-conceitos hipotética (A = atores, C = conceitos).

	C1	C2	C3	C4	C5
A1	0	0	1	1	1
A2	1	1	0	0	0
A3	0	0	1	0	1
A4	1	0	0	0	1

Fonte: Elaboração própria.

Para realizar a ACST, trabalha-se com a matriz das relações entre conceitos (conceito-conceito) cotizadas pelo número de atores que relacionam cada dupla de conceitos, ou seja, uma matriz semelhante à Tabela 1, contudo, onde as categorias das linhas e das colunas são as mesmas, a lista de conceitos; portanto, a mesma quantidade de linhas e colunas (matriz quadrada). Cada célula dessa matriz (a relação entre uma dupla de conceitos) é preenchida pelo número de atores que configuram a relação. Essa matriz (conceitos-conceitos) é obtida através da técnica de relacionamento (relatedness) (Balland, 2017). O procedimento fornece, a partir da matriz atores-conceitos, uma matriz de conceitos-conceitos com as respectivas quantidades de atores.

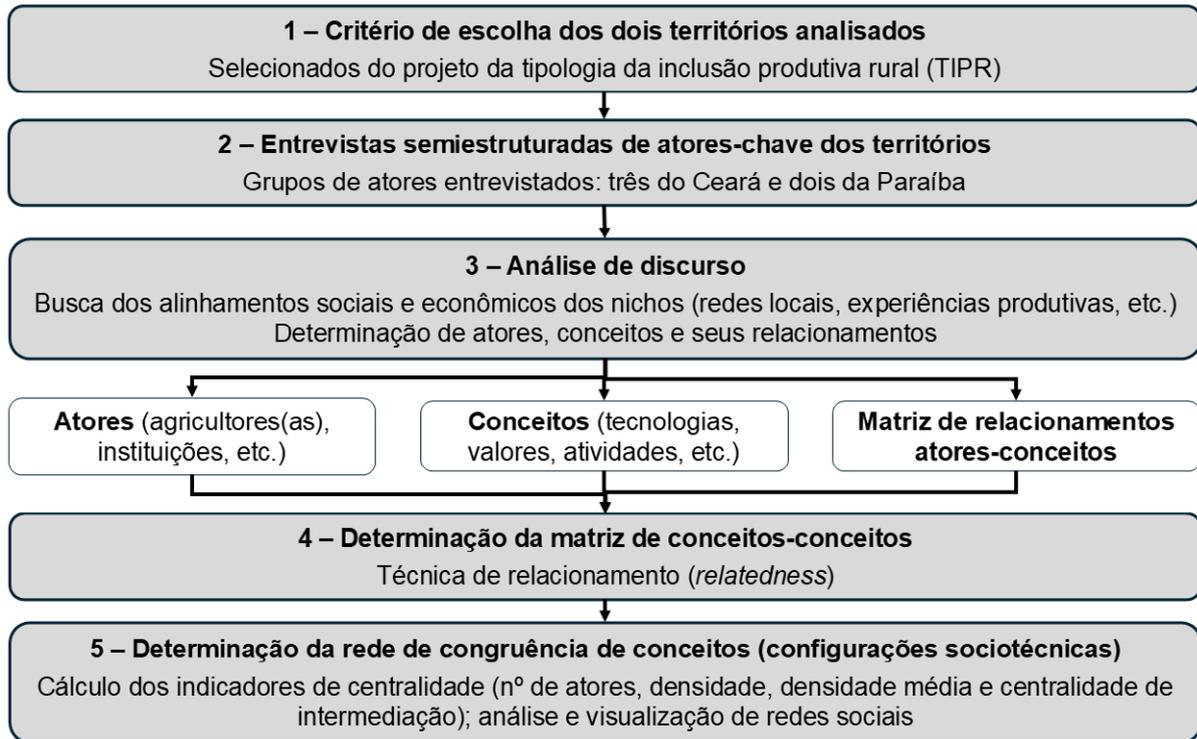


Figura 1 – Fluxograma metodológico da análise de configurações sociotécnicas (ACST)

Fonte: *Elaboração própria.*

Com essas operações, obtém-se a matriz (conceitos-conceitos) para construção da rede da ACST (Figura 1). Essa rede é composta pelos conceitos da configuração e denomina-se Rede de Congruência de Conceitos. Sobre ela podem aplicar-se os indicadores de centralidade, como o de densidade (degree), referente ao número de conexões de um elemento da rede, e de centralidade de intermediação (betweenness), que mede a capacidade de intermediação de um elemento (Hanneman; Riddle, 2005).

Tais redes são apresentadas por meio de uma rede radial de centralidade (Figura 2). As circunferências (azul-claro) referem-se aos valores de densidade, ou seja, quanto mais ao centro estiver o conceito, mais conexões possui; e as larguras das linhas ligando conceitos correspondem ao grau de centralidade de intermediação. Os conceitos (representados por esferas coloridas) são subdivididos em três tipos: os nichos de inovação de um sistema emergente (esferas verdes), o sistema dominante (esferas em azul-escuro) e a regulação ou as políticas (esferas vermelhas).

Ademais, foram calculados alguns índices globais de cada rede, como as densidades absoluta e média (número médio de atores por conceito). Esses indicadores medem a conectividade entre os elementos da rede, permitindo comparar diferentes redes.

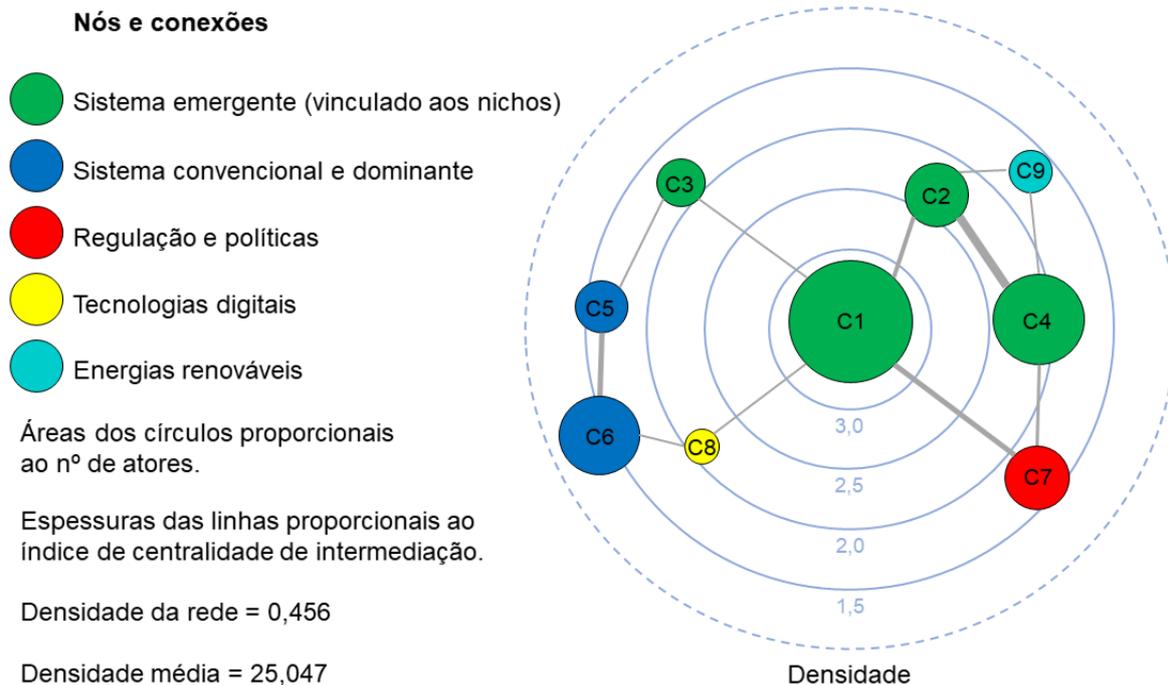


Figura 2 – Rede de congruência de conceitos hipotética (C = conceito)

Fonte: Elaboração própria.

A visualização e os indicadores das redes permitem compreender os alinhamentos das configurações em cada contexto. Assim, vários aspectos das configurações podem ser identificados conforme exemplificado abaixo:

- As linhas demarcam as conexões entre conceitos;
- Quanto mais no centro da rede, maior a capacidade do conceito relacionar-se com outros conceitos (densidade), o que mostra o seu poder de influenciar a configuração;
- Quanto maior o tamanho das esferas, maior a quantidade de atores vinculados ao conceito, o que denota capacidade de engajamento/vinculação ao conceito;
- Quanto maior a largura das linhas que ligam os conceitos, maior a capacidade de intermediação, ou seja, de serem entidades importantes na rede que vincula diferentes agrupamentos de conceitos – outra forma de indicar o grau de influência do conceito na rede;
- O indicador de densidade da rede mostra que, por exemplo, a rede da Figura 2 possui quase a metade (0,456) das conexões possíveis entre os nós (conceitos) na rede, significando que a estrutura global da rede é bem conectada.

Desse modo, é possível verificar a influência de certos conceitos (tecnologias, formas de organização, etc.) no contexto em tela, identificando, ao mesmo tempo, o poder que essas configurações têm no conjunto da rede de relações, o grau de institucionalização (formal e informal) e, igualmente, confrontando os sistemas sociotécnicos (ou regimes) antagônicos.

As redes sociais provenientes da ACST resultaram em conjuntos robustos de informações em ambos os territórios estudados. Assim, os dados quantitativos da análise de todos os cinco grupos desses territórios mostram que se chegou a um total de 447 atores avaliados e a uma média geral de 3,57 atores para cada conceito, revelando a complexidade das configurações sociotécnicas existentes nesses contextos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As regiões deste estudo, situadas nos estados do Ceará e da Paraíba, chegam aos dias de hoje após diversas transformações heterogêneas e diferenciadas nos seus respectivos regimes alimentares ao longo do tempo. São regimes caracterizados por desigualdades sociais e econômicas, pela exclusão da agricultura familiar tradicional das oportunidades e apoios à agricultura moderna. No período recente, o regime dominante é de cunho corporativo transnacional e muitas vezes se apropria do discurso ambientalista para fortalecer o domínio privado da alimentação em detrimento dos modelos alimentares públicos – aqui definido como regime sociotécnico convencional e dominante agroalimentar (McMichael, 2016).

Perante esse regime prevaemente estão os nichos-alvo deste estudo, que se identificam como experiências de inovação social e técnica. Eles dão suporte a um potencial novo regime em construção, marcado por uma produção alimentar saudável e sustentável, no âmbito da agroecologia e, principalmente, por uma lógica comunitária local baseada no território. Desse modo, apresentam-se a seguir as configurações sociotécnicas atuais das duas regiões em análise que contrastam de diferentes formas com o regime dominante.

Lembrando que os estudos em inovação em geral ressaltam que redes de atores mais densas (grandes quantidades de atores e vínculos entre estes) estão associadas, frequentemente, a situações de maior capacidade de inovação, o que depende do contexto territorial em termos de confiança e convenções compartilhadas (Glückler, 2007; Glückler; Doreian, 2016; Glückler *et al.*, 2017).

4.1 OS NICHOS DE INOVAÇÃO: REDES EM ITAPIPOCA NO CEARÁ

O território dos Vales Curu e Aracatiaçu, historicamente ocupado pelos indígenas do povo Tremembé, comunidades quilombolas e camponeses, tem no seu processo de modernização agrícola (centrado na cana-de-açúcar e coco, na década 1970) o aumento das tensões agrárias e início da luta por acesso à terra. Ao mesmo tempo, essas tensões se acentuaram no início deste século, tendo em vista os empreendimentos turísticos no litoral do território (Souza, 2010, p. 22). Todavia, foi também um momento em que a noção de desenvolvimento territorial ganhou emergência nacional, no qual as lutas históricas ganharam legitimidade e visibilidade a partir de ações de fortalecimento da agricultura familiar por meio de formações com base na agroecologia.

Foi por meio do processo de formação em agroecologia ocorrido em 2005, promovido pelo Cetra e com apoio da cooperação internacional, que surgiu a Rede de Agricultores Agroecológicos do território. A partir dessa formação, um grupo de agricultores e agricultoras – dos municípios de Itapipoca, Trairi, Tururu, Iruçuaba, Apuiarés e Amontada – decidiu criar a Feira Agroecológica e Solidária de Itapipoca. A feira passou a ser uma espécie de “extensão da atividade de formação, proporcionando a oportunidade para encontros, trocas de informações e ampliação do alcance da rede, com a incorporação gradativa de novos(as) participantes” (Souza, 2010, p. 23).

Funcionando uma vez por semana, a feira tem como objetivo dinamizar a produção de famílias rurais, proporcionar alimentação saudável e garantir o aumento da renda familiar (ACCV, 2021). Coordenada pelos próprios(as) agricultores e agricultoras, a experiência de Itapipoca foi se consolidando e

estimulando a criação de novas feiras em outros territórios. A partir de 2019, foi criada a Rede de Feiras Agroecológicas e Solidárias, envolvendo cerca de 300 famílias agricultoras, jovens, quilombolas e indígenas através de formações, reuniões da rede e fortalecimento das experiências agroecológicas e solidárias nos municípios e territórios (Cetra, 2024).

Duas iniciativas da Rede merecem destaque: a primeira é a criação de uma feira mensal agroecológica em Fortaleza (Ceará) com a participação de agricultores e agricultoras da Rede, envolvendo todos os territórios sob assessoria do Cetra. Como nem todos os feirantes podem participar, há uma ação coordenada que consiste em participantes da feira levarem produtos de seus vizinhos para vender e, em seguida, repassar o dinheiro para o produtor.

A segunda iniciativa aparece no contexto pandêmico com a organização de grupos de clientes para fazer a venda on-line. A partir dos contatos pré-existentes, com ajuda de filhos(as) e da assessoria, eles passaram a oferecer um “cardápio” de produtos semanalmente para seus clientes antigos. Com isso, novos clientes foram surgindo e se inserindo nos grupos de venda on-line dos feirantes. Além de agregar mais clientes, a venda on-line demandou um melhor planejamento da própria produção por parte das famílias feirantes, seja para consumo familiar, seja para o mercado recém-criado. Também foi um importante mecanismo no sentido de que alguns membros das famílias passaram a participar mais do processo de venda (preparação dos produtos, embalagens, entregas, busca por novos meios de pagamento, etc.).

Sobre um envolvimento maior de membros das famílias, convém ressaltar o papel da juventude nesse processo, especialmente um grupo de jovens denominado “Balanço do Coqueiro”, do Assentamento Maceió (historicamente importante na luta pela terra na região), em Itapipoca. O grupo é formado por jovens filhos de famílias assentadas e teve sua ação “organizativa” iniciada como um movimento artístico-cultural para depois ser complementada com ações produtivas, como a produção – mediante o método de prensagem – de óleo de coco e inovação na apresentação do produto (rótulo, embalagens com diversos volumes, busca de novos mercados, venda on-line, além dos mercados já consolidados, como as feiras agroecológicas).

Essa ação facilitou a inclusão de outros jovens e a diversificação de oportunidades de geração de renda e apropriação da identidade cultural, bem como a sucessão dos(as) agricultores(as) das gerações mais velhas.

É nesse contexto que se constituem os três nichos estudados: Balanço do Coqueiro (BC), Cetra e a Rede dos Feirantes (FF). Essas experiências em conjunto constituem o notável nicho da rede de feiras agroecológicas no território dos Vales do Curu e Aracatiaçu, em que o Cetra assessoria e o BC participa ativamente.

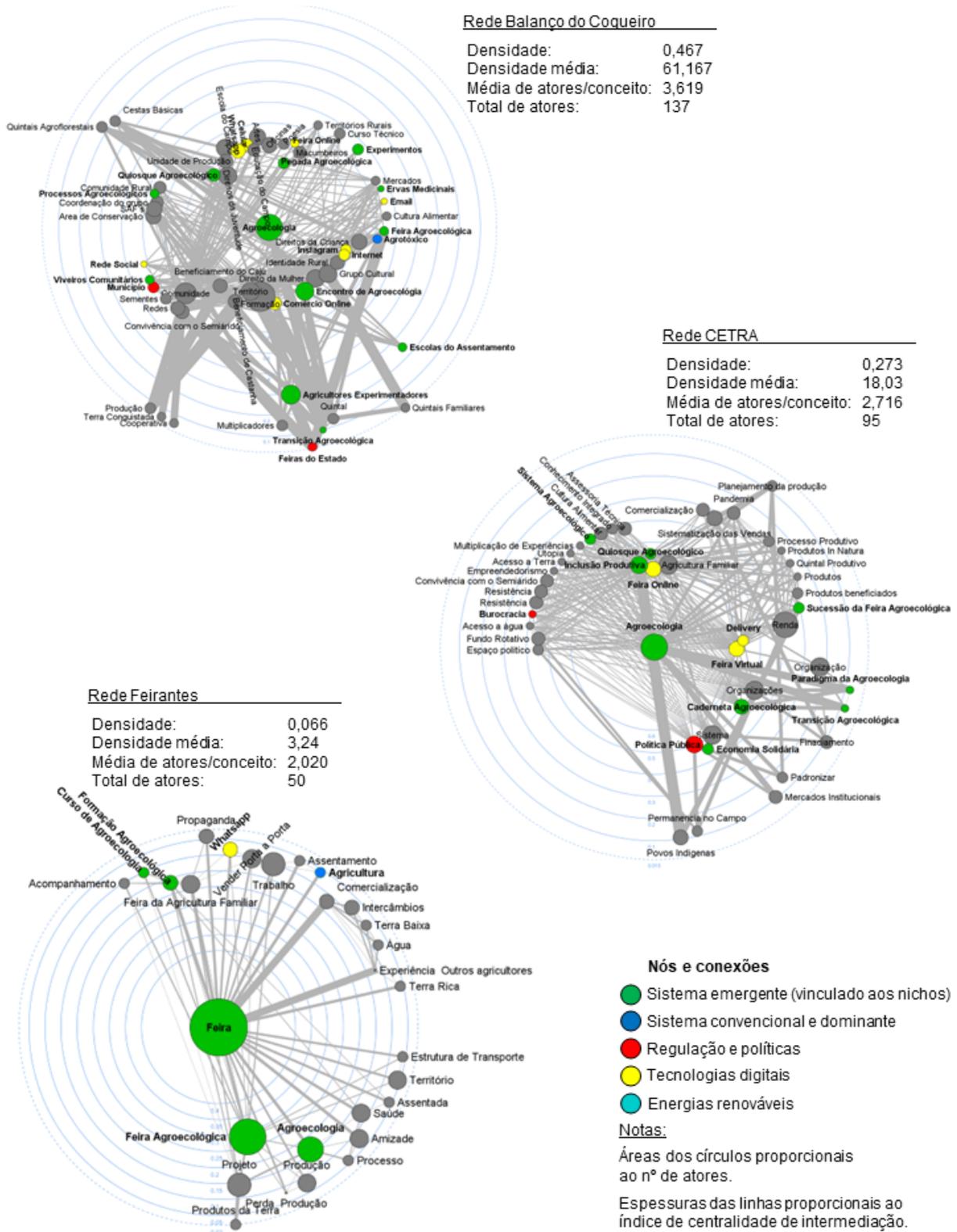


Figura 3 – Redes de congruência de configurações sociotécnicas no Ceará

Fonte: Elaboração própria.

As estatísticas gerais de redes mostram que BC e Cetra são redes claramente mais densas e complexas que a FF (Figura 3). Resultado explicado, em parte, pelo menor número de atores envolvidos nesta última (137, 95 e 50, respectivamente). Além disso, entre as duas mais densas, a rede de BC é a mais potente em termos de densidade/volume de vínculos, por apresentar maior densidade total e média, média de atores por conceito e, até mesmo, número total de atores. Lembrando que a maior densidade pressupõe uma provável maior capacidade da cooperação social na respectiva rede, portanto, uma possibilidade maior de inovações, conforme aponta a literatura dos estudos de inovação (Glückler *et al.*, 2017). Além disso, as conexões mais fortes entre conceitos (identificadas pela espessura das linhas na figura – centralidade de intermediação) mostram, claramente, as fortes configurações na rede BC, enquanto ambas as outras não tanto.

Na configuração do BC, a rede está centrada na agroecologia, ou seja, no regime emergente ligado aos nichos do estudo. A partir desse ponto central, pode-se apontar pelo menos quatro agrupamentos de conceitos mais próximos. Um no quadrante norte, nitidamente vinculado à agroecologia (com os conceitos “quiosque agroecológico” e “pegada agroecológica”), e a mais dois aspectos determinantes. O primeiro, relacionado às tecnologias digitais com o uso do “celular” e “WhatsApp”, portanto, na direção da comercialização da produção (“feira online”). E outro com a criatividade no sentido das “artes” (por exemplo, “poesia”). Adiciona-se a isso um ponto de religiosidade de matriz africana com os “Macumbeiros”. A este grupo deve-se somar o ensino técnico (“curso técnico”, “Escola de Campo” e “oficinas”), o que corrobora a participação conjunta entre produção agroecológica, digitalização e criatividade. União que expõe uma convergência de diferentes tipos de conhecimentos (analítico, sintético e simbólico), que em conjunto são relevantes para os processos de inovação (Asheim, 2007).

Na porção sul-leste, verifica-se, novamente, a influência das tecnologias digitais (“internet”, “e-mail” e “Instagram”) com o objetivo de acesso a novos mercados (“comércio on-line” e “Feira Agroecológica”). Nesse setor, é interessante destacar o peso da discussão sobre direitos humanos (“direito da mulher” e “direito da criança”). Em termos produtivos, esse grupo está ligado aos “beneficiamento(s)” “do caju” e “da castanha”.

No pequeno grupo a sudoeste, surge a importância das “sementes” com um caráter cultural territorial marcado na “convivência com o semiárido” dentro de configurações ligadas às “redes sociais”. Mas também pode-se observar o papel do poder público (“município”) no sentido de ações coletivas (“viveiros comunitários”). Aqui, merece destaque também outro elemento estatal: o das “feiras do estado”, localizadas na porção mais ao sul. Apesar de estar na margem das densidades da rede (circunferências mais exteriores como descritas na seção de metodologia), esse grupo é um ponto de união de ambos os setores anteriores (sul-leste e sudoeste). Neste, está presente a menção à transição agroecológica.

Nessa configuração, o regime dominante vinculado ao uso de “agrotóxico” encontra-se representado no meio do agrupamento sul-leste, o que caracteriza uma possível tentativa de confluência de diferentes tipos de regimes em confronto, em que os agricultores são obrigados a escolher entre um ou outro – uma situação possível em processos de transição (Geels; Schot, 2007).

Como a segunda mais densa, a rede Cetra apresenta uma configuração mais simples centralizada na “agroecologia”. Na parte logo acima do conceito central, ao norte, está a “agricultura familiar”, fortalecida pelas atividades agroecológicas (“quiosque agroecológico”) e pelas tecnologias digitais (“feira on-line”), e com o objetivo de “inclusão produtiva”.

Esse setor está vinculado a dois aspectos. Um na porção oeste-noroeste relacionado às dificuldades para o “sistema agroecológico”, como a “burocracia”, e a elementos de “resistência”, busca de “espaço político” e de “acesso à terra”. Como caminhos para superar esses obstáculos estão o “empreendedorismo”, a “assessoria técnica” e o “conhecimento integrado” para a “multiplicação de

experiências”. Aqui, é importante destacar a procura de uma nova realidade mais sustentável ligada à “cultura alimentar” como “utopia”.

O segundo aspecto está localizado no setor leste-nordeste e diz respeito, em especial, à “renda”. Aqui aparecem como elementos fundamentais o “planejamento da produção”, “sistematização das vendas”, “produtos beneficiados” e “produtos in natura”. Uma preocupação destacada é a “sucessão da feira ecológica” para a manutenção das atividades, uma vez que os feirantes pioneiros estão envelhecendo, desafio relevante para a evolução de um novo regime.

Na porção sudeste, verificam-se os elementos constituintes de uma “transição agroecológica” que são: as tecnologias digitais (“delivery” e “feira virtual”) e o papel da “política pública” vinculada à “economia solidária” e aos “mercados institucionais”. Aqui aparecem também os “povos indígenas” (na extremidade sul da configuração) como nó importante para a “inclusão produtiva”, demandante da melhoria da “renda”.

A rede dos FF é a rede menos densa, mas muito importante pela informação gerada. O ponto central é o conceito “feira”, como não poderia ser diferente para esse caso. Este último está associado a dois grupamentos de conceitos: o grupo a sul-sudeste, o mais relevante, porque congrega a “feira agroecológica” e a própria “agroecologia” (conceitos com números significativos de atores). Do outro lado está o grupo norte-nordeste, vinculado à aprendizagem agroecológica (“curso de agroecologia” e “formação agroecológica”), às tecnologias digitais (“Whatsapp”) e à “comercialização”. Inserida neste grupo está a agricultura convencional (regime dominante) que, basicamente, está presente nas feiras, muitas vezes em conflito, mas às vezes como uma oportunidade de busca por fidelizar clientes para feirantes agroecológicos.

O conjunto dessas três redes no Ceará marca a centralidade da agroecologia como farol dos nichos em torno de uma produção diferenciada, por meio da sustentabilidade e do trabalho coletivo. As características principais desse grupo de configurações sociotécnicas são:

- Organização comunitária e social local como principal fortaleza das experiências;
- Papel importante das tecnologias digitais para o acesso a mercados, basicamente relacionadas a dispositivos móveis e mídias sociais digitais (o que foi fortalecido pela ocorrência da pandemia da Covid-19);
- Pouca presença de políticas públicas como elemento estruturador ou de suporte das experiências, o que caracteriza uma fraqueza no sentido do fortalecimento das ações e da difusão do conhecimento; e
- Confrontação intensa dos nichos com o regime convencional dominante, sobretudo na rede Cetra, situação resultante de um processo histórico de exclusão e desigualdade econômica, e busca de direitos sociais de setores populares rurais que se reflete na diferenciação entre sistemas sociotécnicos.

4.2 OS NICHOS DE INOVAÇÃO: REDES NO POLO DA BORBOREMA NA PARAÍBA

O Polo da Borborema é resultado de uma longa tradição de resistência social e política a conjunturas políticas e econômicas adversas à agricultura camponesa. Atualmente, está estruturado pela articulação de 13 sindicatos de trabalhadoras e trabalhadores rurais, 150 associações comunitárias, uma associação regional de produtoras e produtores agroecológicos – a EcoBorborema – e a cooperativa CoopBorborema, também formada por agricultoras e agricultores familiares (Entrevista AS-PTA, 2023).

As redes impulsionadas pelo Polo da Borborema agregam Sindicatos de Trabalhadores(as) Rurais, organizações não governamentais, como a AS-PTA, e fóruns de organizações da sociedade civil, como a Articulação do Semiárido Paraibano (ASA-PB). Como ator político, o Polo construiu uma proposta de desenvolvimento local e promoção da agroecologia (Silveira *et al.*, 2010).

Um caminho para a inclusão produtiva nesse território são as 12 feiras agroecológicas fixas, realizadas semanalmente em vários municípios, e outras sete feiras que acontecem em eventos específicos, como é o caso da Marcha das Mulheres, os encontros da juventude, a festa da colheita e três feiras organizadas em âmbito estadual, em parceria com a Articulação do Semiárido Paraibano (ASA-PB).

A gestão das feiras é definida por um coletivo de feirantes (regras da organização, o gerenciamento do espaço, o gerenciamento de um fundo de feira e ajustes no funcionamento). Essa gestão é feita mensalmente em reuniões itinerantes nas propriedades dos feirantes, o que também contribui para a certificação participativa dos produtos agroecológicos.

Às feiras, somam-se recentemente as “quitandas agroecológicas” com um papel de destaque das mulheres agricultoras do território. Desde o início da formação do Polo da Borborema, um grupo de mulheres se consolidou em torno do tema “saúde e alimentação”, trazendo o debate para o centro das ações sobre agroecologia. Com o avanço das ações, ocorreu o melhoramento e a implantação de quintais agroecológicos, criação de pequenos animais, diversificação produtiva em canteiros econômicos, beneficiamento da produção e, por último, a instalação de uma cozinha escola.

Nesse contexto, configuram-se os nichos analisados: a organização sindical do Polo da Borborema e a organização não governamental AS-PTA. Os dados estatísticos das respectivas configurações sociotécnicas mostram que ambas as redes são densas em vínculos entre conceitos e, conseqüentemente, os atores envolvidos (Figura 4). Entretanto, aponta-se a diferença interessante de que a ASPTA, apesar de possuir um número consideravelmente maior de atores (99) do que a Polo (66), apresenta uma densidade total e média mais baixa (de qualquer forma próximas em intensidade), significando que a rede Polo é ligeiramente mais complexa e, portanto, mais interconectada e ativa. Por conseguinte, a rede Polo apresenta uma capacidade de cooperação social muito importante, elemento essencial para os processos de inovação (Glückler *et al.*, 2017). Além disso, essas configurações estão envolvidas em conflitos com outros regimes sociotécnicos.

A configuração da rede POLO não apresenta um conceito único central e, sim, um conjunto de temas centrais (representado na Figura 4 no círculo incompleto de conceitos central). Mesmo assim, a “agroecologia” aparece em destaque (sobretudo em razão do número maior de atores) ligada à “feira agroecológica”. Em termos dos nichos emergentes (vinculados à agroecologia), merece atenção, também, na parte leste, a “Marcha das Margaridas”, evento de luta pelos direitos das mulheres que ocorre a cada quatro anos. Interessante apontar que essa mobilização de mulheres anda junto ao “beneficiamento do algodão agroecológico”. Igualmente, junto a esses estão o “banco comunitário de hortaliças” e as “cestas solidárias”, conectando a produção e a comercialização (esfera técnica-produtiva) à luta pelos direitos das mulheres.

Por outro lado, aparece o papel da “política pública” promovendo tanto a produção agroecológica, bem como a “agricultura” convencional. Relacionado ao regime convencional aparece a produção com “agrotóxico”. Nesse contexto, o “produto com agrotóxicos” está próximo da “agroecologia”, mas como uma produção que prejudica os produtores agroecológicos (o que foi verificado nas transcrições das entrevistas). Portanto, o regime convencional (com agrotóxicos) está em confronto com os nichos emergentes (agroecológicos).

Nessa configuração, merece ênfase também o papel contraditório e polêmico das energias renováveis na região, especificamente quanto à “energia eólica”. Como alternativa energética ambientalmente correta, essa tecnologia parece desestruturar a organização das comunidades e toda a trajetória de

construção territorial – problema que será retomado adiante. Diversos outros estudos alertam para essa mesma problemática em diferentes geografias. Na própria Região Nordeste do Brasil, observa-se a marginalização econômica e física das comunidades locais (Gorayeb *et al.*, 2018), problema que se estende a outros países do Sul Global, na África e na Ásia, mas também afeta o Norte Global (Sovacool, 2021).

No mesmo sentido, tais situações de injustiça apresentam-se em outros setores pretensamente sustentáveis, como das energias solar e nuclear, veículos elétricos, reciclagem de equipamentos eletrônicos, atividades de mitigação das mudanças climáticas, entre outros (Marino; Ribot, 2012; Ramos-Castillo *et al.*, 2017; Sovacool *et al.*, 2021). Esses exemplos enfatizam o lado obscuro das inovações tecnológicas tanto em relação à sua produção e ao seu uso, causando impactos nocivos ao ambiente (Coad *et al.*, 2021), como também à sua distribuição geográfica desigual dos efeitos positivos e negativos entre nações e internamente a estas (Boschma *et al.*, 2025; Pinheiro *et al.*, 2022).

Já a configuração da ASPTA possui um conceito central, que é a “comercialização” – o cerne dessa rede. Ligado a isso está a “agroecologia”, que se espalha em diversas vertentes das atividades econômicas da região. Com efeito, verificam-se os “bancos comunitários de sementes” com o importante aporte da “certificação participativa” dos produtos (validando a qualidade deles), e, igualmente, da “rede de feiras” e ações de promoção, como o “Natal sem Veneno”. Como exemplo de produto nesse contexto está o “algodão agroecológico”.

Nesse cenário, surge também o debate sobre direitos por meio da “Marcha das Mulheres”, na vertente noroeste da rede, relacionado a aspectos identitários territoriais marcantes como o “Semiárido” e o próprio “Território da Borborema”.

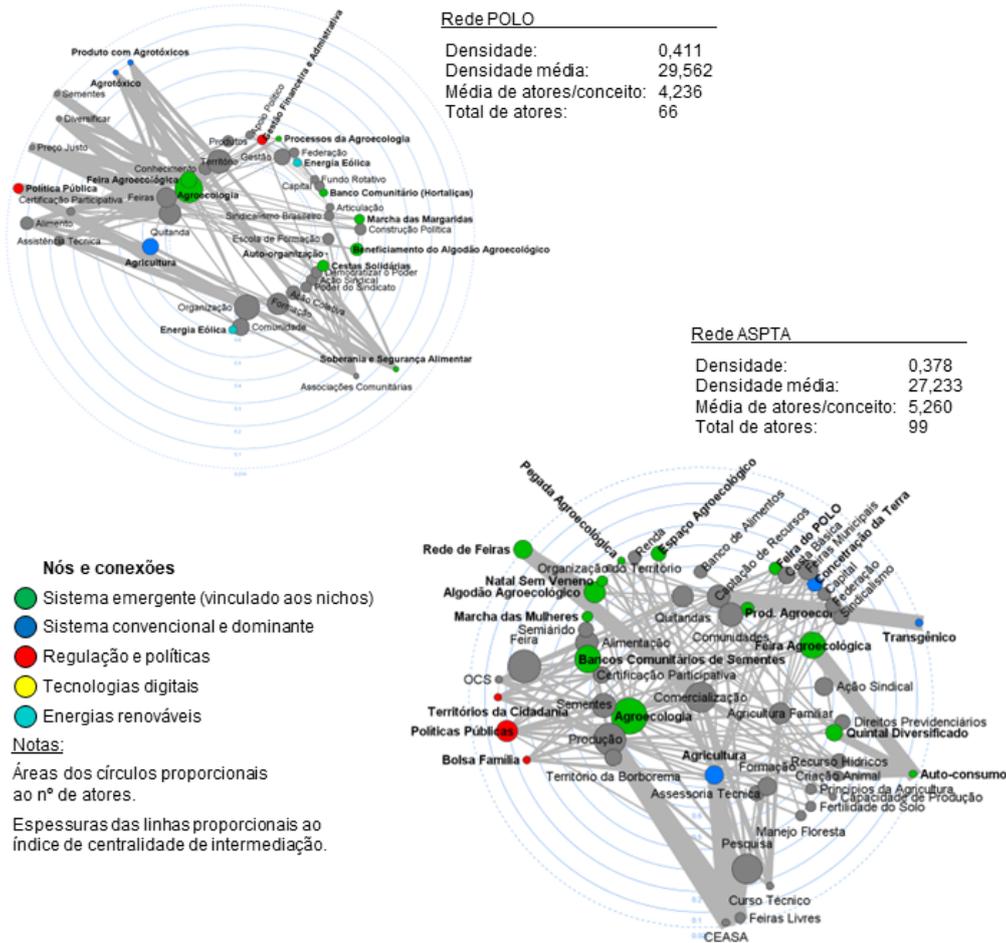


Figura 4 – Redes de congruência de configurações sociotécnicas na Paraíba

Fonte: Elaboração própria.

Pelo lado das “políticas públicas”, no setor oeste, apresentam-se dois programas importantes do governo federal que contribuíram para a conformação dessa produção: o “Territórios da Cidadania” e o “Bolsa Família”. O primeiro programa foi um apoio, principalmente para os “bancos comunitários de sementes”, ao passo que o “Bolsa Família” liga-se à “Feira Agroecológica” e à “formação” das(os) agricultoras(es).

Em relação ao regime dominante e convencional, pode-se apontar sua repercussão na porção nordeste da rede como disfuncional na configuração dos nichos (confirmado nas respectivas entrevistas). Os dois elementos estruturantes do regime são o alimento “transgênico” e a “concentração de terra”, definindo-se assim os domínios tecnológico e de acesso à terra nessa configuração. Para contrapor esses elementos, os nichos respondem por meio das “feiras municipais” e da “Feira do POLO” de matriz agroecológica, ou seja, da comercialização de produtos diferenciados (saudáveis e sustentáveis) e, também, por meio do “sindicalismo” ou “ação sindical”.

A conjugação das duas redes aponta para configurações menos convergentes à agroecologia, apesar de intensas, do que no Ceará. Semelhante às do Ceará, as redes da Paraíba são marcadas pelo trabalho coletivo para a produção alimentar sustentável, tendo como principais características:

- Organização coletiva vinculada ao sindicalismo e organização;
- Tecnificação das atividades produtivas com caráter preponderantemente tradicional – ausência aparente das tecnologias digitais;

- Presença consistente de políticas públicas de cunho social e, também, produtivo;
- Nichos em enfrentamento ao regime convencional alimentar e, adicionalmente, a um regime contraditório no âmbito da sustentabilidade ligado à produção de energia renovável (eólica).

De modo geral, para ambos os territórios – Itapipoca, no Ceará, e Borborema, na Paraíba – alguns resultados do estudo apontam para um elemento relevante em termos práticos e científicos. Um processo de transição está relacionado tanto ao desenvolvimento técnico, como ao social – este último referenciado, pelo menos, às condições mínimas para uma vida criativa. Em outras palavras, à importante complementaridade indissociável entre capacidades sociais e tecnológicas para os processos de inovação (Fagerberg; Srholec, 2009). Portanto, a organização social das comunidades analisadas é um elemento imprescindível para a geração de inovações, como apontado pela literatura especializada para a cooperação social em uma pequena empresa ou multinacional (Broekel; Boschma, 2016; Hill *et al.*, 2014).

Além disso, salienta-se a importância das diferentes bases de conhecimento, sobretudo as práticas e simbólicas, originárias dos conhecimentos tradicionais, tanto para os processos de inovação (Tartaruga, 2021) quanto para o desenvolvimento sustentável (Tartaruga; Sperotto, 2021). Contudo, importa enfatizar que o estudo desses territórios tem como diferencial o destaque da inclusão inserida nestes e, portanto, a centralidade da inclusão social e econômica nas inovações (inovações inclusivas) para uma alimentação saudável e sustentável. Esses resultados apontam para o enfrentamento dos três principais desafios das inovações inclusivas ou de base popular (Smith *et al.*, 2014); questionamentos importantes para a academia (ciência) e a construção de políticas de desenvolvimento para a diminuição da pobreza (Kaplinsky, 2011).

Primeiro, a necessidade de criatividade dos grupos sociais locais para lidar com a ausência de acesso aos mercados e ao Estado. Segundo, a exigência de pioneirismo, mediante lideranças e cooperação social, na criação ou fomento a economias inclusivas e sustentáveis. Por fim, terceiro, a conveniência de tentar fazer diferente (no cotidiano, na produção, etc.) por meio de novas ideias baseadas no conhecimento local, apontando, assim, os impedimentos estruturais para a inovação inclusiva.

5 CONCLUSÕES

A quantidade de estudos sobre transições de sustentabilidade mostra um crescimento significativo nos últimos anos em função das transformações ambientais e sociais em curso. Nesse contexto, os sistemas alimentares possuem impacto relevante tanto nas mudanças climáticas como nos processos de desigualdades socioeconômicas em diversas regiões do mundo. Assim, este trabalho pôde verificar aspectos essenciais para a compreensão desses fenômenos no Nordeste do Brasil no período recente.

Como sustentado pela literatura das transições, apenas uma robusta e significativa constelação de relações entre atores territoriais e inovações técnicas pode causar uma verdadeira transição para um regime mais sustentável e saudável para comunidades locais, principalmente aquelas mais vulneráveis. Os resultados apresentados mostram algum grau de sistematização e organização – um alinhamento – dos nichos analisados a partir de contextos diferentes, característica fundamental para a possibilidade de surgimento de um novo regime sociotécnico efetivo. Entretanto, os alinhamentos dos nichos estudados dependem, em grande medida, de instituições informais da comunidade, como a confiança, a amizade e, em menor medida, das instituições formais (leis, regulamentações, etc.). Mesmo assim, deve-se ressaltar algumas experiências louváveis, como, por exemplo, a certificação participativa dos produtos agroecológicos. A fortaleza dessas instituições informais está baseada no território – Semiárido, Território da Borborema, entre outros – como substrato referencial das comunidades.

Esta característica – reduzida formalização institucional – dos nichos aponta para uma dificuldade da realização de um maior salto técnico das experiências no desenvolvimento tecnológico. Tal condição explica-se pela incidência relativamente baixa das políticas públicas de inovação, sobretudo na direção da geração de capacidades, incentivos para a auto-organização dos grupos no território e acesso a tecnologias digitais como complemento aos processos agroecológicos. Outra explicação dessa situação é a necessidade premente das condições básicas de sobrevivência e mesmo de existência quando, por exemplo, fala-se de direitos das mulheres ou da juventude.

No entanto, pode-se afirmar que os atores sociais compartilham valores culturais que são anteriores à conformação de redes de mercados. O enraizamento social na criação, no controle e na manutenção desses mercados é importante por favorecer a viabilidade dos mercados e, por sua vez, os processos de inclusão produtiva. Os territórios analisados apresentam nichos de inovação ainda emergentes, mas contemplam relevante melhoria das condições sociais de grupos vulneráveis.

Nesse contexto, os nichos na sua trajetória de transição para um regime sustentável podem seguir diversas estratégias. Assim, eles podem ir por uma estratégia de substituição tecnológica em relação ao regime dominante, o que não é o caso desta pesquisa, visto que os nichos teriam que ser bem estruturados e fortes, e poderiam simplesmente substituir as tecnologias do regime incumbente – uma fortaleza que não possuem para enfrentar o regime dominante.

Podem, ainda, seguir um caminho de desalinhamento e realinhamento, este mais plausível para os casos em estudo. Nesse caso, os panoramas sociotécnicos (elementos macroestruturais na direção da sustentabilidade) têm um papel fundamental no sentido de pressionar o regime dominante para uma mudança (desalinhamento) e, assim, oportunizando aos nichos emergentes a obtenção de seu espaço em janelas de oportunidade (realinhamento), ao mesmo tempo que esses panoramas sociotécnicos incentivam agentes externos (por exemplo, governos, universidades ou ONGs) a apoiarem os nichos nesses territórios.

Os resultados revelaram também a ameaça de outro regime incumbente externo: o das energias renováveis na região, principalmente na Borborema. Apesar do seu apelo à sustentabilidade ambiental, já há literatura científica criticando a implantação de fazendas de energia eólica no Nordeste do Brasil nos últimos anos. Nesse cenário, as comunidades tradicionais sofrem a perda de domínio de suas terras, o que afeta também sua capacidade de organização social e econômica. Basicamente, tal problemática está relacionada aos processos de planejamento privado dessas atividades, com o apoio imprescindível dos poderes locais e regionais.

Por fim, este trabalho aponta para uma agenda de pesquisa relevante e viável sobre transições sociotécnicas relacionadas às regiões analisadas, com repercussões significativas no país. Como sustentado pela literatura das transições, a realização das transições de sustentabilidade depende de uma convergência de nichos que sigam em um mesmo sentido, de modo a superar o regime existente. Junta-se a isso o papel fulcral (positivo ou negativo à transição) do contexto geográfico em que estão inseridos esses nichos. Portanto, aqui abrem-se diversas linhas de pesquisa, como a identificação e o estudo de mais nichos, como os analisados aqui e sua força (em conjunto) em vencer o regime prevalecente; a identificação das características convenientes dos contextos territoriais à transição; e a avaliação das políticas públicas mais favoráveis e eficientes para esses nichos.

Para além do sistema alimentar, a introdução de tecnologias ambientais forâneas é outra temática importante para futuras análises. Como discutido anteriormente, a energia eólica é uma dessas técnicas com pressupostos ambientais aparentemente louváveis, mas com repercussões negativas às comunidades locais. Essa necessidade de entendimento mais aprofundado está no âmbito dos estudos dos impactos adversos de algumas atividades de mitigação das mudanças climáticas, sobretudo nas regiões mais vulneráveis economicamente, tanto de países em desenvolvimento como desenvolvidos.

Este artigo contribui para o debate sobre transições sociotécnicas sustentáveis ao demonstrar como a inclusão produtiva rural pode ser potencializada por meio de nichos de inovação locais. Ao destacar o papel decisivo das capacidades cognitivas e organizativas dos agricultores familiares e das redes comunitárias na Região Nordeste do Brasil, evidencia-se a relevância do contexto territorial para o êxito dessas transições. Contudo, identificam-se limitações importantes, tais como a reduzida formalização institucional das iniciativas e a baixa incidência de políticas públicas direcionadas ao fortalecimento dessas experiências. Recomenda-se, portanto, que futuras pesquisas investiguem estratégias para suprir essas lacunas, além de analisar criticamente os impactos locais de tecnologias ambientais externas, como as energias renováveis, sobre as comunidades rurais.

AGRADECIMENTOS

Estudo realizado no âmbito do projeto “Produção Rural Inclusiva e Sistemas Alimentares (Prisma): apontando caminhos para consolidação de nichos de inovação”, liderado pela Rede Brasileira de Pesquisa e Gestão em Desenvolvimento Territorial (Rete) e financiado pela “Cátedra Itinerante sobre Inclusão Produtiva no Brasil Rural e Interiorano”, iniciativa do Cebrap Sustentabilidade.

Com apoio do Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território (Cegot), financiado por fundos nacionais por intermédio da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT – Portugal) com a referência UIDB/04084/2020.

NOTAS

1 | Além das transições sociotécnicas, foram avaliadas mais 13 abordagens, entre elas a dos sistemas técnicos, teoria das práticas sociais, imaginários sociotécnicos e teoria ator-rede.

2 | O procedimento computacional realizou-se no pacote EconGeo do software de estatística R (RStudio Team, 2020). A função fornece a rede de relações entre os conceitos a partir da matriz de co-ocorrências (atores-conceitos).

3 | Indicadores das redes calculados no software de análise e visualização de redes sociais Visone (2024).

4 | A densidade de rede varia de 0 a 1, em que a unidade significa que a rede apresenta a conectividade máxima possível (todas as entidades estão ligadas diretamente).

5 | As expressões apresentadas entre aspas dizem respeito a conceitos presentes nas redes das configurações.

6 | Cetra – Centro de Estudos do Trabalho e de Assessoria ao Trabalhador e à Trabalhadora. Disponível em: <https://cetra.org.br/quem-somos/>

7 | AS-PTA Agricultura Familiar e Agroecologia (<https://aspta.org.br/quem-somos/>).

REFERÊNCIAS

AÇÃO COLETIVA COMIDA DE VERDADE. **Comida de verdade em tempos de pandemia**: resultados de pesquisa e indicativos de ação projeto “Covid-19 e sistemas agroalimentares no Brasil”. Available in: <https://acaocoletivacomidaverdade.org>. Access at: 1 set. 2021.

ASHEIM, B. Differentiated knowledge bases and varieties of regional innovation systems. **Innovation: The European Journal of Social Science Research**, v. 20, n. 3, p. 223–241, 2007. Available in: <https://doi.org/10.1080/13511610701722846>

BALLAND, P.-A. **Economic Geography in R**: introduction to the EconGeo package. *Papers in Evolutionary Economic Geography*, v. 17, n. 9, p. 1–60, 2017. Available in: <http://econ.geo.uu.nl/peeg/peeg1709.pdf>. Access at: 9 jul. 2019

BINZ, C.; COENEN, L.; MURPHY, J.; TRUFFER, B. Geographies of transition —From topical concerns to theoretical engagement: a comment on the transitions research agenda. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 34, p. 1–3, 2020. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2019.11.002>

BOSCHMA, R.; FITJAR, R.; GIULIANI, E.; IAMMARINO, S. Unseen costs: the inequities of the geography of innovation. **Regional Studies**, 2025. Available in: <https://doi.org/10.1080/00343404.2024.2445594>

BROEKEL, T.; BOSCHMA, R. The cognitive and geographical structure of knowledge links and how they influence firms' innovation performance. **Regional Statistics**, v. 6, n. 2, p. 3-26, 2016. Available in: <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/terstat/2016/rs06201.pdf>

COAD, A.; NIGHTINGALE, P.; STILGOE, J.; VEZZANI, A. Editorial: the dark side of innovation. **Industry and Innovation**, v. 28, n. 1, p. 102-112, 2021. Available in: <https://doi.org/10.1080/13662716.2020.1818555>

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. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.232>

FAGERBERG, J.; SRHOLEC, M. **Knowledge, capabilities and the poverty trap**: the complex interplay between technological, social and geographical factors. TIK Working Papers on Innovation Studies, n. 20091218, Oslo: TIK, 2009.

FAVARETO, A.; VAHDAT, V.; FAVARÃO, C.; FERNANDES, B. **Relatório inclusão produtiva no Brasil rural e interiorano 2022**. São Paulo: Cebrap, 2022.

GEELS, F. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. **Research Policy**, v. 31, n. 8–9, p. 1257-1274, 2002. Available in: [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00062-8)

GEELS, F. The multi-level perspective on sustainability transitions: responses to seven criticisms. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 1, n. 1, p. 24–40, 2011. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2011.02.002>

GEELS, F. Socio-technical transitions to sustainability: a review of criticisms and elaborations of the Multi-Level Perspective. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 39, p. 187–201, 2019. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.06.009>

GEELS, F.; SCHOT, J. Typology of sociotechnical transition pathways. **Research Policy**, v. 36, n. 3, p. 399–417, 2007. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003>

GLÜCKLER, J. Economic geography and the evolution of networks. **Journal of Economic Geography**, v. 7, n. 5, p. 619-634, 2007. Available in: <https://doi.org/10.1093/jeg/lbm023>

GLÜCKLER, J.; DOREIAN, P. Editorial: social network analysis and economic geography—positional, evolutionary and multi-level approaches. **Journal of Economic Geography**, v. 16, n. 6, p. 1123-1134, 2016. Available in: <https://doi.org/10.1093/jeg/lbw041>

GLÜCKLER, J.; LAZEGA, E.; HAMMER, I. Exploring the Interaction of Space and Networks in the Creation of Knowledge: an introduction. In: GLÜCKLER, J.; LAZEGA, E.; HAMMER, I. (Ed.). **Knowledge and Networks**. Heidelberg: Springer, 2017. p. 1-21.

GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C.; MEIRELES, A.; MENDES, J. Wind power gone bad: critiquing wind power planning processes in northeastern Brazil. **Energy Research & Social Science**, v. 40, p. 82–88, 2018. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.11.027>

HANNEMAN, R.; RIDDLE, M. **Introduction to social network methods**. Riverside: University of California, 2005.

HANSEN, T.; COENEN, L. The geography of sustainability transitions: review, synthesis and reflections on an emergent research field. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 17, p. 92-109, 2015. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2014.11.001>

HEIBERG, J.; TRUFFER, B.; BINZ, C. Assessing transitions through socio-technical configuration analysis – a methodological framework and a case study in the water sector. **Research Policy**, v. 51, n. 1, 2022. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104363>

HILL, L. A.; BRANDEAU, G.; TRUELOVE, E.; LINEBACK, K. **Collective Genius: the art and practice of leading innovation**. Boston: Harvard Business School Publishing, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2017-2018**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Available in: <http://ibge.gov.br>. Access at: 15 jul. 2022.

KANGER, L. The spatial dynamics of deep transitions. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 44, p. 145-162, 2022. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2022.06.005>

KAPLINSKY, R. Schumacher meets Schumpeter: appropriate technology below the radar. **Research Policy**, v. 40, n. 2, p. 193-203, 2011. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.10.003>

KÖHLER, J.; GEELS, F. W.; KERN, F.; MARKARD, J.; WIECZOREK, A.; ALKEMADE, F.; AVELINO, F.; BERGEK, A.; BOONS, F.; FÜNFSCILLING, L.; HESS, D.; HOLTZ, G.; HYYSSALO, S.; JENKINS, K.; KIVIMAA, P.; MARTISKAINEN, M.; MCMMEEKIN, A.; MÜHLEMEIER, M. S.; NYKVIST, B.; ONSONGO, E.; PEL, B.; RAVEN, R.; ROHRACHER, H.; SANDÉN, B.; SCHOT, J.; SOVACOOOL, B.; TURNHEIM, B.; WELCH, D.; WELLS, P. An agenda for sustainability transitions research: state of the art and future directions. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 31, p. 1–32, 2019. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2019.01.004>

LESCH, D.; MIÖRNER, J.; BINZ, C. The role of global actors in sustainability transitions – Tracing the emergence of a novel infrastructure paradigm in the sanitation sector. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 49, p. 100787, 2023. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2023.100787>.

MARINO, E.; RIBOT, J. Special Issue Introduction. Adding insult to injury: climate change and the inequities of climate intervention. **Global Environmental Change**, v. 22, n. 2, p. 323-328, 2012. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.03.001>

MARKARD, J.; RINSCHIED, A.; WIDDEL, L. Analyzing transitions through the lens of discourse networks: coal phase-out in Germany. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 40, p. 315-331, 2021. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2021.08.001>

MCMICHAEL, P. **Regimes alimentares e questões agrárias**. São Paulo: Unesp, 2016.

MIÖRNER, J.; BINZ, C.; FUENFSCILLING, L. Understanding transformation patterns in different socio-technical systems – A scheme of analysis. **Geist – Geography of Innovation and Sustainability Transitions**, n. 11, 2021. Geist Working Paper series. Available in: https://www.geist-wp.com/papers/geist_wp_2111.pdf. Access at: 15 mar. 2022.

MIÖRNER, J.; HEIBERG, J.; BINZ, C. How global regimes diffuse in space – Explaining a missed transition in San Diego’s water sector. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 44, p. 29-47, 2022. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2022.05.005>

PINHEIRO, F.; BALLAND, P-A.; BOSCHMA, R.; HARTMANN, D. The dark side of the geography of innovation: relatedness, complexity and regional inequality in Europe. **Regional Studies**, v. 59, n. 1, 2022. Available in: <https://doi.org/10.1080/00343404.2022.2106362>

RAMOS-CASTILLO, A.; CASTELLANOS, E.; GALLOWAY MCLEAN, K. Indigenous peoples, local communities and climate change mitigation. **Climatic Change**, v. 140, n. 1, p. 1-4, 2017. Available in: <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1873-0>

RITCHIE, H.; ROSADO, P.; ROSER, M. **Environmental impacts of food production**. OurWorldInData.org, 2022. Available in: <https://ourworldindata.org/environmental-impacts-of-food>. Access at: 10 abr. 2024.

RSTUDIO TEAM. **RStudio**: integrated development for R [Computer Software]. Boston: RStudio, 2020. Available in: <https://rstudio.com/>. Access at: 10 dez. 2023.

SCHOT, J.; KANGER, L. Deep transitions: emergence, acceleration, stabilization and directionality. **Research Policy**, v. 47, n. 6, p. 1045-1059, 2018. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.03.009>

SILVEIRA, L.; FREIRE, A.; DINIZ, P. C. O. O Polo da Borborema: ator contemporâneo das lutas camponesas pelo território. **Agriculturas**, v. 7, n. 1, p. 13-19, 2010. Available in: https://aspta.org.br/files/2019/10/Artigo2_Agriculturas_MAR2010_Site.pdf. Access at: 10 set. 2023.

SMITH, A.; FRESSOLI, M.; THOMAS, H. Grassroots innovation movements: challenges and contributions. **Journal of Cleaner Production**, v. 63, p. 114-124, 2014. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.12.025>

SOUZA, M. Tecendo a rede e construindo dinâmicas territoriais em Itapipoca. **Agriculturas**, v. 7, n. 1, p. 20-27, 2010.

SOVACOOOL, B. Who are the victims of low-carbon transitions? Towards a political ecology of climate change mitigation. **Energy Research & Social Science**, v. 73, 101916, 2021. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.101916>

SOVACOOOL, B.; HESS, D. Ordering theories: typologies and conceptual frameworks for sociotechnical change. **Social Studies of Science**, v. 47, n. 5, p. 703–750, 2017. Available in: <https://doi.org/10.1177/0306312717709363>

SOVACOOOL, B.; TURNHEIM, B.; HOOK, A.; BROCK, A.; MARTISKAINEN, M. Dispossessed by decarbonisation: reducing vulnerability, injustice, and inequality in the lived experience of low-carbon pathways. **World Development**, v. 137, 105116, 2021. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105116>

TARTARUGA, I. Tradition, Inclusive Innovation, and Development in Rural Territories: exploring the case of Amiais Village (Portugal). In: OLIVEIRA, L.; AMARO, A.; MELRO, A. (Ed.). **Handbook of Research on Cultural Heritage and Its Impact on Territory Innovation and Development**. Hershey: IGI Global, 2021. p. 62-74. Available in: <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-6701-2.ch004>.

TARTARUGA, I.; SPEROTTO, F. Rethinking clusters in the sense of innovation, inclusion and green growth. In: SEDITA, S. R.; BLASI, S. (Ed.). **Rethinking Clusters: place-based value creation in sustainability transitions**. Cham: Springer, 2021. p. 101-110. Available in: https://doi.org/10.1007/978-3-030-61923-7_8.

TRUFFER, B.; MURPHY, J.; RAVEN, R. The geography of sustainability transitions: contours of an emerging theme. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 17, p. 63-72, 2015. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.07.004>

VALENCIA, M.; TARTARUGA, I.; ÁVILA, M. (Coord.). **Projeto – Tipologia da inclusão produtiva rural (TIPR) e sua incidência em políticas públicas de desenvolvimento rural sustentável**: relatório final. Brasília: RETE, 2022a. Available in: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.35422.82244>.

VALENCIA, M. *et al.* **Tipologia da inclusão produtiva rural e a sua incidência em políticas de desenvolvimento rural sustentável**: documento síntese. Brasília: Rete, 2022b. Available in: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.17875.25128>

VISONE. **Analysis and visualization of social networks [Computer Software]**. 2024. Available in: <https://visone.ethz.ch/>. Access at: 10 set. 2023.

Assessment of hegemonic and peripheral healthcare systems: a methodological proposal

*Avaliação dos sistemas hegemônicos e subalternos em
saúde: uma proposta metodológica*

Dimas Floriani¹

¹Phd in Sociology, Full Professor, Graduate Program in Environment and Development and in
Sociology, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brazil
E-mail: floriani@ufpr.br

doi:10.18472/SustDeb.v16n1.2025.56056

Received: 07/11/2024
Accepted: 07/04/2025

ARTICLE- VARIA

ABSTRACT

Applied research conducted with some traditional populations has served as the methodological foundation for the social interaction system (SIS) model, which seeks to contrast the hegemonic market system with peripheral socioenvironmental systems. The aim is to check whether the methodology of this model can be extrapolated to the healthcare system. The theoretical framework on peripheral modernity, hegemony, and subalternity serves as a foundation for analysing the historical contexts in which alternative healthcare experiences take place. Arguments from authors who question the hegemonic healthcare system help explore viable alternatives. This raises the question of whether the SIS model can effectively interpret the limitations and potentialities of different health systems, particularly analysing whether the hegemonic and alternative systems can coexist as hybrid systems and what essential conditions underpin such coexistence. Moreover, some of the key limitations and obstacles are discussed, and suggestions are given to enhance communication among different healthcare systems.

Keywords: Social interaction system. Hegemonic and peripheral healthcare systems. Barriers to dialogue in healthcare systems.

RESUMO

Pesquisas aplicadas com algumas populações tradicionais deram suporte metodológico ao modelo SIS (Sistema de Interação Societal), que busca confrontar o sistema hegemônico de mercado com os sistemas socioambientais de borda. O propósito é verificar se a metodologia desse modelo, analisada no artigo, pode ser extensiva ao sistema de saúde. A fundamentação teórica sobre modernidade periférica, hegemonia e subalternidade serve de suporte explicativo aos contextos históricos em que ocorrem as experiências de saúde alternativas. A exposição de argumentos de alguns autores que questionam o sistema de saúde hegemônico busca viabilizar alternativas a eles. Com isso, indaga-se se o modelo SIS consegue interpretar efetivamente os limites e potencialidades dos diferentes sistemas de saúde, ou seja, se ambos os modelos – hegemônico e alternativo – podem coexistir, como sistemas híbridos, e quais seriam os requisitos básicos para essa ocorrência. Além disso, mencionam-se alguns dos principais limites e obstáculos, bem como sugestões para facilitar o diálogo entre os diversos sistemas de saúde.

Palavras-chave: Sistema de Interação Societal. Sistemas dominantes e subalternos em saúde. Obstáculos ao diálogo nos sistemas de saúde.

1 INTRODUCTION

The hegemonic and peripheral systems model, known as the social interaction system (SIS), albeit schematic, seeks to represent certain dynamics of social reproduction within capitalism and its interaction with the practices and knowledge of subaltern social actors, especially those linked to the use of natural resources.

On the one hand, these dynamics reveal the unequal nature associated with the reproduction of the hegemonic system, including asymmetries that lead to social marginalisation and harmful modes of natural resource exploitation. On the other hand, they seek to find out how subaltern actors strive to differentiate themselves from the logics of capitalist agricultural production and from exploitative resource appropriation. Based on the interaction and interplay between the two systems, an analytical model was developed to assess how conflicts, coexistence, subaltern marginalisation, and cooperative complementarities unfold.

The methodological details of the SIS model will be dealt with further ahead. Its development is based on extension research experiences conducted directly with some traditional populations, involving students from two universities (Universidade de Ponta Grossa (UEPG) and Universidade Federal do Paraná (UFPR), public and community agents from some municipalities in the central-southern region of the state of Paraná, as part of the *Unitinerante Project* – Itinerant University for Human Rights, Nature, Peace, and Well-being – associated with the Interconexões Group (UEPG) and with the doctoral program in environment and development - PPGMADE UFPR). Additionally, two doctoral dissertations were developed, one addressing indigenous populations (Fabri, 2020) and their relationship with state institutions, and one focusing on hegemonic and peripheral agri-food systems (Romanini Netto, 2024).

The research studies investigated sustainable practices of agroecological farmers, evaluating their ability to mobilise resources for the development of strategies for socioenvironmental autonomy and community health practices within these populations. The theoretical and methodological development of the model was systematised through research seminars conducted with a group of graduate students from the interdisciplinary program in environment and development, within the epistemology and environmental sociology research area (PPGMADE-UFPR).

One of the major objectives of this essay is to verify whether the SIS model can be effectively applied to the hegemonic and alternative healthcare systems.

The key question is whether a new hybrid modality of healthcare practices can emerge from the coexistence of hegemonic systems (centered around technical and scientific procedures, as well as around market-driven procedures) and subaltern systems (associated with cultural practices of traditional populations).

Should this coexistence be feasible, what are its determining factors? Conversely, if the coexistence is infeasible, what are the main hindrances? In this paper, we further elaborate on the structural elements of both systems and on how the hegemonic healthcare system differs from the peripheral or subaltern healthcare system.

To illustrate how the configurations of this model work, we provide diagrams showing the components of SIS and their respective interfaces, described in the methods section. This methodological approach does not merely aim to portray real-world scenarios. Still, it also embraces action projects, such as those of academic extension, integrating research practice within the framework of a public and

socially relevant science. As pointed out by Fassin (2011, p. 260), “the most compelling work in the social sciences today occurs at the boundary between participation and observation.”

This model is not a universal framework for all research contexts. Instead, it is intended for socioenvironmental contexts in which subaltern actors confront hegemonic ones; hence their designation as peripheral or subaltern actors. As mentioned earlier, this formula is primarily applicable to traditional populations, their knowledge systems, and local socioenvironmental practices, including the healthcare system, which will be dealt with in detail further ahead.

To avoid mechanistic and idealistic interpretations, we define these systems as open, acknowledging that their intersections foster interactive complementarities (potential hybrids) and give rise to transformations, differentiations, and conflicts. Intersystemic dynamics are therefore relational, i.e., they cannot be understood in isolation, as each system in interaction maintains its own structure and organisation, following the foundational principles of complex thought as applied to systems theory.¹

2 THEORETICAL FRAMEWORK ON HEGEMONIC AND PERIPHERAL HEALTHCARE SYSTEMS

2.1 DYNAMICS OF HEGEMONIC AND PERIPHERAL SYSTEMS IN PERIPHERAL MODERNITY OF CAPITALISM

To examine the historical contexts in which hegemonic and subaltern systems confront one another, we are going to define each system in the following two sections and outline the key elements that shape this relationship. The definitions are important for subsequently explaining the rationale behind the methodological approach, thereby assessing its relevance for the study of the hegemonic and subaltern healthcare systems.

The hegemonic system in modern market society manifests through capitalist enterprise and the contemporary state, as described by Habermas (1987, p. 214-215), a perspective that is partially aligned with that of Weber (2004).

The dynamics of the hegemonic system seek to stand out as a world system by leveraging the instrumental rationality and structural logic of capitalist development. Its expansion operates globally through capital financialisation, asymmetric international geopolitics, and environmentally destructive processes (unsustainability), whose impacts are felt differently on the periphery of the globalised system. The diverse ways in which the hegemonic system is reproduced in peripheral regions can be construed as manifestations of multiple modernities.²

Globalisation has asymmetrically distributed not only the resources of geopolitical power but also access to economic goods. At the same time, it has established a system of free commodity circulation, eroding national borders and displacing a vast number of marginalised individuals who, for various reasons, traverse the world, wandering off in search of survival. On a global scale, commodities are granted legal status for circulation, in stark contrast to migrants, whose mobility is deemed irregular or even illegal.

In Latin America, developmental strategies have historically expressed varying degrees of contradiction in relation to the extractivist export model. In the past, the primary export model was challenged for constraining industrial development; today, however, the export of raw materials and neoextractivism are widely celebrated. Commercial subordination to transnational corporations, globalisation, and global governance are widely accepted and encouraged by various governments, including those with progressive agendas (Gudynas, 2011).

Santos (2010) warns that not all of the North, often identified as the hegemonic center of capitalism, is an enclave of prosperity. According to him, the South exists within the North, just as the North exists within the South, as both regions generate mechanisms of social exclusion. Nevertheless, it is in the South that the most profound inequities of the capitalist model are found, also shaped by minority elites. Large segments of the southern middle class enjoy lifestyles comparable to those of the affluent North, with which they identify themselves. The difference between the systems lies in the fact that the scale of social exclusion is dramatically larger in the South.

In the realm of decolonial critical thought, environmental rationality, and southern epistemologies, the ideological underpinnings of development are challenged, not by proposing “another development” but by distinguishing alternative developments from alternatives to development. Even in small local contexts, this leads to a debate surrounding post-development, which reveals a proximity to subaltern subjects, autochthonous or native peoples. Their rationalities do not align with the ideology of progress. Their knowledge and world views on *buen vivir* and harmonious coexistence with nature provide the foundation for alternatives to development.

Regarding concepts of development, it is redundant to delve into the polysemic debate on sustainability, a battleground of interpretation for both hegemonic and subaltern actors. The term is applied indiscriminately to economic, social, and environmental/ecological sustainability, but its formulation emerged from a debate on different concepts of ecology, needs, and culture. In the end, it eventually yields to the notion of economic growth formulated by actors associated with the hegemonic capitalist model.

As pointed out earlier, hegemonic dynamics are dictated by the central systems of action that shape societal structure: the capitalist economy, the modern state, and the nuclear family. Nonetheless, as argued by Habermas (1987), when three additional systemic mechanisms are considered, namely cultural value spheres, cultural action systems, and the personality system, rationalities can be understood differently, as arenas of contested meanings and of existential spaces, encompassing diverse life projects and aspirations, i.e., the lifeworld.

The next step is to assess the reach of the concept of *subalternity* from the perspective of actors that build their strategies within peripheral systems.

2.2 SUBALTERN ACTORS AND SOCIOENVIRONMENTAL PERIPHERAL SYSTEMS

The concept of *subalternity* is linked to collective subjects or social groups or categories that have historically experienced dispossession or deprivation of their original condition, whether through expropriation of their territories, deprivation of freedom, or forced incorporation into the nation-state, as has been the case of indigenous peoples, peasants, and other traditional populations, as well as of the landless, the homeless, Afro-descendants, forest peoples, artisanal fishers, and other collectives defined by gender, alternative ways of life, and diverse sexual orientations.

It is crucial to understand that these subaltern subjects are characterised by their systems of practice (or ecology of practices³), which rely on material processes of production and reproduction. These processes define how nature is utilised and appropriated, promoting and reinforcing cultural values, conceptions of nature, and lifestyles. Furthermore, they rely on technologies that sustain the modes of production and reproduction for communal existence.

Regarding the cultural aspects of modernity in multi-ethnic, intercultural, and plurinational societies, the conventional debate on modernity in opposition to tradition tends to oversimplify and obscure the complexity of these dynamics, portraying the urban-industrial economy and lifestyles as predominant in modernity, overlooking societies that remain weakly industrialised and less urbanised.

To understand these conflicts from the perspective of diverse cultural rationalities, Escobar (2005, 2014) proposes replacing the notion of culture with that of ontology, positing that multiple worlds will lead us to the notion of a pluriverse, through the political activation of relationality among indigenous and Afro-descendant peoples of Latin America. Escobar contends that the hegemonic idea of a singular universe may give rise to a constellation of multiple possible worlds.

Accordingly, new avenues now emerge for reshaping this debate, which originated in the late 20th century through the work of scholars such as Aníbal Quijano, Arturo Escobar, Néstor García Canclini, Édouard Glissant, Homa Bahba, Hountondji, Achile Mbembe, Spivak, and Stuart Hall. Based on cultural, postcolonial, and decolonial studies and epistemologies of the south, these authors looked into various *subaltern subjects* shaped by identity, ethnicity, sexuality, and gender, reflecting a growing political awareness of their peripheral subalternity. Such awareness manifests in the construction of alternative movements, including opposition to globalisation, emancipation movements such *Zapatismo* and *Andean indigenism*, agrarian movements (landless workers, agroecological farmers, and family farmers fighting for food security and food sovereignty), urban movements (homeless people), the prison system (Wacquant, 2013), LGBTQIA+ movement, human rights organisations for migrants, and women’s organisations for equal rights and other rights.

3 MATERIALS AND METHODS: PRESENTATION OF THE SOCIAL INTERACTION SYSTEM (SIS)

It is now important to compare the societal dynamics of hegemonic market systems and subaltern systems so as to understand that, while each system has its own internal logic, they are interdependent and produce complex effects of exclusion-inclusion throughout historical processes (center-periphery relationship). We thus aim to assign the respective concrete components to each of the systems analysed herein, according to Diagram I (Figure 1):

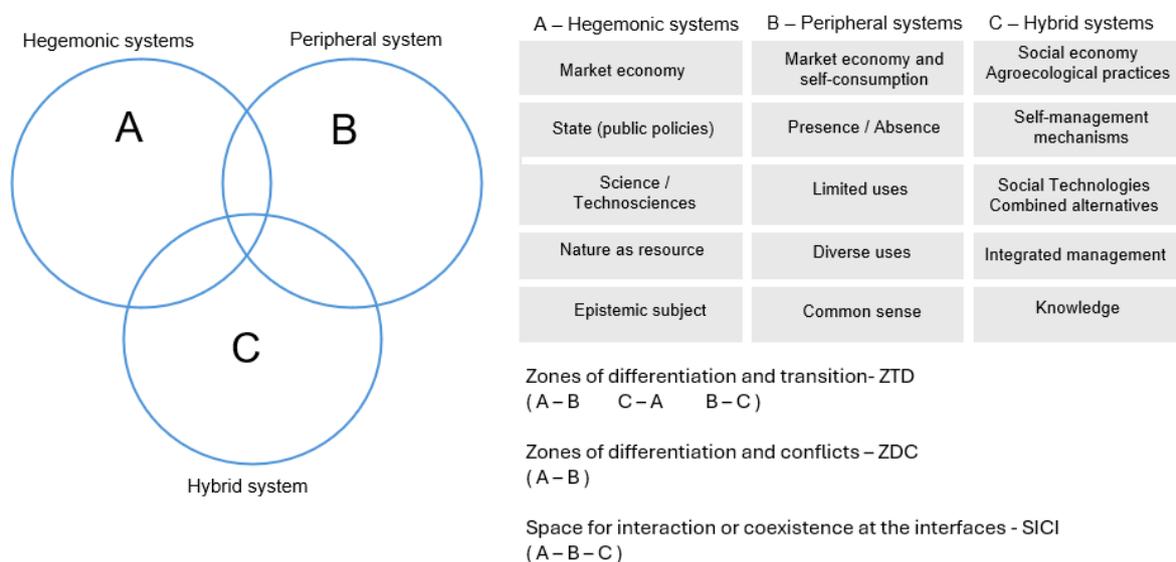


Figure 1 – Diagram I – Intersystemic dynamics with their constitutive elements

Source: Prepared by the author

In our definition, the *social interaction system* (SIS) is composed of a system of material practices, cultural practices (symbolic or immaterial), and arrangements (ecology of knowledge and ecology of practices) that foster the production of subjectivities and their establishment in social and institutional structures. The movement of inclusion/exclusion of these components occurs in the *space of interactions* or *coexistence*, which integrates from the three systems (A, B, C), with their respective *zones of differentiation and transition*, and *zone of differentiation and conflict*, found at the intersections of the hegemonic, peripheral, and hybrid systems, as shown in Diagram II (Figure 2), as well as in their recursivity.

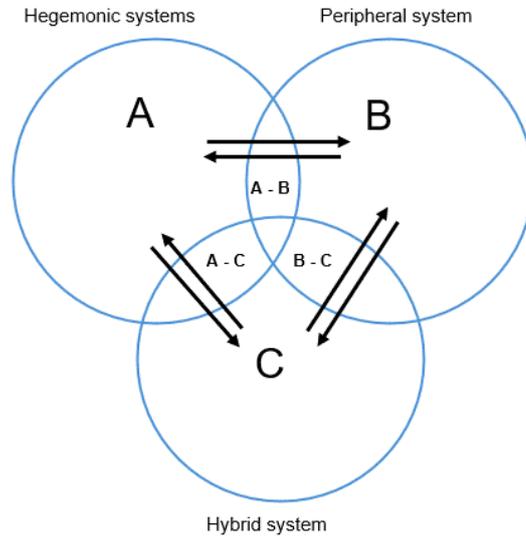


Figure 2 – Diagram II – Intersystemic interactivity and recursivity

Source: Prepared by the author

Thus, the dynamics in the interaction spaces of the diagram encompass the *space of interactions* or *coexistence at interfaces A-B-C*. Zones of differentiation may occur at interfaces A-B, A-C, and BC, which tend to transition into hybrid models, but not without conflicts between the hegemonic and peripheral systems.

What would promote or allow the existence of an emerging hybrid system? This is the central question to be pursued and examined in more detail later, in the context of health. In other words, under what circumstances would it be possible to bring together hegemonic healthcare models with the existing alternative forms found, for instance, in traditional and indigenous populations? According to the diagram, a hybrid system results from the confluence and combination of each of the two systems (hegemonic and peripheral), leading to the coexistence of their main aspects (economic, technological, cultural, socioenvironmental, and educational). Yet, it may generate conflicts when the excessive overlap of some subsystems over others threatens coexistence.

To demonstrate this overlap, take the example of the food system: the indiscriminate use of pesticides can jeopardise the health subsystem, and if no counterbalance is generated from the peripheral systems, it may hinder the creation of alternatives to the hegemonic system, as agroecological farmers have been striving to do. Likewise, the hegemonic system of synthetic drug production, when overlapping with the preventive health system, culturally and institutionally inhibits alternative health practice systems.

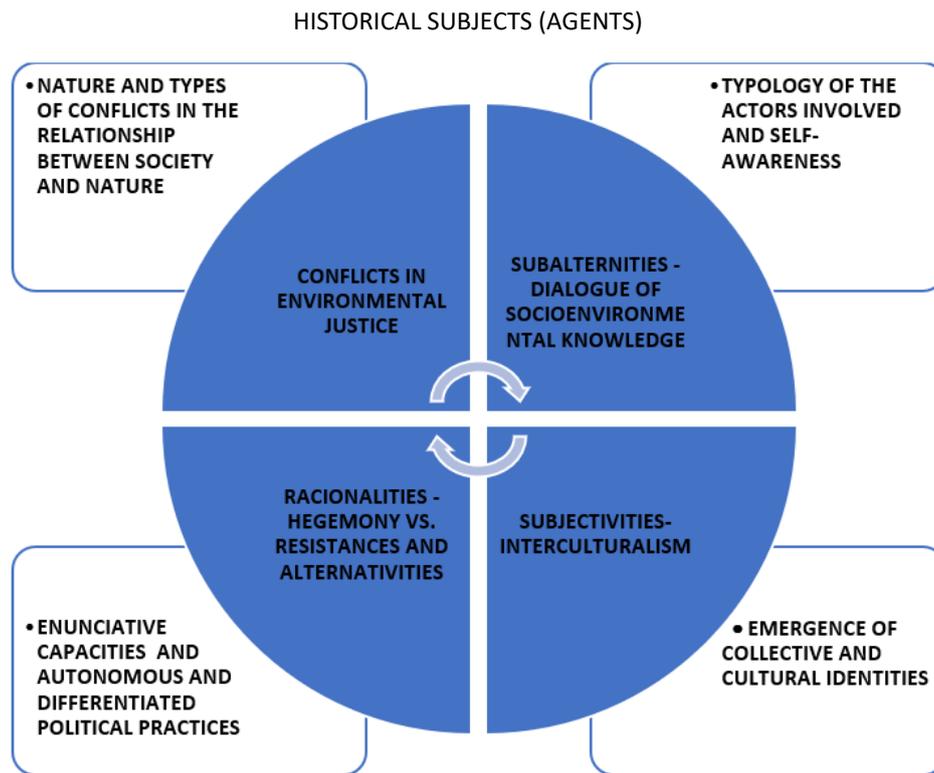


Figure 3 – Diagram III – Dynamics of capitalism and its relationship with subaltern social actors and the socioenvironmental practice system

Source: Prepared by the author

Diagram III (Figure 3) is a typical-ideal model that allows assessing the systems of practices of subaltern actors. Such assessment helps determine whether these actors remain in their subordinate position or aim to develop autonomy projects, and whether they can mobilise resources, using their enunciative skills and autonomous and distinct political practices that foster new subjectivities by triggering emergencies, with the reaffirmation of collective and cultural identities.

4 ASSESSMENT OF CASE STUDIES AS METHODOLOGICAL SUPPORT FOR SIS

Two types of studies carried out with this method (one with agroecological farmers and one with folk medicine practices) enabled the assessment of how different actors assert their role in their projects of autonomy construction and deal with the obstacles to their implementation. Both experiences (agroecology and folk medicine) provide empirical support for illustrating how subaltern systems operate.

Floriani, D. and Floriani, N. (2020) demonstrated how agroecological farmers design their strategies in response to the market production system, aiming at the construction of socioenvironmental autonomies through new productive and cultural arrangements and the creation of new subjectivities.

An analysis of indicators (community organisation; access to basic rights; market integration; ecological production/conservation; and identity reaffirmation) applied to four local traditional communities allowed assessing the capacity of these communities to mobilise resources. These indicators helped trace the trajectories of community actors toward the minimum and maximum thresholds for the construction of socioenvironmental autonomies.

The observed conflicts were also important to verify to what extent peripheral systems (socioterritorial systems) in which the local communities are embedded are affected and threatened by the mechanisms of hegemonic systems, which prioritise the market and the appropriation of nature as an economic resource. This dynamic endangers ecosystems through excessive use of agrochemicals, as occurs in tobacco farming and monoculture reforestation.

Similarly, it helped identify the shortfall in the delivery of basic services for these communities, governance challenges, and threats to identity reaffirmation posed by the expansion of neo-Pentecostal churches. However, it brought attention to positive aspects as well, such as the management of ecosystem resources, implementation of agroecological production in local markets, targeted at promoting the social economy. Conversely, the study also examined how the hegemonic system mobilises to threaten these communities. Several antagonistic actors within the hegemonic system are vying for control over traditional territories. These territories include neo-rural settlers, leisure estate owners, transnational corporations that establish themselves and sign contracts for the exploitation of natural and social communal resources. Furthermore, neo-Pentecostal churches play a role in this dynamic by introducing new habits and behavioral patterns (rooted in individualism and in the private appropriation of common goods, under the auspices of the prosperity gospel or of the new spirit of capitalism for the poor), creating divisions within the communities, weakening customary practices of reciprocity, originally linked to folk Catholicism, such as *puxirões* (collaborative effort groups) and traditional festivals.

Finally, depending on the type of resources and capacities mobilised, it was observed that these capacities can be enhanced through cooperative arrangements with other systems, paving the path for socioenvironmental autonomies. Such a dynamic can give rise to hybrid forms of organisation. Alternatively, these mobilised capacities and resources can be constrained by negative interactions with hegemonic systems (e.g., transnational agribusiness for tobacco production and reforestation), resulting in marginalised and highly dependent peripheral systems.

While the studies conducted with agroecological farmers provided a general framework for outlining the SIS method, comparing the logic and operation of hegemonic and peripheral systems, the study on folk medicine facilitated a more in-depth analysis of various healthcare systems of traditional populations, with the aim of demonstrating that their practices and knowledge are connected with sustainability strategies, in addition to opportunities for dialogue and complementarity with preventive medicine.

The present paper addresses research on folk medicine conducted in recent years (Ferreira Clarindo; Floriani, 2023), with traditional populations, in both rural and urban settings. This study highlights some of the key configurations and operation features of this subaltern healthcare system.⁴

This study examined rural communities located in the countryside of Campo Largo and Ponta Grossa. The same phenomenon was then analysed in the urban area of Ponta Grossa, the major municipality in the Campos Gerais region in the state of Paraná (PR). Paraná is located in southern Brazil, and the investigated rural communities are situated in the central-southern region of PR, as shown in Figure 4:

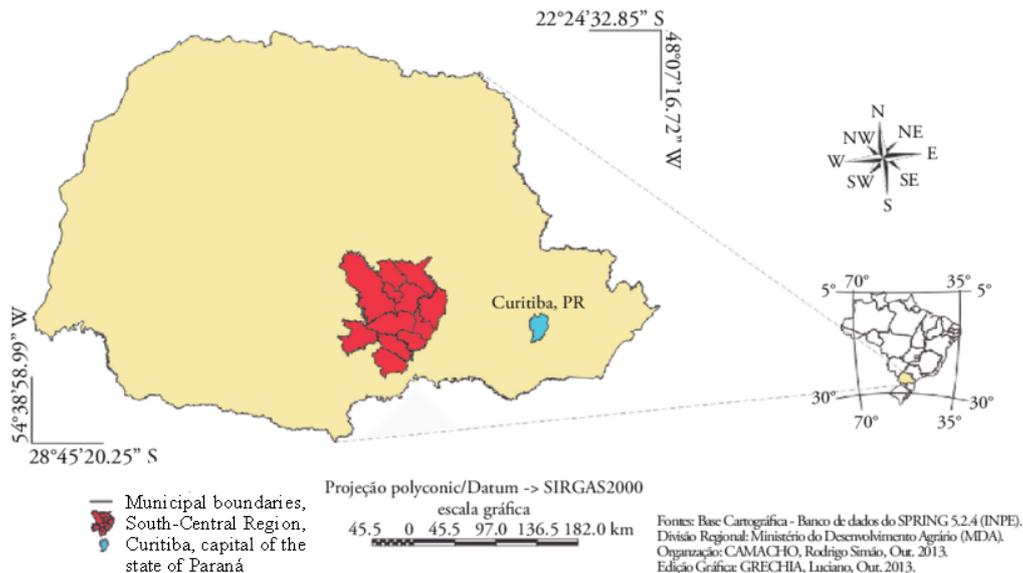


Figure 4 – Central-southern region of the state of Paraná

Source: Cartographic base – Spring 5.2.4 database (Inpe)

By analysing two different spaces (rural and urban areas), the study facilitates a broader understanding of folk medicine.

The study was based on the premise that folk medicine is deeply embedded in multiple aspects of community life, including economic, social, cultural, and spiritual/religious dimensions. The (re) production of folk medicine in the rural context maintains a closer connection with nature, whether due to the availability of resources, cultural factors, or the pressing need arising from the lack of public healthcare services and industrialised medicines. Therefore, this involves a redefinition of nature, incorporating religious beliefs, which have been an integral part of this *savoir-faire* over the years. The effectiveness of medicinal plants and of healing rituals in folk medicine extends beyond the pragmatic function of healing (Ferreira Clarindo; Floriani, 2023, p. 211).

This study sought to bridge health geography with a phenomenological approach, converging toward a cultural, social, critical, and humanistic perspective shaped by complex thought. Blessers (*benzedeiros* or *benzedores* in Portuguese) appear in this context as keepers of a wisdom that links different historical moments of society, forging connections between modern medicine, ancient body care practices, and spiritualities, in an ongoing process of integration (Ferreira Clarindo; Floriani, 2023, p. 202).

Blessers are endowed with a gift and embody the role of doctors, witch doctors, and religious healers. They are individuals whose knowledge encompasses all specialties of modern medicine (psychiatry, cardiology, orthopedics, among others), enabling them to treat a wide range of dysfunctions, whether physical, psychological, orthodontic, social, etc. (Ferreira Clarindo; Floriani, 2023, p. 207).

This study found blessers working in the city, and their characteristics were very similar to those from rural areas (Ferreira Clarindo; Floriani, 2023, p. 208). The research indicates that, in rural areas, folk medicine practices are enveloped in folk Catholicism, which combines the institutional symbols of the Catholic church with elements introduced by modernity and the daily routines of rural life. Urban folk medicine, in turn, incorporates religious syncretism, blending symbols of Catholicism with those of African-based religions (Ferreira Clarindo; Floriani, 2023, p. 210).

The research conducted in the Serra das Almas region (state of Paraná) anticipates what other authors elaborate on later about holistic views in alternative medicine, merging cultural dimensions with human subjectivity: the physical and emotional intertwined with happiness; maintaining a good relationship with others as a sign of social ties; fulfilling religious duties helps people avoid evil; the link between health and both individual and collective actions allows one to do good to others, thereby fulfilling social and religious roles and invoking divine protection.

The referenced study of folk medicine practices allowed concluding that: 1) contrary to what might be expected, globalisation and postmodern symbols did not replace ancient societal practices, but revived them instead, creating hybrid spatialities from a cultural outlook. In this regard, rural is not so “provincial” as commonly thought and, likewise, the urban space is not entirely “cosmopolitan;” and 2) folk medicine is like a lawful transgression woven into the fabric of these communities, which do not abandon the modern way of life or modern medicine, but simultaneously stretch the boundaries of instrumental rationality, disseminating knowledge and a different world view beyond the excesses of capital and the objectification of the human body and life in society (Ferreira Clarindo; Floriani, 2023, p. 214).

5 STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF THE HEGEMONIC HEALTHCARE MODELS AND OF SOME COMMUNAL HEALTH PRACTICES⁵

Social sciences, especially anthropology, sociology, geography, and health economics, have significantly contributed to understanding the current challenges between the predominant paradigm of the healthcare model in our modern world and its positive and negative impacts on policy strategies in this field, as noted by Paul (2023) and Fassin (2011), two influential authors who merge their anthropological and sociological interpretations of this issue with their medical training and practices.

An integrative new perspective on the body, nature, and culture draws attention to the escalating degradation of oceans, rivers, and forests, and the action of certain agents, such as heavy metals and pesticides, on the deterioration of human health, leading to the sterilisation of both animal and human populations. Another integrative perspective, taking into account the various factors associated with the living conditions and situations of human populations, is pivotal for a multifactorial diagnosis and the determinants of health policy strategies, as will be discussed later.

There exist numerous ways to approach the body from the perspective of social sciences. It can be addressed in terms of representations (either traditional or contemporary), in terms of performances (from rituals to theater), or in terms of normatization (hygiene instructions or moral guidelines). An important, yet insufficiently developed, perspective, in my view, is that of political anthropology. It seeks to elucidate what the state does with or to bodies (Fassin, 2011, p. 265).

It is essential to highlight some of the epistemological and cultural factors, considering the perspective of both authors (Fassin, 2008, 2011; Paul, 2023) at the foundation of the hegemonic healthcare model that was established with the advent of western modernity, as well as the coexistence of other subaltern and equally cultural practices and ways of dealing with health and disease. Globalisation, a phenomenon that is not recent, has accelerated the production of side effects in terms of health and disease, such as pandemics and their relationship with the deterioration of living conditions on the planet. We are not only interconnected by the global economy, but also ecologically, through the complex web of life (Leff, 2022, p. 39).

The medical practice that prevails nowadays is appreciated and legitimised by technosciences and their technical achievements, as opposed to older models, which were more associated with art. However, scientific foundation reveals a problematic aspect because, as it becomes increasingly objective,

medicine distances itself from the human person altogether. Likewise, this technical modality of the healing act corresponds to a mechanical view of the body, seen as a clock or an automaton.

Therefore, this hegemonic approach to healing emphasised the growing sophistication of medical technology, equipment, or medicines, with computerised procedures designed to ensure healthcare accountability. In this system, techniques and knowledge are the driving forces behind health, in contrast with other, more ecological perspectives, which acknowledge that both the individual and the earth have finite resources. These alternative perspectives place the responsibility for health on prevention and on the individuals' capacity for autonomy (Paul, 2023, p. 70).

Hence, the *modus operandi* of modern medicine singles out the patient by working from a reductionist, mechanistic, and objective approach. By acting independently, each medical specialty ends up ignoring the patient, failing to consider them holistically; what matters is the selection of information to enable the diagnosis of the disease (Paul, 2023, p. 73).

Paul (2023, p. 76) acknowledges, however, that the maximum efficacy of medicine often applies to single-factor and acute diseases; in such cases, simple, mechanical, and specialised actions are effective and valuable. With time, medical care has increasingly required an approach that considers multiple factors, making diagnosis and treatment truly complex, as pointed out by the other authors referenced herein.

On the other hand, the "western" modern lifestyle has seen an increase in the incidence of long-lasting chronic diseases, which are progressive and often associated with disability. As pointed out by Paul (2023, p. 72-73), one of the factors contributing to this increase is associated with the longer life expectancy of the populations, thanks to therapeutic effectiveness and to modern hygiene practices. Nonetheless, other factors that predispose to diseases are linked to the urban lifestyle, pollution, type of agricultural practice, diet, work conditions, stress, and several environmental problems.

The constant reference to this increase in the incidence of chronic diseases highlights the threats to the healthcare protection system and the high costs of public and private treatments, which will eventually make it impossible to provide millions of people with healthcare services. Consequently, the referenced authors propose alternative healthcare models, not just for financial reasons but also for philosophical and paradigmatic reasons, seeking to implement different ecologies of practices linked to new health concepts.

It is claimed that healthcare models reflect the cultural system, and in this case, evidence-based medicine corresponds to instrumental rationality and dominant market logics, but this does not imply that alternative systems should not be considered, as many of them are cultural expressions as well, associated with ways of life that differ from those dictated by instrumental rationality, also representing forms of resistance against the imposition of a single healthcare model.

This way, in line with our proposal to evaluate societal models that seek to investigate the relationship between the logics and procedures of hegemonic systems and those of peripheral and hybrid systems, as introduced earlier in this text, it is necessary to consider the potential for interactions, complementarities, conflicts, coexistence, and hybrid compositions among the dynamics associated with disease production mechanisms and regenerative practices for a healthy life.

Nevertheless, there is an implicit hierarchy here, meaning that evidence-based medicine is central, whereas other "alternative" or "complementary" practices are viewed as secondary, thus more associated with the pursuit of well-being than with actual healing power.

The supremacy of evidence-based medicine was established throughout the 20th century. However, traditional medicine persisted during the same period in

regions or among populations where access to allopathic medicine was difficult. A new phenomenon gradually developed from the 1970s in the Western world: the introduction of new practices, more or less derived from traditional approaches, unfolded gradually. This introduction, following the cultural revolution of 1968, linked to a reappraisal of nature, well-being, and inner experiences, attempts to counterbalance the hegemony of the materialistic principle of evidence-based medicine. (Paul, 2023, p. 74).

Patients' access to allopathic medicine results, in most cases, from a lack of choice or information when, in fact, they could have access to less expensive treatment with fewer side effects. On the other hand, and often for the same reason, patients who opt for alternative treatment with substantial risks, due to delayed diagnosis, are unable to access curative treatments.

It is not a question of determining whether patients are right or wrong in either case; rather, these authors suggest the possibility of integrating evidence-based medicine with alternative or complementary care.

The community health model operates at the interface of the ecological model, fostering local community development practices that prevent the weakening of social ties. Also, it expands individual and group competencies by reintegrating and valuing experiential knowledge. With a primary focus on prevention rather than on treatment, this model underscores the importance of the development of competencies over the identification of pathologies.

Paul (2023) also examines how the medical field that studies diseases and classifies them according to their distinctive features can accommodate the issue of complexity. Medical institutions and medical training programs are still reluctant to adopt complementary and alternative procedures. Nevertheless, some U.S. universities have introduced theoretical, clinical, and practical programs that incorporate meditation, yoga, breathing techniques, *tai-chi chuan*, alternative nutrition, acupuncture, music, arts, and other established methods of holistic medicine (Paul, 2023, p. 84).

Therefore, how can the necessary advancement of biomedical technology be reconciled with the introduction of complementary medicine? The answer is not so straightforward. To institutionalise this new approach, medical schools would have to reconsider the hegemony of the scientific framework that underpinned their creation.

Given the complexity of the factors influencing health, a shift in paradigm and thought is imperative if we hope to minimally address the challenges that lie ahead.

A broader, more open, and more complex understanding of the human being is essential not only to integrate but also to transcend the current paradigm. A holistic understanding of the human being, including subjectivity and the meaning of life, demands a plural approach that goes beyond mere causality. This insight brings forth a dual problem. It proposes, in fact, a new status for the human being in medicine that extends beyond the laws of biology and their physiological or pharmacological outcomes and embraces the humanisation of medical care (Paul, 2023, p.89).

Thus, according to the author, it is essential to foster the development of a new health model in which the human being is not merely viewed as an organ, function, disease, or object, but rather through a new perspective that considers subjects, subjectivity, and the relationship between biological, psychological, social, and spiritual dimensions of the disease. In this framework, medical care becomes part of a cognitive construct involving multiple parameters that current training cannot integrate or resolve.

This perspective suggests that health and medical care are equally part of a cognitive construct involving numerous indicators that are absent or insufficiently addressed in current professional training, as

well as in the reactions and attitudes of people influenced by the prevailing cultural health model. This cognitive framework on disease would also imply that suffering can be perceived and processed by individuals as an opportunity for personal growth and self-awareness, prompting reflection on inappropriate behaviors, incorrect attitudes, and false beliefs that require life changes so that they do not recur.

These aspects highlight the need to develop a more complex and interactive view of the human being, considering diverse environments (natural, familial, social, cultural, and spiritual).

6 DISCUSSION

The set of conceptual elements underpinning the proposed model for interpretation of SIS, equivalent to a socioenvironmental system, applies primarily, but not exclusively, to contexts of capitalist peripheralisation, where multiple modernities confront one another, shaped similarly by subaltern resistance, marked by conflicts, and the search for socioenvironmental alternatives to the hegemonic model.

Given that the hegemonic healthcare model is relational, i.e., it is influenced by social critique, it is possible to observe changes, coexistence, and complementarities with other subaltern healthcare systems. Therefore, it is necessary to approach this model from this perspective.

After presenting the key elements of the SIS model as an analytical framework primarily applicable to historical, socioterritorial, and socioenvironmental contexts where hegemonic (dominant) systems are opposed to peripheral (subaltern) systems, the text focused on a theoretical approach that was capable of addressing the historical conditions of peripheral modernity within capitalism. It is in this context of peripheral capitalist social formation that subaltern actors, from traditional populations, come to the forefront.

To demonstrate that the SIS analytical model is not merely a formal exercise or detached from observation and research experiences, results were presented, the outcomes of which contributed to reflections and empirical insights for the formulation of the model.

The main objective of this paper was to assess how the SIS model could be applied effectively to interpret and explain the modern structure of the hegemonic healthcare system, its understanding of disease, and the technologies employed to fight it. In a similar vein, alternative perspectives on disease were presented, based on critical authors who challenge the hegemonic system, not focusing on the morbidity caused by the disease but on its determinants.

These determinants are linked to other holistic epistemologies that consider health as a phenomenon simultaneously connected to the body, to the individual's subjectivity, and to the balance of the surrounding environment, all of which should be integrated harmoniously as part of a new health culture. The authors who advocate this new concept highlight the need for dialogue among health professionals in order to implement practices and knowledge rooted in the tradition of the healing art, rather than solely relying on specialised technologies that treat the human body as a mechanical object or clockwork.

It is questioned whether, through intercultural dialogue between the various healthcare systems, it is possible to think of hybrid systems that combine specialised technologies with the art of healing, embedded in the tradition of traditional populations. According to the critical authors, this goal can be achieved through a change in the profile of health professionals, supported by a careful process of (re) education that alters the way health is conceived, alongside the formulation of new public policies that encourage this dialogue.

The debate on health is an issue that concerns society as a whole, making it complex and challenging to manage. There is no single model capable of solving it completely. In the case of the SIS model, it is possible to enhance its effectiveness by applying it on a smaller scale, to local populations, in which community-based folk medicine practices are already well-established. Such practices can be integrated with specialised technologies in cases of severe acute diseases, without overlooking prevention as the core method used by health professionals. In this case, educational processes are equally crucial for paradigm shifts.

In contemplating the issue of health, it is essential to consider other imaginaries, as proposed by Paul (2023, p.82). As the image of the human being evolves slowly, it is assumed to correspond to a vision that anticipates the future of medicine, in which the representation of the body or of spirituality is not confined to ideas associated with organs, functions, diseases, or objects, but instead reflects the complexity, plurality, and paradoxes of the human condition. This new human condition equally corresponds to new societal and social commitments, to the relationship between academic and non-academic knowledge, and to a fresh perspective on subjects, on subjectivity, on the relationship between biological, psychological, social, and spiritual influences on the disease.

The SIS model is not the only framework available for evaluating alternative health practices; other transdisciplinary and transcultural methods can promote a shift in the health model, leading to an alternative paradigm. The question of autonomy, as a strategy for recognising a new status for patients and their families, would also arise from this new design, which implies the reintroduction of the subject and subjectivity into medical care. While this is not a novel approach, the challenge would now be to mobilise the new cultural and collective capacities developed by the involved agents, so as to institutionally support this new healthcare model.

Note that, with no changes in interprofessional relationships, dialogue becomes difficult between individuals with different academic backgrounds, each with specific methodologies and discourses. Such difficulty hinders the interactions that could lead to alternative understandings, with practices that are equally different and indifferent to discussions on health and disease.

Therefore, in line with this perspective, and pursuit of a new commitment to the future, strategies are combined, moving from a rational and assuring social contract of modernity to an emotional pact driven by subjectivity, passions, and complexity. Nevertheless, this transition would require the mediating role of educational diagnosis, in conjunction with medical diagnosis and with disease, thus promoting autonomy, accountability, and therapeutic effectiveness.

The hegemonic healthcare model cannot be seen as a monolithic block, as it is influenced by conflicts and contradictions, which allow for the incorporation of innovations and critiques suggested by society itself. This will depend on the capacity of the social actors involved in this debate. The creation of the Brazilian public health system (SUS) as a public policy illustrates these innovations and changes in the hegemonic healthcare system, because SUS provides all individuals living in Brazil with comprehensive, universal, and free access to healthcare.

Whether utopian or not, the arguments suggest a dialectical interplay between different perspectives on medical care, including the existing tensions between biology and spirituality and body and mind. Expanded access for all would be guaranteed through democratic public policies, hybrid and plural health systems, and the inclusion of cultural traditions rooted in community-based alternative practices and knowledge.

NOTES

1 | For further information on complex thought and systems, see Morin (1998), García (2006), Raworth (2019, ch.4, p.143-177), Weaver (1948), among others. According to Morin (1998), the notion of complex thought assumes that scientific

knowledge advances through the elimination of errors rather than through the accumulation of truths. Progression of knowledge should be accompanied by progression of ignorance. Scientific truth is not found in theories, but in the interplay between truth and error.

2 | The term ‘multiple modernities’ was coined by Israeli sociologist N.S. Eisenstadt (2007). Globalization processes and their effects on societies that have shaped their integration into the context of capitalist modernity afford them a degree of relative autonomy. It is essential to consider their historical and cultural specificities rather than treating these societies as identical to others within a single global homogenization process; as a matter of fact, it is common knowledge that the world does not operate like that. It is crucial to assess the role of culture in modernity, especially in multi-ethnic, intercultural, and plurinational societies. The paper examines modernity in opposition to tradition and tends to oversimplify and obscure the meaning of oppositions, relying on economic reductionism or urban-industrial lifestyles to assert the dominance of one system of modernity over the others that are neither industrial nor urban (FLORIANI, 2016).

3 | The term ‘ecology of practices’ can be attributed to Isabelle Stengers (2006) and has been revisited by some authors, including Jonathan Peuch (2012).

4 | In a recent publication on health imaginaries and interculturality (FLORIANI, D.; FLORIANI, N.; VERGARA, 2023), a collection of experiences was gathered from extension projects applied to local communities, among traditional populations. These projects, grounded in health-related themes, carry important implications for the so-called alternative folk medicine in the context of traditional and indigenous populations in local rural communities.

5 | “Here, the concept of health is directly related to the study of “Determinantes Sociais em Saúde” (Social Determinants of Health), which encompass social, economic, cultural, racial, psychological, and behavioral factors that influence disease patterns and risk factors in a given population” (CARDOSO COSTA *et al.*, 2021).

REFERENCES

CARDOSO COSTA, T.; SILVA, D. da; ROSA, E. da; FELISBERTO, T.; SILVA, G. M. da; PIZZONI, L. Esperança do verbo esperar: fortalecimento dos vínculos comunitários para a promoção de saúde no território Paulo Freire II. **Revista de Extensão da Unesc**. Criciúma, v. 7, n. 1, 2022.

DUSSEL, E. Europa, modernidade e Eurocentrismo. In: **A colonialidade do saber: eurocentrismo e ciências sociais. Perspectivas latino-americanas**, p. 25-34. Clacso – Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales. Buenos Aires: 2005.

EISENSTADT, S. N. **Múltiplas modernidades: ensaios**. Trad. Susana Serras Pereira. Lisboa: Livros Horizonte, 2007.

ESCOBAR, A. O lugar da natureza e a natureza do lugar: globalização ou pós-desenvolvimento? In: LANDER, E. (Org.). **A colonialidade do saber: eurocentrismo e ciências, perspectivas latino-americanas**. Buenos Aires: Clacso, 2005. p. 133-168.

ESCOBAR, A. **Sentipensar con la tierra: nuevas lecturas sobre desarrollo, território y diferencia**. Medellín: Ediciones Unaula, 2014.

FABRI, A. **Diálogo Intercultural e Sustentabilidade: as experiências dos Ashaninka da Floresta Amazônica e dos Mapuche da Selva Valdiviana**. Tese de Doutorado. Curitiba: PPGMADE - UFPR, 2020.

FASSIN, D. L'inquiétude ethnographique. Introduction. In: FASSIN, D.; BENZA, A. **Les politiques de l'enquête**. Distribution électronique Cairn.info pour La Découverte, Paris: 2008. Available in: www.cairn.info/politiques-de-l-enquete---page-7.htm. Access at: 25 set. 2024.

FERREIRA CLARINDO, M.; FLORIANI, N. Contornos da medicina popular nos campos gerais paranaense. In: **Imaginários da saúde e interculturalidade**, cap. 9, p. 201-216. Rio de Janeiro: e-Publicar, 2023.

FLORIANI, D. As retóricas da sustentabilidade na América Latina: conflitos semânticos e políticos no contexto de modernidades múltiplas. In: **América Latina, Sociedade e Meio Ambiente: teorias, retóricas e conflitos em desenvolvimento**, p. 139-172. Curitiba: Editora da UFPR, 2016.

FLORIANI, D.; FLORIANI, N. Ecología de las prácticas y de los saberes para el desarrollo local: territorios de autonomía socioambiental en algunas comunidades del centro-sur del estado de Paraná, Brasil. **Revista POLIS (Santiago en Línea)**, v. 56, p. 24-39, 2020.

FLORIANI, D.; FLORIANI, N. (Org.). **Territorializações ecológicas, autonomia socioambiental e desenvolvimento local: experiências de um núcleo de estudos e capacitação sociotécnica em agroecologia**. Santo Augusto: Editora Panaro, 2022.

FLORIANI, D.; FLORIANI, N.; VERGARA, N. (Org.). **Imaginários da saúde e interculturalidade**. Rio de Janeiro: e-Publicar, 2023.

GARCÍA, R. Interdisciplinariedad y sistemas complejos. **[En línea] Revista Latinoamericana de Metodología de las Ciencias Sociales**, Universidad Nacional de la Plata, v. 11, n. 1, p. 66-101, 2011. Available in: https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.4828/pr.4828.pdf. Access at: 18 set. 2024.

GUDYNAS, E. Debates sobre el desarrollo y sus alternativas en América Latina: una breve guía heterodoxa. In: **Más Allá del Desarrollo**. Quito: Ediciones Abya Yala, Fundación Rosa Luxemburg, 2011. Available in: <http://www.gudynas.com/publicaciones/capitulos/GudynasDesarrolloGuiaHeterodoxaFRLQuito11.pdf>. Access at: 30 jul. 2024.

HABERMAS, J. **Teoría de la acción comunicativa: racionalidad de la acción y racionalidad social**, I. Madrid: Taurus, 1987.

JAIME, P.; LIMA, A. Uma trajetória antropológica: entrevista com Didier Fassin. **Horizontes Antropológicos**, Porto Alegre, ano 17, n. 36, p. 257-279, jul./dez. 2011. Available in: <https://www.scielo.br/j/ha/a/nntSFGfbWtFfWfcBYtrfC3C/>. Access at: 15 jun.2024.

LEFF, E. A cada quien su virus. La pregunta por la vida y el porvenir de una democracia viral. **Halac – Historia ambiental latinoamericana y caribeña, Revista de la Solcha**, v. 10, p. 139-177, 2020. Available in: <http://halacsolcha.org/index.php/halac>. Access at: 10 ago. 2024.

MORIN, E. **Introducción al pensamiento complejo**. Barcelona: Gedisa, 1998.

PAUL, P. Desafios de uma nova concepção na saúde: a medicina integrativa transdisciplinar. In: **Imaginários da saúde e interculturalidade**. Rio de Janeiro: e-Publicar, 2023. p. 95-116.

PEUCH, J. **L'épreuve cosmopolitique de l'écologie des pratiques**. Blog de partage et de réflexion, 2012. Available in: <https://jpeuch.wordpress.com/2012/02/29/lepreuve-cosmopolitique-de-lecologie-des-pratiques/>. Access at: 30 maio 2024.

QUIJANO, A. Colonialidade do poder e classificação social. In: SANTOS, B. S.; MENESES, M. P. (Org.). **Epistemologias do Sul**. São Paulo: Cortez. 2010. p. 84-130.

RAWORTH, K. **Economia Donut: uma alternativa ao crescimento a qualquer custo**. Rio de Janeiro: Zahar, 2019.

ROMANINI, E. **Apropriação e reapropriação social da natureza: disputas entre diferentes sistemas agroalimentares**. Tese de doutorado. Curitiba: PPGMADE-UFPR, 2024.

SANTOS, B. de S. Para além do Pensamento Abissal: das linhas globais a uma ecologia de saberes. In: SANTOS, B. de S.; MENESES, M. P. (Org.). **Epistemologias do Sul**. São Paulo: Editora Cortez. 2010.

STENGERS, I. **La vierge et le neutrino: les scientifiques dans la tourmente**, p.165-189. Paris: Empecheurs, 2006. Access at: 20 jun. 2024.

WACQUANT, L. **Marginalidad, etnicidad y penalidad en la ciudad neoliberal:** una cartografía analítica. *Ethnic & Racial Studies*, Symposium, Winter. 2013. Available in: <http://loicwacquant.net/assets/Papers/Recent-Papers/Wacquant-Marginalidad-2014.pdf>. Access at: 9 set. 2024.

WEAVER, W. Science and Complexity. *American Scientist*, v. 36, p. 536, 1948.

WEBER, M. **A ética protestante e o “espírito” do capitalismo.** São Paulo: Companhia das Letras, 2004.

Avaliação dos sistemas hegemônicos e subalternos em saúde: uma proposta metodológica

Assessment of hegemonic and peripheral healthcare systems: a methodological proposal

Dimas Floriani ¹

¹Phd in Sociology, Full Professor, Graduate Program in Environment and Development and in Sociology, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brazil
E-mail: floriani@ufpr.br

doi:10.18472/SustDeb.v16n1.2025.56056

Received: 07/11/2024
Accepted: 07/04/2025

ARTICLE- VARIA

RESUMO

Pesquisas aplicadas com algumas populações tradicionais deram suporte metodológico ao modelo SIS (Sistema de Interação Societal), que busca confrontar o sistema hegemônico de mercado com os sistemas socioambientais de borda. O propósito é verificar se a metodologia desse modelo, analisada no artigo, pode ser extensiva ao sistema de saúde. A fundamentação teórica sobre modernidade periférica, hegemonia e subalternidade serve de suporte explicativo aos contextos históricos em que ocorrem as experiências de saúde alternativas. A exposição de argumentos de alguns autores que questionam o sistema de saúde hegemônico busca viabilizar alternativas a eles. Com isso, indaga-se se o modelo SIS consegue interpretar efetivamente os limites e potencialidades dos diferentes sistemas de saúde, ou seja, se ambos os modelos – hegemônico e alternativo – podem coexistir, como sistemas híbridos, e quais seriam os requisitos básicos para essa ocorrência. Além disso, mencionam-se alguns dos principais limites e obstáculos, bem como sugestões para facilitar o diálogo entre os diversos sistemas de saúde.

Palavras-chave: Sistema de Interação Societal. Sistemas dominantes e subalternos em saúde. Obstáculos ao diálogo nos sistemas de saúde.

ABSTRACT

Applied research conducted with some traditional populations has served as the methodological foundation for the social interaction system (SIS) model, which seeks to contrast the hegemonic market system with peripheral socioenvironmental systems. The aim is to check whether the methodology of this model can be extrapolated to the healthcare system. The theoretical framework on peripheral modernity, hegemony, and subalternity serves as a foundation for analysing the historical contexts in which alternative healthcare experiences take place. Arguments from authors who question the hegemonic healthcare system help explore viable alternatives. This raises the question of whether the SIS model can effectively interpret the limitations and potentialities of different health systems, particularly analysing whether the hegemonic and alternative systems can coexist as hybrid systems and what

essential conditions underpin such coexistence. Moreover, some of the key limitations and obstacles are discussed, and suggestions are given to enhance communication among different healthcare systems.

Keywords: Social interaction system. Hegemonic and peripheral healthcare systems. Barriers to dialogue in healthcare systems.

1 INTRODUÇÃO

O modelo dos sistemas dominantes e de borda, designado por SIS (Sistema de Interação Societal), embora esquemático, busca expressar algumas das dinâmicas de reprodução social do capitalismo e sua relação com as práticas e os saberes de atores sociais subalternos, associados com os usos da natureza.

Essas dinâmicas indicam, por um lado, o caráter desigual da reprodução do sistema hegemônico, suas assimetrias promotoras de marginalizações sociais e mecanismos deletérios de apropriação da natureza; por outro lado, busca identificar como atores subalternos buscam diferenciar-se das lógicas de produção da agricultura capitalista e dos mecanismos de apropriação da natureza. Da interface de ambos os sistemas, de suas diversas inter-relações é que foi pensado um modelo analítico para avaliar como ocorrem conflitos, coexistência, marginalização dos subalternos ou então complementaridades cooperativas.

Os detalhes metodológicos do modelo SIS serão apresentados mais adiante. Sua elaboração deriva de algumas experiências de pesquisa de extensão acadêmica, realizadas diretamente com algumas populações tradicionais, envolvendo acadêmicos de duas universidades (Universidade de Ponta Grossa – UEPG e Universidade Federal do Paraná – UFPR), agentes públicos e comunitários de alguns municípios do centro-sul paranaense pelo *Projeto Unitinerante* – Universidade Itinerante pelos Direitos Humanos, da Natureza, pela Paz e o Bem Viver – associado ao Grupo Interconexões (UEPG) e ao Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento – PPGMADE UFPR ; some-se a essas pesquisas a elaboração de duas teses de doutorado: uma voltada ao estudo de populações indígenas (Fabri, 2020) e sua relação com as instituições do Estado e outra ao estudo de sistemas agroalimentares, dominante e de borda (Romanini Netto, 2024).

As pesquisas versaram sobre temas voltados às práticas sustentáveis de agricultores agroecológicos, avaliação de sua capacidade de mobilização de recursos para a construção de estratégias de autonomia socioambiental e práticas de saúde comunitária dessas populações. A elaboração teórico-metodológica do modelo foi sistematizada em seminários de pesquisa com um grupo de pós-graduação no Programa Interdisciplinar em Meio Ambiente e Desenvolvimento, na linha de pesquisa de Epistemologia e Sociologia Ambiental (PPGMADE-UFPR).

Um dos principais objetivos deste texto, de modalidade ensaística, é de verificar se o potencial do modelo SIS pode ser aplicável aos sistemas de saúde hegemônico e alternativo.

A pergunta é se existe a possibilidade de emergir uma nova modalidade híbrida nas práticas de saúde, decorrente da coexistência entre a relação dos sistemas hegemônicos (centrados em procedimentos tecnocientíficos e de mercado) com os subalternos (associados a práticas culturais das populações tradicionais).

No caso de ocorrer essa possibilidade, quais os fatores constitutivos dessa coexistência e, em caso oposto, quais os principais obstáculos? No decorrer do artigo, pretendemos qualificar melhor os elementos componentes de ambos os sistemas e como definimos um sistema hegemônico de saúde em contraposição a um sistema de borda ou subalterno.

Para indicar como operam as engrenagens de tais configurações do modelo, trouxemos diagramas com os componentes do Sistema de Interação Societal (SIS) e suas respectivas interfaces, apresentados

na parte relativa ao método. Essa proposta metodológica não se contenta apenas em desenhar diagnósticos da realidade, pois contempla projetos de ação, como os de extensão acadêmica, ou seja, associa a prática de pesquisa na perspectiva de uma ciência pública e pertinente. De acordo com Fassin (2011, p. 260), “o que há de mais interessante hoje nas ciências sociais se faz na fronteira entre a participação e a observação”.

O referido modelo não é uma receita universal, isto é, não serve para qualquer situação de pesquisa, mas para contextos socioambientais em que atores subalternos se defrontam com os hegemônicos, por isso designados como atores de borda ou subalternos. Como já mencionado, é uma fórmula aplicável preferencialmente a populações tradicionais, a seus sistemas de saberes e práticas socioambientais locais, inclusive para o caso do sistema de saúde para o qual pretendemos apresentar mais adiante.

Para evitar o mecanicismo ou o idealismo, estabelecemos que esses sistemas são abertos e que suas interseções contemplam complementaridades interativas (potenciais híbridos) e de sua dinâmica emergem *transformações, diferenciações e conflitos*. Dessa maneira, as dinâmicas intersistêmicas são relacionais, ou seja, não podem ser concebidas isoladamente, pois cada um dos sistemas em interação possui sua própria estrutura e organização, de acordo com os princípios orientadores do pensamento complexo, aplicados à teoria sistêmica¹.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA SOBRE OS SISTEMAS DOMINANTES E DE BORDA

2.1 DINÂMICAS DOS SISTEMAS DOMINANTES E DE BORDA NA MODERNIDADE PERIFÉRICA DO CAPITALISMO

A fim de analisarmos os contextos históricos em que ocorre o confronto entre atores hegemônicos e subalternos, buscamos definir cada um dos sistemas nas duas seções subsequentes, bem como os elementos constitutivos dessa relação. Essa caracterização é fundamental para explicar, posteriormente, as razões de termos elaborado uma proposta metodológica com o objetivo de verificar sua pertinência para o estudo dos sistemas hegemônico e subalterno de saúde.

O sistema dominante na moderna sociedade de mercado é expressão da empresa capitalista e do Estado moderno, de acordo com Habermas (1987, p. 214-15), coincidindo parcialmente com a visão de Weber (2004).

A esse respeito, a dinâmica do sistema dominante busca impor-se enquanto Sistema-Mundo pela racionalidade instrumental e estruturante da concepção de desenvolvimento capitalista que se espalha em cadeia planetária pela financeirização do capital, pela geopolítica assimétrica do poder internacional e pelos processos corrosivos sobre a natureza (insustentabilidade), cujos efeitos repercutem de diferentes formas na periferia do sistema globalizado. E essas diferentes modalidades de reprodução do sistema hegemônico nos diferentes espaços da periferia podem ser entendidas também como expressão de *múltiplas modernidades*².

Dessa maneira, a globalização distribuiu assimetricamente não apenas os recursos do poder geopolítico, mas da mesma forma os usufrutos dos bens econômicos; da mesma forma, instaurou um sistema de livre circulação de mercadorias, fez implodir as comportas de contenção dos Estados nacionais, liberando imensos contingentes humanos, marginalizados por diversos motivos, que circulam sem destino, mundo afora, em busca de condições de sobrevivência. Em escala planetária, as mercadorias assumem a figura legal de circulação em oposição à figura considerada irregular, para não dizer ilegal dos migrantes.

Na América Latina as estratégias desenvolvimentistas expressam historicamente diferentes níveis de contradição em relação ao modelo exportador extrativista. Enquanto no passado eram feitas restrições ao modelo primário exportador, pois ele freava a capacidade de industrialização, no presente a exportação de matérias-primas e o neoextrativismo são festejados. A subordinação comercial às empresas transnacionais, a globalização e a governança mundial são aceitas e incentivadas por diversos governos, mesmo os progressistas (Gudynas, 2011).

Santos (2010) adverte que nem todo o Norte, caracterizado como sistema capitalista central hegemônico, é uma ilha de prosperidade. Para o autor, o Sul está no Norte e este no Sul, pois, em ambos, são produzidos mecanismos de exclusão social; contudo, é no Sul onde se encontram as maiores iniquidades do modelo capitalista, composto igualmente por elites minoritárias; igualmente, no Sul, amplos setores de classe média usufruem de estilos de vida dos países afluentes do Norte e com os quais se identificam. A diferença de ambos os sistemas é que no Sul a massa de exclusão social é vertiginosamente maior.

Na pista do pensamento crítico decolonial, da racionalidade ambiental e das epistemologias do Sul, questionam-se as bases ideológicas do desenvolvimento ao não se obrigarem a propor “outro desenvolvimento”, mas de distinguir desenvolvimentos alternativos de *alternativas ao desenvolvimento*; mesmo que em pequenas escalas locais, surge assim o debate em torno do pós-desenvolvimento que demonstra proximidade com os sujeitos subalternos, povos autóctones ou originários. Suas racionalidades não se inscrevem na ideologia do progresso; seus saberes e suas cosmologias sobre o *buen vivir* e o conviver com a natureza permitem construir, assim, alternativas ao desenvolvimento.

Em relação às concepções de desenvolvimento, é ocioso entrar no debate da sustentabilidade, que é polissêmico, território de disputas de sentido, tanto pelos atores hegemônicos como pelos subalternos. O termo é utilizado indistintamente tanto para sustentabilidade econômica, social e ecológica, embora a constituição dessa designação respondesse a um debate entre diferentes concepções de ecologia, de necessidades e de cultura, mas que finalmente também acaba sucumbindo às ideias de crescimento econômico quando formulado pelos atores vinculados ao modelo capitalista hegemônico.

Como já apontado, as dinâmicas hegemônicas são ditadas pelos sistemas centrais de ação que fixam a estrutura da sociedade: a economia capitalista, o Estado moderno e a família nuclear. Porém, de acordo com Habermas (1987), quando se consideram três outros dispositivos sistêmicos (ou seja, as esferas culturais de valor, sistemas culturais de ação e sistema de personalidade), as racionalidades podem ser consideradas de outra forma, como espaços de disputas de sentidos e de espaços existenciais, sobre projetos de vida e aspirações diferentes, isto é, pelo *mundo da vida*.

Cabe agora abordar o alcance da noção de *subalternidade*, na perspectiva de atores que constroem suas estratégias desde os sistemas de borda.

2.2 ATORES SUBALTERNOS E SISTEMAS SOCIOAMBIENTAIS DE BORDA

O tema da *subalternidade* está associado aos sujeitos coletivos ou grupos e categorias sociais, pertencentes historicamente a um sistema de subtração ou destituição de sua condição original, pela expropriação de seus territórios, privação da liberdade, integração forçada ao Estado nacional, como é o caso dos povos indígenas, camponeses e demais populações tradicionais, os sem-terra, sem-teto, os afrodescendentes, povos das florestas, pescadores artesanais e outros coletivos associados a gênero e formas de vida, e de sexualidades alternativas.

Deve-se entender ainda que esses sujeitos subalternos se caracterizam pelos sistemas de práticas (ou ecologia das práticas³) condicionados pela produção e reprodução material que define o padrão de uso e apropriação da natureza, desenvolvendo e reforçando valores culturais, pelos imaginários de

natureza e estilos de vida, bem como pelos usos de tecnologias capazes de garantir o *modus operandi* de produção e reprodução das condições e situações de vida comunitária.

Em relação aos aspectos culturais de uma modernidade que se instala em sociedades multiétnicas, interculturais e plurinacionais, o antigo debate sobre modernidade em oposição à tradição tende a simplificar e a dificultar sua compreensão, pois apresenta a economia e os estilos de vida urbano-industrial como predominantes, na modernidade, sobre sociedades fracamente industriais e pouco urbanizadas.

Para entender esses conflitos desde diferentes racionalidades culturais, Escobar (2005, 2014) propõe substituir a ideia de cultura pela de ontologia, pela qual múltiplos mundos nos conduzirão à noção de *pluriverso*, por meio da ativação política da relacionalidade, desses muitos povos indígenas e afrodescendentes da América Latina. Escobar sublinha que o universo, como expressão hegemônica, deva ceder lugar a uma coleção de múltiplos mundos possíveis.

Abrem-se assim portas novas para traduzir esse debate, cujas origens estão ainda no final do século passado, em que diversos autores (entre alguns dos principais, Aníbal Quijano, Arturo Escobar, Néstor García Canclini, Édouard Glissant, Homa Bahba, Hountondji, Achile Mbembe, Spivak e Stuart Hall) desenvolveram reflexões teóricas, pelos estudos culturais, pós-coloniais, decoloniais e epistemologias do Sul, em que emergem variados *sujeitos subalternos* envolvidos com identidades e incorporados à etnicidade, sexualidade e gênero, indicando tomada de consciência política de sua condição de subalternidade periférica, no espaço de construção de alternativas. Como exemplo citam-se os opositores à globalização, os movimentos de emancipação, como o zapatismo e o indigenismo andino, os movimentos do campo (sem-terra, produtores agroecológicos, agricultores familiares em defesa da segurança e soberania alimentar) e das cidades (sem-teto), sistema prisional (Wacquant, 2013), movimento LGBTQIA+, organizações humanitárias pelos direitos dos migrantes, organização de mulheres por direitos iguais e outros direitos, etc.

3 MATERIAL E MÉTODO: APRESENTAÇÃO DO SISTEMA DE INTERAÇÃO SOCIETAL (SIS)

Na sequência, será importante cotejar as dinâmicas sociais dos sistemas hegemônicos de mercado e dos sistemas subalternos, de forma a entender que embora possuam suas próprias lógicas internas, são interdependentes e produzem complexos efeitos de exclusão-inclusão ao longo dos processos históricos (relação centro-periferia). Buscamos assim atribuir a cada um dos sistemas aqui analisados seus respectivos componentes concretos de acordo com o Diagrama I (Figura 1):

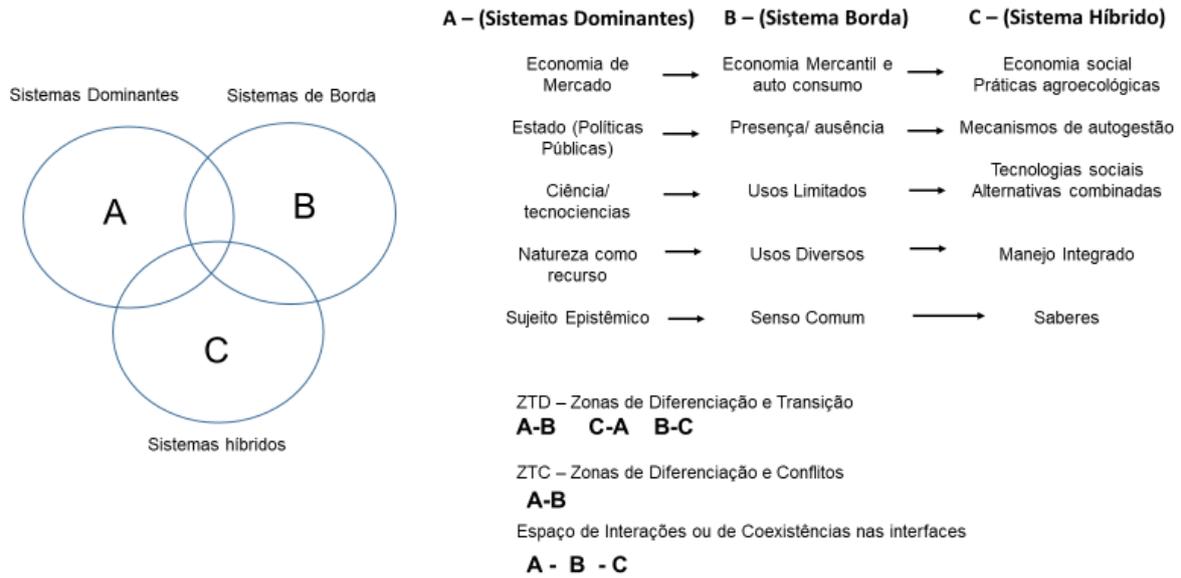


Figura 1 – Diagrama I – Dinâmicas intersistêmicas com seus elementos constitutivos

Fonte: Elaborado pelo autor

Em nossa definição, o *Sistema de Interação Societal (SIS)* é composto por um sistema de práticas materiais, práticas culturais (simbólicas ou imateriais), por agenciamentos (ecologia de saberes e ecologia das práticas) que promovem a produção de subjetividades e sua fixação em estruturas sociais e institucionais. O movimento de inclusão/exclusão desses componentes ocorre no *Espaço de Interações ou de Coexistências* que reúne elementos dos três sistemas (A, B e C), com as respectivas *Zonas de Diferenciação e Transição*, e *Zona de Diferenciação e Conflito*, localizáveis nas interseções dos sistemas dominante, de borda e híbrido, do Diagrama II (Figura 2), bem como em sua recursividade.

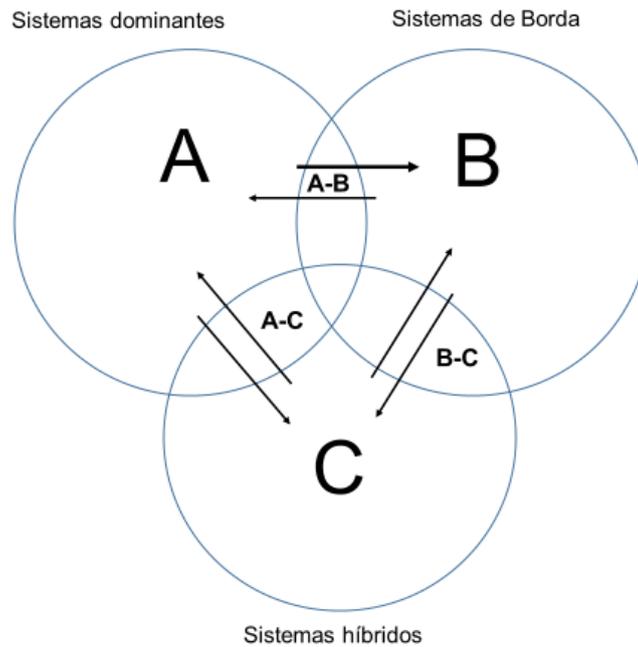


Figura 2 – Diagrama II – Interatividade e Recursividade Intersistêmicas

Fonte: Elaborado pelo autor

Assim, as dinâmicas nos espaços de interação do diagrama compreendem o *Espaço de Interações ou de Coexistências nas interfaces A-B-C*. Nas interfaces A-B, A-C e B-C, podem ocorrer Zonas de Diferenciação tendentes a transitar para Modelos Híbridos, não sem conflitos entre o sistema hegemônico e o de borda.

O que promoveria ou permitiria a existência de um *Sistema Híbrido* emergente? Essa é a pergunta central a ser perseguida e aprofundada mais adiante para o caso da saúde, isto é, em que condições seria possível aproximar modelos dominantes de saúde com formas alternativas existentes, por exemplo, em populações tradicionais e indígenas. Segundo o diagrama, um Sistema Híbrido resulta da confluência e combinação de cada um dos dois sistemas (dominante e da borda) ao produzir coexistência dos seus principais aspectos (econômicos, tecnológicos, culturais, socioambientais, educacionais). Contudo, pode também produzir conflitos quando a coexistência for ameaçada pela sobreposição exagerada de alguns subsistemas sobre os demais.

Para ilustrar essa sobreposição, tome-se o caso do sistema alimentar, como exemplo: os usos indiscriminados de agrotóxicos podem colocar em risco o subsistema de saúde e que, se não produzir contrapesos desde os sistemas de borda, pode inibir as iniciativas de criação de alternativas ao modelo hegemônico, como têm buscado fazer, por exemplo, os agricultores agroecológicos. De igual maneira, o sistema dominante da produção de fármacos sintéticos, ao sobrepor-se ao sistema preventivo de saúde, inibe cultural e institucionalmente os sistemas de práticas alternativas de saúde.

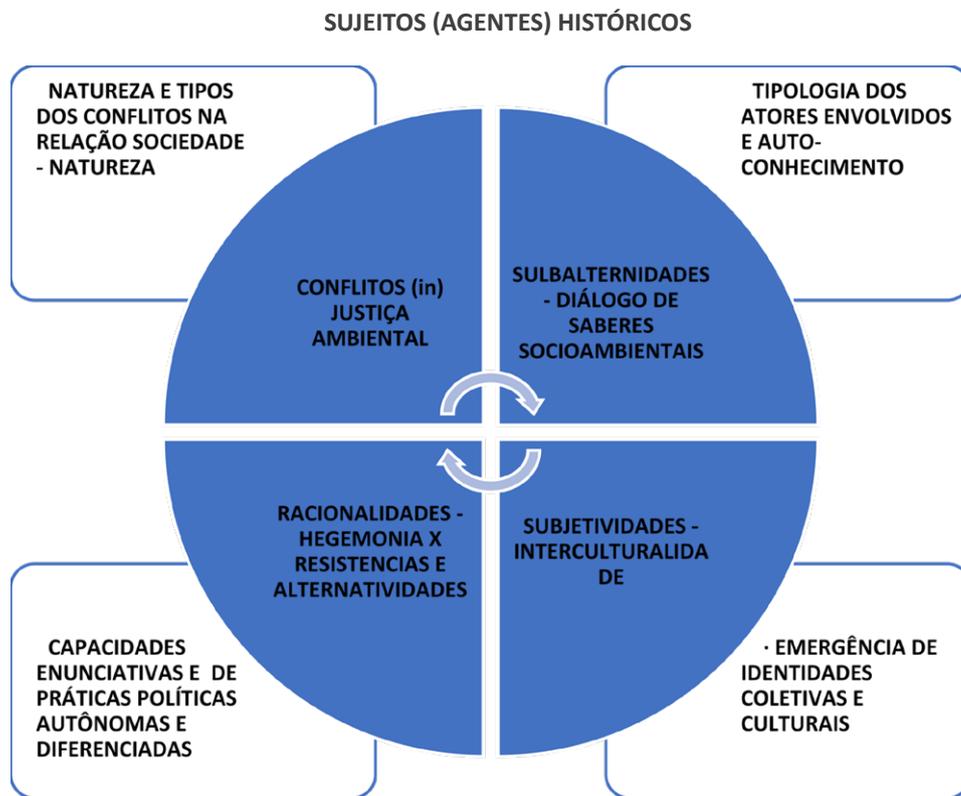


Figura 3 – Diagrama III – Esquema sobre as dinâmicas do capitalismo e sua relação com os atores sociais subalternos e o sistema de práticas socioambientais

Fonte: Elaborado pelo autor

O Diagrama III (Figura 3) é uma espécie de modelo típico-ideal e por meio dele é possível avaliar os sistemas de práticas dos atores subalternos, isto é, se tendem a permanecer em sua condição subordinada, ou então pretendem construir projetos de autonomização, e se são capazes de mobilizar seus recursos pelas suas capacidades enunciativas e pelas práticas políticas autônomas e diferenciadas,

promotoras de novas subjetividades, ao provocarem emergências, com reafirmação de identidades coletivas e culturais.

4 AVALIAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO COMO SUPORTE METODOLÓGICO DO SIS

Dois tipos de estudos realizados com essa metodologia (um com os produtores agroecológicos e outro com as práticas da medicina popular) permitiram avaliar como os diferentes atores se posicionam diante de seus projetos de construção de autonomia, bem como os obstáculos para sua realização. Ambas as experiências (da agroecologia e da medicina popular) servem de suporte empírico para ilustrar o funcionamento dos sistemas subalternos.

Em pesquisa realizada (Floriani, D.; Floriani, N., 2020) foi demonstrado como os agricultores agroecológicos desenham suas estratégias perante o sistema de produção de mercado, tendo em vista a construção de autonomias socioambientais, por meio de novos arranjos produtivos e culturais, e mediante a produção de novas subjetividades.

Por meio de uma análise de indicadores (Organização Comunitária; Acesso aos Direitos Básicos; Inserção no Mercado; Produção/Conservação Ecológica; e Reafirmação de Identidades) aplicados a quatro comunidades tradicionais locais, foi possível avaliar a capacidade de mobilização de recursos por parte dessas comunidades. Esses indicadores permitiram localizar as trajetórias percorridas pelos atores comunitários em direção aos limites mínimos e máximos para a construção de autonomias socioambientais.

Os conflitos verificados foram importantes também para ver em que medida os sistemas de borda (sistemas socioterritoriais), nos quais se inserem as comunidades locais, são afetados e ameaçados pelos mecanismos dos sistemas hegemônicos, cuja centralidade é o mercado e a apropriação da natureza como recurso econômico, colocando em risco os ecossistemas pelo uso exacerbado de agrotóxicos, como é o caso da fumicultura e da atividade monocultora de reflorestamento.

Igualmente, serviu para identificar o déficit na oferta de serviços básicos para essas comunidades, os desafios de governança, as ameaças à reafirmação de identidades, pela invasão de igrejas neopentecostais, mas também aspectos positivos em relação ao manejo dos recursos ecossistêmicos, bem como a implementação da produção agroecológica para as feiras a fim de impulsionar a economia social.

Como contraponto, verificou-se como se move o sistema hegemônico que ameaça essas comunidades. Pertencentes ao sistema hegemônico, figuram atualmente como atores antagonistas em disputa pelos territórios tradicionais os neorrurais, proprietários de chácaras de lazer, as empresas transnacionais que se instalam e estabelecem contratos de uso dos recursos naturais e sociais comunitários, e igrejas neopentecostais que introduzem novos hábitos e padrões comportamentais (fundamentados no individualismo e na apropriação privada dos bens comuns, sob a égide da teologia da prosperidade, ou do novo espírito do capitalismo para os pobres), provocando cisões nas comunidades em detrimento de práticas sociais consuetudinárias de reciprocidade, com origem no catolicismo rústico, tais como os puxirões e as festividades.

Por fim, e dependendo do tipo de recursos e das capacidades mobilizadas, constatou-se que essas capacidades podem ser potencializadas por arranjos cooperativos com outros sistemas, abrindo possibilidades de autonomias socioambientais. Pode-se considerar assim que resultem em formas híbridas de organização; ou então que essas capacidades e recursos mobilizados podem ser limitados por interações negativas com os sistemas hegemônicos (ex.: agronegócio transacional do fumo ou do reflorestamento), produzindo sistemas de borda marginalizados e altamente dependentes.

Enquanto os estudos com os produtores agroecológicos serviram de suporte geral para esboçar o método SIS, confrontando lógicas e funcionamento dos sistemas hegemônicos e subalternos, o estudo sobre medicina popular permitiu avançar de maneira mais aprofundada para a análise dos diversos sistemas de saúde de populações tradicionais na perspectiva de demonstrar que suas práticas e saberes podem estar implicados com estratégias de sustentabilidade, bem como com possibilidades de diálogo e de complementaridades com a medicina preventiva.

São mencionadas aqui experiências com pesquisa sobre medicina popular, realizada ao longo dos últimos anos (Ferreira Clarindo; Floriani, 2023), com populações tradicionais em contextos rurais e urbanos. Este estudo permite apontar algumas das principais configurações e funcionamento desse sistema subalterno de saúde⁴.

Neste estudo foram investigadas comunidades rurais localizadas na região do município de Campo Largo e Ponta Grossa, e, em seguida, o mesmo fenômeno foi analisado no perímetro urbano da cidade de Ponta Grossa, município polo da região dos Campos Gerais do Paraná. O estado do Paraná (PR) fica na Região Sul do Brasil; as comunidades rurais estudadas estão situadas no centro-sul do estado, conforme indicado na Figura 4.

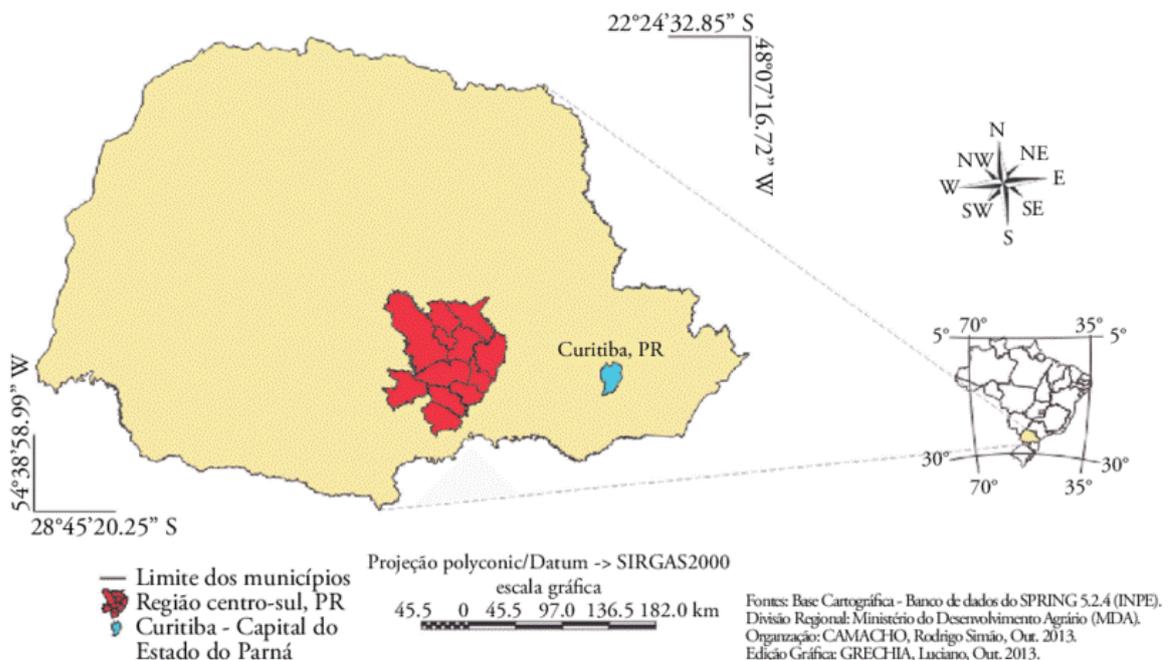


Figura 4 – Região centro-sul do Paraná

Fonte: Base cartográfica – Banco de dados do SPRING 5.2.4 (Inpe)

Ao analisar duas espacialidades distintas – rural/urbana –, o estudo favorece a compreensão da medicina popular de maneira ampla, tal qual demanda o fenômeno.

Partiu-se do princípio de que na medicina popular estão imbricadas múltiplas dimensões da vida comunitária (econômica, social, cultural e espiritual/religiosa). A (re)produção da medicina popular no contexto rural guarda uma conexão mais aproximada com a natureza, seja pela disponibilidade de recursos e uma questão cultural ou mesmo enquanto uma necessidade premente, pois as comunidades rurais não dispõem dos serviços públicos e remédios industrializados. Trata-se, portanto, de uma ressignificação da natureza com a inserção da religiosidade que também acompanha esse saber-fazer

ao longo dos anos. A eficácia das plantas medicinais e dos rituais de cura envolvidos na medicina popular vai além da função pragmática da cura (Ferreira Clarindo; Floriani, 2023, p. 211).

A pesquisa tratou de aproximar a geografia da saúde de uma perspectiva fenomenológica, convergindo para um prisma cultural, social, crítico e humanista organizado pelo pensamento complexo. As benzedeadas e benzedores figuram nesse contexto como mantenedores de um saber que faz dialogar diferentes momentos históricos da sociedade, capaz de estabelecer conexões entre a medicina moderna, antigas formas de cuidar do corpo e espiritualidades em um constante fluxo de incorporações (Ferreira Clarindo; Floriani, 2023, p. 202).

Benzedeadas e benzedores possuem dom e são como médico-mágico-religioso. São sujeitos cujos saberes associam todas as especialidades da medicina moderna (são psiquiatras, cardiologistas, ortopedistas, etc.), pois tratam toda ordem de disfunções, sejam físicas, psicológicas, ortodônticas, sociais, etc. (Ferreira Clarindo; Floriani, 2023, p. 207).

O estudo identificou benzedeadas em atuação na cidade, com características bastante próximas daquelas estudadas no meio rural (Ferreira Clarindo; Floriani, 2023, p. 208). Segundo a pesquisa, no meio rural as práticas da medicina popular encontram-se envoltas em um catolicismo rústico, que trabalha simbolismos institucionais da Igreja Católica com outros que são incorporados pela modernidade e disposições do cotidiano rural. Por sua vez, a medicina popular urbana incorpora um sincretismo religioso, combinando imagens do catolicismo com imagens de religiões de matriz africana (Ferreira Clarindo; Floriani, 2023, p. 210).

A pesquisa realizada na região da Serra das Almas (estado do Paraná) antecipa o que outros autores afirmam mais adiante sobre visões holísticas em saúde alternativa, ao combinar dimensões culturais com a subjetividade humana: o físico e o emocional ligados com o estar feliz; estar bem relacionado com os demais como signo de vínculo social; obrigações religiosas em dia predispõem as pessoas a evitar o mal; a conexão da saúde com as ações individuais e coletivas permite fazer o bem ao próximo, cumprindo-se assim com o papel social e religioso e atraindo proteção divina.

O referido estudo das práticas da medicina popular permitiu atestar que: 1) ao contrário do que se poderia imaginar, a globalização e os signos pós-modernos não sobrepuseram antigas práticas da sociedade, mas as reavivaram tornando as diferentes espacialidades híbridas desde o prospecto cultural. Nesses termos, o rural não é tão “provinciano” quanto se imagina, e, na mesma proporção, o espaço urbano não é em sua integralidade “cosmopolita”; e que 2) a medicina popular é uma espécie de transgressão lícita impregnada no seio das comunidades em questão, que não abdicam do modo de vida moderno nem mesmo da medicina moderna, mas simultaneamente flexionam os limites da racionalidade instrumental propagando saberes e outra visão do mundo para além dos desmandos do capital e da objetivação do corpo humano e da vida em sociedade (Ferreira Clarindo; Floriani, 2023, p. 214).

5 CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DOS MODELOS DE SAÚDE DOMINANTES E DE ALGUMAS PRÁTICAS DE SAÚDE COMUNITÁRIAS⁵

As ciências sociais e em especial a antropologia, a sociologia, a geografia e a economia da saúde têm contribuído enormemente para buscar entender os atuais desafios entre o paradigma predominante do modelo de saúde em nosso mundo moderno e suas repercussões positivas e negativas em relação às estratégias das políticas direcionadas a esse campo, conforme nos indicam Paul (2023) e Fassin (2011), dois importantes autores que aliam a interpretação antropológica e sociológica dessa questão às suas formações e práticas de médicos.

Um novo olhar integrador entre corpo, natureza e cultura alerta para a degradação crescente dos oceanos, rios e florestas, e a ação de alguns dos agentes responsáveis pelo agravamento da saúde humana, como dos metais pesados e pesticidas, por exemplo, que afetam e esterilizam tanto as populações animais como as humanas. Outro olhar integrador, entre os diversos fatores associados às condições e situações de vida das populações humanas, é decisivo para um diagnóstico multifatorial e os condicionantes das estratégias voltadas para as políticas de saúde, conforme será apresentado mais adiante.

Existem numerosas maneiras de se interessar pelo corpo na perspectiva das ciências sociais. Pode-se abordá-lo em termos de representações (tradicionais ou contemporâneas), em termos de performances (do ritual ao teatro), em termos de normatização (através das prescrições da higiene ou da moral). Uma leitura que me parece importante e insuficientemente desenvolvida é a da antropologia política. Trata-se de compreender o que o Estado faz dos corpos ou o que ele faz aos corpos (FASSIN, 2011, p. 265).

É necessário indicar alguns dos fatores epistêmicos e culturais, segundo a visão de ambos os autores (Fassin, 2008, 2011; Paul, 2023) na base do modelo hegemônico de saúde que se instalou com o advento da modernidade ocidental, bem como a coexistência de outras formas e práticas subalternas e igualmente culturais de lidar com a saúde e a doença. O fenômeno da globalização das sociedades, embora não seja recente, tem acelerado a produção de efeitos colaterais em termos de saúde e doença, tais como as pandemias e sua relação com a degradação das condições de vida no planeta. Não estamos apenas interconectados pela economia global, mas também ecologicamente, através da complexa trama da vida (Leff, 2022, p. 39).

A prática médica predominante, atualmente, é valorizada e legitimada pelas tecnociências e suas proezas técnicas, contrariamente aos modelos antigos, associados mais com a arte, porém, o enraizamento científico expõe uma contraface problemática pois, sendo cada vez mais objetiva, a medicina se separa da pessoa humana em sua inteireza. Da mesma maneira, essa modalidade técnica do ato de curar responde a uma visão mecânica do corpo considerado como um relógio ou um autômato.

Por isso, essa orientação dominante do ato de curar acentua a sofisticação cada vez maior da tecnologia médica, das aparelhagens ou dos medicamentos, com procedimentos informatizados para assegurar a responsabilidade dos cuidados. Para esse sistema, são as técnicas e os conhecimentos que conduzem à saúde, contrapondo-se a outras visões, mais ecológicas, ao reconhecerem que o indivíduo, tal como a terra, dispõe de recursos limitados. Essas outras visões atribuem à figura da prevenção e à capacidade de autonomia das pessoas a responsabilidade por sua saúde (Paul, 2023, p. 70).

Assim, o *modus operandi* da medicina moderna divide o doente ao operar com o reducionismo, o mecanicismo e a objetividade. Ao agir por sua própria conta, cada uma das especialidades médicas acaba ignorando o doente, ao não o associar à sua integralidade como pessoa; o que importa é a seleção das informações, para tornar possível um diagnóstico da doença (Paul, 2023, p. 73).

Contudo, reconhece Paul (2023, p. 76), a eficácia máxima da medicina diz respeito, em muitos casos, às patologias unifatoriais e agudas. Nesses casos, os atos simples, mecânicos e especializados são eficazes e preciosos. Apesar disso e, progressivamente, os cuidados médicos exigem uma abordagem de inúmeros fatores o que os tornam de fato complexos de acordo com outros autores citados pelo autor.

Por outro lado, observa-se nos modernos estilos de vida tipo “ocidental” um incremento das doenças crônicas, de longa duração, evolutivas e muitas vezes associadas a uma invalidez. Segundo Paul (2023, p. 72-73), ainda, um dos fatores responsáveis por esse incremento está associado ao aumento da duração de vida das populações, graças à eficácia terapêutica e aos cuidados de higiene modernos, porém, nota-se ao mesmo tempo que outros fatores geradores de patologias devem-se aos estilos de

vida das cidades, à poluição, ao tipo de agricultura e alimentação, às condições de vida profissional, ao estresse e a diversos outros problemas ambientais.

A referência insistente a esse aumento das doenças crônicas deve-se às ameaças ao sistema de proteção à saúde, aos elevados custos de tratamento público e privado, e que no limite tornarão inviáveis os serviços de atendimento a milhões de pessoas. Por essa razão, os autores citados propõem outras formas de serviços de saúde, não apenas por razões financeiras, mas também por questões filosóficas e paradigmáticas, no sentido de implementar outras ecologias das práticas, associadas a novas concepções de saúde.

Afirma-se que os modelos de saúde respondem ao sistema cultural e, nesse caso, a medicina científica corresponde à racionalidade instrumental e às lógicas de mercado imperantes. Contudo, isso não significa que não exista a possibilidade de se pensar em sistemas alternativos, uma vez que muitos deles são igualmente expressões culturais, associadas a outras formas e estilos de vida, diferentes daqueles ditados pela racionalidade instrumental, e também como respostas de resistência ante a imposição de um único modelo de saúde.

Nesse sentido, e pensando em nossa proposta de avaliação dos modelos sociais que buscam identificar a relação entre lógicas e procedimentos dos sistemas hegemônicos e sistemas de borda e híbridos, conforme antecipado no início do presente texto, deve-se considerar as possibilidades de interações, complementaridades, conflitos, coexistências e composições híbridas entre as dinâmicas associadas aos mecanismos de produção da doença e os cuidados regenerativos de uma vida saudável.

Contudo, existe nisso uma ordem implícita, ou seja, de que a medicina científica é considerada como central e as demais práticas “alternativas” ou “complementares”, vistas e consideradas como secundárias, ficando mais associadas à busca de certo bem-estar do que propriamente a um poder de cura.

A supremacia da medicina científica afirmou-se ao longo do século XX. Mas as medicinas tradicionais mantiveram-se, no mesmo período, em lugares ou com populações para as quais o acesso à medicina alopática era difícil. Todavia, um novo fenômeno desenvolveu-se progressivamente, a partir dos anos 1970, no próprio mundo ocidental: a introdução de novas práticas, mais ou menos provenientes das abordagens tradicionais, realizou-se lentamente. Essa introdução - dando sequência à revolução cultural de 1968, associada a uma revalorização da natureza, do bem-estar e das experiências interiores - tenta contrabalançar a hegemonia do princípio materialista da medicina científica. (Paul, 2023, p. 74).

O acesso pelos pacientes à medicina alopática deve-se, na maioria das vezes, à falta de escolha ou de informação quando, de fato, poderiam dispor de tratamento menos oneroso e com menos efeitos colaterais. Por outro lado, e muitas vezes igualmente pacientes que recorrem às terapias alternativas com grandes riscos, por razão de atraso do diagnóstico, impede-os de acessar os tratamentos curadores.

Não se trata aqui de considerar absolutamente que em ambos os casos os pacientes estejam certos ou errados; melhor indicar que há, sim, segundo esses autores, outras formas possíveis de combinar a medicina científica com cuidados alternativos ou complementares.

O modelo de saúde comunitária situa-se na interface do modelo ecológico. Pelas práticas de desenvolvimento das comunidades locais, impede-se o enfraquecimento do laço social, amplia as competências das pessoas e dos grupos, ao promover a reinserção e a valorização do saber experiencial, além de visar mais à prevenção que ao tratamento, enfatizando mais as competências no lugar das patogenias.

Paul (2023) indaga ainda como a parte da medicina que estuda as doenças e as classifica segundo seus sinais distintivos pode abrir-se para a questão da complexidade. Existe ainda muita resistência das instituições médicas e dos cursos de formação médica em adotar procedimentos complementares e alternativos, embora reconheçam que já em algumas universidades norte-americanas, por exemplo, são desenvolvidos programas teóricos, clínicos e práticos que propõem a meditação, a ioga, as técnicas de respiração, o *tai-chi chuan*, a nutrição alternativa, a acupuntura, a música, as artes e outros métodos conhecidos da medicina holística (Paul, 2023, p. 84).

Assim, como conciliar a necessária progressão dos avanços tecnológicos do modelo biomédico e a adoção das medicinas complementares? A resposta não é tão simples como poderia parecer. Para institucionalizar essa nova atitude, as Faculdades de Medicina deveriam repensar a hegemonia do pensamento científico que as fez nascer.

Diante da complexidade dos fatores que influenciam a saúde, uma mudança de paradigma e de pensamento mostra-se, de fato, indispensável se quisermos, ainda que minimamente, responder aos desafios do futuro.

Uma compreensão mais ampla, mais aberta e mais complexa do ser humano é necessária para poder integrar, ultrapassando-o, o paradigma atual. Considerar o ser humano em sua globalidade, que envolve a subjetividade, e resgatar o sentido da vida supõe uma abordagem plural que ultrapasse o quadro da causalidade simples. Essa constatação admite uma dupla problemática. Ela propõe, com efeito, um novo estatuto do homem que não se limite, na medicina, às leis da biologia e às suas consequências fisiológicas ou farmacológicas, mas que possa valorizar também a humanização dos cuidados médicos. (Paul, 2023, p. 89)

Assim, urge, de acordo com o autor, emular o desenvolvimento de novo imaginário da saúde em que o ser humano não se represente como órgão, função, doença ou objeto, mas por uma nova visão dos sujeitos, da subjetividade, da relação entre as dimensões biológicas, psicológicas, sociais e espirituais sobre a doença, em que os cuidados médicos participam de uma construção cognitiva, ao envolver numerosos parâmetros que a formação atual não possibilita integrar nem resolver.

Essa perspectiva indica, então, que a saúde e os cuidados médicos participam igualmente de uma construção cognitiva que envolve numerosos indicadores não presentes, ou ainda insuficientes, na formação profissional atual e nos tipos de reações e atitude das pessoas provocadas pelo padrão cultural de saúde dominante. Essa construção cognitiva sobre a doença permitiria significar também que todo sofrimento pode ser percebido e elaborado pelos sujeitos como uma oportunidade de crescimento interno, de sua própria conscientização, para refletir sobre seus comportamentos inadequados, de suas atitudes errôneas e das crenças ilusórias que exigem transformações de vida sob o risco de se repetirem.

Por esses aspectos, será possível perceber a necessidade de desenvolver outra visão, cada vez mais complexa e em interação do ser humano com seus diversos ambientes (natural, familiar, social, cultural, espiritual, etc.).

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O conjunto dos elementos conceituais que fundamenta a proposta do modelo de interpretação do Sistema de Interação Societal (SIS), equivalente a um sistema socioambiental, se aplica principalmente, mas não exclusivamente, a contextos de periferização capitalista, em que se defrontam múltiplas modernidades, formadas da mesma maneira por resistências subalternas, atravessadas por conflitos e pela busca de alternativas socioambientais ao modelo hegemônico.

No entanto, levando-se em conta que o modelo hegemônico de saúde é relacional, isto é, sofre influências da crítica social, é possível verificar mudanças, coexistências e complementaridades com os demais sistemas subalternos de saúde e para tanto necessita ser visto desde essa perspectiva.

Após apresentar os principais componentes do modelo SIS como arcabouço analítico aplicável principalmente a contextos históricos, socioterritoriais e socioambientais em que se defrontam sistemas hegemônicos (dominantes) com os de borda (subalternos), o texto privilegiou uma apresentação teórica capaz de problematizar as condições históricas da modernidade periférica do capitalismo. É nesse contexto da formação social do capitalismo periférico que emergem os atores subalternos, pertencentes a populações tradicionais.

Para demonstrar que o modelo analítico SIS não é um mero exercício formal ou dissociado de observação e experiências de pesquisa, foram apresentados resultados cujos produtos propiciaram reflexões e insumos empíricos para a elaboração do referido modelo.

A proposta central do artigo consistiu em verificar em que medida o modelo SIS poderia ser aplicado de forma eficaz para interpretar e explicar como o sistema hegemônico de saúde está modernamente constituído, o seu entendimento de doença e as tecnologias utilizadas no seu combate. Da mesma maneira, foram apresentados, a partir de autores críticos ao sistema hegemônico, modos alternativos de conceber a doença, não desde a morbidade que ela produz, mas de seus condicionantes.

Esses condicionantes estão ligados a outras epistemes, de caráter holístico e que concebem a saúde como um fenômeno ligado simultaneamente ao corpo, à subjetividade da pessoa e ao equilíbrio do meio ambiente que o circunda e que deve ser integrado de forma harmônica como expressão de uma nova cultura de saúde. Os autores que defendem essa nova concepção defendem o necessário diálogo entre profissionais de saúde para implementar práticas e conhecimentos voltados à tradição da arte de curar e não apenas ao uso de tecnologias especializadas que consideram o corpo humano como um objeto mecânico ou um relógio.

Indaga-se, então, se, mediante um diálogo intercultural desde esses diferentes sistemas de saúde, é possível pensar em sistemas híbridos, capazes de combinar tecnologias especializadas com a arte de curar contida na tradição das populações tradicionais. Pelo que foi apresentado pelos autores críticos, esse objetivo pode ser alcançado mediante uma mudança do perfil dos profissionais de saúde, por um acurado processo de (re)educação que mude a maneira de conceber a saúde e por uma nova condução de políticas públicas que promovam esse diálogo.

O debate sobre saúde é um problema que concerne à sociedade em toda sua extensão, tornando-o complexo e de difícil administração. Não há um modelo único que seja capaz de resolvê-lo em sua integralidade. O que é possível, no caso da utilização do modelo SIS, é que sua eficácia seja maior quando for aplicado em pequena escala, com populações locais, onde já estejam arraigadas práticas alternativas de medicina popular comunitária, aproximando-as das tecnologias especializadas, em casos graves de doenças agudas, mas sem desconsiderar a prevenção como principal metodologia utilizada pelos profissionais de saúde. Nesse caso, os processos educacionais são igualmente indispensáveis para a mudança de paradigma.

Para pensarmos a questão da saúde, é imperioso pensar em outros imaginários, segundo propõe Paul (2023, p.82). Ao constituir-se lentamente, presume-se que a imagem do ser humano possa corresponder a um sonho, antecipando o futuro da medicina, no qual a representação do corpo ou da espiritualidade não corresponda apenas às ideias associadas com órgão, função, doença ou objeto, e sim de acordo com a complexidade, a pluralidade e os paradoxos da sua própria condição humana. Essa nova condição humana corresponde igualmente às novas apostas sociais e societárias, à relação entre os saberes acadêmicos e não acadêmicos, a uma nova visão dos sujeitos, da subjetividade e da relação entre as incidências biológicas, psicológicas, sociais e espirituais sobre a doença.

O modelo SIS não é o único para se analisar as práticas alternativas de saúde; outros métodos, de caráter transdisciplinar e transcultural, podem incentivar a proposta de uma mudança no modelo de saúde e conseqüentemente de um paradigma alternativo. A questão da autonomia como estratégia de reconhecimento de um novo estatuto de ator dos pacientes e de suas famílias emergiria igualmente desde esse novo desenho, o que significa a reintrodução do sujeito e da subjetividade nos cuidados médicos, embora isso não fosse novidade, mas doravante tratar-se-ia de mobilizar de maneira diferente as novas capacidades culturais e coletivas adquiridas pelos agentes envolvidos de modo a abrigar institucionalmente esse novo modelo de saúde.

Diga-se de passagem que sem mudanças nas relações interprofissionais torna-se difícil o diálogo entre pessoas que têm formação acadêmica diferente, com metodologias e discursos específicos, pois freiam as interações tendentes a outros tipos de entendimento e com práticas igualmente diferentes e indiferentes ao diálogo sobre saúde e doença.

Dessa maneira, seguindo o rumo dessa visão, e para uma nova aposta no futuro, combinam-se estratégias que transitem de um contrato social racional e assegurador da modernidade rumo a um pacto emocional, movido pela subjetividade, pelas paixões e pela complexidade. Contudo, essa transição exigiria o papel mediador do diagnóstico educativo articulado com o diagnóstico médico e com a doença para favorecer a autonomia, a responsabilidade e a eficácia terapêutica.

O modelo de saúde hegemônico não pode ser entendido como um bloco monolítico, pois é atravessado por conflitos e contradições, passíveis de incorporar novidades e críticas vindas da própria sociedade. Isso dependerá da capacidade dos atores sociais envolvidos nesse debate. O caso da criação do Sistema Único de Saúde (SUS) no Brasil, como política pública, é ilustrativo dessas novidades e das mudanças no sistema hegemônico de saúde ao garantir acesso integral, universal e gratuito para toda a população que vive no país.

Utopia ou não, os argumentos sugerem um jogo dialético entre diferentes visões do cuidado, ao integrarem as atuais tensões entre biologia e espiritualidade, corpo e espírito, em que novos acessos a todos sejam garantidos por políticas públicas democráticas, pelos sistemas de saúde híbridos e plurais, com assento inclusive nas tradições culturais dos saberes e práticas alternativas comunitárias.

NOTAS

1 | Sobre pensamento e sistemas complexos, consultar, entre outros, García (2006), Morin (1998), Raworth (2019, p. 143-177) e Weaver (1948). Para Morin (1998), a ideia de um pensamento complexo deve supor que o conhecimento científico progride por eliminação dos erros, mais do que pelo aumento de verdades. O progresso do conhecimento deve vir juntamente com o progresso da ignorância. A verdade científica não reside em suas teorias, mas nas regras do jogo entre verdade e erro.

2 | O termo “ múltiplas modernidades” foi cunhado pelo sociólogo israelense N.S. Eisenstadt (2007). Os processos de mundialização e seus efeitos sobre sociedades que construíram sua inserção no contexto da modernidade capitalista confere a elas um status com capacidade de produção de autonomias relativas. Deve-se considerar suas especificidades históricas e culturais, em vez de tratar essas sociedades como iguais às demais restantes, fazendo parte de um processo único de homogeneização mundial. Na realidade, sabe-se que esse mundo não funciona assim. É necessário analisar o papel da cultura na modernidade que se instala em sociedades multiétnicas, interculturais e plurinacionais. O antigo debate sobre modernidade em oposição à tradição tende a simplificar e a obscurecer o significado dessas oposições, utilizando-se de um reducionismo economicista ou de estilos de vida urbano-industrial para considerar a predominância de um sistema da modernidade sobre os demais, não industriais e não urbanos (Floriani, 2016).

3 | O termo “ecologia das práticas” pode ser atribuído a Isabelle Stengers (2006) e retomado, entre outros, por Jonathan Peuch (2012).

4 | Em uma publicação recente sobre imaginários da saúde e interculturalidade (Floriani, D.; Floriani, N.; Vergara, 2023), reuniu-se um elenco de experiências de pesquisa levadas a cabo por projetos de extensão e aplicados às comunidades locais, com populações tradicionais, tendo como pano de fundo, portanto, temas de saúde, com diversas implicações para a chamada medicina popular alternativa, no contexto de populações tradicionais e indígenas em comunidades rurais locais.

5 | “Entende-se aqui que o conceito de saúde tem direta relação com o estudo dos “Determinantes Sociais em Saúde”, que mostram como fatores sociais, econômicos, culturais, raciais, psicológicos e comportamentais influenciam as doenças e os fatores de risco de determinada população” (CARDOSO COSTA *et al.*, 2021).

REFERÊNCIAS

CARDOSO COSTA, T.; SILVA, D. da; ROSA, E. da; FELISBERTO, T.; SILVA, G. M. da; PIZZONI, L. Esperança do verbo esperar: fortalecimento dos vínculos comunitários para a promoção de saúde no território Paulo Freire II. **Revista de Extensão da Unesc**. Criciúma, v. 7, n. 1, 2022.

DUSSEL, E. Europa, modernidade e Eurocentrismo. In: **A colonialidade do saber: eurocentrismo e ciências sociais. Perspectivas latino-americanas**, p. 25-34. Clacso – Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales. Buenos Aires: 2005.

EISENSTADT, S, N. **Múltiplas modernidades: ensaios**. Trad. Susana Serras Pereira. Lisboa: Livros Horizonte, 2007.

ESCOBAR, A. O lugar da natureza e a natureza do lugar: globalização ou pós-desenvolvimento? In: LANDER, E. (Org.). **A colonialidade do saber: eurocentrismo e ciências, perspectivas latino-americanas**. Buenos Aires: Clacso, 2005. p. 133-168.

ESCOBAR, A. **Sentipensar con la tierra: nuevas lecturas sobre desarrollo, território y diferencia**. Medellín: Ediciones Unaula, 2014.

FABRI, A. **Diálogo Intercultural e Sustentabilidade: as experiências dos Ashaninka da Floresta Amazônica e dos Mapuche da Selva Valdiviana**. Tese de Doutorado. Curitiba: PPGMADE - UFPR, 2020.

FASSIN, D. L'inquiétude ethnographique. Introduction. In: FASSIN, D.; BENZA, A. **Les politiques de l'enquête**. Distribution électronique Cairn.info pour La Découverte, Paris: 2008. Available in: www.cairn.info/politiques-de-l-enquete---page-7.htm. Access at: 25 set. 2024.

FERREIRA CLARINDO, M.; FLORIANI, N. Contornos da medicina popular nos campos gerais paranaense. In: **Imaginários da saúde e interculturalidade**, cap. 9, p. 201-216. Rio de Janeiro: e-Publicar, 2023.

FLORIANI, D. As retóricas da sustentabilidade na América Latina: conflitos semânticos e políticos no contexto de modernidades múltiplas. In: **América Latina, Sociedade e Meio Ambiente: teorias, retóricas e conflitos em desenvolvimento**, p. 139-172. Curitiba: Editora da UFPR, 2016.

FLORIANI, D.; FLORIANI, N. Ecología de las prácticas y de los saberes para el desarrollo local: territorios de autonomía socioambiental en algunas comunidades del centro-sur del estado de Paraná, Brasil. **Revista POLIS (Santiago en Línea)**, v. 56, p. 24-39, 2020.

FLORIANI, D.; FLORIANI, N. (Org.). **Territorializações ecológicas, autonomia socioambiental e desenvolvimento local: experiências de um núcleo de estudos e capacitação sociotécnica em agroecologia**. Santo Augusto: Editora Panaro, 2022.

FLORIANI, D.; FLORIANI, N.; VERGARA, N. (Org.). **Imaginários da saúde e interculturalidade**. Rio de Janeiro: e-Publicar, 2023.

GARCÍA, R. Interdisciplinarietà y sistemas complejos. **[En línea] Revista Latinoamericana de Metodología de las Ciencias Sociales**, Universidad Nacional de la Plata, v. 11, n. 1, p. 66-101, 2011. Available in: https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.4828/pr.4828.pdf. Access at: 18 set. 2024.

GUDYNAS, E. Debates sobre el desarrollo y sus alternativas en América Latina: una breve guía heterodoxa. In: **Más Allá del Desarrollo**. Quito: Ediciones Abya Yala, Fundación Rosa Luxemburg, 2011. Available in: <http://www.gudynas.com/publicaciones/capitulos/GudynasDesarrolloGuiaHeterodoxaFRLQuito11.pdf>. Access at: 30 jul. 2024.

HABERMAS, J. **Teoría de la acción comunicativa: racionalidad de la acción y racionalidad social**, I. Madrid: Taurus, 1987.

JAIME, P.; LIMA, A. Uma trajetória antropológica: entrevista com Didier Fassin. **Horizontes Antropológicos**, Porto Alegre, ano 17, n. 36, p. 257-279, jul./dez. 2011. Available in: <https://www.scielo.br/j/ha/a/nntSFGfbWtFfWfcBYtrfC3C/>. Access at: 15 jun.2024.

LEFF, E. A cada quien su virus. La pregunta por la vida y el porvenir de una democracia viral. **Halac – Historia ambiental latinoamericana y caribeña, Revista de la Solcha**, v. 10, p. 139-177, 2020. Available in: <http://halacsolcha.org/index.php/halac>. Access at: 10 ago. 2024.

MORIN, E. **Introducción al pensamiento complejo**. Barcelona: Gedisa, 1998.

PAUL, P. Desafios de uma nova concepção na saúde: a medicina integrativa transdisciplinar. In: **Imaginários da saúde e interculturalidade**. Rio de Janeiro: e-Publicar, 2023. p. 95-116.

PEUCH, J. **L'épreuve cosmopolitique de l'écologie des pratiques**. Blog de partage et de réflexion, 2012. Available in: <https://jpeuch.wordpress.com/2012/02/29/lepreuve-cosmopolitique-de-lecologie-des-pratiques/>. Access at: 30 maio 2024.

QUIJANO, A. Colonialidade do poder e classificação social. In: SANTOS, B. S.; MENESES, M. P. (Org.). **Epistemologias do Sul**. São Paulo: Cortez. 2010. p. 84-130.

RAWORTH, K. **Economia Donut: uma alternativa ao crescimento a qualquer custo**. Rio de Janeiro: Zahar, 2019.

ROMANINI, E. **Apropriação e reapropriação social da natureza: disputas entre diferentes sistemas agroalimentares**. Tese de doutorado. Curitiba: PPGMADE-UFPR, 2024.

SANTOS, B. de S. Para além do Pensamento Abissal: das linhas globais a uma ecologia de saberes. In: SANTOS, B. de S.; MENESES, M. P. (Org.). **Epistemologias do Sul**. São Paulo: Editora Cortez. 2010.

STENGERS, I. **La vierge et le neutrino: les scientifiques dans la tourmente**, p.165-189. Paris: Empecheurs, 2006. Access at: 20 jun. 2024.

WACQUANT, L. **Marginalidad, etnicidad y penalidad en la ciudad neoliberal: una cartografía analítica**. *Ethnic & Racial Studies*, Symposium, Winter. 2013. Available in: <http://loicwacquant.net/assets/Papers/Recent-Papers/Wacquant-Marginalidad-2014.pdf>. Access at: 9 set. 2024.

WEAVER, W. Science and Complexity. **American Scientist**, v. 36, p. 536, 1948.

WEBER, M. **A ética protestante e o "espírito" do capitalismo**. São Paulo: Companhia das Letras, 2004.

Medication disposal: knowledge and practices of primary health care users in the municipality of Araçatuba, State of São Paulo, South-eastern Brazil

Descarte de medicamentos: conhecimentos e práticas de usuários da atenção primária em saúde no município de Araçatuba, estado de São Paulo, Sudeste do Brasil

Aparecida de Fátima Michelin ¹

Camila Pedrozo Rodrigues Furlan ²

Neuza Alves Bonifácio ³

Euclides Teixeira Neto ⁴

Kátia Denise Saraiva Bresciani ⁵

¹ PhD in Agricultural Microbiology, Professor, Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Paulista (Unip), Araçatuba, SP, Brasil
E-mail: cidinhamichelin@gmail.com

² Master's in Statistics, Doctoral Student, Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Araçatuba, SP, Brasil
E-mail: camila.furlan@unesp.br

³ Master's in Nursing, Professor and Doctoral Student, Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Paulista (Unip) and Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Araçatuba, SP, Brasil
E-mail: neuza.bonifacio@unesp.br

⁴ Master's in Agribusiness, Professor, Centro Paula Souza, Faculdade de Tecnologia Araçatuba, SP, Brasil
E-mail: euclidestneto@gmail.com

⁵ PhD and Doctor in Veterinary Medicine, Professor, Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Araçatuba, SP, Brasil
E-mail: katia.bresciani@unesp.br

doi:10.18472/SustDeb.v16n1.2025.57307

Received: 18/12/2024
Accepted: 07/04/2025

ARTICLE- VARIA

ABSTRACT

Our aim was to obtain information from users regarding the disposal location for unused or expired household medications. A descriptive, cross-sectional and prospective study was conducted with 451 patients from primary health care centres in Araçatuba, SP, Brazil. The respondents answered a pre-validated questionnaire, composed of objective questions. For data analysis, we used the chi-square association test and chi-square with Yates' correction, with a significance level of 5%. Age is associated with the location chosen to dispose of medications, while receiving guidance on the correct place modifies certain disposal habits, with 95% confidence. Most people believe that improper disposal of medications can cause harm to the environment and to human and animal health; however, the most common way to dispose of medications is to throw them in the household waste. Consumer knowledge and practices regarding medication disposal need to be improved.

Keywords: Medications. Disposal. Health. Environment.

RESUMO

O objetivo é obter informações dos usuários acerca do destino dado aos medicamentos domiciliares não utilizados ou vencidos. Um estudo descritivo, transversal e prospectivo foi realizado com 451 pacientes de Unidades Básicas de Saúde em Araçatuba/SP. Os entrevistados responderam um questionário pré-validado, composto por questões objetivas. Para análise dos dados, utilizamos o teste de associação Qui-Quadrado e Qui-Quadrado com correção de Yates, com nível de significância de 5%. A idade tem associação com o destino escolhido para o descarte do medicamento, e receber orientação quanto ao destino correto interfere em alguns hábitos de descarte, com 95% de confiança. A maioria das pessoas acredita que o descarte indevido de medicamentos pode causar danos ao meio ambiente e à saúde humana e animal, porém, a maneira de descarte de medicamentos mais praticada é jogar no lixo doméstico. O conhecimento e as práticas dos consumidores em relação ao descarte de medicamentos precisam ser aprimorados.

Palavras-chave: Medicamentos. Descarte. Saúde. Meio ambiente.

1 INTRODUCTION

Patient safety is a current strategic priority for modern health, such that the elimination or reduction of harm is a major growing global public health challenge. It requires actions that include the involvement of patients, families and civil society organisations, in order to “reduce the number of deaths and illnesses from hazardous chemicals and air, water and soil pollution and contamination” (WHO SDG Target 3.9, 2021).

Unsafe storage of medications in home pharmacies increases the risk of toxicity (Kalyango *et al.*, 2012), suicide (Kristinsson *et al.*, 2008), and accidental poisoning in childhood (Alghadeer *et al.*, 2018). Home storage of medications is usually the result of self-medication practices (Huang *et al.*, 2019), non-adherence to treatment (Costa *et al.*, 2015; Faure *et al.*, 2014; Hussain *et al.*, 2019) and storage in cases of need (Hussain *et al.*, 2019). Disposing of these products through non-recommended means is associated with soil and water contamination, and concentrations measured in these locations indicate a high risk to aquatic organisms (Arun *et al.*, 2020).

The way in which medications are disposed of at home has been the subject of numerous discussions in different parts of the world, as shown by research conducted in Kuwait, Malta, Serbia, the United States and the United Kingdom, where people expressed concerns about this issue (Kusturica *et al.*, 2017). However, good knowledge regarding the disposal of medications often contrasts with bad practices (Aluko *et al.*, 2022; Ariffin *et al.*, 2019; JHA *et al.*, 2021).

Given this scenario, it is important and urgent to develop and implement public policies aimed at the use and proper disposal of household medications, considering that the main routes used are still household waste and sewage systems (Amoabeng *et al.*, 2022; Ayele; Mamu, 2018; Constantino *et al.*, 2018; Jafarzadeh *et al.*, 2021; Jankie *et al.*, 2022).

User awareness and practices regarding pharmaceutical waste disposal are the structural basis of future strategies to reduce the release of active pharmaceutical products into ecosystems (Dias-Ferreira *et al.*, 2016). Pharmacists and other health professionals should assume the role of educators for medication users, addressing the health and environmental risks caused by the accumulation of discarded medications in household waste and sewage systems (Barnett-Itzhaki *et al.*, 2016; Bashaar *et al.*, 2017; Huang *et al.*, 2019). Furthermore, those responsible for producing medications should include specific instructions on the disposal of a specific medication on their labels and inserts (Barnett-Itzhaki *et al.*, 2016).

Thus, our aim was to obtain information from users of primary health care centres in a Brazilian city concerning their knowledge and practices on the disposal of unused and/or expired medications at home.

2 METHODOLOGICAL PROCEDURES

This research was approved by the Research Ethics Committee of the School of Dentistry, Araçatuba campus, of São Paulo State University, in report no. 4,854,162.

This cross-sectional, descriptive, quantitative, prospective study was conducted with 451 adult patients (18 or over) attended at primary health care centres (PHCCs) – 17 urban and three rural centres – in the municipality of Araçatuba, State of São Paulo, Brazil. The city has 200,124 inhabitants, according to the last demographic census conducted in 2022 (IBGE, 2022).

The data collection instrument was adapted and modified from studies previously published by Bashaar *et al.* (2017) and Wang *et al.* (2021). This instrument consisted of objective questions containing independent variables such as: demographic, employment and academic information of patients, and dependent variables such as: guidelines on the disposal of home pharmacy medications and knowledge of reverse logistics. The following disposal options were listed: the household waste, the sewage system, surface water, soil and return to the pharmacy. Some questions allowed only one of the proposed alternatives to be selected, while others accepted more than one answer. The questionnaire was reviewed by experts and pre-tested with 12 respondents. No changes were necessary, and the pilot questionnaire was added to the sample.

We used convenience sampling, in which all patients present at the PHCCs on the days visited by the researcher were invited to answer the questionnaire. Those under 18 years of age and those who refused to sign a term of free informed consent were excluded. The interviews were conducted on random days, from Monday to Friday, during the day, from July to November 2022.

For statistical analysis of the data, the association tests chi-square and chi-square with Yates' correction were applied, at a significance level of 5%, using Microsoft Excel version 2010 and Jamovi version 1.6.23 software.

3 RESULTS

The sample consisted of 74.3% women and 25.7% men, aged between 18 and 81 years, with an approximate mean of 47 years and an approximate standard deviation of 14 years. With regard to the respondents' education, 68.3% had completed primary education, secondary education or technical

school, followed by those who had not completed primary education (19.51%), those who attended higher education (8.7%), and illiterate adults (3.6%).

Regarding the use of medications, we found that most of the respondents used them frequently (58.8%) and usually purchased them both at PHCCs and at pharmacies or commercial drugstores (50.6%). With 95% confidence, we are able to affirm that age is related to the frequency of medication use; older adults tend to consume medications more frequently than younger adults and sex and education do not significantly alter the frequency of use. The place where the medications are purchased is significantly associated with age, sex and education ($p < 0.05$). A higher percentage of 18 and 19-year-olds (50.0%) and respondents who studied higher education (41.0%) only purchase their medications at commercial pharmacies/drugstores. In contrast, women purchase medications at both PHCCs and commercial pharmacies/drugstores with greater frequency (54.6%).

The majority of respondents (91.6%) do not use expired medicines and, considering a significance level of 5%, this behaviour is similar for the different age groups, sexes and levels of education (Table 1).

Table 1 – Respondents’ profile versus habits related to medication use

<i>Frequency of medication use</i>				
<i>Age</i>	<i>Rarely</i>	<i>Sometimes</i>	<i>Always</i>	<i>P-Value¹</i>
18 or 19 years old	12.5%	87.5%	0.0%	<0.001*
20 or 59 years old	14.0%	34.8%	52.2%	
60 years old	5.3%	10.4%	84.3%	
<i>Sex</i>	<i>Rarely</i>	<i>Sometimes</i>	<i>Always</i>	<i>P-Value¹</i>
Female	11.3%	28.7%	60.0%	0.659
Male	12.9%	31.9%	55.2%	
<i>Education</i>	<i>Rarely</i>	<i>Sometimes</i>	<i>Always</i>	<i>P-Value¹</i>
Illiterate	18.8%	12.4%	68.8%	0.290
Primary not completed	12.5%	22.7%	64.8%	
Primary completed	8.0%	30.9%	61.1%	
Secondary / Technical school	12.6%	32.7%	54.7%	
Higher education	17.9%	33.3%	48.8%	
Total	11.8 %	29.5 %	58.8 %	
<i>Place of purchase of medications</i>				
<i>Age</i>	<i>PHCC only</i>	<i>Pharmacy only</i>	<i>PHCC & pharmacy</i>	<i>P Value²</i>
18 or 19 years old	25.0%	50.0%	25.0%	0.040*
20 to 59 years old	17.4%	33.2%	49.4%	
60 years old or over	24.3%	20.0%	55.7%	
<i>Sex</i>	<i>PHCC only</i>	<i>Pharmacy only</i>	<i>PHCC & pharmacy</i>	<i>P Value²</i>
Female	17.9%	27.5%	54.6%	0.013*
Male	23.3%	37.9%	38.8%	

Education	PHCC only	Pharmacy only	PHCC & pharmacy	P Value²
Illiterate	37.5%	6.3%	56.3%	
Primary not completed	21.6%	13.6%	64.8%	
Primary completed	23.5%	29.5%	47.0%	<0.001*
Secondary / Technical school	12.6%	39.6%	47.8%	
Higher education	18.0%	41.0%	41.0%	
Total	19.3 %	30.2 %	50.6%	

Use of expired medication			
Age	No	Yes	PValue¹
18 or 19 years old	75.0%	25.0%	0.085
20 to 59 years old	93.0%	7.0%	
60 years old or over	88.7%	11.3%	

Sex	No	Yes	P Value²
Female	91.6%	8.4%	0.930
Male	91.4%	8.6%	

Education	No	Yes	P Value¹
Illiterate	100.0%	0.0%	0.715
Primary not completed	90.9%	9.1%	
Primary completed	92.6%	7.4%	
Secondary / Technical school	90.6%	9.4%	
Higher education	89.7%	10.3%	
Total	91.6%	8.4%	

PHCC, primary health care centre.

¹ Chi-square test with Yates' correction.

² Chi-square test.

* Significant at a level of 5%.

Source: The authors (2023).

Regarding the reasons for storing medications not being used, the main one was to take them when necessary (97.3%). In addition to this reason, some users have medications in stock because they stopped taking them on doctor's orders (11.5%), stopped taking them because they chose to (8.7%), or stockpiled expired medications (4.4%).

Most people (70.7%) dispose of medications in the household waste, a few bury them in the ground or burn them, while none of the respondents said they throw them in streams, rivers or lakes (Table 2).

Table 2 – Disposal location of unused medications

<i>Disposal location</i>	<i>Frequency</i>	<i>Percentage</i>
Throw them in the household waste	319	70.73%
Return them to the health centre	76	16.85%
Throw them down the toilet	57	12.64%
Give them to neighbours/friends/relatives	44	9.76%
Throw them in the bathroom/kitchen sink	41	9.09%
Throw them in the recyclable waste	13	2.88%
Return them to the pharmacy/drugstore	12	2.66%
Bury them in the ground	6	1.33%
Burn them	2	0.04%
Throw them in streams, rivers or lakes	0	0.00%

Source: The authors (2023).

With 95% confidence, we are able to affirm that the percentage of respondents who discard expired or unused medicine in the household waste is higher among 18 and 19-year-olds (87.5%). In contrast, the percentage of respondents who return expired or unused medications to a PHCC is higher among older adults (28.7%). Only 16.9% of the respondents had returned medications to a PHCC; among these, 6.6% stated that the PHCC refused to accept the medications. We observed that 12.6% of respondents have the habit of discarding expired or unused medicine down the toilet, and, with 95% confidence, this practice is more common among women (14.9%) than among men (6.0%). There are also those who have the habit of giving unused medications to neighbours, friends or relatives (9.8%) or disposing of them in the bathroom or kitchen sink (9.1%). Respondents’ profile (age, sex and education) is not associated with these practices, considering a significance level of 5% (Table 3).

Table 3 – Respondents’ profile versus the disposal habit of expired or unused medications

<i>Disposal in household waste</i>			
<i>Age</i>	<i>No</i>	<i>Yes</i>	<i>P Value¹</i>
18 or 19 years old	12.5%	87.5%	0.002
20 to 59 years old	25.3%	74.7%	
60 years old or over	41.7%	58.3%	
<i>Sex</i>	<i>No</i>	<i>Yes</i>	<i>P Value²</i>
Female	30.7%	69.3%	0.241
Male	25.0%	75.0%	
<i>Education</i>	<i>No</i>	<i>Yes</i>	<i>P Value¹</i>
Illiterate	18.7%	81.3%	0.223
Primary not completed	38.6%	61.4%	
Primary completed	28.8%	71.2%	
Secondary / Technical school	27.0%	73.0%	
Higher education	23.1%	76.9%	
Total	29.3%	70.7%	

<i>Return them to primary health care centre</i>			
<i>Age</i>	<i>No</i>	<i>Yes</i>	<i>P Value¹</i>
18 or 19 years old	100.0%	0.0%	
20 to 59 years old	86.9%	13.1%	<0.001*
60 years old or over	71.3%	28.7%	
Total	83.1%	16.9%	
<i>Sex</i>	<i>No</i>	<i>Yes</i>	<i>P Value²</i>
Female	84.8%	15.2%	0.117
Male	78.4%	21.6%	
<i>Education</i>	<i>No</i>	<i>Yes</i>	<i>P Value¹</i>
Illiterate	87.5%	12.5%	0.659
Primary not completed	80.7%	19.3%	
Primary completed	80.5%	19.5%	
Secondary / Technical school	85.5%	14.5%	
Higher education	87.2%	12.8%	
<i>Throw them down the toilet</i>			
<i>Age</i>	<i>No</i>	<i>Yes</i>	<i>P Value¹</i>
18 or 19 years old	100.0%	0.0%	
20 to 59 years old	86.6%	13.4%	0.467
60 years old or over	88.7%	11.3%	
Total	87.4%	12.6%	
<i>Sex</i>	<i>No</i>	<i>Yes</i>	<i>P Value²</i>
Female	85.1%	14.9%	0.013*
Male	94.0%	6.0%	
<i>Education</i>	<i>No</i>	<i>Yes</i>	<i>P Value¹</i>
Illiterate	93.8%	6.2%	0.708
Primary not completed	88.6%	11.4%	
Primary completed	86.6%	13.4%	
Secondary / Technical school	85.5%	14.5%	
Higher education	92.3%	7.7%	
<i>Give them to neighbours, friends or relatives</i>			
<i>Age</i>	<i>No</i>	<i>Yes</i>	<i>P Value²</i>
18 or 19 years old	100.0%	0.0%	
20 to 59 years old	94.8%	5.2%	0.091
60 years old or over	88.4%	11.6%	

Sex	No	Yes	P Value²
Female	89.0%	11.0%	0.117
Male	94.0%	6.0%	
Education	No	Yes	P VALUE¹
Illiterate	81.3%	18.7%	0.704
Primary not completed	90.9%	9.1%	
Primary completed	91.9%	8.1%	
Secondary / Technical school	89.3%	10.7%	
Higher education	89.7%	10.3%	
Total	90.2%	9.8%	
Throw them in the bathroom or kitchen sink			
Age	No	Yes	P Value¹
18 or 19 years old	75.0%	25.0%	0.287
20 to 59 years old	91.2%	8.8%	
60 years old or over	91.3%	8.7%	
Sex	No	Yes	P Value²
Female	89.6%	10.4%	0.089
Male	94.8%	5.2%	
Education	No	Yes	P Value¹
Illiterate	93.8%	6.2%	0.159
Primary not completed	86.4%	13.6%	
Primary completed	89.9%	10.1%	
Secondary / Technical school	91.8%	8.2%	
Higher education	100.0%	0.0%	
Total	90.9%	9.1%	

¹ Chi-square test with Yates' correction.

² Chi-square test.

* Significant at a level of 5%.

Source: The authors (2023).

Only 77 respondents (17.3%) had received guidance on how to dispose of expired or unused medications. Among these, guidance came mainly from the media (55.8%), followed by pharmacists (11.7%), community health agents (10.4%), family members or friends (10.4%), nurses (9.1%) or doctors (2.6%). Older adults received the most guidance.

With 95% confidence, we found that among respondents who dispose of medications in the household waste, the majority did not receive guidance on correct disposal. Among those who take medications to a PHCC or pharmacy/drugstore, the majority received guidance (Table 4).

Table 4 – Respondents’ habits concerning medication disposal versus having received guidance on correct disposal

<i>Disposal in household waste</i>	<i>Did not receive guidance</i>	<i>Received guidance</i>	<i>P Value²</i>
Yes	89.7%	10.3%	<0.001*
No	65.9%	34.1%	
<i>Throw them down the toilet</i>	<i>Did not receive guidance</i>	<i>Received guidance</i>	<i>P Value²</i>
Yes	87.7%	12.3%	0.284
No	82.0%	18.0%	
<i>Give them to neighbours, friends or relatives</i>	<i>Did not receive guidance</i>	<i>Received guidance</i>	<i>P Value²</i>
Yes	88.6%	11.4%	0.273
No	82.1%	17.9%	
<i>Throw them in the bathroom / kitchen sink</i>	<i>Did not receive guidance</i>	<i>Received guidance</i>	<i>P Value¹</i>
Yes	92.7%	7.3%	0.076
No	81.7%	18.3%	
<i>Throw them in the recyclable waste</i>	<i>Did not receive guidance</i>	<i>Received guidance</i>	<i>P Value¹</i>
Yes	100.0%	0.0%	0.094
No	82.2%	17.8%	
<i>Return them to a primary health care centre</i>	<i>Did not receive guidance</i>	<i>Received guidance</i>	<i>P Value²</i>
Yes	30.3%	69.7%	<0.001*
No	93.3%	6.7%	
<i>Return them to a pharmacy / drugstore</i>	<i>Did not receive guidance</i>	<i>Received guidance</i>	<i>P Value²</i>
Yes	25.0%	75.0%	<0.001*
No	84.3%	15.7%	
tOTAL	82.7%	17.3%	

¹ Chi-square test with Yates’ correction.

² Chi-square test.

* Significant at a level of 5%.

Source: The authors (2023).

Only 2.7% of respondents have the habit of checking information concerning the disposal of medicines on their packaging. This practice has no significant association with an interviewee’s profile, considering a significance level of 5%.

The majority of respondents (83.6%) believe that the improper disposal of medications can cause harm to the environment and to human and animal health; however, 6.3% said there was no relationship, and 11.8% were unable to form an opinion on this matter.

4 DISCUSSION

In recent years, we have observed a technical and scientific focus on the disposal of medications in home pharmacies due to the impacts that improper disposal can have on the environment and on the health of people and animals. Thus, this study was conducted with users of primary health care centres to verify their practices and knowledge regarding the disposal of these medications.

Different locations for expired and/or unused household medications were mentioned by the respondents, mainly throwing them in the household waste, down the toilet, in the bathroom or kitchen sink, or returning them to a health centre. Direct disposal of medications in household waste is considered inappropriate and can have a negative impact on the lives of people, animals and the environment, because they can be intentionally or accidentally reused by people or animals. Moreover, if they remain as waste, they can be absorbed by the soil and dissolved in waterways, constituting environmental contaminants. Improper disposal of pharmaceutical waste was the option indicated by more than half of those interviewed in studies conducted in recent years in several countries: Saudi Arabia (Al-Shareef *et al.*, 2016), Ethiopia (Ayele; Mamu, 2018), Malaysia (Ariffin; Zakili, 2019) and Pakistan (Shoib *et al.*, 2022). The option of disposing of medicines by flushing them down toilets or kitchen and bathroom sinks contaminates watercourses and harms the development of aquatic beings (Silva *et al.*, 2023). Such harm can include hormonal interference in fish, genotoxicity, carcinogenicity in laboratory animals, endocrine disruption and immunological toxicity. All these can be caused in humans and aquatic organisms, even at concentrations as low as nanograms per litre (ng/L) (Mortensen *et al.*, 2014; Voloshenko-Rossin *et al.*, 2015). Antibiotic pollution represents a major global threat, since their metabolites in the aquatic environment are exerting a negative impact on all organisms. The easy migration of antibiotics in drinking water causes serious microbial resistance to these drugs, which poses an environmental risk in view of their residual release into the ecosystem (Kumar *et al.*, 2019; Szymańska *et al.*, 2019).

Water and soil contamination influences the structure of the ecosystem in a vital way, and waste management is crucial for its control. Different solid waste management strategies are used around the world: landfills are the cheapest and the most method practiced; open dumping is also a common practice, in which solid waste is dumped in swamps and low-lying areas (Al-Salem; Lettieri, 2009); together with burning and incineration methods (Josep *et al.*, 2018). The worst effect of waste disposal on the environment can be expected in countries where landfills and open-air garbage dumps are predominant and are not properly regulated. In both cases, the entry of pharmaceuticals into the aqueous medium, both in surface and groundwater, is inevitable (Tong; Peake; Braund, 2011). Unfortunately, incorrect disposal remains a reality, promotes the contamination of environmental matrices and is often not removed by wastewater treatment plants, which leads to interference in the balance of ecosystems (Silva *et al.*, 2023).

There is statistical evidence that the age of the respondents impacted these decisions, with younger adults tending to use household waste for disposal more frequently than older adults, while a higher proportion of older adults normally dispose of these products at PHCCs. Among those who received guidance on the correct disposal of expired and/or unused household medications, there is a significantly higher percentage of those who do not dispose of these products in household waste, preferring to return them to PHCCs or pharmacies. Returning expired and/or unused medicines to health centres was one of the main options indicated by studies conducted in Poland (Rogowska *et al.*, 2019) and Portugal (Dias-Ferreira; Valente; Vaz, 2016).

However, the number of people who use inappropriate methods to dispose of these pharmaceutical products remains significant. It can be assumed that a lack of guidance contributes to such practices, since 82.7% of respondents have never received guidance, and 97.3% have never looked for information on the medication packaging. Among those who have received guidance, a few indicated health professionals (doctors, nurses, pharmacists and community health agents) as a source of information.

A Brazilian study showed that only a small portion of pharmacists have the habit of always advising customers on the proper disposal of unused and expired household medications. Moreover, consumers rarely or never request information on this subject (Michelin *et al.*, 2024). It can be assumed that these professionals are not prepared to guide users. Thus, it is clear how important professional training and continuing education programmes are to promote knowledge on the subject (Bashaar *et al.*, 2017; Fernandes *et al.*, 2020). In addition to acquiring knowledge, the health team must adopt innovative ways to provide guidance to users of health services (Alhomoud *et al.*, 2021; Mahlaba *et al.*, 2022). In Turkey, a study showed that although medications are still disposed of inappropriately, respondents reported having improved their behaviour compared with previous times following educational programmes (Akici *et al.*, 2018), indicating that, among other actions, interventions in people's education can yield positive results.

Household medications and their packaging, whether expired or unused, manufactured or compounded, should be returned to their source through a reverse logistics process currently being implemented, with collection points in commercial pharmacies (Brasil, 2020). Pharmacies in the public health network receive medications independently, at no cost to the user. User education must be in line with government programmes established for the collection of this waste and its respective collection points, at no cost to the population, preferably based on return to the source (Sapkota *et al.*, 2021).

In Brazil, Law no.12.305/10, regulated by Decree no. 10.936/22, established the National Solid Waste Policy, which provides for the objectives, instruments and guidelines related to the integrated management and administration of solid waste, including hazardous waste, the responsibilities of generators and the government and the applicable economic instruments. Chapter I highlights that "in the management and administration of solid waste, the following order of priority must be observed: non-generation, reduction, reuse, recycling, treatment of solid waste and environmentally appropriate final disposal of waste". Furthermore, article 33 of the law requires the organisation and implementation of reverse logistics systems, through the return of products after use by the consumer. This law was regulated by Decree no. 10.388/20, which establishes the reverse logistics system for expired and unused household medications for human use, both manufactured and compounded, and their respective packaging following disposal by consumers.

Some pharmaceutical companies and pharmacy chains have implemented medication collection programmes, allowing consumers to return unused products, preventing them from being disposed of inappropriately, and avoiding the harm caused to public health and the environment. According to the Monitoring and Performance Group (*Grupo de Acompanhamento e Performance*), in 2023, 448,000 kg of medications were collected at 6,294 points distributed across 648 municipalities (Brasil, 2024).

5 CONCLUSIONS

The knowledge of users of primary health care centres in Araçatuba, SP, concerning the correct ways to dispose of expired and/or unused household medications needs to be improved, since only 17.3% of respondents have ever received guidance, and the majority (97.3%) have never looked for information on this subject on medication packaging. The guidance received came mainly from the media (55.8%) rather than health professionals (33.8%) or family and friends (10.4%).

Unfortunately, the lack of knowledge is reflected in the disposal practices of these pharmaceutical products, since a significant number of people use inappropriate methods, such as throwing them in the household waste (70.73%), throwing them down the toilet (12.63%), or in the bathroom or kitchen sink (9.09%), even though the majority (83.6%) believe that such practices can have negative effects on the environment and human and animal health.

Given this scenario, it is important that actions are taken, including educating the population on rational consumption and the proper disposal of expired and/or unused medications, promoting environmental education actions to create socio-environmental empathy, increasing the number of collection points for these products and conducting health surveillance actions.

DECLARATIONS

Conflict of interests: The authors declare that there are no conflicts of interest.

REFERENCES

AKICI, A.; AYDIN, V.; KIROGLU, A. Assessment of the association between drug disposal practices and drug use and storage behaviors. **Saudi Pharmaceutical Journal**, v. 26, n. 1, p. 7-13, 2018. DOI: 10.1016/j.jsps.2017.11.006.

ALGHADEER, S.; ALROHAIMI, M.; ALTHIBAN, A.; KALAGI, N. A.; BALKHI, B.; KHAN, A. A. The patterns of children poisoning cases in community teaching hospital in Riyadh, Saudi Arabia. **Saudi Pharmaceutical Journal**, v. 26, n. 1, p. 93-97, 2018. DOI: 10.1016/j.jsps.2017.10.007.

ALHOMOUD, F. K.; ALSADIQ, Y.; ALGHALAWIN, L.; ALHIFANY, A.; ALHOMOUD, F. Pharmacy students' knowledge and practices concerning the storing and disposal of household medication in Saudi Arabia. **Currents in Pharmacy Teaching and Learning**, v. 13, n. 1, p. 5-13, 2021. DOI: 10.1016/j.cptl.2020.08.004.

AL-SALEM, S. M.; LETTIERI, P. Life cycle assessment (LCA) of municipal solid waste management in the state of Kuwait. **European Journal of Scientific Research**, v. 34, n. 3, p. 395–405, 2009.

AL-SHAREEF, F.; EL-ASRAR, S. A.; AL-BAKR, L.; AL-AMRO, M.; ALQAHTANI, F.; ALEANIZY, F. Investigating the disposal of expired and unused medication in Riyadh, Saudi Arabia: a cross-sectional study. **International Journal of Clinical Pharmacy**, v. 38, n. 4, p. 822-828, 2016. DOI: 10.1007/s11096-016-0287-4.

ALUKO, O. O.; IMBIANZOR, G. T.; JIDEAMA, C. O.; OGUNDELE, O. V.; FAPETU, T. E.; AFOLABI, O. T.; ODEWADE, O. L. The perception and disposal practices of unused and expired medicines by households in an urban municipality, southwest Nigeria: a comparative cross-sectional study. **Waste Management**, v. 1, n. 140, p. 121-132, 2022. DOI: 10.1016/j.wasman.2022.01.022.

AMOABENG, I. A.; OTOO, B. A.; DARKO, G.; BORQUAYE, L. S. Disposal of Unused and Expired Medicines within the Sunyani Municipality of Ghana: a cross-sectional survey. **Journal of Environmental and Public Health**, v. 26, n. 61, p. 1-7, 2022. DOI: 10.1155/2022/6113346.

ARIFFIN, M.; ZAKILI, T. S. T. Household Pharmaceutical Waste Disposal in Selangor, Malaysia-Policy, Public Perception, and Current Practices. **Environmental Management**, v. 64, n. 4, p. 509-519, 2019. DOI: 10.1007/s00267-019-01199-y.

ARUN, S.; KUMAR, R. M.; RUPPA, J.; MUKHOPADHYAY, M.; ILANGO, K.; CHAKRABORTY, P. Occurrence, sources and risk assessment of fluoroquinolones in dumpsite soil and sewage sludge from Chennai, India. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 79, p. 1-9, 2020. DOI: 10.1016/j.etap.2020.103410.

AYELE, Y.; MAMU, M. Assessment of knowledge, attitude and practice towards disposal of unused and expired pharmaceuticals among community in Harar city, Eastern Ethiopia. **Journal of Pharmaceutical Policy and Practice**, v. 11, n. 27, p. 1-7, 2018. DOI: 10.1186/s40545-018-0155-9.

BARNETT-ITZHAKI, Z.; BERMAN, T.; GROTO, I.; SCHWARTZBERG, E. Household medical waste disposal policy in Israel. **Israel Journal of Health Policy Research**, v. 5, n. 48, p. 1-8, 2016. DOI: 10.1186/s13584-016-0108-1.

BASHAAR, M.; THAWANI, V.; HASSALI, M. A.; SALEEM, F. Disposal practices of unused and expired pharmaceuticals among general public in Kabul. **BMC Public Health**, v. 17, n. 45, p. 1-8, 2017. DOI: 10.1186/s12889-016-3975-z.

BASHATAH, A.; WAJID, S. Knowledge and Disposal Practice of Leftover and Expired Medicine: a cross-sectional study from nursing and pharmacy students' perspectives. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 2068, p. 1-8, 2020. DOI: 10.3390/ijerph17062068.

BRASIL. Law no. 12.305, of August 2, 2010. Establishes the National Solid Waste Policy; amends Law no. 9,605 of February 12, 1998; and provides other measures. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, August 2010.

BRASIL. Decree no. 10.388, of June 5, 2020. Regulates § 1 of chpt. of art. 33 of Law no. 12,305, of August 2, 2010, and establishes the reverse logistics system for expired or unused household medicines, for human use, industrialized and manipulated, and their packaging after disposal by consumers. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, June 2020.

BRASIL. Decree no. 10.936, of January 12, 2022. Regulates Law no. 12,305, of August 2, 2010, which establishes the National Solid Waste Policy. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, January 2022.

BRASIL. Brazilian Institute of Geography and Statistics. **Cities and States**. 2022.

BRASIL. National Information System on Solid Waste Management. **Medicines, their Waste and Packaging**. 2024.

CONSTANTINO, V. M.; FREGONESI, B. M.; TONANI, K. A. A.; ZAGUI, G. S.; TONINATO, A. P. C.; NONOSE, E. R. D. S. et al. Storage and disposal of pharmaceuticals at home: a systematic review. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, n. 2, p. 585-594, 2020. DOI: 10.1590/1413-81232020252.10882018.

COSTA, F. A. da; PEDRO, A. R.; TEIXEIRA, I.; BRAGANÇA, F.; SILVA, J. A. da; CABRITA, J. Primary non-adherence in Portugal: findings and implications. **International Journal of Clinical Pharmacy**, v. 37, n. 4, p. 626-635, 2015. DOI: 10.1007/s11096-015-0108-1.

DIAS-FERREIRA, C.; VALENTE, S.; VAZ, J. Practices of pharmaceutical waste generation and discarding in households across Portugal. **Waste Management & Research**, v. 34, n. 10, p. 1006-1013, 2016. DOI: 10.1177/0734242X16639388.

DING, G.; CHEN, G.; LIU, Y.; LI, M.; LIU, X. Occurrence and risk assessment of fluoroquinolone antibiotics in reclaimed water and receiving groundwater with different replenishment pathways. **Science of the Total Environment**, v. 738, p. 1-9, 2020. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139802.

FAURE, H.; LEGUELINEL-BLACHE, G.; SALOMON, L.; POUJOL, H.; KINOWSKI, J. M.; SOTTO, A. Assessment of patient adherence to anti-infective treatment after returning home. **Médecine et Maladies Infectieuses**, v. 44, n. 9, p. 417-422, 2014. DOI: 10.1016/j.medmal.2014.08.001.

FERNANDES, M. R.; FIGUEIREDO, R. C.; SILVA, L. G. R. D.; ROCHA, R. S.; BALDONI, A. O. Storage and disposal of expired medicines in home pharmacies: emerging public health problems. **Einstein (São Paulo)**, v. 18, p. 1-6, 2020. DOI: 10.31744/einstein_journal/2020AO5066.

HUANG, Y.; WANG, L.; ZHONG, C.; HUANG, S. Factors influencing the attention to home storage of medicines in China. **BMC Public Health**, v. 19, n. 833, p. 1-10, 2019. DOI: 10.1186/s12889-019-7167-5.

HUSSAIN, R.; RASHIDIAN, A.; HAFEEZ, A. A Survey on Household Storage of Medicines in Punjab, Pakistan. **Journal of Ayub Medical College Abbottabad**, v. 31, n.1, p. 90-97, 2019.

INSANI, W. N.; QONITA, N. A.; JANNAH, S. S.; NURALIYAH, N. M.; SUPADMI, W.; GATERA V. A. Improper disposal practice of unused and expired pharmaceutical products in Indonesian households. **Heliyon**, v. 6, p. 1-5, 2020. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e04551.

JAFARZADEH, A.; MAHBOUB-AHARI, A.; NAJAFI, M.; YOUSEFI, M.; DALAL, K. Medicine storage, wastage, and associated determinants among urban households: a systematic review and meta-analysis of household surveys. **BMC Public Health**, v. 21, n.1127, p. 1-15, 2021. DOI: 10.1186/s12889-021-11100-4.

JANKIE, S.; BARSATEE, N.; DOOKHAN, V.; SOOKDEO, K.; HERNANDEZ, S.; VILLARROEL STUART, A. Patients' knowledge, attitudes and concerns regarding the disposal of expired/unused medication. **International Journal of Pharmacy Practice**, v. 30, n. 3, p. 247-252, 2022. DOI: 10.1093/ijpp/riac006.

JHA, N.; SHANKAR, P. R.; PALAIAN, S. Knowledge and Practice on Ecopharmacovigilance and Medicine Storage Amongst Medical and Dental Students in Lalitpur, Nepal. **Risk Management and Healthcare Policy**, v. 14, p. 793-802, 2021. DOI: 10.2147/RMHP.S291025.

JOSEP, A. M.; SNELLINGS, R.; VAN DEN HEEDE, P.; MATTHYS, S.; DE BELIE, N. The Use of Municipal Solid Waste Incineration Ash in Various Building Materials: a Belgian point of view. **Materials (Basel)**, v. 11, n. 1, p. 141. 2018. DOI: 10.3390/ma11010141

KALYANGO, J. N.; HALL, M.; KARAMAGI, C. Home medication management practices and associated factors among patients with selected chronic diseases in a community pharmacy in Uganda. **BMC Health Services Research**, v. 18, n. 323, p.1-9, 2012. DOI: 10.1186/1472-6963-12-323.

KRISTINSSON, J.; PALSSON, R.; GUDJONSDOTTIR, G. A.; BLONDAL, M.; GUDMUNDSSON, S.; SNOOK, C. P. Acute poisonings in Iceland: a prospective nationwide study. **Clinical Toxicology (Phila)**, v. 46, n. 2, p. 126-132, 2008. DOI: 10.1080/15563650701438268.

KUMAR, M.; JAISWAL, S.; SODHI, K. K.; SHREE, P.; SINGH, D. K.; AGRAWAL, P. K.; SHUKLA, P. Antibiotics bioremediation: perspectives on its ecotoxicity and resistance. **Environment International**, v. 124, p. 448-461. 2019. DOI: 10.1016/j.envint.2018.12.065.

KUSTURICA, M. P.; TOMIĆ, Z.; BUKUMIRIĆ, Z.; HORVAT, O.; PAVLOVIĆ, N.; MIKOV, M.; SABO, A. Antibiotics in Serbian Households: a source of potential health and environmental threats? **Central European Journal of Public Health**, v. 23, n. 2, p. 114-118, 2015. DOI: 10.21101/cejph.a4093.

KUSTURICA, M. P.; TOMAS, A.; SABO, A. Disposal of Unused Drugs: knowledge and behavior among people around the world. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 240, p. 71-104, 2017. DOI: 10.1007/398_2016_3.

KUSTURICA, M. P.; GOLOCORBIN-KON, S.; OSTOJIC, T.; KRESOJA, M.; MILOVIC, M.; HORVAT, O. Consumer willingness to pay for a pharmaceutical disposal program in Serbia: a double hurdle modeling approach. **Waste Management**, v. 104, p. 246-253, 2020. DOI: 10.1016/j.wasman.2020.01.029.

MAHLABA, K. J.; HELBERG, E. A.; GODMAN, B.; KURDI, A.; MEYER, J. C. Health-Care Professionals' Knowledge and Practice Regarding Disposal of Medicines in Primary Health-Care Facilities in South Africa: impact and implications. **Journal of Research in Pharmacy Practice**, v. 10, n. 4, p. 185-190, 2022. DOI: 10.4103/jrpp.jrpp_84_21.

MARWA, K. J.; MCHARO, G.; MWITA, S.; KATABALO, D.; RUGANUZA, D.; KAPESA, A. Disposal practices of expired and unused medications among households in Mwanza, Tanzania. **PLoS One**, v. 16, n. 2, p. 1-9, 2021. DOI: 10.1371/journal.pone.0246418.

MICHELIN, A. F.; BONIFÁCIO, N. A.; NAGATA, W. B.; SILVA, V. M. S. da; GOBBO, L. E. M.; BRESCIANI, K. D. S. Guidance provided by pharmacists to customers regarding to destination of unused household medications: disposal of household medications. **BMC Health Services Research**, v. 23, n. 1350, p. 1-7, 2023. DOI: 10.1186/s12913-023-10319-8.

MORTENSEN, A.; GRANBY, K.; ERIKSEN, F. D.; CEDERBERG, T. L.; FRIIS-WANDALL, S.; SIMONSEN, Y.; BROESBØL-JENSEN, B.; BONNICHSEN, R. Levels and risk assessment of chemical contaminants in by products for animal feed in Denmark. **Journal of Environmental Science and Health - Part B**, v. 49, n. 11, p. 797-810, 2014. DOI: 10.1080/03601234.2014.938546.

ROGOWSKA, J.; ZIMMERMANN, A.; MUSZYŃSKA, A.; RATAJCZYK, W.; WOLSKA, L. Pharmaceutical Household Waste Practices: preliminary findings from a case study in Poland. **Journal of Environmental Management**, v. 64, n. 1, p. 97-106, 2019. DOI: 10.1007/s00267-019-01174-7.

SAPKOTA, B.; GIRI, A.; BHATTA, B.; AWASTHI, K.; BHURTYAL, K.; JOSHI, B. Implementation of medicine take-back concept at community level in Nepal: a pilot study. **Journal of Public Health**, v. 44, n. 3, p. 575-585, 2021. DOI: 10.1093/pubmed/fdab134.

SHOAIB, M.; RAZIQ, A.; IQBAL, Q.; SALEEM, F.; HAIDER, S.; ISHAQ, R.; IQBAL, Z.; BASHAAR, M. Disposal practices of unused and expired pharmaceuticals among the general public in Quetta city, Pakistan. **PLoS One**, v. 17, n. 5, p. 1-13, 2022. DOI: 10.1371/journal.pone.0268200.

SILVA, V. W. P. da; FIGUEIRA, K. L.; SILVA, F. G. da; ZAGUI, G. S.; MESCHEDE, M. S. C. Disposal of drugs and the ensuing environmental impacts: an integrative review of the literature. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 28, n. 4, p. 1113-1123, 2023. DOI: 10.1590/1413-81232023284.05752022.

SZYMAŃSKA, U.; MAREK, W.; IRENEUSZ, S.; JAROSŁAW, K.; GABRIELA, W.; MATEUSZ, K. W. Presence of antibiotics in the aquatic environment in Europe and their analytical monitoring: recent trends and perspectives. **Microchemical Journal**, v. 147, p. 729-740, 2019. DOI: 10.1016/j.microc.2019.04.003

TAI, B. W.; HATA, M.; WU, S.; FRAUSTO, S.; LAW, A. V. Prediction of pharmacist intention to provide medication disposal education using the theory of planned behaviour. **Journal of Evaluation in Clinical Practice**, v. 22, n. 5, p. 653-661, 2016. DOI: 10.1111/jep.12511.

TOMOKAWA, S.; ASAKURA, T.; KEOSADA, N.; BOUASANGTHONG, V.; SOUVANHXAY, V.; NAVAMAL, P. Introducing Ecohealth education in a Teacher Training Institute in Lao PDR: a case study. **Health Promotion International**, v. 36, n. 3, p. 895-904, 2021. DOI: 10.1093/heapro/daaa100.

TONG, A. Y. C.; PEAKE, B. M.; BRAUND, R. Disposal practices for unused medications around the world. **Environment International**, v. 37, n. 1, p. 292-298, 2011. DOI: 10.1016/j.envint.2010.10.002.

VOLOSHENKO-ROSSIN, A.; BAY, S. M.; MARUYA, K.; SNYDER, S. A.; TRENHOLM, R. A. Emerging pollutants in the Esmeraldas watershed in Ecuador: discharge and attenuation of emerging organic pollutants along the San Pedro–Guayllabamba–Esmeraldas rivers. **Environmental Science: processes & impacts**, v. 17, n. 1, p. 41–53, 2014. DOI: 10.1039/C4EM00394B.

WANG, L. S.; AZIZ, Z.; CHIK, Z. Disposal practice and factors associated with unused medicines in Malaysia: a cross-sectional study. **BMC Public Health**, v. 21, n. 1695, p. 1-10, 2021. DOI: 10.1186/s12889-021-11676-x.

WHO. SDG Target 3.9 **Mortality from environmental pollution**. 2021. Available at: https://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/sdg-target-3_9-mortality-from-environmental-pollution. Accessed on: jan. 2022.

ZORPAS, A. A.; DIMITRIOU, M.; VOUKKALI, I. Disposal of household pharmaceuticals in insular communities: social attitude, behaviour evaluation and prevention activities. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 27, p. 26725-26735, 2018. DOI: 10.1007/s11356-017-9551-y.

Descarte de medicamentos: conhecimentos e práticas de usuários da atenção primária em saúde no município de Araçatuba, estado de São Paulo, Sudeste do Brasil

Medication disposal: knowledge and practices of primary health care users in the municipality of Araçatuba, State of São Paulo, South-eastern Brazil

Aparecida de Fátima Michelin ¹

Camila Pedrozo Rodrigues Furlan ²

Neuza Alves Bonifácio ³

Euclides Teixeira Neto ⁴

Kátia Denise Saraiva Bresciani ⁵

¹ Doutorado em Microbiologia Agrícola, Professora, Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Paulista, Araçatuba, SP, Brasil
E-mail: cidinhamichelin@gmail.com

² Mestrado em Estatística, Estudante de Doutorado, Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Araçatuba, SP, Brasil
E-mail: camila.furlan@unesp.br

³ Mestrado em Enfermagem, Professora e Estudante de Doutorado, Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Paulista (Unip) e Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Araçatuba, SP, Brasil
E-mail: neuza.bonifacio@unesp.br

⁴ Mestrado em Agronegócio, Professor, Centro Paula Souza, Faculdade de Tecnologia Araçatuba, SP, Brasil
E-mail: euclidestneto@gmail.com

⁵ Doutorado em Medicina Veterinária, Professora, Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Araçatuba, SP, Brasil
E-mail: katia.bresciani@unesp.br

doi:10.18472/SustDeb.v16n1.2025.57307

Received: 18/12/2024
Accepted: 07/04/2025

ARTICLE- VARIA

RESUMO

O objetivo é obter informações dos usuários acerca do destino dado aos medicamentos domiciliares não utilizados ou vencidos. Um estudo descritivo, transversal e prospectivo foi realizado com 451 pacientes de Unidades Básicas de Saúde em Araçatuba/SP. Os entrevistados responderam um questionário pré-validado, composto por questões objetivas. Para análise dos dados, utilizamos o teste de associação Qui-Quadrado e Qui-Quadrado com correção de Yates, com nível de significância de 5%. A idade tem associação com o destino escolhido para o descarte do medicamento, e receber orientação quanto ao destino correto interfere em alguns hábitos de descarte, com 95% de confiança. A maioria das pessoas acredita que o descarte indevido de medicamentos pode causar danos ao meio ambiente e à saúde humana e animal, porém, a maneira de descarte de medicamentos mais praticada é jogar no lixo doméstico. O conhecimento e as práticas dos consumidores em relação ao descarte de medicamentos precisam ser aprimorados.

Palavras-chave: Medicamentos. Descarte. Saúde. Meio ambiente.

ABSTRACT

Our aim was to obtain information from users regarding the disposal location for unused or expired household medications. A descriptive, cross-sectional and prospective study was conducted with 451 patients from primary health care centres in Araçatuba, SP, Brazil. The respondents answered a pre-validated questionnaire, composed of objective questions. For data analysis, we used the chi-square association test and chi-square with Yates' correction, with a significance level of 5%. Age is associated with the location chosen to dispose of medications, while receiving guidance on the correct place modifies certain disposal habits, with 95% confidence. Most people believe that improper disposal of medications can cause harm to the environment and to human and animal health; however, the most common way to dispose of medications is to throw them in the household waste. Consumer knowledge and practices regarding medication disposal need to be improved.

Keywords: Medications. Disposal. Health. Environment.

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, a segurança do paciente é uma prioridade estratégica para a saúde moderna, sendo a eliminação ou redução de danos um grande e crescente desafio global da saúde pública, que exige ações que contemplem o envolvimento de pacientes, famílias e organizações da sociedade civil, a fim de “reduzir o número de mortes e de doenças causadas por produtos químicos perigosos, bem como a poluição e contaminação do ar, água e do solo” (WHO SDG Target 3.9, 2021).

O armazenamento inseguro de medicamentos nas farmácias domésticas eleva o risco de toxicidade (Kalyango *et al.*, 2012), de suicídio (Kristinsson *et al.*, 2008) e de envenenamento acidental na infância (Alghadeer *et al.*, 2018). A estocagem domiciliar de medicamentos geralmente é resultado de práticas de automedicação (Huang *et al.*, 2019), de não aderência ao tratamento (Costa *et al.*, 2015; Faure *et al.*, 2014; Hussain *et al.*, 2019) e de reserva em casos de necessidade (Hussain *et al.*, 2019). O descarte desses produtos por vias não recomendadas está associado à contaminação do solo e da água, inclusive concentrações mensuradas nesses locais indicam alto risco para os organismos aquáticos (Arun *et al.*, 2020).

A forma de descarte de medicamentos domiciliares tem sido pauta de muitas discussões em diferentes partes do mundo, como mostram pesquisas feitas nos Estados Unidos, Kuwait, Malta, Reino Unido e Sérvia, em que as pessoas demonstraram preocupações com essa questão (Kusturica *et al.*, 2017). Todavia, os bons conhecimentos referentes ao descarte de medicamentos muitas vezes contrastam com más práticas (Aluko *et al.*, 2022; Ariffin *et al.*, 2019; JHA *et al.*, 2021).

Diante desse cenário, é importante e urgente a elaboração e a implementação de políticas públicas voltadas para o uso e o descarte adequado de medicamentos domiciliares, tendo em vista que as principais vias utilizadas ainda são o lixo doméstico e as redes de esgoto (Amoabeng *et al.*, 2022; Ayele; Mamu, 2018; Constantino *et al.*, 2018; Jafarzadeh *et al.*, 2021; Jankie *et al.*, 2022).

A conscientização e práticas dos usuários acerca do descarte de resíduos farmacêuticos é a base estrutural de estratégias futuras para reduzir a liberação de produtos farmacêuticos ativos nos ecossistemas (Dias-Ferreira *et al.*, 2016). Os farmacêuticos e outros profissionais de saúde devem assumir o papel de educadores perante os usuários de medicamentos com abordagens sobre os riscos à saúde e ao meio ambiente causados pelo acúmulo de drogas descartadas no lixo doméstico e na rede de esgoto (Barnett-Itzhaki *et al.*, 2016; Bashaar *et al.*, 2017; Huang *et al.*, 2019). Ainda, os responsáveis pela produção de medicamentos devem incluir nos rótulos e bulas instruções específicas sobre o descarte de um medicamento (Barnett-Itzhaki *et al.*, 2016).

Assim, objetivamos obter informações dos usuários das unidades de saúde de atenção primária de uma cidade brasileira acerca de seus conhecimentos e práticas quanto ao descarte de medicamentos domiciliares não utilizados e/ou vencidos.

2 METODOLOGIA

A presente pesquisa foi autorizada pelo Comitê de Ética de Pesquisa da Faculdade de Odontologia – campus de Araçatuba/Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – com parecer consubstanciado nº 4.854.162.

O estudo descritivo, transversal, quantitativo e prospectivo foi realizado com 451 pacientes, maiores de 18 anos, assistidos nas Unidades Básicas de Saúde (UBS), sendo 17 na zona urbana e três na zona rural, do município de Araçatuba, estado de São Paulo, Brasil. A cidade tem 200.124 habitantes (IBGE, 2022).

O instrumento de coleta de dados foi adaptado e modificado a partir de estudos previamente publicados por Bashaar *et al.* (2017) e Wang *et al.* (2021). Esse instrumento foi composto por questões objetivas contendo variáveis independentes como: informação demográfica, trabalhista e acadêmica dos pacientes e variáveis dependentes como: orientações sobre descarte de medicamentos de farmácia domiciliar e conhecimento sobre logística reversa. Como opção de descarte foram elencados: lixo doméstico, rede de esgoto, águas superficiais, solo e retornar à farmácia. Algumas questões permitiam assinalar apenas uma das alternativas propostas, outras aceitavam mais de uma resposta. O questionário foi revisado por especialistas e pré-testado com 12 respondentes. Não foram necessárias alterações, e o questionário-piloto foi aplicado à amostra.

Utilizamos amostragem por conveniência, na qual todos os pacientes presentes nas UBSs nos dias visitados pelo pesquisador foram convidados a responder ao questionário; foram excluídos os menores de 18 anos de idade e aqueles que se recusaram a assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). As entrevistas foram realizadas em dias aleatórios, de segunda-feira à sexta-feira, em período diurno, de julho a novembro de 2022.

Para análise estatística dos dados, utilizamos os testes de associação Qui-Quadrado e Qui-Quadrado com correção de Yates, com nível de significância de 5%, por meio dos *softwares* Microsoft Excel versão 2010 e Jamovi versão 1.6.23.

3 RESULTADOS

A amostra foi constituída por 74,3% de pessoas do gênero feminino e 25,7% do gênero masculino; com idades variando de 18 a 81 anos, sendo média aproximada de 47 anos e desvio-padrão aproximado de 14 anos de idade. Com relação à escolaridade, 68,3% dos entrevistados possuem ensino fundamental completo ou ensino médio/técnico, seguidos pelos que possuem ensino fundamental incompleto (19,51%), pelos que possuem ensino superior (8,7%) e pelos não alfabetizados (3,6%).

No que se refere ao uso de medicamentos, verificamos que a maioria dos entrevistados utiliza com alta frequência (58,8%) e costuma adquirir tanto em UBS quanto em farmácias ou drogarias comerciais (50,6%). Com 95% de confiança, podemos afirmar que a idade tem relação com a frequência de uso do medicamento, os mais velhos tendem a consumir medicamentos com mais frequência que os mais jovens; o gênero e a escolaridade não interferem significativamente na frequência de uso. O local de aquisição de medicamento é associado significativamente com a idade, gênero e escolaridade ($p < 0.05$). Há um percentual maior de jovens de 18 e 19 anos (50%) e de entrevistados com nível de escolaridade superior (41%) que adquirem seus medicamentos apenas na farmácia/drogaria comercial. Por outro lado, há uma frequência maior de mulheres que costumam adquirir medicamentos tanto em UBS quanto em farmácias/drogarias comerciais (54,6%).

A maioria dos entrevistados (91,6%) não usa medicamentos vencidos e, considerando nível de significância de 5%, esse comportamento é similar para as diferentes faixas etárias, gêneros e escolaridade (Tabela 1).

Tabela 1 – Perfil dos entrevistados versus hábitos relacionados ao uso de medicamento

<i>Frequência de uso de medicamentos</i>				
<i>Idade</i>	<i>Raramente</i>	<i>Às vezes</i>	<i>Sempre</i>	<i>P-Valor¹</i>
18 ou 19 anos	12.5%	87.5%	0.0%	<0.001*
20 a 59 anos	14.0%	34.8%	51.2%	
60 anos ou mais	5.3%	10.4%	84.3%	
<i>Gênero</i>	<i>Raramente</i>	<i>Às vezes</i>	<i>Sempre</i>	<i>P-Valor²</i>
Feminino	11.3%	28.7%	60.0%	0.659
Masculino	12.9%	31.9%	55.2%	
<i>Escolaridade</i>	<i>Raramente</i>	<i>Às vezes</i>	<i>Sempre</i>	<i>P-Valor¹</i>
Não alfabetizado	18.8%	12.4%	68.8%	0.290
Fundamental incompleto	12.5%	22.7%	64,8%	
Fundamental completo	8.0%	30.9%	61.1%	
Médio/Colegial/ Técnico	12.6%	32.7%	54.7%	
Superior	17.9%	33.3%	48.8%	
Total	11.8 %	29.5 %	58.8 %	
<i>Local de aquisição de medicamentos</i>				
<i>Idade</i>	<i>Apenas UBS</i>	<i>Apenas farmácia</i>	<i>UBS e farmácia</i>	<i>P-Valor¹</i>
18 ou 19 anos	25.0%	50.0%	25.0%	0.040*
20 a 59 anos	17.4%	33.2%	49.4%	
60 anos ou mais	24.3%	20.0%	55.7%	

Gênero	Apenas UBS	Apenas farmácia	UBS e farmácia	P-Valor²
Feminino	17.9%	27.5%	54.6%	0.013*
Masculino	23.3%	37.9%	38.8%	
Escolaridade	Apenas UBS	Apenas farmácia	UBS e farmácia	P-Valor¹
Não alfabetizado	37.5%	6.3%	56.3%	<0.001*
Fundamental incompleto	21.6%	13.6%	64.8%	
Fundamental completo	23.5%	29.5%	47.0%	
Médio/Colegial/Técnico	12.6%	39.6%	47.8%	
Superior	18.0%	41.0%	41.0%	
TOTAL	19.3 %	30.2 %	50.6%	
Uso de medicamento vencido				
Idade	Não	Sim	P-Valor¹	
18 ou 19 anos	75.0%	25.0%	0.085	
20 a 59 anos	93.0%	7.0%		
60 anos ou mais	88.7%	11.3%		
Sexo	Não	Sim	P-Valor²	
Feminino	91.6%	8.4%	0.930	
Masculino	91.4%	8.6%		
Escolaridade	Não	Sim	P-Valor¹	
Não alfabetizado	100.0%	0.0%	0.715	
Fundamental incompleto	90.9%	9.1%		
Fundamental completo	92.6%	7.4%		
Médio/Colegial/Técnico	90.6%	9.4%		
Superior	89.7%	10.3%		
TOTAL	91.6%	8.4%		

UBS – Unidade Básica de Saúde

¹ Teste Qui-Quadrado com correção de Yates.

² Teste Qui-Quadrado.

* Significante com nível de significância de 5%.

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Quanto aos motivos para o armazenamento dos medicamentos que não estão sendo utilizados, o principal deles é para usar quando houver necessidade (97,3%). Há usuários que, além desse motivo, têm os medicamentos em estoque porque pararam de utilizar por ordem médica (11,5%); pararam de utilizar por conta própria (8,7%) ou estocam medicamentos vencidos (4,4%).

O descarte de medicamentos é feito pela maioria das pessoas (70,7%) no lixo doméstico, poucos costumam enterrar no solo ou queimar e nenhum dos entrevistados afirmou jogar em córregos, rios ou lagos (Tabela 2).

Tabela 2 – Destino dado aos medicamentos não utilizados

<i>Destino do medicamento</i>	<i>Frequência</i>	<i>Porcentagem</i>
Joga no lixo doméstico	319	70.73%
Devolve à unidade de saúde	76	16.85%
Joga no vaso sanitário	57	12.64%
Dá aos vizinhos/amigos/parentes	44	9.76%
Joga na pia do banheiro ou cozinha	41	9.09%
Joga no lixo para reciclagem	13	2.88%
Devolve à farmácia/drogaria	12	2.66%
Enterra no solo	6	1.33%
Queima	2	0.04%
Joga em córregos, rios ou lagos	0	0.00%

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Com 95% de confiança, podemos afirmar que o percentual dos entrevistados que descartam medicamento vencido ou sem uso no lixo doméstico é maior entre os jovens até 19 anos (87,5%). Por outro lado, o percentual dos entrevistados que levam o medicamento vencido ou sem uso para uma UBS é maior entre os idosos (28,7%). Apenas 16,9% dos entrevistados já levaram os medicamentos para uma UBS, entre eles 6,6% afirmaram que o local não recebeu o medicamento. Observamos que 12,6% das pessoas têm o hábito de descartar medicamento vencido ou sem uso no vaso sanitário e, com 95% de confiança, essa prática é mais comum entre as mulheres (14,9%) quando comparada aos homens (6,0%). Há também pessoas que têm o hábito de dar medicamento sem uso para vizinhos, amigos ou parentes (9,8%) ou descartá-lo na pia do banheiro ou cozinha (9,1%). O perfil dos entrevistados (idade, gênero e escolaridade) não tem associação com essas práticas, considerando nível de significância de 5% (Tabela 3).

Tabela 3 – Perfil dos entrevistados versus hábito de descarte dos medicamentos vencidos ou sem uso

<i>Descarte no lixo doméstico</i>			
<i>Idade</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>	<i>P-Valor¹</i>
18 ou 19 anos	12.5%	87.5%	0.002
20 a 59 anos	25.3%	74.7%	
60 anos ou mais	41.7%	58.3%	
<i>Gênero</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>	<i>P-Valor²</i>
Feminino	30.7%	69.3%	0.241
Masculino	25.0%	75.0%	
<i>Escolaridade</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>	<i>P-Valor¹</i>
Não alfabetizado	18.7%	81.3%	0.223
Fundamental incompleto	38.6%	61.4%	
Fundamental completo	28.8%	71.2%	
Médio/Colegial/Técnico	27.0%	73.0%	
Superior	23.1%	76.9%	
Total	29.3%	70.7%	

<i>Leva medicamento para Unidades Básicas de Saúde para ser descartado</i>			
<i>Idade</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>	<i>P-Valor¹</i>
18 ou 19 anos	100.0%	0.0%	
20 a 59 anos	86.9%	13.1%	<0.001*
60 anos ou mais	71.3%	28.7%	
<i>Gênero</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>	<i>P-Valor²</i>
Feminino	84.8%	15.2%	0.117
Masculino	78.4%	21.6%	
<i>Escolaridade</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>	<i>P-Valor¹</i>
Não alfabetizado	87.5%	12.5%	
Fundamental incompleto	80.7%	19.3%	
Fundamental completo	80.5%	19.5%	0.659
Médio/Colegial/Técnico	85.5%	14.5%	
Superior	87.2%	12.8%	
Total	83.1%	16.9%	
<i>Joga no vaso sanitário</i>			
<i>Idade</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>	<i>P-Valor¹</i>
18 ou 19 anos	100.0%	0.0%	
20 a 59 anos	86.6%	13.4%	0.467
60 anos ou mais	88.7%	11.3%	
<i>Gênero</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>	<i>P-Valor²</i>
Feminino	85.1%	14.9%	0.013*
Masculino	94.0%	6.0%	
<i>Escolaridade</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>	<i>P-Valor¹</i>
Não alfabetizado	93.8%	6.2%	
Fundamental incompleto	88.6%	11.4%	
Fundamental completo	86.6%	13.4%	0.708
Médio/Colegial/Técnico	85.5%	14.5%	
Superior	92.3%	7.7%	
Total	87.4%	12.6%	
<i>Dá aos vizinhos, amigos ou parentes</i>			
<i>Idade</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>	<i>P-Valor²</i>
18 ou 19 anos	100.0%	0.0%	
20 a 59 anos	94.8%	5.2%	0.091
60 anos ou mais	88.4%	11.6%	

Gênero	Não	Sim	P-Valor²
Feminino	89.0%	11.0%	0.117
Masculino	94.0%	6.0%	
Escolaridade	Não	Sim	P-Valor¹
Não alfabetizado	81.3%	18.7%	0.704
Fundamental incompleto	90.9%	9.1%	
Fundamental completo	91.9%	8.1%	
Médio/Colegial/Técnico	89.3%	10.7%	
Superior	89.7%	10.3%	
Total	90.2%	9.8%	
Joga na pia do banheiro ou cozinha			
Idade	Não	Sim	P-Valor¹
18 ou 19 anos	75.0%	25.0%	0.287
20 a 59 anos	91.2%	8.8%	
60 anos ou mais	91.3%	8.7%	
Sexo	Não	Sim	P-Valor²
Feminino	89.6%	10.4%	0.089
Masculino	94.8%	5.2%	
Escolaridade	Não	Sim	P-Valor¹
Não alfabetizado	93.8%	6.2%	0.159
Fundamental incompleto	86.4%	13.6%	
Fundamental completo	89.9%	10.1%	
Médio/Colegial/Técnico	91.8%	8.2%	
Superior	100.0%	0.0%	
Total	90.9%	9.1%	

¹ Teste Qui-Quadrado com correção de Yates.

² Teste Qui-Quadrado.

* Estatisticamente significativa com nível de significância de 5%.

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Apenas 77 pessoas (17,3%) já receberam orientação sobre descarte de medicamentos vencidos ou não utilizados. Para elas, a orientação é proveniente, principalmente, dos meios de comunicação (55,8%), seguida dos farmacêuticos (11,7%), agente comunitário de saúde (10,4%), familiares ou amigos (10,4%), enfermeiros (9,1%) ou médicos (2,6%). As que mais receberam orientação foram as pessoas com 60 anos de idade ou mais.

Com 95% de confiança, verificamos que entre os entrevistados que descartam medicamento no lixo doméstico, a maioria não recebeu orientação sobre o descarte correto; já entre as pessoas que levam os medicamentos à UBS ou farmácia/drogaria, a maioria recebeu orientação (Tabela 4).

Tabela 4 – Hábitos dos entrevistados para descarte do medicamento versus ter recebido ou não orientação sobre descarte correto

<i>Descarta no lixo doméstico</i>	<i>Não recebeu orientação</i>	<i>Recebeu orientação</i>	<i>P-Valor²</i>
Sim	89.7%	10.3%	<0.001*
Não	65.9%	34.1%	
<i>Descarta no vaso sanitário</i>	<i>Não recebeu orientação</i>	<i>Recebeu orientação</i>	<i>P-Valor²</i>
Sim	87.7%	12.3%	0.284
Não	82.0%	18.0%	
<i>Dá aos vizinhos / amigos / parentes</i>	<i>Não recebeu orientação</i>	<i>Recebeu orientação</i>	<i>P-Valor²</i>
Sim	88.6%	11.4%	0.273
Não	82.1%	17.9%	
<i>Descarta na pia do banheiro ou cozinha</i>	<i>Não recebeu orientação</i>	<i>Recebeu orientação</i>	<i>P-Valor¹</i>
Sim	92.7%	7.3%	0.076
Não	81.7%	18.3%	
<i>Descarta no lixo para reciclagem</i>	<i>Não recebeu orientação</i>	<i>Recebeu orientação</i>	<i>P-Valor¹</i>
Sim	100.0%	0.0%	0.094
Não	82.2%	17.8%	
<i>Devolve à Unidade Básica de Saúde</i>	<i>Não recebeu orientação</i>	<i>Recebeu orientação</i>	<i>P-Valor²</i>
Sim	30.3%	69.7%	<0.001*
Não	93.3%	6.7%	
<i>Devolve à farmácia / drogaria</i>	<i>Não recebeu orientação</i>	<i>Recebeu orientação</i>	<i>P-Valor²</i>
Sim	25.0%	75.0%	<0.001*
Não	84.3%	15.7%	
tOTAL	82.7%	17.3%	

¹ Teste Qui-Quadrado com correção de Yates.

² Teste Qui-Quadrado.

* Estatisticamente significativa com nível de significância de 5%.

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Apenas 2,7% dos entrevistados têm o hábito de verificar informações sobre o descarte de medicamento na sua embalagem. Essa prática não tem associação estatisticamente significativa com o perfil do entrevistado, considerando nível de significância de 5%.

A maioria dos entrevistados (83,6%) acredita que o descarte indevido de medicamentos pode causar danos ao meio ambiente e à saúde humana e animal, porém, 6,3% afirmaram não haver relação e 11,8% não souberam opinar acerca desse assunto.

4 DISCUSSÃO

Nos últimos anos, um olhar técnico e científico tem sido direcionado para o destino dos medicamentos de farmácias domiciliares em razão dos impactos que o descarte indevido pode causar no meio ambiente, na saúde das pessoas e dos animais. Nesse sentido, foi realizado um estudo com usuários de unidades de saúde da atenção primária para verificar suas práticas e conhecimentos em relação ao destino desses medicamentos.

Diferentes destinos para os medicamentos domésticos vencidos e/ou não utilizados foram citados pelos entrevistados, principalmente jogar no lixo doméstico, jogar no vaso sanitário, na pia do banheiro ou cozinha, ou devolver à unidade de saúde. O descarte direto de medicamentos em lixo doméstico é considerado inadequado e pode resultar em impacto negativo na vida das pessoas, dos animais e do meio ambiente, pois podem ser reutilizados intencional ou acidentalmente por pessoas ou animais. Além disso, em caso de permanecerem como resíduos, eles podem ser absorvidos pelo solo e dissolvidos em cursos de água, configurando-se como contaminantes ambientais. O descarte inadequado de resíduos farmacêuticos tem sido a opção apontada por mais da metade dos entrevistados em estudos realizados nos últimos anos em vários países, como, por exemplo, Arábia Saudita (Al-Shareef *et al.*, 2016), Etiópia (Ayele; Mamu, 2018), Malásia (Ariffin; Zakili, 2019) e Paquistão (Shoaib *et al.*, 2022). A opção de descartar os medicamentos em vasos sanitários ou pias de cozinha e banheiro contamina os cursos de água e prejudica o desenvolvimento dos seres vivos aquáticos (Silva *et al.*, 2023). Danos, como interferência hormonal em peixes, genotoxicidade, carcinogenicidade em animais de laboratório, desregulação endócrina e toxicidade imunológica, podem ser ocasionados em organismos humanos e aquáticos, mesmo em concentrações diminutas de nanogramas por litro (ng/L) (Mortensen *et al.*, 2014; Voloshenko-Rossin *et al.*, 2015). A poluição por antibióticos representa uma grande ameaça global, uma vez que seus metabólitos no meio aquático estão exercendo um impacto negativo em todos os organismos. A fácil migração de antibióticos na água potável causa séria resistência microbiana a esses medicamentos, o que acarreta um risco ambiental em vista da liberação residual no ecossistema (Kumar *et al.*, 2019; Szymańska *et al.*, 2019).

A contaminação da água e do solo influencia a estrutura do ecossistema de maneira vital, sendo o gerenciamento de resíduos crucial para o seu controle. Existem diferentes estratégias de gerenciamento de resíduos sólidos em todo o mundo: os aterros são os mais baratos e os métodos mais praticados; o despejo a céu aberto também é uma prática comum, onde os resíduos sólidos são despejados em pântanos e áreas baixas (Al-Salem; Lettieri, 2009); juntamente com os métodos de queima e incineração (Josep *et al.*, 2018). O pior efeito do descarte de resíduo no meio ambiente pode ser esperado em países onde o aterro sanitário e o depósito de lixo a céu aberto são predominantes e não são devidamente regulamentados. Em ambos os casos, a entrada dos fármacos no meio aquoso, tanto em águas superficiais e subterrâneas, é inevitável (Tong; Peake; Braund, 2011). Infelizmente, o descarte incorreto ainda é uma realidade e promove a contaminação de matrizes ambientais e muitas vezes não é removido por estações de tratamento de águas residuárias, o que leva à interferência no equilíbrio de ecossistemas (Silva *et al.*, 2023).

Há evidências estatísticas de que as idades dos entrevistados impactam sobre essas decisões, sendo que os mais jovens tendem a utilizar o lixo doméstico para descarte com maior frequência que os idosos, enquanto há uma proporção maior de idosos que costumam descartar esses produtos nas unidades básicas de saúde. Entre os que receberam orientação sobre o descarte correto dos medicamentos domésticos vencidos e/ou não utilizados, há um percentual significativamente maior de pessoas que não descartam esses produtos no lixo doméstico, preferindo levá-los às unidades básicas de saúde ou farmácias. A devolução dos medicamentos vencidos e/ou não utilizados às unidades de saúde foi uma das principais opções apontadas por estudo realizado na Polônia (Rogowska *et al.*, 2019) e em Portugal (Dias-Ferreira; Valente; Vaz, 2016).

Todavia, ainda é expressivo o número de pessoas que utilizam as vias inapropriadas para descarte desses produtos farmacêuticos. Pode-se supor que uma falta de orientação está contribuindo para tais práticas, já que 82,7% dos entrevistados nunca receberam orientação e 97,3% nunca procuraram informações nas embalagens dos medicamentos. Entre os que já receberam orientação, poucos apontaram os profissionais da saúde (enfermeiros, farmacêuticos, médicos e agentes comunitários de saúde) como fonte informativa.

Em um estudo brasileiro foi evidenciado que uma pequena parcela de farmacêuticos tem o hábito de sempre orientar os clientes sobre o descarte adequado de medicamentos domiciliares não utilizados e vencidos. Além disso, os consumidores raramente ou nunca solicitam informações sobre isso (Michelin *et al.*, 2024). Pode-se supor que esses profissionais não estejam preparados para orientar os usuários. Assim, verifica-se o quanto são importantes os programas de capacitação profissional e educação continuada para alavancar conhecimentos sobre o tema (Bashaar *et al.*, 2017; Fernandes *et al.*, 2020). Além de adquirir os conhecimentos, a equipe de saúde deve adotar maneiras inovadoras para realizar as orientações aos usuários dos serviços de saúde (Alhomoud *et al.*, 2021; Mahlaba *et al.*, 2022).

Na Turquia, um estudo mostrou que embora os medicamentos ainda sejam descartados de forma inadequada, os entrevistados revelaram ter melhorado o comportamento em relação aos tempos anteriores após programas educacionais (Akici *et al.*, 2018), indicando que intervenções na educação das pessoas, entre outras ações, podem proporcionar resultados positivos.

Os medicamentos domiciliares vencidos ou em desuso, industrializados e manipulados, bem como suas embalagens, devem ser devolvidos à sua origem por meio de processo de logística reversa em fase de implantação, com pontos de recebimentos em farmácias comerciais (Brasil, 2020). As farmácias da rede pública de saúde recebem os medicamentos de forma independente, sem custo para o usuário. A educação dos usuários deve estar em consonância com os programas governamentais estabelecidos para coleta desses resíduos e seus respectivos pontos de recebimento, sem custo para a população, de preferência baseado no retorno à origem (Sapkota *et al.*, 2021).

No Brasil, a Lei Nº 12.305/10, regulamentada pelo Decreto Nº 10.936/22, instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que dispõe sobre os objetivos, instrumentos e as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis, onde destaca-se no Capítulo I que “na gestão e no gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”.

Ainda, no Art. 33 dessa lei, há a obrigatoriedade de estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, sendo que essa lei foi regulamentada pelo Decreto Nº 10.388/20, que institui o sistema de logística reversa de medicamentos domiciliares vencidos ou em desuso, de uso humano, industrializados e manipulados, e de suas embalagens após o descarte pelos consumidores.

Algumas empresas farmacêuticas e redes de farmácias têm implementado programas de coleta de medicamentos, permitindo que consumidores devolvam produtos em desuso, evitando que eles sejam descartados de forma inadequada, o que pode causar danos ao meio ambiente e à saúde pública. Segundo o Grupo de Acompanhamento e Performance (GAP), em 2023, 448.000 kg de medicamentos foram coletados em 6.294 pontos distribuídos por 648 municípios (Brasil, 2024).

5 CONCLUSÃO

O conhecimento dos usuários das unidades de saúde de atenção primária de Araçatuba/SP sobre as maneiras corretas para descarte de medicamentos domésticos vencidos e/ou não utilizados precisa ser aprimorado, uma vez que apenas 17,3% dos entrevistados já receberam orientação e a maioria (97,3%) nunca procurou informações sobre esse assunto nas embalagens dos medicamentos. As orientações recebidas foram provenientes, principalmente, dos meios de comunicação (55,8%) em comparação aos profissionais da saúde (33,8%) ou familiares e amigos (10,4%).

Desafortunadamente, a falta de conhecimento reflete nas práticas de descarte desses produtos farmacêuticos, pois é expressivo o número de pessoas que utilizam vias inapropriadas para descartá-los, como jogar no lixo doméstico (70,73%), jogar no vaso sanitário (12,63%), na pia do banheiro ou cozinha (9,09%), mesmo que a maioria (83,6%) considere que tal prática possa acarretar efeitos negativos para o meio ambiente e a saúde humana e animal.

Diante desse cenário, é importante que algumas ações sejam empreendidas, tais como: educar a população sobre o consumo racional e o descarte adequado de medicamentos vencidos e/ou não utilizados, promover ações de educação ambiental para criar empatia socioambiental, ampliar o número de pontos de recebimento desses produtos e realizar ações de vigilância sanitária.

DECLARAÇÕES

Conflito de interesses: os autores declaram não haver interesses conflitantes.

REFERÊNCIAS

- AKICI, A.; AYDIN, V.; KIROGLU, A. Assessment of the association between drug disposal practices and drug use and storage behaviors. **Saudi Pharmaceutical Journal**, v. 26, n. 1, p. 7-13, 2018. DOI: 10.1016/j.jsps.2017.11.006.
- ALGHADEER, S.; ALROHAIMI, M.; ALTHIBAN, A.; KALAGI, N. A.; BALKHI, B.; KHAN, A. A. The patterns of children poisoning cases in community teaching hospital in Riyadh, Saudi Arabia. **Saudi Pharmaceutical Journal**, v. 26, n. 1, p. 93-97, 2018. DOI: 10.1016/j.jsps.2017.10.007.
- ALHOMOU, F. K.; ALSADIQ, Y.; ALGHALAWIN, L.; ALHIFANY, A.; ALHOMOU, F. Pharmacy students' knowledge and practices concerning the storing and disposal of household medication in Saudi Arabia. **Currents in Pharmacy Teaching and Learning**, v. 13, n. 1, p. 5-13, 2021. DOI: 10.1016/j.cptl.2020.08.004.
- AL-SALEM, S. M.; LETTIERI, P. Life cycle assessment (LCA) of municipal solid waste management in the state of Kuwait. **European Journal of Scientific Research**, v. 34, n. 3, p. 395-405, 2009.
- AL-SHAREEF, F.; EL-ASRAR, S. A.; AL-BAKR, L.; AL-AMRO, M.; ALQAHTANI, F.; ALEANIZY, F. Investigating the disposal of expired and unused medication in Riyadh, Saudi Arabia: a cross-sectional study. **International Journal of Clinical Pharmacy**, v. 38, n. 4, p. 822-828, 2016. DOI: 10.1007/s11096-016-0287-4.
- ALUKO, O. O.; IMBIANOZOR, G. T.; JIDEAMA, C. O.; OGUNDELE, O. V.; FAPETU, T. E.; AFOLABI, O. T.; ODEWADE, O. L. The perception and disposal practices of unused and expired medicines by households in an urban municipality, southwest Nigeria: a comparative cross-sectional study. **Waste Management**, v. 1, n. 140, p. 121-132, 2022. DOI: 10.1016/j.wasman.2022.01.022.
- AMOABENG, I. A.; OTOO, B. A.; DARKO, G.; BORQUAYE, L. S. Disposal of Unused and Expired Medicines within the Sunyani Municipality of Ghana: a cross-sectional survey. **Journal of Environmental and Public Health**, v. 26, n. 61, p. 1-7, 2022. DOI: 10.1155/2022/6113346.

ARIFFIN, M.; ZAKILI, T. S. T. Household Pharmaceutical Waste Disposal in Selangor, Malaysia-Policy, Public Perception, and Current Practices. **Environmental Management**, v. 64, n. 4, p. 509-519, 2019. DOI: 10.1007/s00267-019-01199-y.

ARUN, S.; KUMAR, R. M.; RUPPA, J.; MUKHOPADHYAY, M.; ILANGO, K.; CHAKRABORTY, P. Occurrence, sources and risk assessment of fluoroquinolones in dumpsite soil and sewage sludge from Chennai, India. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 79, p. 1-9, 2020. DOI: 10.1016/j.etap.2020.103410.

AYELE, Y.; MAMU, M. Assessment of knowledge, attitude and practice towards disposal of unused and expired pharmaceuticals among community in Harar city, Eastern Ethiopia. **Journal of Pharmaceutical Policy and Practice**, v. 11, n. 27, p. 1-7, 2018. DOI: 10.1186/s40545-018-0155-9.

BARNETT-ITZHAKI, Z.; BERMAN, T.; GROTTTO, I.; SCHWARTZBERG, E. Household medical waste disposal policy in Israel. **Israel Journal of Health Policy Research**, v. 5, n. 48, p. 1-8, 2016. DOI: 10.1186/s13584-016-0108-1.

BASHAAR, M.; THAWANI, V.; HASSALI, M. A.; SALEEM, F. Disposal practices of unused and expired pharmaceuticals among general public in Kabul. **BMC Public Health**, v. 17, n. 45, p. 1-8, 2017. DOI: 10.1186/s12889-016-3975-z.

BASHATAH, A.; WAJID, S. Knowledge and Disposal Practice of Leftover and Expired Medicine: a cross-sectional study from nursing and pharmacy students' perspectives. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 2068, p. 1-8, 2020. DOI: 10.3390/ijerph17062068.

BRASIL. Law no. 12.305, of August 2, 2010. Establishes the National Solid Waste Policy; amends Law no. 9,605 of February 12, 1998; and provides other measures. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, August 2010.

BRASIL. Decree no. 10.388, of June 5, 2020. Regulates § 1 of chpt. of art. 33 of Law no. 12,305, of August 2, 2010, and establishes the reverse logistics system for expired or unused household medicines, for human use, industrialized and manipulated, and their packaging after disposal by consumers. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, June 2020.

BRASIL. Decree no. 10.936, of January 12, 2022. Regulates Law no. 12,305, of August 2, 2010, which establishes the National Solid Waste Policy. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, January 2022.

BRASIL. Brazilian Institute of Geography and Statistics. **Cities and States**. 2022.

BRASIL. National Information System on Solid Waste Management. **Medicines, their Waste and Packaging**. 2024.

CONSTANTINO, V. M.; FREGONESI, B. M.; TONANI, K. A. A.; ZAGUI, G. S.; TONINATO, A. P. C.; NONOSE, E. R. D. S. et al. Storage and disposal of pharmaceuticals at home: a systematic review. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, n. 2, p. 585-594, 2020. DOI: 10.1590/1413-81232020252.10882018.

COSTA, F. A. da; PEDRO, A. R.; TEIXEIRA, I.; BRAGANÇA, F.; SILVA, J. A. da; CABRITA, J. Primary non-adherence in Portugal: findings and implications. **International Journal of Clinical Pharmacy**, v. 37, n. 4, p. 626-635, 2015. DOI: 10.1007/s11096-015-0108-1.

DIAS-FERREIRA, C.; VALENTE, S.; VAZ, J. Practices of pharmaceutical waste generation and discarding in households across Portugal. **Waste Management & Research**, v. 34, n. 10, p. 1006-1013, 2016. DOI: 10.1177/0734242X16639388.

DING, G.; CHEN, G.; LIU, Y.; LI, M.; LIU, X. Occurrence and risk assessment of fluoroquinolone antibiotics in reclaimed water and receiving groundwater with different replenishment pathways. **Science of the Total Environment**, v. 738, p. 1-9, 2020. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139802.

FAURE, H.; LEGUELINEL-BLACHE, G.; SALOMON, L.; POUJOL, H.; KINOWSKI, J. M.; SOTTO, A. Assessment of patient adherence to anti-infective treatment after returning home. **Médecine et Maladies Infectieuses**, v. 44, n. 9, p. 417-422, 2014. DOI: 10.1016/j.medmal.2014.08.001.

FERNANDES, M. R.; FIGUEIREDO, R. C.; SILVA, L. G. R. D.; ROCHA, R. S.; BALDONI, A. O. Storage and disposal of expired medicines in home pharmacies: emerging public health problems. **Einstein (São Paulo)**, v. 18, p. 1-6, 2020. DOI: 10.31744/einstein_journal/2020AO5066.

HUANG, Y.; WANG, L.; ZHONG, C.; HUANG, S. Factors influencing the attention to home storage of medicines in China. **BMC Public Health**, v. 19, n. 833, p. 1-10, 2019. DOI: 10.1186/s12889-019-7167-5.

HUSSAIN, R.; RASHIDIAN, A.; HAFEEZ, A. A Survey on Household Storage of Medicines in Punjab, Pakistan. **Journal of Ayub Medical College Abbottabad**, v. 31, n.1, p. 90-97, 2019.

INSANI, W. N.; QONITA, N. A.; JANNAH, S. S.; NURALIYAH, N. M.; SUPADMI, W.; GATERA V. A. Improper disposal practice of unused and expired pharmaceutical products in Indonesian households. **Heliyon**, v. 6, p. 1-5, 2020. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e04551.

JAFARZADEH, A.; MAHBOUB-AHARI, A.; NAJAFI, M.; YOUSEFI, M.; DALAL, K. Medicine storage, wastage, and associated determinants among urban households: a systematic review and meta-analysis of household surveys. **BMC Public Health**, v. 21, n.1127, p. 1-15, 2021. DOI: 10.1186/s12889-021-11100-4.

JANKIE, S.; BARSATEE, N.; DOOKHAN, V.; SOOKDEO, K.; HERNANDEZ, S.; VILLARROEL STUART, A. Patients' knowledge, attitudes and concerns regarding the disposal of expired/unused medication. **International Journal of Pharmacy Practice**, v. 30, n. 3, p. 247-252, 2022. DOI: 10.1093/ijpp/riac006.

JHA, N.; SHANKAR, P. R.; PALAIAN, S. Knowledge and Practice on Ecopharmacovigilance and Medicine Storage Amongst Medical and Dental Students in Lalitpur, Nepal. **Risk Management and Healthcare Policy**, v. 14, p. 793-802, 2021. DOI: 10.2147/RMHP.S291025.

JOSEP, A. M.; SNELLINGS, R.; VAN DEN HEEDE, P.; MATTHYS, S.; DE BELIE, N. The Use of Municipal Solid Waste Incineration Ash in Various Building Materials: a Belgian point of view. **Materials (Basel)**, v. 11, n. 1, p. 141. 2018. DOI: 10.3390/ma11010141

KALYANGO, J. N.; HALL, M.; KARAMAGI, C. Home medication management practices and associated factors among patients with selected chronic diseases in a community pharmacy in Uganda. **BMC Health Services Research**, v. 18, n. 323, p.1-9, 2012. DOI: 10.1186/1472-6963-12-323.

KRISTINSSON, J.; PALSSON, R.; GUDJONSDOTTIR, G. A.; BLONDAL, M.; GUDMUNDSSON, S.; SNOOK, C. P. Acute poisonings in Iceland: a prospective nationwide study. **Clinical Toxicology (Phila)**, v. 46, n. 2, p. 126-132, 2008. DOI: 10.1080/15563650701438268.

KUMAR, M.; JAISWAL, S.; SODHI, K. K.; SHREE, P.; SINGH, D. K.; AGRAWAL, P. K.; SHUKLA, P. Antibiotics bioremediation: perspectives on its ecotoxicity and resistance. **Environment International**, v. 124, p. 448-461. 2019. DOI: 10.1016/j.envint.2018.12.065.

KUSTURICA, M. P.; TOMIĆ, Z.; BUKUMIRIĆ, Z.; HORVAT, O.; PAVLOVIĆ, N.; MIKOV, M.; SABO, A. Antibiotics in Serbian Households: a source of potential health and environmental threats? **Central European Journal of Public Health**, v. 23, n. 2, p. 114-118, 2015. DOI: 10.21101/cejph.a4093.

KUSTURICA, M. P.; TOMAS, A.; SABO, A. Disposal of Unused Drugs: knowledge and behavior among people around the world. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 240, p. 71-104, 2017. DOI: 10.1007/398_2016_3.

KUSTURICA, M. P.; GOLOCORBIN-KON, S.; OSTOJIC, T.; KRESOJA, M.; MILOVIC, M.; HORVAT, O. Consumer willingness to pay for a pharmaceutical disposal program in Serbia: a double hurdle modeling approach. **Waste Management**, v. 104, p. 246-253, 2020. DOI: 10.1016/j.wasman.2020.01.029.

MAHLABA, K. J.; HELBERG, E. A.; GODMAN, B.; KURDI, A.; MEYER, J. C. Health-Care Professionals' Knowledge and Practice Regarding Disposal of Medicines in Primary Health-Care Facilities in South Africa: impact and implications. **Journal of Research in Pharmacy Practice**, v. 10, n. 4, p. 185-190, 2022. DOI: 10.4103/jrpp.jrpp_84_21.

MARWA, K. J.; MCHARO, G.; MWITA, S.; KATABALO, D.; RUGANUZA, D.; KAPESA, A. Disposal practices of expired and unused medications among households in Mwanza, Tanzania. **PLoS One**, v. 16, n. 2, p. 1-9, 2021. DOI: 10.1371/journal.pone.0246418.

MICHELIN, A. F.; BONIFÁCIO, N. A.; NAGATA, W. B.; SILVA, V. M. S. da; GOBBO, L. E. M.; BRESCIANI, K. D. S. Guidance provided by pharmacists to customers regarding to destination of unused household medications: disposal of household medications. **BMC Health Services Research**, v. 23, n. 1350, p. 1-7, 2023. DOI: 10.1186/s12913-023-10319-8.

MORTENSEN, A.; GRANBY, K.; ERIKSEN, F. D.; CEDERBERG, T. L.; FRIIS-WANDALL, S.; SIMONSEN, Y.; BROESBØL-JENSEN, B.; BONNICHSEN, R. Levels and risk assessment of chemical contaminants in by products for animal feed in Denmark. **Journal of Environmental Science and Health - Part B**, v. 49, n. 11, p. 797-810, 2014. DOI: 10.1080/03601234.2014.938546.

ROGOWSKA, J.; ZIMMERMANN, A.; MUSZYŃSKA, A.; RATAJCZYK, W.; WOLSKA, L. Pharmaceutical Household Waste Practices: preliminary findings from a case study in Poland. **Journal of Environmental Management**, v. 64, n. 1, p. 97-106, 2019. DOI: 10.1007/s00267-019-01174-7.

SAPKOTA, B.; GIRI, A.; BHATTA, B.; AWASTHI, K.; BHURTYAL, K.; JOSHI, B. Implementation of medicine take-back concept at community level in Nepal: a pilot study. **Journal of Public Health**, v. 44, n. 3, p. 575-585, 2021. DOI: 10.1093/pubmed/fdab134.

SHOAIB, M.; RAZIQ, A.; IQBAL, Q.; SALEEM, F.; HAIDER, S.; ISHAQ, R.; IQBAL, Z.; BASHAAR, M. Disposal practices of unused and expired pharmaceuticals among the general public in Quetta city, Pakistan. **PLoS One**, v. 17, n. 5, p. 1-13, 2022. DOI: 10.1371/journal.pone.0268200.

SILVA, V. W. P. da; FIGUEIRA, K. L.; SILVA, F. G. da; ZAGUI, G. S.; MESCHEDÉ, M. S. C. Disposal of drugs and the ensuing environmental impacts: an integrative review of the literature. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 28, n. 4, p. 1113-1123, 2023. DOI: 10.1590/1413-81232023284.05752022.

SZYMAŃSKA, U.; MAREK, W.; IRENEUSZ, S.; JAROSŁAW, K.; GABRIELA, W.; MATEUSZ, K. W. Presence of antibiotics in the aquatic environment in Europe and their analytical monitoring: recent trends and perspectives. **Microchemical Journal**, v. 147, p. 729-740, 2019. DOI: 10.1016/j.microc.2019.04.003

TAI, B. W.; HATA, M.; WU, S.; FRAUSTO, S.; LAW, A. V. Prediction of pharmacist intention to provide medication disposal education using the theory of planned behaviour. **Journal of Evaluation in Clinical Practice**, v. 22, n. 5, p. 653-661, 2016. DOI: 10.1111/jep.12511.

TOMOKAWA, S.; ASAKURA, T.; KEOSADA, N.; BOUASANGTHONG, V.; SOUVANHXAY, V.; NAVAMAL, P. Introducing Ecohealth education in a Teacher Training Institute in Lao PDR: a case study. **Health Promotion International**, v. 36, n. 3, p. 895-904, 2021. DOI: 10.1093/heapro/daaa100.

TONG, A. Y. C.; PEAKE, B. M.; BRAUND, R. Disposal practices for unused medications around the world. **Environment International**, v. 37, n. 1, p. 292-298, 2011. DOI: 10.1016/j.envint.2010.10.002.

VOLOSHENKO-ROSSIN, A.; BAY, S. M.; MARUYA, K.; SNYDER, S. A.; TRENHOLM, R. A. Emerging pollutants in the Esmeraldas watershed in Ecuador: discharge and attenuation of emerging organic pollutants along the San Pedro–Guayllabamba–Esmeraldas rivers. **Environmental Science: processes & impacts**, v. 17, n. 1, p. 41–53, 2014. DOI: 10.1039/C4EM00394B.

WANG, L. S.; AZIZ, Z.; CHIK, Z. Disposal practice and factors associated with unused medicines in Malaysia: a cross-sectional study. **BMC Public Health**, v. 21, n. 1695, p. 1-10, 2021. DOI: 10.1186/s12889-021-11676-x.

WHO. SDG Target 3.9 **Mortality from environmental pollution**. 2021. Available at: https://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/sdg-target-3_9-mortality-from-environmental-pollution. Accessed on: jan. 2022.

ZORPAS, A. A.; DIMITRIOU, M.; VOUKKALI, I. Disposal of household pharmaceuticals in insular communities: social attitude, behaviour evaluation and prevention activities. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 27, p. 26725-26735, 2018. DOI: 10.1007/s11356-017-9551-y.

Application of the Pressure-State-Impact-Response model for urban mobility analysis in João Pessoa

Aplicação do modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta para análise da mobilidade urbana em João Pessoa

Maria Lucineide Gomes da Silva ¹

Gesinaldo Ataíde Cândido ²

Eduardo Rodrigues Viana de Lima ³

¹ Master in Development and Environment, PhD student, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brazil
Email: lucineidegmd@gmail.com

² PhD in Production Engineering, Visiting Professor, Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brazil
Email: gacandido01@gmail.com

³ PhD in Geography, Full Professor, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brazil
Email: eduvianalima@gmail.com

Received: 07/10/2024
Accepted: 07/04/2025

ARTICLE- VARIA

ABSTRACT

Urban mobility poses a significant challenge for urban management, particularly in light of the rapid growth dynamics of cities. Inefficient mobility systems in urban centres adversely affect quality of life while generating significant socioeconomic and environmental consequences. This study evaluates the applicability of the GEO Cities model indicators for urban mobility analysis as a municipal decision-making tool. Employing the Pressure-State-Impact-Response (PSIR) framework, we conducted exploratory-descriptive research in João Pessoa, Paraíba's capital. Our analysis identified 13 thematic indicators relevant to mobility phenomena within the study area. The developed methodology and indicator selection demonstrate transferability to other urban contexts.

Keywords: Sustainable development. Indicators. Urban sustainability. Urban management.

RESUMO

Um dos principais problemas relacionados à gestão urbana é a mobilidade, dada a dinâmica e a intensidade do crescimento das cidades. A ineficiência da mobilidade urbana, presente na maioria dos centros urbanos, influencia diretamente a qualidade de vida da população, ao passo que os impactos negativos gerados abrangem aspectos socioeconômicos e ambientais. Nesse contexto, este trabalho investiga a viabilidade de utilização dos indicadores da cesta básica do modelo GEO Cidades na análise

da mobilidade urbana como ferramenta de auxílio para a tomada de decisão na gestão municipal. Como forma de alcançar esse objetivo, foi aplicado o modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta (Peir), no município de João Pessoa, capital da Paraíba, e realizada uma pesquisa exploratória e descritiva. Como resultado, foram selecionados 13 indicadores diretamente relacionados à temática e ao fenômeno da mobilidade no escopo territorial da pesquisa. A metodologia utilizada, assim como os indicadores selecionados, pode ser adaptada e aplicada em outras cidades.

Palavras-chave: Desenvolvimento sustentável. Indicadores. Sustentabilidade urbana. Gestão urbana.

1 INTRODUCTION

Currently, in response to Brazil's high urbanisation rate, urban mobility is being configured as a multifaceted challenge in urban management. In this sense, there are many variables to be addressed: inadequate infrastructure, characterised by precarious pavements, poor signage, the absence of bike paths and cycle lanes, which compromises safety and the flow of transportation. Recurrent congestion, caused by the increase in private vehicles, is exacerbated by the inefficiency of public transport, which is often composed of scrapped fleets. The absence of an efficient integration system between different modes contributes to the rise in pollution levels and the deepening of social inequalities (Andrade *et al.*, 2023; Marino, 2024).

Given this reality, Carvalho (2016) discussed the need to apply sustainability parameters in the planning of urban mobility systems, considering them in a sustainable manner. Beté *et al.* (2020) emphasise that the increase in displacement within cities necessitates infrastructure and transportation that can serve the population efficiently and sustainably. In addition, in the context of sustainable urban mobility, the basis for sustaining public policies on efficient transport is active transport, such as walking and cycling in conjunction with public transport (NTU, 2019).

Given the complexity surrounding the theme of urban mobility, its evaluation serves as a key parameter for informing improvement actions. Among the various tools aimed at this end, the GEO Cities methodology stands out. This is based on the application of the Pressure-State-Impact-Response (PSIR) Model, used by the United Nations Environment Programme – Unep (Unep, 2004). Developed by the Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) in 1993, the model is considered an ordering framework in the presentation of environmental indicators, based on the principle of causality, the cause and effect relationship between the indicators present in the categories, initially Pressure, State and Response (Cometti *et al.*, 2019). The Impact category was entered after a modification to the model by Unep. Defining the key categories of the PSIR model, we have: Pressure – represents the pressures that human activities exert on environmental systems; State – expresses the environmental conditions related to the quality and quantity of the natural resources present, seeking to present an overview of the state of the environment and its evolution over time; Impact – refers to the effect of the state or condition of the environment on health and the quality of human life, the urban economy, ecosystems, etc.; and Response – analyses society's responses to environmental changes, referring to actions and reactions individually and collectively to reduce or cancel environmental pressures (Neri; Dupin; Sánchez, 2016).

The PSIR presents a structure that provides an integrated understanding and systematisation of environmental problems through the identification of indicators and their relationship with the different resources involved (Sousa; Maracajá; Cândido, 2021). Thus, although it does not encompass all dimensions of sustainability, it is a model capable of understanding the complexity of the urban mobility problem, which has intensified in urban spaces in general, but more noticeably in larger cities.

In João Pessoa-PB, the accelerated population growth, since the 2000s, has boosted the use of individual transport, associated with the lack of planning and adequate infrastructure on the roads, as well as the

insufficiency of public transport fleets and the excess of congestion make coming and going through the city a daily obstacle for its inhabitants (Santos *et al.*, 2018).

The controversies surrounding the traffic in João Pessoa-PB have been frequently on the agenda of local news. As an example, in 2018, the research “Origin Destination” showed that about 1.23 million trips are made per business day in the capital, corresponding to 73% of the total trips made in the entire municipal microregion (Semob-JP, 2020), a phenomenon that directly influences the aspects of mobility (Almeida *et al.*, 2021; Santos, 2018).

In the meantime, considering the exposed reality of the study area and the role that urban mobility plays in the quality of life and the construction of more sustainable urban environments, this work aims to assess urban mobility in João Pessoa through the application of the Pressure-State-Impact-Response (PSIR) Model.

2 METHODOLOGICAL PROCEDURES

2.1 CHARACTERISATION OF THE STUDY LOCATION

The study area is the municipality of João Pessoa, capital of the state of Paraíba, located at coordinates 34°47’36” South and 34°58’36” West. Its population is approximately 833,932 inhabitants, and its area spans 211,286 km², making it the third-oldest built city in Brazil.

In terms of administrative division, João Pessoa consists of 64 neighbourhoods distributed in its territory. Regarding the economy, the capital has a Gross Domestic Product (GDP) of R\$ 22.2 billion, making it the largest GDP in the state of Paraíba. Among the various sectors and economic activities, services (mainly in the food, beverage, civil construction, transportation, and textile sectors), commerce, and tourism stand out (IBGE, 2022).

Regarding the urbanisation process, it experienced greater intensity in the twentieth century. During this period, the city expanded significantly towards the coastal areas, with an emphasis on the construction of parks, the revitalisation and modernisation of access roads, and the development of important avenues. Urbanisation in this region was significant, with numerous investments that did not leave unbuilt areas, which has driven, in recent years, an expansion movement towards the South-Southeast (Lima, 2023) (Figure 1).

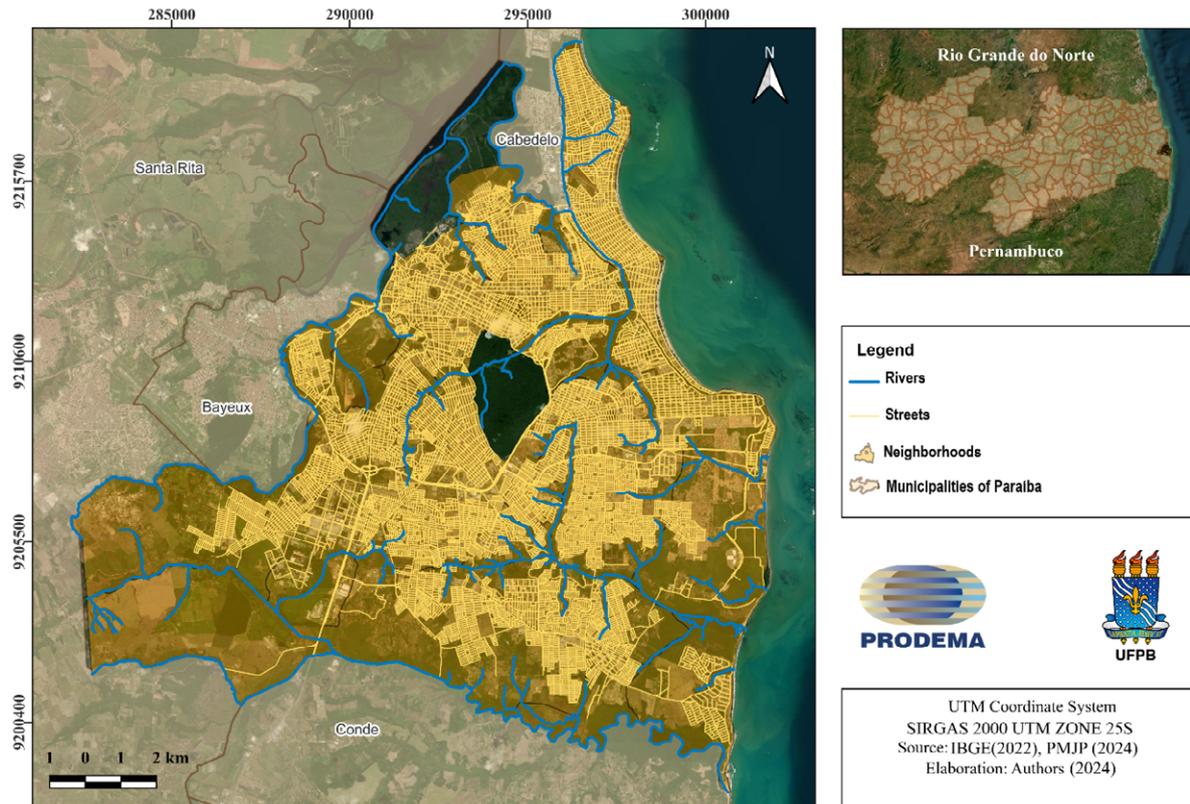


Figure 1 – Location map of João Pessoa-PB

Source: Elaborated by the authors (2024).

The urbanisation of the city occurred unevenly, concentrating the largest investments in infrastructure in specific regions and marginalising others (Silveira; Rodrigues, 2024). This disparity highlights the need for residents of less favoured areas to relocate to access essential services, underscoring the importance of studying urban mobility, a key component of the local political agenda.

2.2 MATERIALS AND METHODS

To achieve the objective proposed in this work, a descriptive and exploratory research design was adopted, involving a case study of urban mobility situational diagnosis in João Pessoa, PB, through the application of the Pressure-State-Impact-Response (PSIR) Model.

The research method was divided into three stages. The first stage involved selecting indicators related to the problem of urban mobility, based on the basic food basket recommended by the GEO Cities Model. In its original conception, the GEO Cities basket is composed of 53 environmental indicators, of which a total of 14 indicators were found to be directly related to the analysed theme (Chart 1).

The second stage consisted of filtering the selected indicators based on the availability of data for João Pessoa – PB. Due to the lack of specific data, three indicators were excluded. Due to the specificity of the studied theme, two existing indicators were adapted, and one new indicator was introduced, resulting in a total of 14 indicators.

Finally, the third stage consisted of applying and analysing the indicators. To perform this step, secondary data were first collected to obtain information about the selected indicators. The data sources used were: Datasus, Concremat-Comap-Sistran Consortium Reports, Detran-PB, Senatran, IBGE Census, the João Pessoa City Hall Official Website, and academic papers.

To carry out the analysis of the indicators, specific parameters were established (Chart 1), based on the definition of the indicators, justification, guidance on measurement, and units established in the Methodology for the Preparation of GEO Cities Reports (Unep, 2004).

Chart 1 – Set of Indicators used and evaluation parameters

Category	Rating	Evaluation parameter
Pressure	Population growth	Has there been a variation in the number of inhabitants? Considering the last two IBGE demographic censuses.
	Change in non-urban to urban soil	Have there been changes in land use and occupation in the city? What were the modifications?
	Transportation Mode	What is the percentage of option of use of the population of the city in relation to the available modes of transport?
	Motorisation rate	Have there been changes to the car fleet? How much has been changed?
	Atmospheric emissions	What is the percentage of GHG Emissions by sectors and sub-sectors?
State	Air quality	Monitoring of air quality: How is it accomplished? What local air pollutants are monitored?
Impact	Incidence of cardiorespiratory diseases	What is the incidence of cardiorespiratory diseases? Considering the diseases resulting from air pollution and the indicators adopted in Vigiar (Health Surveillance Program for Populations Exposed to Air Pollution)
	Public health expenditure due to pollution and/or air contamination diseases	What is the amount spent on the treatment of cardiorespiratory diseases? Considering the diseases resulting from air pollution and the indicators adopted in Vigiar (Health Surveillance Program for Populations Exposed to Air Pollution)
	Change from	Is there evidence of microclimatic changes? Which are they?
	Traffic Violence Rate	What is the death rate in traffic accidents? Considering the number of deaths from land transport accidents per 100,000 inhabitants.
Answer	Master Plan	Does the city have an approved Master Plan? In what year was it prepared?
	How to build an urban mobility plan	Has the Master Plan been reviewed? What was the year of the review?
	Regulation and control of emissions from mobile and fixed sources	Does the city have an approved urban mobility plan in place? In what year was it prepared?
	Have in public transit	Has the Urban Mobility Plan been reviewed? What was the year of the review?

Source: Adapted from Unep (2004)

The analysis of the data obtained was carried out to fulfill the objectives established in the GEO Cities Model, identifying the main factors of urban pressure on environmental resources, relating the impacts resulting from the factors of pressure, impact and the responses formulated and adopted, in addition to evaluating the conditions that facilitated or hindered the effectiveness of the technique. The work was complemented by a brief analysis of future trends, highlighting the consequences if the problems

are not properly addressed. Finally, recommendations for improving urban mobility in João Pessoa were presented.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 SET OF SELECTED INDICATORS

Among the 53 indicators of the GEO Cities model, a set of 14 indicators with greater adherence to the territorial context of the research was selected, as well as to the problem of urban mobility (Figure 2).

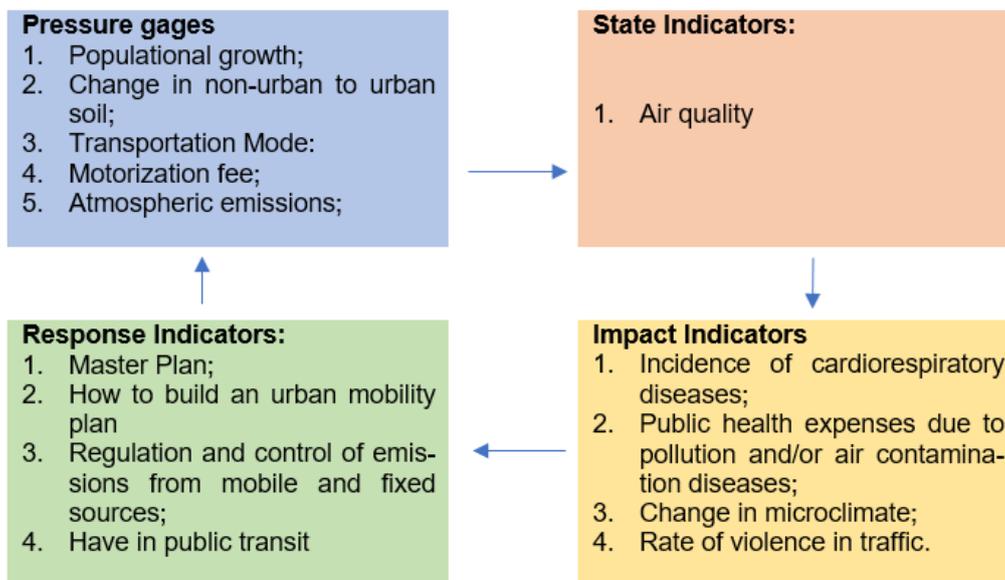


Figure 2 – Basic basket of the Geo Cities Model adapted for the analysis of urban mobility in João Pessoa – PB

Source: Adapted from Unep (2004).

It is reiterated that the basic basket of the GEO cities model includes indicators that do not align with the study's theme; therefore, it is necessary to replace or adapt them.

Regarding the indicator “Youth crime rate”, a lack of information on this theme was identified, particularly in relation to the municipality of João Pessoa. In addition, considering the thematic axis addressed in the research, it was inferred that the subject did not agree with the object of interest, which is urban mobility. In this sense, it was decided to replace the indicator with “Traffic violence rate”, represented by the rate of traffic-related deaths.

Also due to lack of correlation with the object of interest of the research, the indicator “Public health expenses due to waterborne diseases” was replaced by the indicator “Public health expenses due to pollution and/or air contamination diseases”, which is more related to the urban mobility axis, considering that transport vehicles are among the main causes of air pollution and consequently the intensification of respiratory diseases.

Finally, due to the research's thematic axis and the size of João Pessoa's population, it was relevant to evaluate the form of urban mobility planning, as the city experiences high levels of movement. Consequently, public management must develop plans that ensure organisation and fluidity on public roads. In the meantime, the indicator was included in the response category of “Urban mobility plan”.

3.2 APPLICATION OF INDICATORS

3.2.1 PRESSURE GAGES

Population growth – According to preliminary data from the IBGE Census, the population of the municipality of João Pessoa increased from 723,515 in 2010 to 833,932 in 2022, representing a 15.30% rise and an annual growth rate of 1.19% (IBGE, 2022). It emphasises that 99.83% of these live in urban areas, equivalent to 833,387 inhabitants (IBGE, 2022) – a phenomenon observed since the 2010 Census, in which the local urban population was already at a proportion of 99.62% (2,726 rural population and 720,789 urban population).

Change in non-urban to urban soil – The urban expansion of the city of João Pessoa initially occurred from the central area of the city towards the north-northeast region, in the 1960s, fostered by the private initiative in line with the local government. Factors that influenced this expansion included the development of motorised transport, the opening of two important avenues – Epitácio Pessoa and Dom Pedro II – and the transposition of the river courses that passed through the city, such as the Rio Jaguaribe, Mandacaru, Tambiá, and other smaller tributaries (Silveira *et al.*, 2015). Avenida Epitácio Pessoa is a milestone in the city's spatial transformation, considered a symbol that represents the opening of a path to the sea and plays a crucial role in the city's mobility, as it is one of the main transit corridors (Afonso; Costa, 2019).

Nowadays, urban expansion is focused on the southern portion of the city, guided by speculation in the real estate market. Thus, there is a problem that this region lacks consolidated urban infrastructure, and remnants of the Atlantic Forest are being suppressed to accommodate these projects. Research carried out by Perez *et al.* (2020) shows a series of neglects and problems in urban planning in João Pessoa, such as the promotion of land stocks for tourist developments in the coastal strip, the undue consideration of areas of social interest and the preservation of environmental, historical and cultural characteristics to the detriment of private interests.

Distribution of transportation types – João Pessoa has a dependence on individual transport (IT), the mode chosen in 49.9% of the population's displacements. The Active Transport (AT) modality, which includes walking and cycling, is the second most popular modality among the population, representing 25.6%, followed by Public Transport (PT), which serves 22.0% of the population (PMJP, 2020). IT mainly encompasses automobiles (driver and passenger), motorcycles, rental vehicles, and trucks.

According to the data presented in Annex I of Law No. 14.515 of May 2022, the choice of individual transport mode (IT) is related to the limited number of roads with adequate infrastructure that facilitate the movement of people in the city. Few sections of sidewalks fail to meet the minimum acceptable conditions for circulation and the safe and comfortable crossing of pedestrians. Regarding bicycle paths, cycle lanes, and sidewalks, these facilities do not serve the entire city area, resulting in connectivity failures. Public transport (PT), in an opinion survey, was perceived as having very poor quality by 11.9% of the participants, poor by 22%, regular by 41%, good by 23.6%, and very good by 1.5%.

The predominance of IT over PT is a trend observed in Brazilian cities since the 1980s, following a pattern common to most Latin American countries. This phenomenon results from a combination of factors, including the actual increase in income of middle- and lower-class families, which is largely offset by the precarious conditions of public transport systems (Pereira *et al.*, 2021). These authors also highlight the significant increase in the motorcycle fleet in the North and Northeast regions, with emphasis on the period between 2001 and 2020, which contributed to the deterioration of urban mobility conditions in these regions.

Motorisation rate – In recent years, João Pessoa has shown an evolution in its car fleet. According to data from Detran-PB (2023), the number of private cars increased by 84% between 2010 and 2021, rising from 234,014 to 431,078. This represents a significant increase in the motorisation rate of the population, from 3.2 to 5.2 cars per 10,000 inhabitants in 2021.

Atmospheric emissions – In 2018, the first Greenhouse Gas (GHG) Emissions Inventory was presented to João Pessoa by the Municipal Secretariat for the Environment (Semam), with 2014 as the reference year. The results showed that 62.61% of local emissions come from stationary energy, 23.10% from transport and 14.29% from waste generation. Emissions from transport total 655,481 tons of CO_{2e}, representing 23.10%. Of this total, 99.70% comes from road transport, 0.24% from rail and only 0.06% from aviation. Of this significant contribution of road transport, 55.20% is related to gasoline consumption, 33.00% to diesel oil, 10.33% to vehicular natural gas (VNG) and only 1.46% to ethanol (Leal *et al.*, 2018).

In 2020, according to the inventory of GHG emissions for the João Pessoa Climate Action Plan (PAC), using the methodology proposed by the Global Protocol for Community (GPC) – Scale Greenhouse Gas Emission Inventories, João Pessoa's total emissions were 1.1 million tons of CO_{2e}, with the transport sector contributing the most, accounting for 40.6% of emissions, the waste sector with 35.7%, and the stationary energy sector with 23.7% of emissions. The transport sector is mainly related to gasoline consumption (65%), followed by diesel consumption (31%), mainly used in land transport (PAC, 2023).

3.2.2 STATUS INDICATORS

Air quality – Currently, João Pessoa does not monitor air quality, as it lacks stations for this purpose. However, some academic work has already been carried out in the city, and its results are used in the analysis of this indicator.

Air quality standards are determined from the concentration of different components in the air: inhalable particles (PM₁₀), fine inhalable particles (PM_{2.5}), smoke (FMC), ozone (O₃), carbon monoxide (CO), nitrogen dioxide (NO₂) and sulfur dioxide (SO₂) (Cetesb, 2022). Of these, Particulate Matter (PM) has stood out due to its negative impact on both air quality and human health, as well as the scope of its impacts, which can be local and regional (Medeiros, 2020).

A monitoring of particulate matter in the atmosphere in the center of the city of João Pessoa, carried out by Medeiros (2020), yielded results with concentrations below the limits established by legislation, characterising good air quality at this point in the city. The values obtained were: for PM_{2.5} (8.7013 ± 1.6969 µg/m³), for PM₁₀ (20.8561 ± 3.0295 µg/m³), and for PM TSP (Total suspended particulate) (30.6057 ± 3.9618 µg/m³). Conama Resolution 491/2018 establishes that PM_{2.5} concentrations must not exceed 60 µg/m³ in Intermediate Period 1 (IP1) and 25 µg/m³ in the Final Period. For PM₁₀, the limits are 120 µg/m³ in IP1. During the Final Period, the limit is 50 µg/m³, and for TSP, it cannot exceed 240 µg/m³ daily.

Research conducted by Correia (2011) aimed to analyse NO₂ concentrations in João Pessoa and found that pollutant concentrations vary depending on the location within the city. Samples collected in the central region of the city showed higher concentrations of NO₂ compared to samples collected at Campus I of UFPB. Despite the difference in concentrations between the regions, and also in relation to the collection time and solar intensity, the concentrations were low, in relation to the air quality standards established by Conama Resolution 3/1990, which stipulates the limit of 190 µg/m³ of NO₂ for 1 hour, and should not be exceeded more than once.

Values range from 7.9 to 15.2 µg/m³ in summer and from 0.2 to 7.1 µg/m³ in autumn. The author attributes the results obtained to the favourable climatic conditions of the city, which facilitate the dispersion of gaseous pollutants, but emphasises the need for more efficient monitoring to prevent future problems, particularly due to the city's high growth rate in its vehicle fleet (Correia, 2011).

Regarding the emission of polluting gases by collective vehicles, a study conducted by Melo *et al.* (2018) used the Ringelmann Scale to analyse the smoke emitted by 50 buses in Parque Sólton de Lucena. The results show that 96% of the samples presented pollutant emissions within the compliance standard 1, in the colorimetric range of 20%. Only 4% were classified in standard 2, with a colorimetric density of 40%, which is within the allowed level of pollution. This emphasises that, as it is not a probabilistic sample, it is not possible to make generalisations.

3.2.3 IMPACT INDICATORS

Incidence of Cardiorespiratory Diseases – The World Health Organization (WHO, 2022) warns that 99% of the world’s population breathes air that exceeds recommended quality limits, directly affecting their health. In Brazil, according to the WHO, air pollution has been the cause of death of more than 50,000 people per year (Brasil, 2021). In general, cardiorespiratory diseases have contributed to the increase in healthcare and hospitalisation volumes. Among the diseases resulting from air pollution, asthma, bronchitis, and acute respiratory infection (ARI) are those that primarily affect children under 5 years of age and the elderly, an age group that suffers a greater impact (Brunetto *et al.*, 2022). Air pollution is also responsible for diseases that affect the circulatory system, such as heart disease and acute myocardial infarction (Brasil, 2021).

In this context, we analysed the indicators adopted by the Health Surveillance Program for Populations Exposed to Air Pollution (Vigiar), structured by the Ministry of Health from 2001, which evaluated air quality through the rate of respiratory and circulatory diseases in the groups belonging to the most affected age groups (Brasil, 2015). The results obtained for João Pessoa, along with the indicators used, are presented in Table 1.

Public health expenses due to pollution and/or air contamination diseases – Analyzing the total costs in the indicator referring to incidences of cardiorespiratory diseases, it appears that pneumonia is the disease with the highest expenses, both in the age group of less than 5 years and over 65 years, followed by cases of bronchitis in the elderly, and acute myocardial infarction (Table 1).

Table 1 – Cardiorespiratory Diseases

<i>Outcomes</i>	<i>Age group</i>	<i>Hospitalisations</i>	<i>Fatalities</i>	<i>Total costs of customs duties</i>
<i>Diseases of the respiratory system</i>				
Asthma	< 5	1,242		682,902.59
	>65	212	5	156,277.87
Pneumonia	< 5	26,720	98	21,036,192.49
	>65	12,509	2,391	18,957,050.25
Bronchitis	< 5	172	1	106,745.68
	>65	6,261	324	4,760,056.54
<i>Circulatory system diseases</i>				
Acute myocardial infarction	> 40	5,339	726	23,375,572.90

* Emphysematous bronchitis and other chronic obstructive pulmonary diseases

** Age in the WATCHMAN manual is 60, we adopted 65 due to a change in legislation, which determined age of 65 for a person to be considered elderly

Source: Datasus, 2024, Data period Jan/2008-Oct/2024

A joint analysis of the data obtained from the last two indicators (Table 1) revealed a direct proportional relationship between the diseases with the highest incidence and health expenses. Pneumonia and bronchitis were the diseases with the highest incidence among children under 5 years of age and the elderly over 65 years of age, these being the diseases responsible for the highest expenses.

Among the air pollutants associated with diseases are aldehydes (RCHO), sulfur dioxide (SO₂), nitrogen dioxide (NO₂), particulate matter (PM), and carbon monoxide (CO), among others. Due to the lack of monitoring of these pollutants in the city, it is not possible to make an accurate association. However, one factor that may have contributed to the increase in disease occurrences is the rise in individual transportation. The predominance of motor vehicles increases the concentration of these pollutants.

Alteration of the microclimate – Research conducted in the city reveals variations in the local microclimate, which result from the urbanisation process without adequate planning. Silva *et al.* (2022) demonstrated a trend of increasing air temperature in the city, accompanied by a reduction in relative humidity. The results are directly related to the level of urbanisation and densification, such as the neighbourhood of Manaíra, which presented the worst thermal comfort conditions. This neighbourhood is located on the beach and has a population with greater purchasing power. Thermal comfort differences between data collection points ranged from 1.4 to 2.2°C. This research also demonstrated the importance and benefits that the remaining areas of the Atlantic Forest offer, due to the ecosystem services they provide, which help regulate the local microclimate.

These results were corroborated by other studies already carried out, which identified a reduction in green areas, formation of heat islands and thermal discomfort, in addition to a variation in temperature of 5°C between different areas of the city, depending on the type of existing land cover (Santos *et al.*, 2012; Souza *et al.*, 2016). Although these works were carried out in different years, it is noteworthy that all identified the increase in temperature in the city and the proportional relationship between this phenomenon and the urbanisation process, as well as the level of urban densification in João Pessoa.

Traffic violence rate – According to data provided by the National Registry of Traffic Accidents and Statistics (Renaest), the death rate in traffic accidents in João Pessoa went from 11.59% in 2019 to 13.32% in 2022, considering the number of deaths from land transport accidents per 100,000 inhabitants; it was observed that in 2023, in the first two months of the year, the rate was already 7.04%. Analysing by type of vehicle, the mortality rate is significantly higher for motorcycles (67.3%), followed by automobiles (20.2%), unreported cases (12.5%), bicycles (1.9%), and scooters (1.0%) (Renaest, 2023).

3.2.4 RESPONSE INDICATORS

Urban master plan – The city of João Pessoa has a Master Plan originally established by Complementary Law No. 3, of December 30, 1992, which underwent a review process in 2008. It is noteworthy that the plan is currently undergoing another review process.

The existence of a Master Plan for municipalities with a population of over 20,000 inhabitants is a requirement of the Federal Constitution, reinforced by the City Statute, which also establishes the need to prepare a transport plan for municipalities with more than 500,000 inhabitants, as is the case in João Pessoa.

Urban Mobility Plan – The Urban Mobility Plan of João Pessoa (PlanMob) was first established in 2022, as outlined in Ordinary Law No. 14.515, of May 2022. PlanMob is divided into five major thematic axes of action: active transport, public transport, road system, urban planning and public management (João Pessoa, 2022).

Data collected by the Mobilize Study present the management goals for these thematic axes, namely: to increase travel by public transport in the microregion by 30%; to reduce bus travel times by 31% and increase their average speed by 21%; to improve the quality of service by 70%, and to increase the presence of preferential bus lanes in 11.8% of the city's roads; to increase the share of walking trips by 30%, to implement sidewalks on 85% of the roads (1,255 km), to reach the walkability index to 2; to increase the cycling network by 11% and commuting by 9% by bicycle; to reduce commuting by individual motorised transport from 50% to 31%; to increase the population's access to public transport to 100%; to reduce the population's immobility index by 30%; to reduce the percentage of long trips on foot; and to reduce the emission rate of pollutants by vehicles (Mobilize Brasil, 2022).

Regulation and control of emissions from mobile and fixed sources – The city has an Environmental Code, established by Complementary Law No. 29, of August 5, 2002, which focuses on Section V, specifically on Air, presenting considerations on control, monitoring, and guidelines to be followed by various sources responsible for gaseous emissions. Article 108 of the Code expresses that air quality must be maintained in accordance with the emission standards and norms defined in federal, state and municipal legislation. However, in a reading of the section, no clear limits were established. Only the prohibition of black smoke emission above 20% of the Ringelman Scale was found in any combustion process, except the first two minutes of operation, for motor vehicles, and up to five minutes of operation for other types of equipment. In consultation with Semam, it was found that the code is the guiding legislation in the inspection activities of potentially air polluting enterprises, which points to pizzerias and bakeries as the establishments that pollute the most in the urban perimeter, in addition to the illegal burning of solid waste in the environmental preservation areas of the city (João Pessoa, 2002).

Investment in public transport – A survey conducted over recent years identified several investments aimed at improving public transport in João Pessoa. According to the information available on the city hall's website, the Executive Superintendence of Urban Mobility (Semob-JP) invested approximately R\$ 5 million in the first half of 2021, divided into the following works: modernisation and qualification at the Valentina Figueiredo Public Transport Terminal, interventions on Hilton Souto Maior Avenue, in José Américo, road extension, installation of new traffic lights, construction of roundabouts, vertical and horizontal signaling, change of transit routes and improvements in vehicle traffic. In total, 11 neighbourhoods experienced direct results from these interventions: Água Fria, José Américo, Cabo Branco, Tambaú, Manaíra, Bessa, Jaguaribe, Pedro Gondim, Ernesto Geisel, Mangabeira, and Valentina Figueiredo (Costa, 2021).

More recently, in October 2024, the governor of the state of Paraíba announced an investment of R\$ 240 million in the city's mobility system, with plans for new bus terminals at Avenida Cruz das Armas, Dois de Fevereiro, Pedro II, Epitácio Pessoa, and Varadouro (Oliveira, 2024).

Among the news reports, there was a recurrence and predominance of works related to the structure, such as paving paved roads, street lighting, stop-gap operations, and the installation of monitoring equipment. This drew attention to the fact that in some neighbourhoods, cobblestone pavement works were carried out, which is a more environmentally sustainable option.

3.3 CAUSE AND EFFECT RELATIONSHIP BETWEEN THE APPLIED INDICATORS

After applying the indicators, it is possible to observe a cause-and-effect relationship between the set of indicators and their relationship to the theme of urban mobility. The process of urbanisation and population growth is the key issue that triggers the mobility problem. With the increase in population and the city's expansion towards the southern zone, accompanied by a lack of infrastructure and the need to relocate the population, there was a corresponding rise in the use of individual transportation.

The increase in the car fleet is significant, at 84%, and has a direct effect on the rate of traffic violence, which has been showing an increase every year, especially with motorcyclist mortality.

The increase in the fleet tends to have a direct impact on air quality and GHG emission rates. The inventories carried out show the problem and draw attention to the lack of city-wide data on air quality. Although positive results have been obtained in specific studies, the need for action by municipal agencies to monitor and control local atmospheric emissions is evident. The lack of data and air quality monitoring makes it difficult to conduct a more in-depth analysis of the correlation between the factors mentioned, as well as to define local strategies and policies to mitigate possible impacts resulting from local air pollution. Additionally, the increase in vehicle concentration can also impact local microclimatic characteristics. The results obtained demonstrate the changes in the city's microclimate, which are strongly associated with the urbanisation process.

Finally, there are response indicators, which outline actions that local governments can take to enhance local mobility and mitigate the impacts that "demobility" tends to generate, thereby influencing the quality of life for the city's inhabitants and passersby.

The city has had a Master Plan since 1992. However, it was not enough to guide urban planning and strategies for urban mobility. The establishment of the Urban Mobility Plan of João Pessoa (PlanMob) in 2022, along with its established goals, can yield positive results for the city. It also underscores the importance of refining responses to review and enhance specific legislation for monitoring both fixed and mobile sources of air pollutants. Clearer emission release limits are required.

Regarding investments in public transportation, some actions are evident, such as infrastructure works aimed at improving the provision of this service. However, many are still under construction and/or installation, and it is not yet possible to analyse their efficiency and effectiveness.

4 FINAL CONSIDERATIONS

The use and application of the GEO Cities model indicators, aimed at analysing urban mobility, contributed to the synthesis of information about the current situation and highlighted situations that deserve special attention, which public managers can utilise in the decision-making process.

From the results obtained with the application of the indicators, it was possible to verify that the elements that make up the indicators are intrinsically related, generating a kind of cascade effect in which all components lead to the complexity of urban mobility in João Pessoa-PB. As the population increases, the urbanisation process intensifies, there is a greater need for displacement, generating an increase in the use of modes of transport, as well as in the number of traffic accidents, higher emissions of polluting gases, which in turn increase the risk and occurrence of cardiorespiratory diseases, mobilising more public resources to treat them. Additionally, however, the occurrence of all these factors significantly influences changes in the site's microclimate.

It is evident that there is a neglect of local management, as evidenced by the lack of air quality monitoring stations and the absence of specific municipal legislation for controlling and monitoring emissions. The lack of constant air quality monitoring and the absence of specific legislation make it difficult to analyse the cause-and-effect relationship in depth, as well as preventing local governments and managers from adopting more assertive measures on the subject.

Finally, it is also noteworthy that there are actions aimed at solving the problem of urban mobility, in this case, the implementation of the Urban Mobility Plan, however, as it is still recent, no data is showing the impact of the actions and goals established in the plan, configuring a suggestion for future

research on the monitoring in the execution and analysis of the impacts of the goals established in the city's mobility plan.

This work concludes by emphasising that, with the necessary adaptations, taking into account the specificities and local characteristics, the set of indicators used can be applied in other cities facing urban mobility challenges, utilising the PSIR model and indicator systems to guide actions aimed at sustainable urban planning.

REFERENCES

AFONSO, F. V.; COSTA, S. B. V. da. Um olhar sobre o caminho para o mar: as transformações no uso, lote e implantação. *In: Anais do XVIII ENANPUR*. Natal: ENANPUR. 2019.

ALMEIDA, A. T. A. de; FILHO, A. de S.; FREITAS, P. H. O. de; DIÓGENES, V. H. D. Deslocamentos Pendulares na Região Metropolitana de João Pessoa: uma análise sobre a dinâmica dos fluxos na vida discente. Em FUSCO, W.; MYRRHA, L. J. D.; JESUS, J. C. (Org.). **Migração, trabalho e gênero: textos selecionados**. ABEP. 2021.

ANDRADE, K. **Prefeitura avança com obra do Terminal de Integração do Valentina e previsão de entrega é mês de julho**. Prefeitura de João Pessoa. 2023.

ANDRADE, N. F.; LIMA JUNIOR, F. B.; SOLIANI, R. D.; OLIVEIRA, P. R. de S.; OLIVEIRA, D. A.; SIQUEIRA, R. M.; MACÊDO, J. Urban Mobility: a review of challenges and innovations for sustainable transportation in Brazil. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 17, n. 3, 2023. e03303-e03303. Available in: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v17n3-009>

BETÉ, T. de S.; CONTI, D. D. M.; MIZUTANI, M. N. P.; OLIVEIRA, C. A. N. de. Veículos Sustentáveis para a Mobilidade Urbana nas Cidades do Futuro. **International Journal of Professional Business Review**, São Paulo (SP), v. 5, n. 2, p. 163–178, 2020. DOI: 10.26668/businessreview/2020.v5i1.169.

BRASIL. **Manual de Instruções 2015**: instrumento de identificação dos municípios de risco - IIMR. 2015. Available in: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/9686588/4238533/ManualdeinstrucaoIIMR.pdf>

BRASIL. **Poluição atmosférica na ótica do Sistema Único de Saúde**: vigilância em saúde ambiental e qualidade do ar. 2021. Available in: https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/poluicao_atmosferica_SUS_sau_ambiental.pdf

BRUNETTO, D.; LOSS, V.; ZUGUE, S. S.; BUSATO, M. A. Morbidade e mortalidade por doenças cardiorrespiratórias associadas à poluição do ar. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, 2022. e59211326896. Available in: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i3.26896>

CARVALHO, C. H. R. **Mobilidade urbana sustentável**: conceitos, tendências e reflexões. Ipea, p. 34, 2016.

CETESB. **Qualidade do Ar**. Padrões de Qualidade do Ar. 2022. Available in: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/padroes-de-qualidade-do-ar/>.

COMETTI, J. L. S.; CABRAL, J. J. P. da S.; CONCEIÇÃO, T. M. da. Indicadores de pressão-estado-resposta para avaliação da conservação ambiental de riachos urbanos. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 6, p. 194–205. 2019. Available in: <https://doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2019.006.0017>

CONAMA. **Resolução Conama n. 3, de 28 de junho de 1990**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no Pronar. Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama.1990.

CONAMA. **Resolução n. 491, de 19 de novembro de 2018**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Ministério do Meio Ambiente/Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2018.

CORREIA, J. G. A. **Estudo preliminar de NO₂ na atmosfera da cidade de João Pessoa, PB, Brasil**. Dissertação (Mestrado) – UFPB/CCEN/PPGQ]. Universidade Federal da Paraíba. 2011.

COSTA, Â. **Prefeitura investe cerca de R\$ 5 milhões em mobilidade urbana e intervenções melhoram segurança viária**. Prefeitura de João Pessoa. 2021.

DETRAN-PB. **Estatísticas**. 2023. Available in: <https://detran.pb.gov.br/institucional-1/estatisticas>

IBGE. Censo 2022. **Panorama - População**. 2022. Available in: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>

JOÃO PESSOA. Lei complementar n. 29, de 05 de agosto de 2002. Institui o Código de Meio Ambiente do Município de João Pessoa e dispõe sobre o Sistema Municipal de Meio Ambiente – Sismuma. **Diário Oficial [da] Prefeitura de João Pessoa**. 2002.

JOÃO PESSOA. Lei Ordinária n. 14.515, de maio de 2022. Dispõe sobre o Plano de Mobilidade Urbana de João Pessoa e dá outras providências. **Diário Oficial [da] Prefeitura de João Pessoa**, nº 0042. 2022.

LEAL, B. S.; CAMARGO, C. C. de; JUNIOR, J. J. de F. J. **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Município de João Pessoa**. ICLEI. 2018. Available in: <http://antigo.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/semam/inventario-gee/>

LIMA, M. A. S. **Densidade sistêmica e forma urbana em habitação de interesse social**: parâmetros de qualidade espacial no contexto urbano de João Pessoa-PB. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2023.

MARINO, F. U. Mobilidade, cidadania e desigualdade: analisando a infraestrutura ciclovitária do Rio de Janeiro. **Cadernos Metrópole**, v. 26, n. 60, p. 663–684. 2024. Available in: <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2024-6012>

MEDEIROS, L. C. de S. **Monitoramento de material particulado atmosférico no centro da cidade de João Pessoa-PB** [Dissertação de Mestrado]. Universidade Federal da Paraíba. 2020.

MELO, L. S.; BARROSO, F. de A.; SOUZA, G. H. de; SOUSA, M. F. de; ALMEIDA NETO, O. C. de; CAVALCANTI, V. Y. S. de L. Gases Poluentes Derivados de Veículos Automotores no Parque Sólido de Lucena. **Revista Campo do Saber**, v. 4, n. 4, p. 82–105. 2018.

MOBILIZE BRASIL. João Pessoa aposta tudo no Plano de Mobilidade Urbana. *In*: SOUZA, E. D. de; SOUSA, M. de; HILDEBRAND, M.; MELO, M. C. de; ROCHA, R.; RIBEIRO, R. (Org.). **Estudo Mobilize 2022**. Relatório Final. Mobilidade urbana em dados e nas ruas do Brasil. Mobilize Brasil. 2022. Available in: <https://www.mobilize.org.br/noticias/13227/joao-pessoa-aposta-tudo-no-plano-de-mobilidade-urbana.html>

NERI, A. C.; DUPIN, P.; SÁNCHEZ, L. E. A pressure-state-response approach to cumulative impact assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 126, p. 288–298, 10 jul. 2016.

NUT. **Anuário 2018-2019**. Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbanos. Anuário. Brasília, 2019.

OLIVEIRA, V. Governador da Paraíba anuncia R\$ 240 milhões em investimentos no sistema de mobilidade urbana de João Pessoa. **Diário do Transporte**. Out. 2024. Available in: <https://diariodotransporte.com.br/2024/10/21/governador-da-paraiba-anuncia-r-240-milhoes-em-investimentos-no-sistema-de-mobilidade-urbana-de-joao-pessoa/>.

OMS. **Novos dados da OMS revelam que bilhões de pessoas ainda respiram ar insalubre**. 2022. Available in: <https://www.paho.org/pt/noticias/4-4-2022-novos-dados-da-oms-revelam-que-bilhoes-pessoas-ainda-respiram-ar-insalubre>.

PAC. Plano de Ação Climática de João Pessoa. BID, Way Carbon, Iclei e João Pessoa Sustentável (Org.). Prefeitura Municipal de João Pessoa. 2023.

PEREIRA, R. H. H.; WARWAR, L.; PARGA, J. P. F. A.; BAZZO, J.; BRAGA, C. K. V.; HAERSZENHUT, D.; SARAIVA, M. **Tendências e desigualdades da mobilidade urbana no Brasil I: o uso do transporte coletivo e individual.** Texto para Discussão, 2021.

PEREZ, L. P.; SALES, A. L. P.; SILVEIRA, J. A. R. da. Climate change and the unsustainable urbanism in the municipality of João Pessoa, PB, Brazil. **Sustentabilidade em Debate**, v. 11, n. 2, p. 304–340. 2020. Available in: <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v11n2.2020.32330>

PMJP. Plano Diretor de Mobilidade Urbana da Microrregião de João Pessoa: consolidação do diagnóstico da mobilidade. **Semob**. 2020. Available in: http://www.planmob.joaopessoa.pb.gov.br/wp-content/uploads/2021/02/14.-Diagn%C3%B3stico_FINAL-compactado.pdf

PNUMA. **Metodologia para a elaboração de Relatórios GEO Cidades (Vol. 2).** Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Escritório Regional para a América Latina e o Caribe. 2004.

RENAEST. **Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito.** Dados de acidentes de trânsito. 2023. Available in: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/docs/renaest>

SANTOS, A. V. de F. **Contextualização da mobilidade urbana no município de João Pessoa.** [Trabalho de Conclusão de Curso]. Universidade Federal da Paraíba – UFPB. 2018.

SANTOS, C. L. dos; MEDEIROS, T. D. S. Aplicações práticas no Ensino de Geografia: uma investigação da mobilidade urbana na cidade de João Pessoa/PB. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 4, n. 2, p. 34-43. 2018. Available in: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2018v4n2ID15213>

SANTOS, J. S. dos; SILVA, V. D. P. R. da; LIMA, E. R. V.; ARAÚJO, L. E. de; COSTA, A. D. L. Campo Térmico Urbano e a sua Relação com o Uso e Cobertura do Solo em Cidade Tropical Úmida (*Thermal Urban Field and its Relation to the Use and Land Cover in a Humid Tropical City*). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 3, p. 540. –2012. Available in: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v5i3.232851>

SEMOB-JP. **Consolidação do Diagnóstico da Mobilidade.** 2020. Available in: http://www.planmob.joaopessoa.pb.gov.br/wp-content/uploads/2021/02/14.-Diagn%C3%B3stico_FINAL-compactado.pdf

SILVA, R. de S. E.; SILVA, R. M. da; FREITAS, A. F. de; SANTOS, J. S. dos; SANTOS, C. A. G.; LIMA, E. R. V. de. Thermal comfort conditions at microclimate scale and surface urban heat island in a tropical city: a study on João Pessoa city, Brazil. **International Journal of Biometeorology**, v. 66, n. 6, p. 1079–1093. 2022. Available in: <https://doi.org/10.1007/s00484-022-02260-y>

SILVEIRA, J. A. R. da; SILVA, M. D. da; CASTRO, A. A. B. da C. Dinâmica da Cidade e Bordas Urbanas. Editora Universitária UFPB. 2015.

SILVEIRA, C.; RODRIGUES, F. Direito à cidade e justiça urbana: a segregação socioespacial na cidade de João Pessoa. **Revista Avant**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 268–287, 2024. Available in: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/avant/article/view/7341>.

SOUSA, T. C. M. de; MARACAJÁ, K. F. B.; CÂNDIDO, G. A. Indicadores ambientais aplicados à gestão municipal: uma aplicação do modelo Geo Cidades em Sumé/PB. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 4, p. 194–206. 2021. Available in: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.004.0017>

SOUZA, J. F. de; SILVA, R. M.; SILVA, A. M. Influência do uso e ocupação do solo na temperatura da superfície: o estudo de caso de João Pessoa – PB. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 1, p. 21–37. 2016. Available in: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212016000100058>

Aplicação do modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta para análise da mobilidade urbana em João Pessoa

Application of the Pressure-State-Impact-Response model for urban mobility analysis in João Pessoa

Maria Lucineide Gomes da Silva ¹

Gesinaldo Ataíde Cândido ²

Eduardo Rodrigues Viana de Lima ³

¹ Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil
E-mail: lucineidegmd@gmail.com

² Doutor em Engenharia de Produção, Professor Visitante, Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil
E-mail: gacandido01@gmail.com

³ Doutor em Geografia, Professor Titular, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil
E-mail: eduvianalima@gmail.com

Received: 07/10/2024
Accepted: 07/04/2025

ARTICLE- VARIA

RESUMO

Um dos principais problemas relacionados à gestão urbana é a mobilidade, dada a dinâmica e a intensidade do crescimento das cidades. A ineficiência da mobilidade urbana, presente na maioria dos centros urbanos, influencia diretamente a qualidade de vida da população, ao passo que os impactos negativos gerados abrangem aspectos socioeconômicos e ambientais. Nesse contexto, este trabalho investiga a viabilidade de utilização dos indicadores da cesta básica do modelo GEO Cidades na análise da mobilidade urbana como ferramenta de auxílio para a tomada de decisão na gestão municipal. Como forma de alcançar esse objetivo, foi aplicado o modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta (Peir), no município de João Pessoa, capital da Paraíba, e realizada uma pesquisa exploratória e descritiva. Como resultado, foram selecionados 13 indicadores diretamente relacionados à temática e ao fenômeno da mobilidade no escopo territorial da pesquisa. A metodologia utilizada, assim como os indicadores selecionados, pode ser adaptada e aplicada em outras cidades.

Palavras-chave: Desenvolvimento sustentável. Indicadores. Sustentabilidade urbana. Gestão urbana.

ABSTRACT

Urban mobility poses a significant challenge for urban management, particularly in light of the rapid growth dynamics of cities. Inefficient mobility systems in urban centres adversely affect quality of life while generating significant socioeconomic and environmental consequences. This study evaluates the applicability of the GEO Cities model indicators for urban mobility analysis as a municipal decision-

making tool. Employing the Pressure-State-Impact-Response (PSIR) framework, we conducted exploratory-descriptive research in João Pessoa, Paraíba's capital. Our analysis identified 13 thematic indicators relevant to mobility phenomena within the study area. The developed methodology and indicator selection demonstrate transferability to other urban contexts.

Keywords: Sustainable development. Indicators. Urban sustainability. Urban management.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, em resposta à alta taxa de urbanização no Brasil, a problemática da mobilidade urbana se configura como um desafio multifacetado na gestão urbana. Nesse sentido, são muitas variáveis a serem enfrentadas: falta de infraestrutura adequada, marcada por pavimentações precárias, sinalização deficiente e escassez de ciclovias e de ciclofaixas comprometem a segurança e o fluxo de transportes. Congestionamentos recorrentes, provocados pelo aumento de veículos particulares, visto que o transporte público é ineficiente, composto por frotas sucateadas, e ausência de um sistema de integração eficiente entre diferentes modos contribuem para o aumento nos níveis de poluição e para o aprofundamento das desigualdades sociais (Andrade et al., 2023; Marino, 2024).

Diante dessa realidade, Carvalho (2016) discutiu a necessidade de aplicar parâmetros de sustentabilidade no planejamento dos sistemas de mobilidade urbana, pensando-a de maneira sustentável. Beté et al. (2020) reforçam que o aumento nos deslocamentos dentro das cidades requer uma infraestrutura e transportes que possam atender a população de maneira eficiente e sustentável. Ademais, no contexto da mobilidade urbana sustentável, a base de sustentação de políticas públicas de transporte eficiente são os transportes ativos, como caminhadas e bicicletas em conjunto com o transporte público (NTU, 2019).

Dada a complexidade que envolve a temática da mobilidade urbana, sua avaliação torna-se um parâmetro para ações de melhorias. Entre as várias ferramentas voltadas a esse fim, destaca-se a metodologia GEO Cidade, que se fundamenta na aplicação do Modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta (Peir), utilizado pelo Programa das Nações Unidas e Meio Ambiente – Pnuma (Pnuma, 2004). Desenvolvido pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), em 1993, o modelo é considerado um marco ordenador na apresentação de indicadores ambientais, baseado no princípio de causalidade, na relação de causa e de efeito entre os indicadores presentes nas categorias, inicialmente Pressão, Estado e Resposta (Cometti et al., 2019). A categoria Impacto foi inserida após uma modificação no modelo pelo Pnuma. Definindo as categorias-chave do modelo Peir, tem-se: Pressão – representa as pressões que as atividades antrópicas exercem sobre os sistemas ambientais; Estado – expressa as condições ambientais relacionadas à qualidade e à quantidade dos recursos naturais presentes, buscando apresentar uma visão geral do estado do meio ambiente e de sua evolução no tempo; Impacto – refere-se ao efeito do estado ou condição do meio ambiente sobre a saúde e a qualidade de vida humana, a economia urbana, os ecossistemas, etc.; e Resposta – analisa as respostas da sociedade às mudanças ambientais, remetendo às ações e às reações de modo individual e coletivo para diminuir ou anular as pressões ambientais (Neri; Dupin; Sánchez, 2016).

O Peir apresenta uma estrutura que proporciona a compreensão integrada e a sistematização dos problemas ambientais através da identificação de indicadores e de sua relação com os diferentes recursos envolvidos (Sousa; Maracajá; Cândido, 2021). Assim, embora ele não envolva todas as dimensões da sustentabilidade, configura-se em um modelo capaz de compreender a complexidade da problemática da mobilidade urbana, a qual tem se intensificado nos espaços urbanos de um modo geral, mas de forma mais acentuada nas cidades de maior porte.

Em João Pessoa-PB, o crescimento populacional acelerado, desde os anos 2000, impulsionou o uso dos transportes individuais, associado à falta de planejamento e de infraestrutura adequada nas vias, assim

como a insuficiência de frotas de transporte público e o excesso de congestionamentos transformam o ir e vir pela cidade em um obstáculo diário para seus habitantes (Santos et al., 2018).

As controvérsias do trânsito de João Pessoa-PB vêm sendo pauta das notícias locais com frequência. A exemplo disso, em 2018, a pesquisa “Origem Destino” mostrou que por dia útil são realizadas cerca de 1,23 milhão de viagens na capital, correspondendo a 73% do total de viagens realizadas em toda a microrregião municipal (Semob-JP, 2020), fenômeno que influencia diretamente os aspectos de desmobilidade (Almeida et al., 2021; Santos, 2018).

Nesse ínterim, considerando a realidade exposta da área de estudo e o papel que a mobilidade urbana desempenha na qualidade de vida e na construção de meios urbanos mais sustentáveis, este trabalho objetiva realizar uma avaliação da mobilidade urbana em João Pessoa, por meio da aplicação do Modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta (Peir).

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende o município de João Pessoa, capital do estado da Paraíba, localizado nas coordenadas 34°47'36" sul e 34°58'36" oeste. Sua população é de 833.932 habitantes, e sua área corresponde a 211,286 km², considerada a terceira mais antiga cidade construída do Brasil.

Em termos de divisão administrativa, João Pessoa constitui-se de 64 bairros distribuídos no seu território. Em relação à economia, a capital conta com um Produto Interno Bruto (PIB) correspondente a R\$ 22,2 bilhões, sendo o maior PIB do estado da Paraíba. Entre os setores e as atividades econômicas, destacam-se os de serviços (principalmente no ramo de alimentos, de bebidas, de construção civil, de transportes e têxteis), comércio e turismo (IBGE, 2022).

No que se refere ao processo de urbanização, este teve maior intensidade no século XX. Nesse período, a cidade expandiu-se significativamente em direção às áreas litorâneas, com destaque para a construção de parques, a revitalização e a modernização das vias de acesso, e a construção de importantes avenidas. A urbanização nessa região foi expressiva e com bastante investimentos que não restaram áreas não construídas, o que impulsionou, nos últimos anos, um movimento de expansão em direção sul-sudeste (Lima, 2023) (Figura 1).

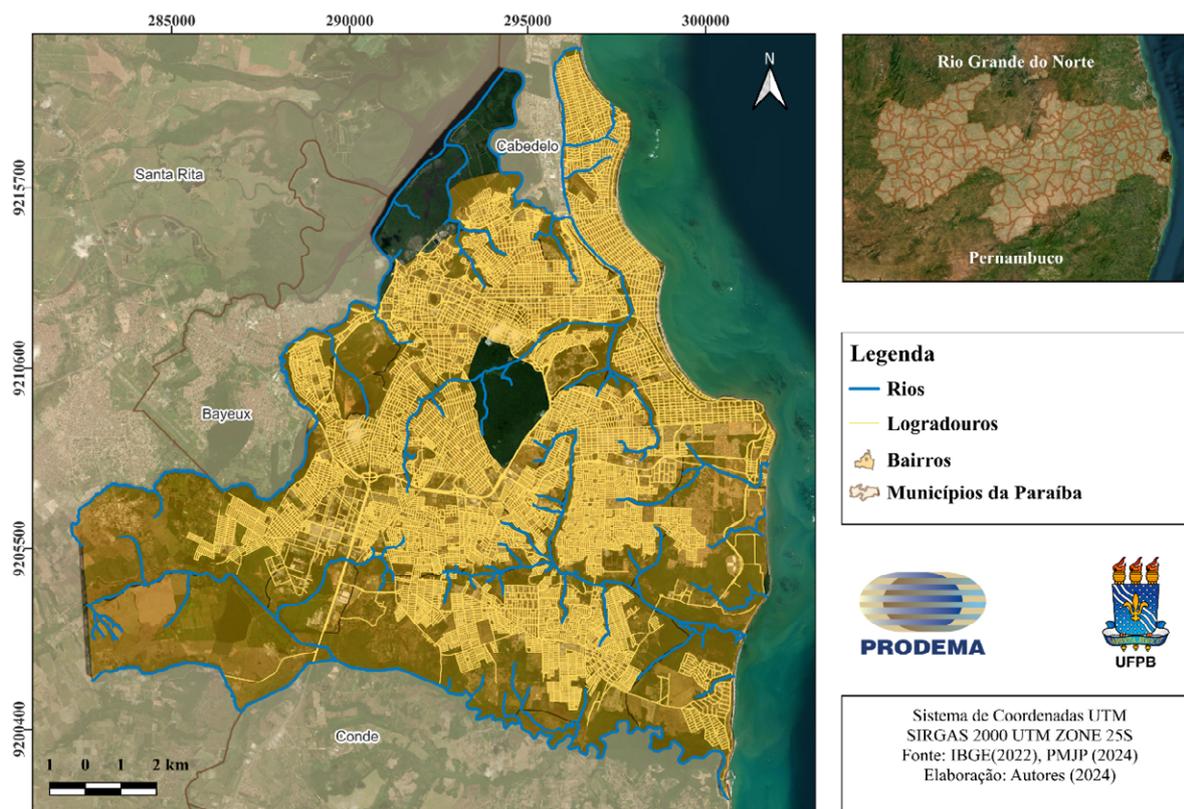


Figura 1 – Mapa de localização de João Pessoa-PB

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

A urbanização da cidade ocorreu de forma desigual, concentrando os maiores investimentos em infraestrutura em determinadas regiões e marginalizando outras (Silveira; Rodrigues, 2024). Essa disparidade acentua a necessidade de os moradores das áreas menos favorecidas se deslocarem para acessar serviços básicos, evidenciando a importância de se estudar a mobilidade urbana, e essa ser considerada uma importante pauta da agenda política local.

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Buscando alcançar o objetivo proposto neste trabalho, adotou-se um delineamento de pesquisa do tipo descritivo e exploratório, configurando-se em estudo de caso relativo ao diagnóstico situacional da mobilidade urbana em João Pessoa-PB, por meio da aplicação do Modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta (Peir).

O percurso metodológico utilizado na pesquisa foi dividido em três etapas, sendo a 1ª etapa a seleção dos indicadores que possuem relação com a problemática da mobilidade urbana, a partir da cesta básica recomendada pelo modelo GEO Cidades. Na sua concepção original, a cesta do GEO Cidades é composta por 53 indicadores ambientais, dos quais chegou-se ao total de 14 indicadores que possuem relação direta com a temática analisada (Quadro 1).

A 2ª etapa consistiu na filtragem dos indicadores selecionados com base na existência de dados disponíveis para João Pessoa – PB. Devido à falta de dados específicos, optou-se pela exclusão de três indicadores. Em decorrência da especificidade da temática estudada, realizou-se adaptação em dois indicadores e foi incluído um novo indicador, resultando no quantitativo final de 14 indicadores.

Por fim, a 3ª etapa foi constituída da aplicação e análise dos indicadores. Para execução dessa etapa, primeiramente foi realizado levantamento de dados secundários a fim de se obter informações sobre os indicadores selecionados. As fontes de dados utilizadas foram: Datasus, Relatórios do Consórcio Concremat-Comap-Sistran, Detran-PB, Senatran, Censo do IBGE, site oficial da prefeitura de João Pessoa, além de trabalhos acadêmicos.

Para realização da análise dos indicadores, foram estabelecidos parâmetros específicos (Quadro 1) baseados na definição dos indicadores, justificativa e orientação de como se aferir medidas e unidades estabelecidas na Metodologia para elaboração de Relatórios GEO Cidades (Pnuma, 2004).

Quadro 1 – Conjunto de indicadores empregados e parâmetros de avaliação

<i>Categoria</i>	<i>Classificação</i>	<i>Parâmetro de avaliação</i>
Pressão	Crescimento populacional	Ocorreu variação no número de habitantes? Considerando os dois últimos censos demográficos do IBGE.
	Mudança no solo não urbano para urbano	Ocorreram modificações no uso e ocupação do solo na cidade? Quais foram as modificações?
	Distribuição modal de transporte	Qual o percentual de opção de uso da população da cidade em relação às modalidades de transporte disponíveis?
	Taxa de motorização	Ocorreu alterações na frota de automóveis? Quanto foi alterado?
	Emissões atmosféricas	Qual o percentual de emissões de GEE por setores e subsetores?
Estado	Qualidade do ar	É realizado o monitoramento da qualidade do ar? Como é realizado? Quais poluentes atmosféricos locais são monitorados?
Impacto	Incidência de doenças cardiorrespiratórias	Qual a incidência de enfermidades cardiorrespiratórias? Considerando as enfermidades decorrentes da poluição atmosférica e os indicadores adotados no VigiAr (programa de Vigilância em Saúde de Populações Expostas à Poluição Atmosférica)
	Despesas com saúde pública em razão de enfermidades de poluição e/ou contaminação do ar	Qual o valor gasto para o tratamento de enfermidades cardiorrespiratórias? Considerando as enfermidades decorrentes da poluição atmosférica e os indicadores adotados no VigiAr (programa de Vigilância em Saúde de Populações Expostas à Poluição Atmosférica)
	Alteração do microclima	Existe indício de alterações microclimáticas? Quais são?
	Taxa de violência no trânsito	Qual a taxa de óbitos em acidentes de trânsito? Considerando o número de óbitos por acidentes de transporte terrestre, por 100 mil habitantes.
Resposta	Plano Diretor urbano	A cidade possui Plano Diretor aprovado? Em que ano foi elaborado?
	Plano de Mobilidade urbana	O Plano Diretor passou por revisão? Qual foi o ano da revisão?
	Regulamentação e controle de emissões de fontes móveis e fixas	A cidade possui Plano de Mobilidade urbana aprovado? Em que ano foi elaborado?
	Investimento em transporte público	O Plano de Mobilidade urbana passou por revisão? Qual foi o ano da revisão?

Fonte: Adaptado do Pnuma (2004)

A análise dos dados obtidos foi realizada buscando cumprir os objetivos estabelecidos no modelo GEO Cidades, identificando os principais fatores de pressão urbana sobre os recursos ambientais, relacionando os impactos decorrentes dos fatores de pressão, impacto e as respostas formuladas e adotadas, além de avaliar as condições que facilitaram ou dificultaram a eficácia da técnica. Complementou-se o trabalho com uma breve análise de tendências futuras, apontando as consequências, caso os problemas não sejam devidamente equacionados. Por fim, apresentaram-se recomendações para melhoria na mobilidade urbana de João Pessoa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CONJUNTO DOS INDICADORES SELECIONADOS

Entre os 53 indicadores do modelo GEO Cidades, foi selecionado um conjunto de 14 indicadores com maior aderência ao contexto territorial da pesquisa, assim como com o problema da mobilidade urbana (Figura 2).

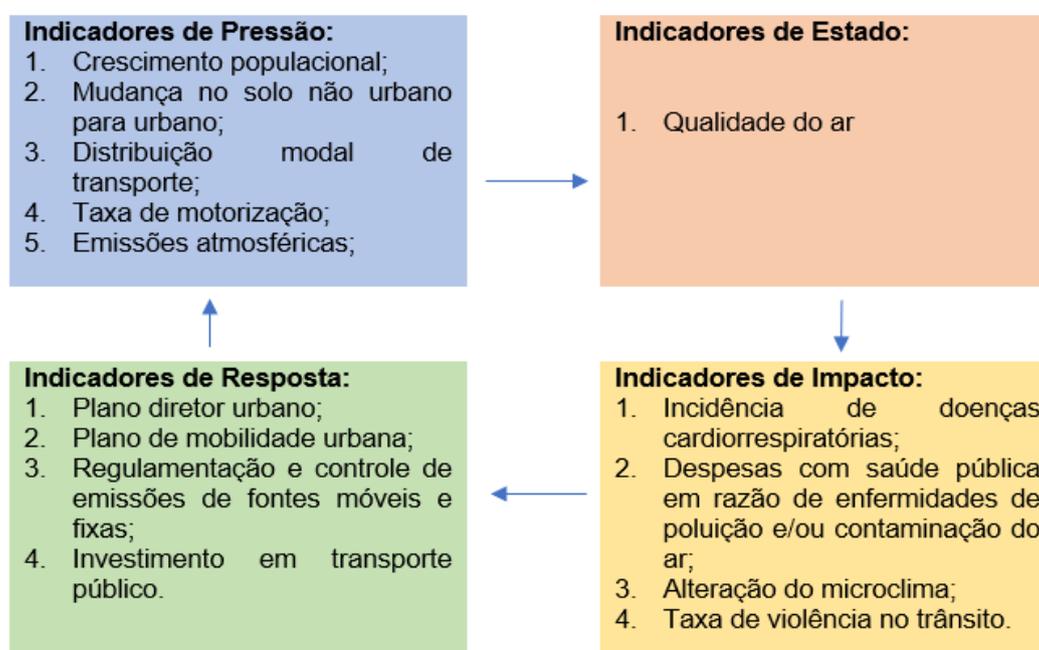


Figura 2 – Cesta básica do modelo Geo Cidades adaptada para análise da mobilidade urbana em João Pessoa – PB.

Fonte: Adaptado de Pnuma (2004).

Reitera-se que na cesta básica do modelo GEO Cidades existem indicadores que não coincidem com a temática do estudo, sendo, portanto, necessária a substituição/adaptação destes.

Em relação ao indicador “Taxa de criminalidade de jovens”, identificou-se uma escassez de informações a respeito dessa temática, sobretudo especificamente relacionada ao município de João Pessoa. Além disso, considerando o eixo temático abordado na pesquisa, inferiu-se que o assunto não concordava com o objeto de interesse, que é mobilidade urbana. Nesse sentido, optou-se por substituir o indicador por “Taxa de violência do trânsito”, representada pela taxa de óbitos no trânsito.

Também por motivos de falta de correlação com o objeto de interesse da pesquisa, realizou-se substituição do indicador “Despesas com saúde pública em razão de enfermidades de veiculação hídrica” pelo indicador “Despesas com saúde pública em razão de enfermidades de poluição e/ou

contaminação do ar”, estando este mais relacionado ao eixo de mobilidade urbana, tendo em vista que os veículos de transportes estão entre os principais causadores de poluição do ar e, conseqüentemente, de intensificação de doenças respiratórias.

Por fim, em virtude do eixo temático da pesquisa e do tamanho da população de João Pessoa, mostrou-se pertinente avaliar a forma de planejamento da mobilidade urbana, já que, por se tratar de um local de expressiva movimentação, é necessário que a gestão pública desenvolva planejamentos que garantam organização e fluidez nas vias públicas. Nesse ínterim, foi incluído o indicador na categoria resposta de “Plano de Mobilidade urbana”.

3.2 APLICAÇÃO DOS INDICADORES SELECIONADOS

3.2.1 INDICADORES DE PRESSÃO:

Crescimento populacional – De acordo com os dados preliminares do Censo do IBGE, a população do município de João Pessoa passou de 723.515 (2010) para 833.932 (2022) habitantes, o que representa um aumento de 15,30%, apresentando uma taxa anual de crescimento de 1,19% (IBGE, 2022). Enfatiza que 99,83% desses residem na área urbana, equivalente a 833.387 habitantes (IBGE, 2022) – fenômeno observado desde o Censo de 2010, em que a população urbana local já se encontrava na proporção de 99,62% (2.726 de pop. rural e 720.789 de pop. urbana).

Mudança no solo não urbano para urbano – A expansão urbana da cidade de João Pessoa inicialmente ocorreu saindo da área central da cidade em direção à região norte-nordeste, na década de 1960, fomentada pela iniciativa privada em consonância com o poder público local. Fatores que influenciaram essa expansão foram o desenvolvimento dos transportes motorizados, a abertura de duas importantes avenidas – Eptácio Pessoa e Dom Pedro II – e a transposição dos cursos de rios que passavam pela cidade – Rio Jaguaribe, Mandacaru, Tambiá e outros pequenos afluentes (Silveira et al., 2015). A Avenida Eptácio Pessoa é um marco na transformação espacial da cidade, considerada um símbolo, que representou a abertura de um caminho para o mar e desempenha um importante papel na mobilidade da cidade, ao ser um dos principais corredores de trânsito (Afonso; Costa, 2019).

Na atualidade, a expansão urbana está voltada para a porção sul da cidade, orientada pela especulação do mercado imobiliário. Com isso, existe a problemática dessa região não possuir infraestrutura urbana consolidada e de existirem resquícios de Mata Atlântica que são suprimidos para alocar os empreendimentos. Pesquisa realizada por Perez et al. (2020) evidencia uma série de negligências e problemáticas no planejamento urbano de João Pessoa, como a promoção de estoques de terras para empreendimentos turísticos na faixa litorânea, a consideração indevida de zonas de interesse social e de preservação de características ambientais, históricas e culturais em detrimento de interesses particulares.

Distribuição do modo de transporte – João Pessoa apresenta uma dependência do transporte individual (TI), o modo escolhido em 49,9% dos deslocamentos da população. A modalidade de Transporte Ativo (TA), que inclui o deslocamento a pé e por bicicleta, é a segunda modalidade mais escolhida pela população, representando 25,6%, seguido pelo Transporte Coletivo (TC), que atende 22,0% da população (PMJP, 2020). O TI engloba principalmente automóvel (condutor e passageiro), motocicleta, veículo de aluguel e caminhão.

Conforme dados apresentados no Anexo I da Lei Ordinária nº 14.515, de maio de 2022, a escolha pelo modo de transporte individual (TI) tem relação com a baixa quantidade de vias com infraestruturas que possibilitem a circulação das pessoas na cidade. Poucos trechos de calçadas oferecem condições mínimas aceitáveis para circulação e travessia segura e confortável de pedestres e, com relação às ciclovias, ciclofaixas e aos passeios, eles não atendem toda a área da cidade, apresentando falhas de

conectividade. O transporte coletivo (TC), por sua vez, em uma pesquisa de opinião, apresentou-se com uma qualidade muito ruim para 11,9% dos participantes, 22% como ruim, 41% regular, 23,6% como bom e 1,5% como muito bom.

A predominância do uso de TI em detrimento do TC é uma tendência que vem sendo observada nas cidades brasileiras desde os anos 1980 e segue um padrão presente na maioria dos países latino-americanos. Esse fenômeno decorre de uma combinação de fatores, entre eles o aumento real de renda das famílias de classes média e baixa, principalmente, somado às condições precárias dos sistemas de transporte coletivo (Pereira et al., 2021). Os referidos autores destacam, ainda, o aumento expressivo da frota de motocicletas nas regiões Norte e Nordeste, com ênfase para o período entre os anos de 2001 e 2020, o que contribuiu para a deterioração das condições de mobilidade urbana nessas regiões.

Taxa de motorização – Nos últimos anos, João Pessoa apresentou uma evolução da frota de automóveis. Segundo os dados do Detran-PB (2023), cresceu 84% no período entre 2010 e 2021 (passando de 234.014 para 431.078 automóveis particulares), representando um significativo aumento da taxa de motorização da população pessoense (de 3,2 para 5,2 automóveis por 10.000 habitantes em 2021).

Emissões atmosféricas – Em 2018, foi apresentado o primeiro Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) para João Pessoa pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (Semam), tendo 2014 como ano de referência. Os resultados mostraram que 62,61% das emissões locais são provenientes de energia estacionária, 23,10% de transporte e 14,29% de geração de resíduos. As emissões originadas por transporte somam 655.481 ton de CO_{2e}, representando 23,10%. Desse total, 99,70% são provenientes do transporte rodoviário, 0,24% do ferroviário e apenas 0,06% da aviação. Dessa expressiva contribuição do transporte rodoviário, 55,20% estão relacionados ao consumo de gasolina, 33,00% ao óleo diesel, 10,33% ao gás natural veicular (GNV) e apenas 1,46% ao etanol (Leal et al., 2018).

Em 2020, de acordo com o inventário de emissões de GEE para o Plano de Ação Climática de João Pessoa (PAC), utilizando a metodologia proposta pelo *Global Protocol for Community (GPC) – Scale Greenhouse Gas Emission Inventories*, as emissões totais de João Pessoa foram de 1,1 milhão de toneladas de CO_{2e}, sendo o setor de transporte o que mais contribuiu, responsável por 40,6% das emissões, o setor de resíduos com 35,7% e o setor de energia estacionária com 23,7% das emissões. O setor de transporte está relacionado principalmente ao consumo de gasolina (65%), seguido pelo consumo de diesel (31%), utilizados majoritariamente no transporte terrestre (PAC, 2023).

3.2.2 INDICADORES DE ESTADO:

Qualidade do ar – Atualmente, João Pessoa não realiza o monitoramento da qualidade do ar, não dispondo de estações instaladas para tal fim, contudo, alguns trabalhos acadêmicos já foram realizados na cidade, e seus resultados utilizados na análise desse indicador.

Os padrões de qualidade de ar são determinados a partir da concentração de diferentes componentes no ar: partículas inaláveis (MP10), partículas inaláveis finas (MP2,5), fumaça (FMC), ozônio (O₃), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO₂) e dióxido de enxofre (SO₂) (Cetesb, 2022). Desses, os Materiais Particulados (MP) têm se destacado em decorrência do seu impacto negativo, tanto na qualidade do ar como na saúde humana, e em decorrência da abrangência dos seus impactos, que podem ser locais e regionais (Medeiros, 2020).

Um monitoramento do material particulado na atmosfera no centro da cidade de João Pessoa, realizado por Medeiros (2020), obteve como resultados concentrações abaixo dos limites estabelecidos pela legislação, caracterizando uma boa qualidade do ar nesse ponto da cidade. Os valores obtidos foram: para MP2,5 (8,7013± 1,6969 µg/m³), para MP10 (20,8561± 3,0295 µg/m³) e para MP PTS (30,6057± 3,9618µg/m³). A Resolução Conama 491/2018 estabelece que as concentrações de MP2,5 não devem

exceder o valor de $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ no Período Intermediário 1 (PI1) e de $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ no Período Final, para MP10, no (PI1) é de $120\mu\text{g}/\text{m}^3$ e no Período Final é de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$, e para PTS não pode exceder $240\mu\text{g}/\text{m}^3$ diários.

Pesquisa realizada por Correia (2011), que objetivou analisar as concentrações de NO_2 em João Pessoa, mostra que, dependendo da localização na cidade, ocorre variação nas concentrações dos poluentes. Amostras coletadas na região central da cidade mostraram concentrações mais elevadas de NO_2 em relação a amostras coletadas no Campus I da UFPB. Apesar da diferença nas concentrações entre as regiões, e também com relação ao horário de coleta e a intensidade solar, as concentrações se mostraram baixas em relação aos padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução Conama 3/1990, que estipula o limite de $190\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 para 1 hora, não devendo ser excedido mais que uma vez.

Os valores variam de 7,9 a $15,2\mu\text{g}/\text{m}^3$ no verão e de 0,2 a $7,1\mu\text{g}/\text{m}^3$ no outono. A autora atribui os resultados obtidos às condições climáticas favoráveis da cidade, que possibilitam a dispersão de poluentes gasosos, porém reforça a necessidade de um monitoramento mais eficiente a fim de evitar futuros problemas, principalmente pela elevada taxa de crescimento na frota de veículos da cidade (Correia, 2011).

Em relação à emissão de gases poluentes pelos veículos coletivos, trabalho realizado por Melo et al. (2018), utilizando-se a Escala de Ringelmann, analisou a fumaça emitida por 50 ônibus no Parque Sólton de Lucena. Os resultados mostram que 96% apresentaram emissão de poluentes dentro do padrão 1 de conformidade, na faixa colorimétrica de 20%, e apenas 4% foram classificados no padrão 2, densidade colorimétrica de 40%, ou seja, ambos dentro do nível permitido de poluição, ressaltando que, por não ser uma amostra probabilística, não é possível fazer uma generalização.

3.2.3 INDICADORES DE IMPACTO:

Incidência de Enfermidades Cardiorrespiratórias – A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2022) alerta para o fato de que 99% da população mundial respira ar que excede os limites de qualidade recomendados, interferindo diretamente na saúde. No Brasil, de acordo com a OMS, a poluição atmosférica tem sido a causa da morte de mais 50 mil pessoas por ano (Brasil, 2021). Em geral, as doenças cardiorrespiratórias têm contribuído para o aumento no volume de atendimentos de saúde e de hospitalização. Das enfermidades decorrentes da poluição atmosférica, asma, bronquite e infecção respiratória aguda (IRA) são as que acometem principalmente crianças menores de 5 anos e idosos, faixa etária que sofre um impacto maior (Brunetto et al., 2022). A poluição atmosférica também é responsável por doenças que acometem o sistema circulatório, como cardíacas e infarto agudo do miocárdio (Brasil, 2021).

Nesse contexto, analisaram-se os indicadores adotados pelo programa de Vigilância em Saúde de Populações Expostas à Poluição Atmosférica (Vigiar), estruturado pelo Ministério da Saúde a partir de 2001, sendo avaliada a qualidade do ar através da taxa de doenças respiratórias e circulatórias nos grupos pertencentes às faixas etárias mais afetadas (Brasil, 2015). Os resultados obtidos para João Pessoa, assim como os indicadores utilizados, são expressos na Tabela 1.

Despesas com saúde pública em razão de enfermidades de poluição e/ou contaminação do ar – Analisando os gastos totais no indicador referente a incidências das doenças cardiorrespiratórias, verifica-se que pneumonia é a enfermidade com maiores despesas, tanto na faixa etária de menos de 5 anos como acima de 65 anos, seguida pelos casos de bronquite em idosos e infarto agudo do miocárdio (Tabela 1).

Tabela 1 – Enfermidades Cardiorrespiratórias

<i>Desfechos</i>	<i>Faixa etária</i>	<i>Internações</i>	<i>Óbitos</i>	<i>Valor total de despesas</i>
Doenças do aparelho respiratório				
Asma	< 5	1.242		682.902,59
	> 65**	212	5	156.277,87
Pneumonia	< 5	26.720	98	21.036.192,49
	> 65	12.509	2.391	18.957.050,25
Bronquite*	< 5	172	1	106.745,68
	> 65	6.261	324	4.760.056,54
Doenças do aparelho circulatório				
Infarto agudo do miocárdio	> 40	5.339	726	23.375.572,90

* Bronquite enfisematosa e outras doenças pulmonares obstrutivas crônicas

** Idade no manual do VIGIAR é 60, adotamos 65 devido a alteração na legislação que determina idade de 65 para uma pessoa ser considerada idosa.

Fazendo uma análise conjunta dos dados obtidos nos dois últimos indicadores (Tabela 1), observou-se uma relação diretamente proporcional das enfermidades com maior incidência e as despesas com saúde. Pneumonia e bronquite foram as enfermidades com maior incidência entre crianças menores de 5 anos e idosos acima de 65 anos, sendo essas as enfermidades responsáveis pelas maiores despesas.

Entre os poluentes atmosféricos associados às enfermidades estão os aldeídos (RCHO), dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂), material particulado (MP), monóxido de carbono (CO), etc. Devido à falta de monitoramento desses poluentes na cidade, não é possível fazer uma associação precisa. Contudo, um dos fatores que podem ter influenciado o aumento das ocorrências das enfermidades é o aumento do transporte individual. A predominância de veículos automotores aumenta a concentração desses poluentes.

Alteração do microclima – Pesquisas realizadas na cidade demonstram variações no microclima local decorrentes do processo de urbanização sem planejamento adequado. Silva et al. (2022) demonstraram uma tendência de aumento da temperatura do ar na cidade e uma redução na umidade relativa do ar. Os resultados se relacionam diretamente com o nível de urbanização e de adensamento, a exemplo do bairro de Manaíra, que apresentou as piores condições de conforto térmico – esse bairro é situado na praia e com populações com um maior poder aquisitivo. Diferenças de conforto térmico de um ponto de coleta de dados para outro foram de 1,4 a 2,2°C. A referida pesquisa também demonstrou a importância e os benefícios que as áreas remanescentes de Mata Atlântica apresentam, devido aos serviços ecossistêmicos que prestam, auxiliando na regulação do microclima local.

Esses resultados foram corroborados por outros estudos já realizados, que identificaram redução nas áreas verdes, formação de ilhas de calor e desconforto térmico, além de uma variação na temperatura de 5°C entre diferentes áreas da cidade, a depender do tipo de cobertura de solo existente (Santos et al., 2012; Souza et al., 2016). Embora esses trabalhos tenham sido realizados em diferentes anos, destaca-se que todos identificaram o aumento da temperatura na cidade e a relação proporcional desse fenômeno com o processo de urbanização e com o nível de adensamento urbano de João Pessoa.

Taxa de violência no trânsito – Segundo dados disponibilizados pelo Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito (Renaest), a taxa de óbitos em acidentes de trânsito em João Pessoa passou de 11,59% em 2019 para 13,32% em 2022, considerando o número de óbitos por acidentes de transporte

terrestre, por 100 mil habitantes; observou-se que em 2023, nos dois primeiros meses do ano, a taxa já se encontrava em 7,04%. Analisando por tipo de veículo, a taxa de mortalidade é bem mais expressiva para o caso de motocicletas (67,3%), seguido por automóvel (20,2%), casos não informados 12,5%, bicicleta 1,9% e motoneta 1,0% (Renaest, 2023).

3.2.4 INDICADORES DE RESPOSTA:

Plano Diretor urbano – A cidade de João Pessoa dispõe de um Plano Diretor originalmente estabelecido pela Lei Complementar nº 3, de 30 de dezembro de 1992, que passou por um processo de revisão em 2008. Destaca-se que no momento o plano está passando por outro processo de revisão.

A existência de Plano Diretor para municípios com população a partir de 20 mil habitantes é uma exigência da Constituição Federal, reforçada pelo Estatuto das Cidades, o qual também estabelece a necessidade da elaboração de um plano de transporte para municípios com mais de 500 mil habitantes, como é o caso de João Pessoa.

Plano de Mobilidade urbana – O Plano de Mobilidade urbana de João Pessoa (PlanMob) foi criado pela primeira vez em 2022, estabelecido pela Lei Ordinária nº 14.515, de maio de 2022. O PlanMob está dividido em cinco grandes eixos temáticos de atuação: transporte ativo, transporte público, sistema viário, planejamento urbano e gestão pública (João Pessoa, 2022).

Dados levantados pelo Estudo Mobilize apresentam as metas da gestão para esses eixos temáticos, sendo: aumentar em 30% os deslocamentos por transporte coletivo na microrregião; reduzir os tempos de viagem dos ônibus em 31% e aumentar sua velocidade média em 21%; melhorar em 70% a qualidade do serviço e ampliar a presença das faixas preferenciais de ônibus em 11,8% nas vias da cidade; aumentar a participação dos deslocamentos a pé em 30%, implantar calçadas em 85% das vias (1.255 km) e alcançar o índice de caminhabilidade para 2; ampliar em 11% a rede cicloviária e 9% os deslocamentos por bicicleta; reduzir de 50% para 31% os deslocamentos por transporte individual motorizado; aumentar para 100% o acesso da população ao transporte coletivo; reduzir em 30% o índice de imobilidade da população; reduzir o percentual de viagens longas a pé; e reduzir a taxa de emissão de poluentes pelos veículos (Mobilize Brasil, 2022).

Regulamentação e controle de emissões de fontes móveis e fixas – A cidade possui um Código de Meio Ambiente, instituído pela Lei Complementar nº 29, de 05 de agosto de 2002, no qual a Seção V é voltada para o ar, apresentando considerações sobre controle, monitoramento e orientações a serem seguidas por fontes diversas responsáveis por emissões gasosas. O Art. 108 do Código expressa que a qualidade do ar deverá ser mantida em conformidade com os padrões e as normas de emissões definidas nas legislações federal, estadual e municipal. Contudo, em uma leitura da seção, não se observou estabelecimento de limites de modo claro, sendo constatada apenas a proibição de emissão de fumaça preta acima de 20% da Escala Ringelman, em qualquer tipo de processo de combustão, exceto os dois primeiros minutos de operação, para os veículos automotores, e até cinco minutos de operação para outros tipos de equipamentos. Em consulta à Semam, constatou-se que o Código é a legislação norteadora nas atividades de fiscalização de empreendimentos potencialmente poluidores do ar, que aponta as pizzarias e padarias como os estabelecimentos que mais poluem no perímetro urbano, além da queima ilegal de resíduos sólidos nas áreas de preservação ambiental da cidade (João Pessoa, 2002).

Investimento em transporte público – Realizando um levantamento dos últimos anos, identificou-se que ocorreram alguns investimentos visando à melhoria no transporte público de João Pessoa. De acordo com as informações disponibilizadas no site da prefeitura da cidade, a Superintendência Executiva de Mobilidade Urbana (Semob-JP) investiu no primeiro semestre de 2021 aproximadamente R\$ 5 milhões, divididos nas seguintes obras: modernização e qualificação no Terminal de Transporte Coletivo do

Valentina Figueiredo, intervenções na Avenida Hilton Souto Maior, no José Américo, extensão de vias, instalação de novos semáforos, construção de rotatórias, sinalização vertical e horizontal, alteração de rotas de trânsito e melhorias no tráfego de veículos. No total, 11 bairros tiveram resultados diretos com essas intervenções – Água Fria, José Américo, Cabo Branco, Tambaú, Manaíra, Bessa, Jaguaribe, Pedro Gondim, Ernesto Geisel, Mangabeira e Valentina Figueiredo (Costa, 2021).

Mais recentemente, em outubro de 2024, o governador do estado da Paraíba anunciou um investimento de R\$ 240 milhões no sistema de mobilidade da cidade, sendo previstos novos terminais de ônibus nas avenidas Cruz das Armas, Dois de Fevereiro, Pedro II, Epitácio Pessoa e no Varadouro (Oliveira, 2024).

Entre as notícias veiculadas, notou-se uma recorrência e uma predominância de obras ligadas à estrutura, como pavimentação de vias asfaltadas, iluminação pública, operação tapa-buraco, instalação de equipamentos de monitoramento, chamando atenção que em alguns bairros foram realizadas obras de calçamento das vias em paralelepípedo, uma opção mais ambientalmente sustentável.

3.3 RELAÇÃO DE CAUSA E EFEITO ENTRE OS INDICADORES APLICADOS

Após a aplicação dos indicadores, consegue-se observar uma relação de causa e efeito entre o conjunto de indicadores e a relação desses com a temática da mobilidade urbana. O processo de urbanização e crescimento populacional é a questão-chave que desencadeia a problemática da mobilidade. Com o aumento da população e a expansão da cidade em direção à zona sul, associado à falta de infraestrutura e à necessidade de locomoção da população, houve aumento na utilização de transportes individuais. O aumento da frota de automóveis é expressivo, de 84%, e produz efeito direto na taxa de violência no trânsito, que vem mostrando crescimento a cada ano, principalmente com mortalidade de motociclistas.

O aumento na frota tende a impactar diretamente a qualidade do ar e o crescimento das taxas de emissão de GEE. Os inventários realizados evidenciam a problemática e chamam atenção para a falta de dados relativos a toda a cidade sobre a qualidade do ar. Embora se tenha obtido resultados positivos em estudos pontuais, é evidente a necessidade de ação dos órgãos municipais para monitoramento e controle das emissões atmosféricas locais. A falta de dados e de monitoramento da qualidade do ar dificulta a realização de uma análise mais aprofundada da correlação dos fatores citados, assim como de definição de estratégias e de políticas locais para combater possíveis impactos decorrentes da poluição atmosférica local. Além disso, o aumento na concentração de veículos também pode influenciar as características microclimáticas locais. Os resultados obtidos evidenciam as alterações no microclima da cidade, fortemente associadas ao processo de urbanização.

Por fim, tem-se os indicadores de resposta, contendo ações que os governantes locais podem adotar para melhorar a mobilidade local e remediar os impactos que a “desmobilidade” tende a gerar, influenciando a qualidade de vida dos habitantes e dos transeuntes da cidade.

A cidade dispõe de um Plano Diretor desde 1992, contudo, ele não foi suficiente para orientar o planejamento urbano e as estratégias para a mobilidade urbana. O estabelecimento do Plano de Mobilidade urbana de João Pessoa (PlanMob), no ano de 2022, e as metas estabelecidas, quando cumpridas, podem gerar bons resultados para a cidade. Reforça-se ainda a necessidade de se trabalhar respostas para a revisão e o aprimoramento das legislações específicas para monitoramento das fontes fixas e móveis de poluentes do ar. É necessário o estabelecimento de limites mais claros para o lançamento das emissões.

Em relação aos investimentos em transporte público, são evidentes algumas ações, como obras de infraestrutura voltadas para a melhoria na oferta desse serviço, porém muitas ainda estão em fase de construção e/ou de instalação, não sendo ainda possível fazer uma análise de sua eficiência e eficácia.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização e a aplicação dos indicadores do modelo GEO Cidades voltados à análise da mobilidade urbana contribuíram para a sintetização de informações acerca da situação atual e explicitaram situações que merecem atenção especial, podendo ser utilizados pelos gestores públicos no processo de tomada de decisões.

A partir dos resultados obtidos com a aplicação dos indicadores, foi possível verificar que os elementos que compõem os indicadores estão intrinsecamente relacionados, gerando uma espécie de efeito cascata no qual todos os componentes direcionam para a complexidade da mobilidade urbana de João Pessoa-PB. À medida que a população aumenta, o processo de urbanização se intensifica, surge uma necessidade maior de deslocamento, gerando aumento do uso de modos de transporte, bem como do número de acidentes de trânsito, maiores emissões de gases poluentes, que, por sua vez, aumentam o risco e a ocorrência de doenças cardiorrespiratórias, mobilizando mais recursos públicos para tratamento destas. Ademais, não obstante, a ocorrência de todos esses fatores influencia significativamente as mudanças do microclima do local.

Evidencia-se o descaso da gestão local com ações voltadas para o monitoramento da qualidade do ar, uma vez que não se tem estações instaladas para esse fim, nem a existência de legislações municipais específicas para controle e monitoramento de emissões. O não monitoramento constante da qualidade do ar e a falta de legislações específicas dificultam uma análise da relação de causa e efeito de modo mais aprofundada, assim como impedem que os governantes e gestores locais orientem-se para a adoção de medidas mais assertivas acerca da temática.

Por fim, ressalta-se ainda que existem ações voltadas para a resolução do problema da mobilidade urbana, no caso, a implementação do Plano de Mobilidade urbana, contudo, por ainda ser recente, não há dados que mostrem o impacto das ações e das metas estabelecidas no plano, configurando-se em uma sugestão para pesquisas futuras sobre o acompanhando da execução e da análise dos impactos das metas estabelecidas no Plano de Mobilidade da cidade.

Encerra-se este trabalho reforçando que, com as devidas adaptações, levando em consideração as especificidades e as características locais, o conjunto de indicadores utilizados pode ser aplicado em outras cidades que apresentem problemas de mobilidade urbana, com o uso do modelo Peir e o emprego de sistemas de indicadores na orientação de ações voltadas para o planejamento urbano sustentável.

REFERÊNCIAS

AFONSO, F. V.; COSTA, S. B. V. da. Um olhar sobre o caminho para o mar: as transformações no uso, lote e implantação. *In: Anais do XVIII ENANPUR*. Natal: ENANPUR. 2019.

ALMEIDA, A. T. A. de; FILHO, A. de S.; FREITAS, P. H. O. de; DIÓGENES, V. H. D. Deslocamentos Pendulares na Região Metropolitana de João Pessoa: uma análise sobre a dinâmica dos fluxos na vida discente. Em FUSCO, W.; MYRRHA, L. J. D.; JESUS, J. C. (Org.). **Migração, trabalho e gênero**: textos selecionados. ABEP. 2021.

ANDRADE, K. **Prefeitura avança com obra do Terminal de Integração do Valentina e previsão de entrega é mês de julho**. Prefeitura de João Pessoa. 2023.

ANDRADE, N. F.; LIMA JUNIOR, F. B.; SOLIANI, R. D.; OLIVEIRA, P. R. de S.; OLIVEIRA, D. A.; SIQUEIRA, R. M.; MACÊDO, J. Urban Mobility: a review of challenges and innovations for sustainable transportation in Brazil. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 17, n. 3, 2023. e03303-e03303. Available in: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v17n3-009>

BETÉ, T. de S.; CONTI, D. D. M.; MIZUTANI, M. N. P.; OLIVEIRA, C. A. N. de. Veículos Sustentáveis para a Mobilidade Urbana nas Cidades do Futuro. **International Journal of Professional Business Review**, São Paulo (SP), v. 5, n. 2, p. 163–178, 2020. DOI: 10.26668/businessreview/2020.v5i1.169.

BRASIL. **Manual de Instruções 2015**: instrumento de identificação dos municípios de risco - IIMR. 2015. Available in: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/9686588/4238533/ManualdeinstrucaoIIMR.pdf>

BRASIL. **Poluição atmosférica na ótica do Sistema Único de Saúde**: vigilância em saúde ambiental e qualidade do ar. 2021. Available in: https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/poluicao_atmosferica_SUS_sau_ambiental.pdf

BRUNETTO, D.; LOSS, V.; ZUGUE, S. S.; BUSATO, M. A. Morbidade e mortalidade por doenças cardiorrespiratórias associadas à poluição do ar. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, 2022. e59211326896. Available in: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i3.26896>

CARVALHO, C. H. R. **Mobilidade urbana sustentável**: conceitos, tendências e reflexões. Ipea, p. 34, 2016.

CETESB. **Qualidade do Ar**. Padrões de Qualidade do Ar. 2022. Available in: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/padroes-de-qualidade-do-ar/>.

COMETTI, J. L. S.; CABRAL, J. J. P. da S.; CONCEIÇÃO, T. M. da. Indicadores de pressão-estado-resposta para avaliação da conservação ambiental de riachos urbanos. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 6, p. 194–205. 2019. Available in: <https://doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2019.006.0017>

CONAMA. **Resolução Conama n. 3, de 28 de junho de 1990**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no Pronar. Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama.1990.

CONAMA. **Resolução n. 491, de 19 de novembro de 2018**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Ministério do Meio Ambiente/Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2018.

CORREIA, J. G. A. **Estudo preliminar de NO₂ na atmosfera da cidade de João Pessoa, PB, Brasil**. Dissertação (Mestrado) – UFPB/CCEN/PPGQ]. Universidade Federal da Paraíba. 2011.

COSTA, Â. **Prefeitura investe cerca de R\$ 5 milhões em mobilidade urbana e intervenções melhoram segurança viária**. Prefeitura de João Pessoa. 2021.

DETRAN-PB. **Estatísticas**. 2023. Available in: <https://detran.pb.gov.br/institucional-1/estatisticas>

IBGE. Censo 2022. **Panorama - População**. 2022. Available in: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>

JOÃO PESSOA. Lei complementar n. 29, de 05 de agosto de 2002. Institui o Código de Meio Ambiente do Município de João Pessoa e dispõe sobre o Sistema Municipal de Meio Ambiente – Sismuma. **Diário Oficial [da] Prefeitura de João Pessoa**. 2002.

JOÃO PESSOA. Lei Ordinária n. 14.515, de maio de 2022. Dispõe sobre o Plano de Mobilidade Urbana de João Pessoa e dá outras providências. **Diário Oficial [da] Prefeitura de João Pessoa**, nº 0042. 2022.

LEAL, B. S.; CAMARGO, C. C. de; JUNIOR, J. J. de F. J. **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Município de João Pessoa**. ICLEI. 2018. Available in: <http://antigo.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/semam/inventario-gee/>

LIMA, M. A. S. **Densidade sistêmica e forma urbana em habitação de interesse social**: parâmetros de qualidade espacial no contexto urbano de João Pessoa-PB. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2023.

MARINO, F. U. Mobilidade, cidadania e desigualdade: analisando a infraestrutura ciclovária do Rio de Janeiro. **Cadernos Metrópole**, v. 26, n. 60, p. 663–684. 2024. Available in: <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2024-6012>

MEDEIROS, L. C. de S. **Monitoramento de material particulado atmosférico no centro da cidade de João Pessoa-PB** [Dissertação de Mestrado]. Universidade Federal da Paraíba. 2020.

MELO, L. S.; BARROSO, F. de A.; SOUZA, G. H. de; SOUSA, M. F. de; ALMEIDA NETO, O. C. de; CAVALCANTI, V. Y. S. de L. Gases Poluentes Derivados de Veículos Automotores no Parque Sólton de Lucena. **Revista Campo do Saber**, v. 4, n. 4, p. 82–105. 2018.

MOBILIZE BRASIL. João Pessoa aposta tudo no Plano de Mobilidade Urbana. In: SOUZA, E. D. de; SOUSA, M. de; HILDEBRAND, M.; MELO, M. C. de; ROCHA, R.; RIBEIRO, R. (Org.). **Estudo Mobilize 2022**. Relatório Final. Mobilidade urbana em dados e nas ruas do Brasil. Mobilize Brasil. 2022. Available in: <https://www.mobilize.org.br/noticias/13227/joao-pessoa-aposta-tudo-no-plano-de-mobilidade-urbana.html>

NERI, A. C.; DUPIN, P.; SÁNCHEZ, L. E. A pressure-state-response approach to cumulative impact assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 126, p. 288–298, 10 jul. 2016.

NUT. **Anuário 2018-2019**. Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbanos. Anuário. Brasília, 2019.

OLIVEIRA, V. Governador da Paraíba anuncia R\$ 240 milhões em investimentos no sistema de mobilidade urbana de João Pessoa. **Diário do Transporte**. Out. 2024. Available in: <https://diariodotransporte.com.br/2024/10/21/governador-da-paraiba-anuncia-r-240-milhoes-em-investimentos-no-sistema-de-mobilidade-urbana-de-joao-pessoa/>.

OMS. **Novos dados da OMS revelam que bilhões de pessoas ainda respiram ar insalubre**. 2022. Available in: <https://www.paho.org/pt/noticias/4-4-2022-novos-dados-da-oms-revelam-que-bilhoes-pessoas-ainda-respiram-ar-insalubre>.

PAC. Plano de Ação Climática de João Pessoa. BID, Way Carbon, Iclei e João Pessoa Sustentável (Org.). Prefeitura Municipal de João Pessoa. 2023.

PEREIRA, R. H. H.; WARWAR, L.; PARGA, J. P. F. A.; BAZZO, J.; BRAGA, C. K. V.; HAERSZENHUT, D.; SARAIVA, M. **Tendências e desigualdades da mobilidade urbana no Brasil I: o uso do transporte coletivo e individual**. Texto para Discussão, 2021.

PEREZ, L. P.; SALES, A. L. P.; SILVEIRA, J. A. R. da. Climate change and the unsustainable urbanism in the municipality of João Pessoa, PB, Brazil. **Sustentabilidade em Debate**, v. 11, n. 2, p. 304–340. 2020. Available in: <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v11n2.2020.32330>

PMJP. Plano Diretor de Mobilidade Urbana da Microrregião de João Pessoa: consolidação do diagnóstico da mobilidade. **Semob**. 2020. Available in: http://www.planmob.joaopessoa.pb.gov.br/wp-content/uploads/2021/02/14.-Diagn%C3%B3stico_FINAL-compactado.pdf

PNUMA. **Metodologia para a elaboração de Relatórios GEO Cidades (Vol. 2)**. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Escritório Regional para a América Latina e o Caribe. 2004.

RENAEST. **Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito**. Dados de acidentes de trânsito. 2023. Available in: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/docs/renaest>

SANTOS, A. V. de F. **Contextualização da mobilidade urbana no município de João Pessoa**. [Trabalho de Conclusão de Curso]. Universidade Federal da Paraíba – UFPB. 2018.

SANTOS, C. L. dos; MEDEIROS, T. D. S. Aplicações práticas no Ensino de Geografia: uma investigação da mobilidade urbana na cidade de João Pessoa/PB. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 4, n. 2, p. 34-43. 2018. Available in: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2018v4n2ID15213>

SANTOS, J. S. dos; SILVA, V. D. P. R. da; LIMA, E. R. V.; ARAÚJO, L. E. de; COSTA, A. D. L. Campo Térmico Urbano e a sua Relação com o Uso e Cobertura do Solo em Cidade Tropical Úmida (*Thermal Urban Field and its Relation to the Use and Land Cover in a Humid Tropical City*). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 3, p. 540. –2012. Available in: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v5i3.232851>

SEMOB-JP. **Consolidação do Diagnóstico da Mobilidade**. 2020. Available in: http://www.planmob.joaopessoa.pb.gov.br/wp-content/uploads/2021/02/14.-Diagn%C3%B3stico_FINAL-compactado.pdf

SILVA, R. de S. E.; SILVA, R. M. da; FREITAS, A. F. de; SANTOS, J. S. dos; SANTOS, C. A. G.; LIMA, E. R. V. de. Thermal comfort conditions at microclimate scale and surface urban heat island in a tropical city: a study on João Pessoa city, Brazil. **International Journal of Biometeorology**, v. 66, n. 6, p. 1079–1093. 2022. Available in: <https://doi.org/10.1007/s00484-022-02260-y>

SILVEIRA, J. A. R. da; SILVA, M. D. da; CASTRO, A. A. B. da C. *Dinâmica da Cidade e Bordas Urbanas*. Editora Universitária UFPB. 2015.

SILVEIRA, C.; RODRIGUES, F. Direito à cidade e justiça urbana: a segregação socioespacial na cidade de João Pessoa. **Revista Avant**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 268–287, 2024. Available in: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/avant/article/view/7341>.

SOUSA, T. C. M. de; MARACAJÁ, K. F. B.; CÂNDIDO, G. A. Indicadores ambientais aplicados à gestão municipal: uma aplicação do modelo Geo Cidades em Sumé/PB. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 4, p. 194–206. 2021. Available in: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.004.0017>

SOUZA, J. F. de; SILVA, R. M.; SILVA, A. M. Influência do uso e ocupação do solo na temperatura da superfície: o estudo de caso de João Pessoa – PB. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 1, p. 21–37. 2016. Available in: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212016000100058>

Brazilian adolescents' dietary environmental footprints: a cross-sectional study with data from the National Students' Health Survey, 2015

Pegadas ambientais da alimentação de adolescentes brasileiros: estudo transversal com dados da Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar, 2015

Diôgo Vale ¹

Camila Valdejane Silva de Souza ²

Natalie Marinho Dantas ³

Maria Hatjiathanassiadou ⁴

Clélia de Oliveira Lyra ⁵

Larissa Mont'Alverne Juca Seabra ⁶

Angelo Giuseppe Roncalli ⁷

¹ PhD in Collective Health, Nutritionist, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Ceará-Mirim, RN, Brazil
E-mail: diogo.vale@escolar.ifrn.edu.br

² PhD in Collective Health, Nutritionist, Prefeitura Municipal de Tangará, Tangará, RN, Brazil
E-mail: camila.valdejane@gmail.com

³ PhD in Public Health Nutrition, Professor, Universidade de Campinas, Campinas, SP, Brazil
E-mail: ndantas@unicamp.br

⁴ Master's in Nutrition, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brazil
E-mail: mariahatji@hotmail.com

⁵ PhD in Health Sciences, Professor, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brazil
E-mail: clelia.lyra@ufrn.br

⁶ PhD in Health Sciences, Professor, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brazil
E-mail: larissa.seabra@ufrn.br

⁷ PhD in Preventive and Social Dentistry, Professor, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brazil
E-mail: roncalli@terra.com.br

doi:10.18472/SustDeb.v16n1.2025.57130

Received: 05/02/2025
Accepted: 07/04/2025

ARTICLE- VARIA

ABSTRACT

This study aimed to analyse Brazilian adolescents' dietary environmental sustainability indicators and their associations with socioeconomic factors and nutritional status. This is a cross-sectional study using data from Brazilian adolescents (11-19 years old) from the 2015 National Students' Health Survey. Estimates were made of the environmental footprints of adolescents' diets, including water, ecological, and carbon footprints. Secondary variables were socioeconomic and nutritional status. Correspondence analyses were used to estimate the associative models between the secondary variables and the quintiles of each environmental footprint. The means of the carbon, water, and ecological footprints for the Brazilian adolescents' diet were, respectively, 1206 gCO₂eq/kg (95%CI: 1192-1219), 2760 liters/kg (95%CI: 2730-2789), and 8.07 g-m²/kg (95%CI: 7.99-8.16). The lowest quintiles of the environmental footprints of food analysed were associated with dietary patterns characterised by a higher presence of ultra-processed foods and living in more urbanised areas.

Keywords: Adolescent. Sustainable Development Indicators. Social Conditions. Food Consumption. Environmental Impact.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar indicadores de sustentabilidade ambiental da alimentação de adolescentes brasileiros e suas associações com fatores socioeconômicos e de estado nutricional. Trata-se de estudo transversal com dados de adolescentes brasileiros (11-19 anos) oriundos da Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar, 2015. Estimaram-se as pegadas ambientais semanais (hídrica, ecológica e de carbono) da alimentação de adolescentes. As variáveis secundárias foram do tipo socioeconômicas e de estado nutricional. Análises de correspondência estimaram os modelos associativos entre as variáveis secundárias e os quintis de cada uma das pegadas ambientais. As médias das pegadas de carbono, hídrica e ecológica referentes à alimentação de adolescentes brasileiros foram, respectivamente, 1206 gCO₂eq/kg (IC95%: 1192-1219), 2760 litros/kg (IC95%: 2730-2789) e 8,07 g-m²/kg (IC95%: 7,99-8,16). Os piores quintis das pegadas ambientais da alimentação analisadas foram associados a padrões alimentares caracterizados pela maior presença de alimentos ultraprocessados e por viver em territórios mais urbanizados.

Palavras-chave: Adolescente. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável. Condições Sociais. Consumo Alimentar. Impacto Ambiental.

1 INTRODUCTION

Changes in food systems and dietary patterns with negative repercussions on human health and the environment have been observed globally (RAN *et al.*, 2024). These are partly explained by global food systems primarily based on extensive monoculture, which is characterised by soil depletion, high consumption of water and fuels, use of chemical fertilisers, pesticides, antibiotics, genetically modified seeds, and long-distance transportation. This set of factors leads to environmental degradation and pollution, reduction in biodiversity, and compromise of water, energy, and other natural resource reserves (Belgacem *et al.*, 2021; Çakmakçı *et al.*, 2023; United Nations, 2015).

In 2015, United Nations (UN) member states approved a sustainable development agenda to address this context. This document presents 17 Sustainable Development Goals (SDGs), among which are actions and targets directly related to minimising the impacts of food production and consumption

on the environment. These include zero hunger and sustainable agriculture (SDG 2); availability and sustainable management of water and sanitation for all (SDG 6); reduction of inequalities (SDG 10); sustainable cities and communities (SDG 11); responsible consumption and production (SDG 12); action against global climate change (SDG 13); life below water (SDG 14); life on land (SDG 15) (European Public Health Association, 2017; United Nations, 2015).

These Sustainable Development Goals (SDGs) directly connect with various food and nutritional issues, encompassing access, production, consumption, and the impact on the entire food system. Specifically, SDG 12 discusses the need for sustainable production and consumption patterns. It emphasises the necessity to "support developing countries in strengthening their scientific and technological capacity to shift towards more sustainable production and consumption patterns" (United Nations, 2015). This goal requires significant consideration in Nutrition and Public Health, including incorporating sustainability in research and management actions related to food and nutrition care (Brazil, 2015). In line with the SDGs, the Strategic Action Plan to Tackle Non-communicable Diseases (NCD) in Brazil, 2021-2030, also envisions promoting healthy and sustainable environments across different strategic action areas for health promotion, prevention, care production, and assistance in addressing risk factors for non-communicable diseases and conditions (Brazil, 2021).

The connections between food, nutrition, and sustainability in the context of health gained increased visibility following the publication discussing "The Global Syndemic," which highlighted interactions among global issues of obesity, undernutrition, and environmental climate disorders (Swinburn *et al.*, 2019). Given this, it is imperative to understand how current food systems interact with food, nutritional, and environmental issues. There is an urgent need for more information and evidence to support collective actions that can transform these systems into more sustainable models. This transformation should focus on promoting health, ensuring the human right to adequate and healthy food, and encouraging positive changes in dietary behaviors among the population (Dixon; Michelsen; Carpenter, 2023).

Within the scope of individual actions related to the consumption dimension, studies indicate that adopting healthy dietary patterns involves using fewer natural resources and lowering emissions of greenhouse gases (GHG) (Grosso *et al.*, 2020). According to the EAT-Lancet Commission, a healthy dietary pattern would include plant-based protein sources, unsaturated fats from plant sources, whole grain carbohydrates, fruits and vegetables, and a moderate, optional consumption of dairy and eggs (Willett *et al.*, 2019).

It is known that adopting healthy dietary habits represents a global health issue and is challenging given the various life contexts. In this regard, adolescents aged 10 to 19 years (WHO, 2005) are characterised by high consumption of ultra-processed products and low intake of fruits and vegetables (Souza *et al.*, 2019). The dietary pattern of Brazilian adolescents follows this trend with higher consumption of processed and ultra-processed foods, of which about 72.3% demonstrate this dietary consumption with greater risk for the health-disease process (Tavares *et al.*, 2014), marked by higher intake of soft drinks, snacks, fried salty foods, and ultra-processed salty snacks (Maia *et al.*, 2018).

Nutrition should be approached based on the concept of "sustainable food," as described by the Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO (FAO, 2010), which considers multidimensional factors in the food production and consumption chain, contemplating the interactions of environmental, economic, social, cultural, and health aspects for the promotion of a diet that is both healthy and sustainable (Harris *et al.*, 2020; Von Koerber *et al.*, 2017).

Assessing the environmental impact of products or productive processes using environmental indicators is important to highlight damages caused by products, processes, and even behavioral patterns. According to Carvalho *et al.* (2010), these indicators can assist in monitoring the operationalisation of sustainable development through the evaluation of the pillars of sustainability (environmental, social,

and economic). These indicators are objective parameters in selecting products or adopting practices favourable to the environment. In the context of nutrition, they can guide the choices of foods and diets (Garzillo *et al.*, 2019).

One strategy that can be employed to assess the environmental dimension of sustainable eating is the estimation of environmental indicators such as water, ecological, and carbon footprints. The water footprint (WF) calculates the total amount of freshwater used directly or indirectly by a consumer or producer throughout the entire life cycle, expressed in liters of water used per kilogram of food consumed (liters/kg) (Egan, 2011). The carbon footprint (CF) can be defined as the amount of greenhouse gases expressed in carbon equivalents (CO₂eq) that are emitted into the atmosphere by an individual, product, process, organisation, or event within a specified boundary, considering the entire life cycle (Pandey; Agrawal; Pandey, 2011). The ecological footprint (EF) is a tool that accounts for how much humanity demands from the biosphere's regenerative capacity, considering the demands for producing renewable resources and carbon assimilation. It compares them with the planet's "ecological assets," assessing anthropogenic impacts, typically evaluated separately (carbon emissions, land use change, biodiversity consumption, etc.) (Galli *et al.*, 2011).

Research has shown that dietary patterns with high consumption of animal-sourced foods (Hallström; Carlsson-Kanyama; Börjesson, 2015) and ultra-processed foods have a more significant negative impact on the environment, whereas traditional dietary patterns, such as the Mediterranean diet, showed less impact. This underscores the need for dietary intake changes to preserve human and environmental health (European Public Health Association, 2017).

In Brazil, studies that have estimated the environmental footprints of adolescents with national representation are still scarce. Among them, the result indicating an average water footprint of 2925.9 liters/kg of food and higher averages of this environmental impact marker among adolescents who frequent fast food outlets and live in more urbanised regions stand out (Vale *et al.*, 2021a). Given the above, a knowledge gap has been observed in recognising aspects of the sustainability of adolescent nutrition from environmental indicators.

Considering that this demographic is a foundational audience for sustainable development actions (Sheehan *et al.*, 2017), whose nutritional needs demand larger ecological, water, and carbon footprints (Han; Chai; Liao; 2020), and that the production of information on the subject is fundamental to planning policies and actions geared towards healthy and sustainable nutrition and meeting the SDGs, the development of the present study is justified. Thus, the objective of this study was to analyse environmental sustainability indicators of the diets of Brazilian adolescents and their associations with socioeconomic and nutritional status factors. Finally, it is believed that the findings of this research on adolescent students can generate relevant information to enhance actions promoting healthy eating in schools (Brazil, 2023).

2 METHODS

2.1 STUDY CHARACTERISTICS

This cross-sectional survey-based study utilises "sample 2" data from the 2015 National Survey of School Health (PeNSE). This sample collected data from schoolchildren aged 10 to 19 years, unlike sample 1, which assessed only ninth-grade students, as in the 2009 and 2012 editions of PeNSE. The PeNSE surveys are conducted by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) in partnership with the Ministry of Health and the Ministry of Education of Brazil.

In 2015, the school-aged adolescent population was expanded compared to the 2009 and 2012 data collections. Therefore, the 2015 dataset was selected for analysis in the present study as it offers an opportunity to initiate the assessment of environmental food indicators representative of the Brazilian school-aged adolescent population (Brazil, 2016). Following the release of this initial dataset with an expanded sample, IBGE published the 2019 data and began collecting data for 2024, which are not yet available to researchers. In the future, the data from these three studies may be compared to evaluate aspects of diet and sustainability related to this population over time.

About ethical considerations, the 2015 PeNSE was approved by the National Committee of Ethics in Research (Conep) on March 30, 2015 (registration no. 1.006.467) (IBGE, 2016). Furthermore, the present study complied with the ethical guidelines for research involving human subjects as outlined in Resolution No. 510 of April 7, 2016, of the National Health Council (Brazil, 2016).

2.2 STUDY VARIABLES

The primary variables were the weekly averages of water footprint (liters/kg), ecological footprint ($\text{g}\cdot\text{m}^2/\text{kg}$), and carbon footprint ($\text{gCO}_2\text{e}/\text{kg}$) estimated for each adolescent's diet based on the following steps: (1) estimation of average footprints for each of the seven food markers from the PeNSE 2015 according to the Garzillo *et al.* (2019) database; (2) estimation of average per capita figures for 2015 for each of these food markers for urban and rural areas across the five Brazilian regions, based on data from the The Consumer Expenditure Survey (POF) of 2009 (IBGE, 2010) and 2018 (IBGE, 2019); (3) development of average weekly footprint factors for water, ecology, and carbon per food marker, day, residence location, and geographical region; and (4) estimation of the water, ecological, and carbon footprints of each adolescent's diet resulting from the product of the footprints of each food marker and their weekly consumption frequency (Vale *et al.*, 2021b).

The secondary variables included sex (male, female), age in years (>15 years; 15 years or older), nutritional status (underweight, normal weight, overweight), dietary pattern (higher nutritional risk; lower nutritional risk), school (public; private), space (urban; rural), Brazil and geographical macro-region (North, Northeast, Southeast, South, and Central-West). Nutritional status was calculated based on the BMI-Age indicator, using data on sex, weight, height, and age. BMI was calculated using the formula $[\text{weight (kg)} / \text{height}^2 \text{ (m)}]$, and the data were processed using WHO AnthroPlus software (WHO, 2016).

The cutoff points for nutritional status assessment were the WHO references (2006) (WHO, 2006). The BMI-Age indicator was categorised into underweight (BMI-A < Z-score -2), normal weight (BMI-A \geq Z-score -2 and < Z-score +1), and overweight (BMI-A \geq Z-score +1).

The estimation of dietary patterns was conducted using the weekly consumption frequency variables of seven food markers. A non-hierarchical cluster analysis (k-means) was applied to create two clusters named "dietary pattern of higher nutritional risk," characterised by lower weekly consumption of beans, fruits, vegetables, and higher consumption of salty ultra-processed foods, sweets, sodas, and fried snacks; and "dietary pattern of lower nutritional risk," characterised by higher consumption of beans, fruits, vegetables and lower consumption of the other analysed food markers (Vale *et al.*, 2022). Additionally, each footprint (water, ecological, and carbon) was estimated for each food group: beans, fruits, vegetables, salty ultra-processed foods, sodas, sweets, and fried snacks (Vale *et al.*, 2021b).

2.3 STATISTICAL ANALYSIS

Descriptive statistics were utilised to estimate means and confidence intervals (95% CI) for Brazil's water, ecological, and carbon footprints and each secondary variable. These estimates accounted for the sample design effect and the sample expansion factors.

Correspondence analysis was employed to identify associations between the categories of footprints and other variables. This statistical technique produced multidimensional maps from three contingency tables, which were constructed considering the sample design. In these tables, the quintiles of the footprints were compared with the secondary variables. The analyses were conducted using the XLSTAT® software.

3 RESULTS

Among the adolescents surveyed, the majority were male (50.8%), aged 15 years or older (53.9%), attended public schools (74.8%), resided in urban areas (94.8%), and hailed from the Southeast (40.2%) and Northeast (29.5%) regions of Brazil.

Estimates of the average weekly carbon, water, and ecological footprints related to the dietary intake of Brazilian adolescents were, respectively, 1,206 gCO₂e/kg (95% CI: 1192-1219), 2,760 liters/kg (95% CI: 2730-2789), and 8.07 g-m²/kg (95% CI: 7.99-8.16). It was noted that estimates were higher among individuals with a dietary pattern of higher nutritional risk and residents of the South and Southeast regions (Table 1).

Table 1 – Descriptive analysis of adolescent diet's weekly water, ecological, and carbon footprints according to secondary variables (n = 16.608). PeNSE, 2015.

Variable	Population	Carbon footprint (gCO ₂ e/kg/week)		Water footprint (liters/kg/week)		Ecological footprint (g-m ² /kg/week)			
	%	Mean	CI 95%	Mean	CI 95%	Mean	CI 95%		
Sex									
Male	50,8	1221,1	1201,0-1241,1	2833,5	2789,6	2877,4	8,23	8,10	8,36
Female	49,2	1189,9	1170,5-1209,4	2684,2	2642,9	2725,5	7,91	7,79	8,03
Age									
Under 15	46,1	1178,8	1160,4-1197,2	2776,7	2736,0	2817,5	8,02	7,90	8,14
15 or older	53,9	1228,6	1208,1-1249,2	2745,7	2702,5	2788,9	8,12	7,99	8,25
BMI-for-age									
Thinness	2,7	1285,9	1202,4-1369,3	2777,5	2595,1	2959,9	8,31	7,78	8,83
Eutrophy	70,7	1219,8	1203,1-1236,5	2770,9	2735,3	2806,4	8,13	8,02	8,23
Overweight	26,6	1160,5	1133,9-1187,1	2729,3	2670,7	2787,8	7,91	7,74	8,08
Dietary pattern (DP)									
Lower nutritional risk	61,6	910,1	896,4-923,8	2379,8	2346,4	2413,2	6,56	6,46	6,65
Higher nutritional risk	38,4	1680,2	1660,4-1700,1	3370,0	3319,9	3420,2	10,51	10,37	10,65
School									
Public	74,8	1195,7	1180,4-1211,0	2753,3	2720,8	2785,7	8,03	7,94	8,13
Private	25,2	1270,2	1243,8-1296,6	2802,8	2745,7	2859,8	8,34	8,17	8,50
Area									
Urban	94,8	1235,9	1222,0-1249,9	2837,3	2807,2	2867,4	8,31	8,22	8,39
Rural	5,2	750,4	696,1-804,6	1594,2	1499,6	1688,8	4,57	4,28	4,85

Variable	Population	Carbon footprint (gCO ₂ e/kg/week)		Water footprint (liters/kg/week)		Ecological footprint (g-m ² /kg/week)			
	%	Mean	CI 95%	Mean	CI 95%	Mean	CI 95%		
Dietary pattern (DP)									
North	9,5	865,4	838,5-892,3	1836,6	1788,3	1884,9	5,48	5,33	5,63
Northeast	29,5	1019,2	995,1-1043,4	2103,5	2060,2	2146,9	6,18	6,05	6,31
Southeast	40,2	1341,4	1315,7-1367,1	3185,5	3127,8	3243,3	9,30	9,13	9,46
South	13,2	1513,2	1482,6-1543,8	3565,4	3496,9	3633,8	10,50	10,30	10,70
Central-West	7,7	1104,5	1081,2-1127,7	2807,8	2753,2	2862,4	7,98	7,83	8,14
Brazil		1205,7	1192,0-1219,4	2759,9	2730,8	2789,1	8,07	7,99	8,16

Source: Authors.

The analysis of factors related to the carbon footprint quintiles among Brazilian adolescents revealed that those associated with the first quintile had a dietary pattern of lower nutritional risk. These adolescents were predominantly residents of the North and Northeast regions and came from rural areas. In contrast, adolescents in the highest quintile of carbon footprint exhibited a dietary pattern with higher nutritional risk and were mainly from the Southern region (Figure 1).

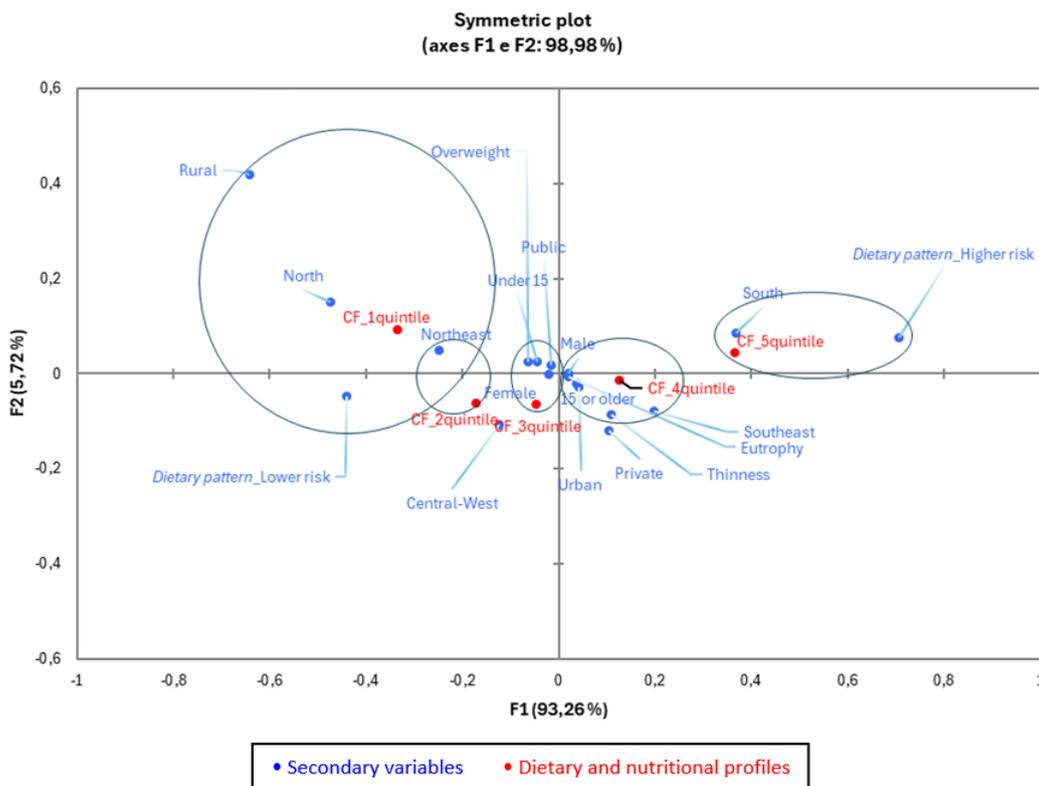


Figure 1 – Correspondence Analysis Applied to the Carbon Footprint (CF) of Diet and Secondary Variables Among Adolescents in Brazil. PeNSE, 2015.

Source: Authors

Lower water footprints were also identified in adolescents with a dietary pattern of lower nutritional risk from rural areas and the North and Northeast regions. In contrast, those with a dietary pattern of higher nutritional risk and residing in the South and Southeast were associated with the last quintile of this footprint (Figure 2).

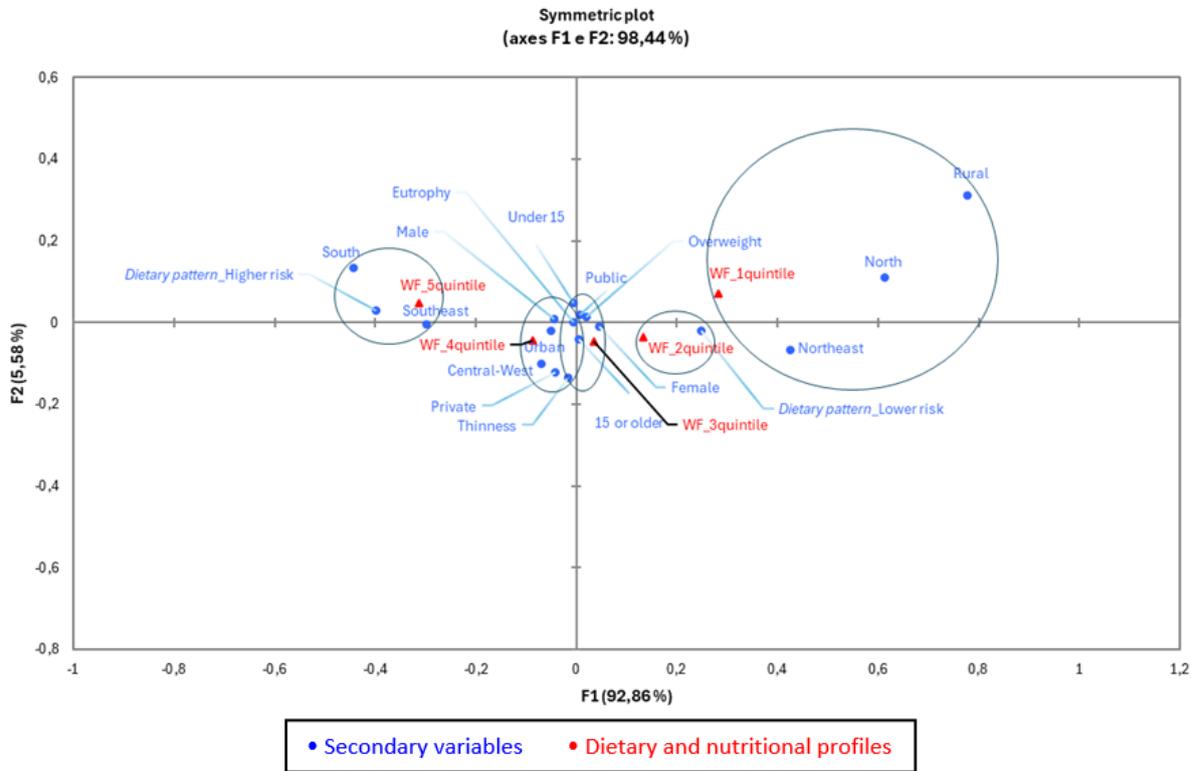


Figure 2 – Correspondence Analysis Applied to the Water Footprint (WF) of Diet and Secondary Variables Among Adolescents in Brazil. PeNSE, 2015.

Source: Authors

For the first and last quintiles of ecological footprints, identical associations to those found in water footprint analyses were identified (Figure 3). As for the intermediate quintiles for all three footprints, there appears to be a trend where urban individuals, those with underweight or normal weight, from private schools, and aged 15 or older, are clustered in the worst sustainability strata, that is, higher water, ecological, and carbon footprints.

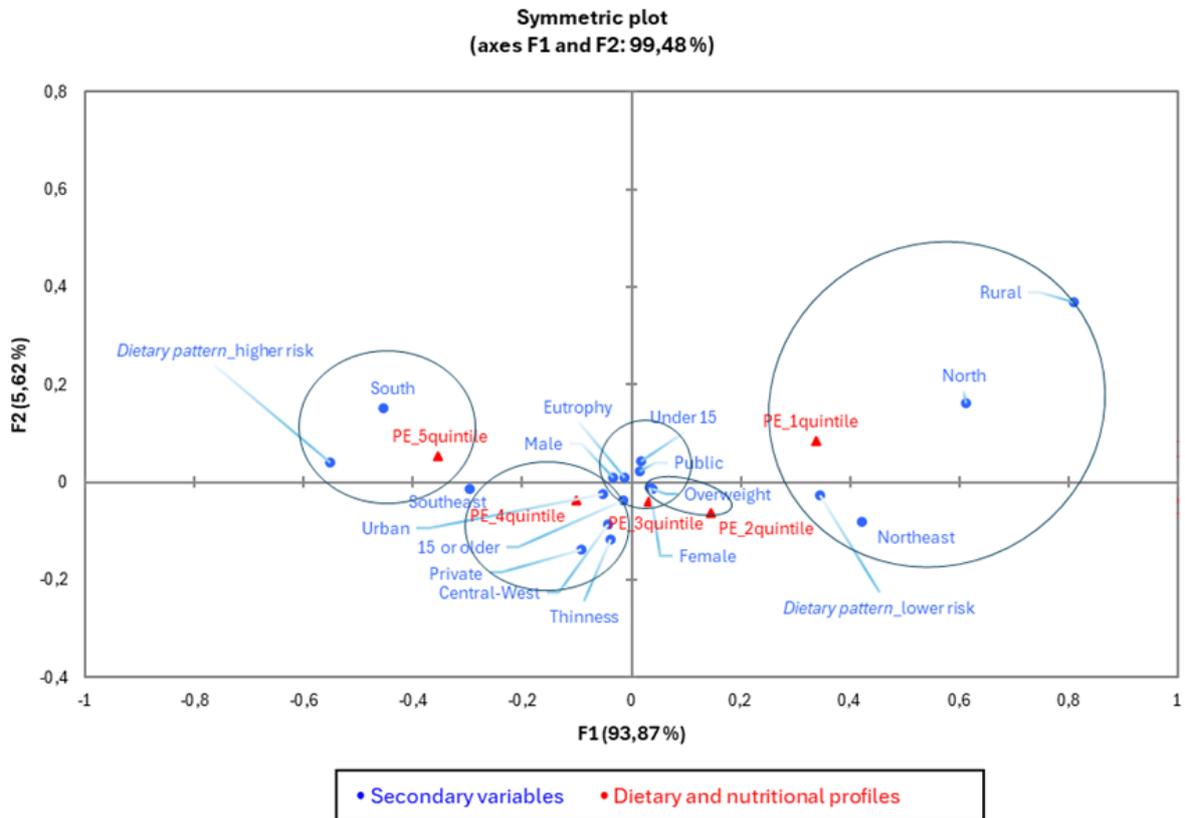


Figure 3 – Correspondence Analysis Applied to the Ecological Footprint (EF) of Diet and Secondary Variables Among Adolescents in Brazil. PeNSE, 2015.

Source: Authors

4 DISCUSSIONS

The current study's findings underscored that the most negative sustainability markers in diets were identified among adolescents with higher nutritional risk dietary patterns and from Brazil's Southern and Southeastern regions. Conversely, the lowest water, ecological, and carbon footprint values were observed in individuals with lower nutritional risk dietary patterns from the Northern and Northeastern regions. These results demonstrate the strong association of ultra-processed foods (such as snacks and soft drinks) with a more significant negative environmental impact. Consequently, they stimulate discussion on the increased consumption of ultra-processed foods and their greater nutritional and environmental impact, presenting as one of the challenges for healthy and sustainable eating.

Similarly, Andrade *et al.* (2023) identified a high percentage of ultra-processed foods in the diets of French children and adolescents (44.2% and 44.5% of total energy intake, respectively). Furthermore, a study with Lebanese adolescents noted a significant increase in environmental footprints with increased consumption of meat products and sugary drinks (Naja *et al.*, 2020).

Studies involving adult participants, who also employed food frequency questionnaires to evaluate dietary intake, have shown that diets high in animal-sourced and ultra-processed foods had a greater negative environmental impact. In contrast, Mediterranean dietary patterns exhibited a lesser impact, demonstrating that dietary changes are necessary to preserve human and environmental health (Grosso *et al.*, 2020).

Current food systems are considered one of the leading causes of the Global Syndemic. This process is characterised by changes in dietary patterns and increased consumption of processed and ultra-processed foods. Although these foods meet energy needs, they are defined by their low nutritional quality linked to production processes with direct negative effects on the environment, such as the use of high-demand natural resources, waste generation, greenhouse gas emissions, deforestation, soil degradation, and biodiversity loss, thereby being considered as the driving force of the syndemic (Gebhardt *et al.*, 2020; Swinburn *et al.*, 2019).

The research identified a less sustainable dietary intake among adolescents from the South and Southeast regions. These regions have the highest proportions of territories with outlets selling ultra-processed foods (Caisan, 2018). This dietary profile correlates with a higher negative environmental impact in areas with greater biodiversity scarcity, such as these highly urbanised macro-regions. It is important to highlight that the environmental impact of this dietary consumption not only affects these areas, as food production occurs in different territories, typically with lower urban development, following the logic of export monocultures, which do not promote short production and consumption circuits.

For instance, the growth of agriculture in Brazil threatens ecosystem functions and mega-biodiversity essential for agricultural production (Martinelli; Filoso, 2009). Therefore, the dietary consumption of a population in a territory affects not only the food systems coexisting in that space; this negative practice demands natural resources available in that immediate environment and from other spaces involved in food production to disposal.

Identifying ultra-processed food products and their environmental impacts on territories and planetary health, not merely as foods with negative effects on individual health, is an interesting strategy for adolescent nutritional education. A study on food consumers concerned with sustainability found that these individuals tended to be "open to experiences" (Feil *et al.*, 2020). It is known that this is a typical social profile among people in adolescence, during biological and psychosocial changes and identity formation (Alonso-Stuyck, 2020).

It is argued that improving diet sustainability without drastic changes to eating habits, even in non-vegetarian patterns, is possible. Many of these patterns demonstrate good compatibility with nutritional, environmental, accessibility, and acceptability dimensions (Perignon *et al.*, 2017).

Given this possibility, efforts in adolescent nutritional education can be intensified, focusing on sustainability and agroecology (Ronto *et al.*, 2016). Education for sustainability should focus on building a socio-ecological culture that aims to protect both human beings and nature (Pereira; Calgaro, 2019), as well as overall sustainability (Boff, 2017). These issues are increasingly discussed with adolescents in school (Derqui; Grimaldi; Fernandez, 2020) and family environments (Queiroz *et al.*, 2020), and should positively impact planetary health.

In this context, the Brazilian framework for nutritional education outlines its first two structuring principles as social, environmental, and economic sustainability and a comprehensive approach to the food system (Brazil, 2012). These are points promoted by various Sustainable Development Goals (SDGs), such as SDG 13: "Improve education, enhance awareness and human and institutional capacity on climate change mitigation, adaptation, impact reduction, and early warning" (United Nations, 2015).

Schools can be ideal settings for discussions about food and sustainability among adolescents. In these environments, themes related to environmental changes and their impacts are often addressed. However, conversations about food typically focus on food waste. This presents an opportunity to explore issues regarding food systems and sustainability in their environmental, economic, and social dimensions (Brazil, 2012). Consequently, this facilitates the promotion of proper nutrition and dietary practices among adolescents in alignment with the Sustainable Development Goals (SDGs).

In Brazil, this discussion was integrated into the Dietary Guidelines for the Brazilian Population (Brazil, 2014) and in the actions of the National School Feeding Program (Pnae) (Brazil, 2020). Nevertheless, the dissolution of the National Council for Food Security and Nutrition (Consea) in 2018 undermined the Food Security System, halting various initiatives (Castro, 2019). These efforts were only resumed in 2023. Changes in dietary habits are closely linked to people's life realities, which in Brazil are marked by social inequities that hinder the realisation of the human right to adequate and healthy food.

With the resumption of national social control bodies for food security and nutrition, it is essential to prioritise specific public health actions in public agendas to address these unjust inequalities. This includes promoting themes of sustainability and agroecology within Brazil's National Policy on Food and Nutrition (2013). It also involves developing effective food labeling programs that may incorporate sustainability indicators alongside nutritional information. Additionally, there will be public support for creating sustainable and resilient food systems, as well as implementing taxes on the production and sale of ultra-processed foods in Brazil (Mendoza-Velázquez; Aguirre Sedeno, 2019; Ribal; Sanjuán, 2020). In this context, it is noteworthy that sustainability assessment spans various political and social aspects that clearly cannot be reduced to the dichotomy of production and consumption (Hatjiathanassiadou; Rolim; Seabra, 2023; Triches; Schneider, 2015).

Finally, it is important to note some limitations of this study. The first is the non-assessment of total food consumption. The evaluation relied on only seven weekly dietary markers and did not include animal protein sources, such as meat and dairy, whether raw or minimally processed. It is known that these foods significantly contribute to environmental indicators (Notarnicola *et al.*, 2017). However, the inclusion of the category of salty ultra-processed foods, which are made with ingredients of animal origin, enabled the examination of the effects of some of these foods in their most critical forms (i.e., processed meats, canned goods, and ready-to-eat frozen products) (Garzillo *et al.*, 2022).

Secondly, the data collection year of 2015 does not accurately reflect the current reality, as Brazil is experiencing an increase in the prevalence of overweight and obesity, along with a rise in the consumption of ultra-processed food products. Therefore, it is crucial to conduct future studies using more recent data to better understand the potential associations with the nutritional transition, which indicates a growing nutritional risk and sustainability challenges related to the actions of the agri-food industry in Brazil (Hassan *et al.*, 2025). It is likely that when the results of PeNSE 2024 (post-pandemic) are made available, a worsened situation will be identified regarding the sustainability landscape related to food among this age group, associated with the increased marketing and consumption of ultra-processed foods.

While it is uncommon to include environmental impacts in dietary recommendations for children and adolescents within the scientific literature, it is essential to integrate these considerations into public policy agendas. This integration can help raise awareness about how diets affect health and the environment (Hollis *et al.*, 2020). Thus, initiatives targeting adolescents can contribute more effectively to promoting adequate, healthy, and sustainable eating by considering multidimensional contexts (Kenny *et al.*, 2023) associated with dietary patterns based on ultra-processed foods and food environments in more urbanised territories.

5 CONCLUSIONS

Based on the 2015 survey data, it is evident that the most negative sustainability indicators among Brazilian adolescents were linked to dietary patterns, including consuming ultra-processed foods and living in more urbanised areas. This scenario underscores the importance of recognising food environments as influential factors in shaping individual choices and the environmental impact of dietary practices. Consequently, the present study's findings should inform the surveillance and management of care for Brazilian adolescents, ensuring that food and nutrition security initiatives are

aligned with sustainability principles. From this perspective, public actions within health and education institutions can play a vital role in shaping the food environments that adolescents frequent, such as schools, restaurants, and public spaces, ultimately promoting healthier and more sustainable food systems that support health enhancement.

REFERENCES

ALONSO-STUYCK, P. Parenting and healthy teenage lifestyles. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, p. 1-15, 2020. Available in: <https://doi.org/10.3390/ijerph17155428>

ANDRADE, G. C. et al. Ultra-processed food consumption and NCD-related dietary nutrient profile in a national sample of French children and adolescents. **J Public Health**, v. 31, p. 1547–1557, 2023. Available in: <https://doi.org/10.1007/s10389-022-01693-4>

BELGACEM, W. et al. Changing dietary behavior for better biodiversity preservation: a preliminary study. **Nutrients**, v. 13, n. 2076, 2021. Available in: <https://doi.org/10.3390/nu13062076>

BOFF, L. **Sustentabilidade: o que é, o que não é**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2017.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. Secretaria Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional. **Marco de Referência de Educação Alimentar e Nutricional para as Políticas Públicas**. MDS, 2012. Available in: https://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/seguranca_alimentar/marco_EAN.pdf

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. **Política Nacional de Alimentação e Nutrição**. Ministério da saúde, 2013. Available in: https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/politica_nacional_alimentacao_nutricao.pdf

BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Guia Alimentar para a População Brasileira**. Ministério da Saúde, 2014. Available in: https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. **Marco de Referência da Vigilância Alimentar e Nutricional na Atenção Básica**. Ministério da Saúde, 2015. Available in: https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/marco_referencia_vigilancia_alimentar.pdf

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução n. 510, de 07 de abril de 2016**. Brasília: Planalto, 2016. Available in: <https://www.gov.br/conselho-nacional-de-saude/pt-br/acao-a-informacao/legislacao/resolucoes/2016/resolucao-no-510.pdf/view>

BRASIL. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Conselho Deliberativo. **Resolução n. 06, de 08 de maio de 2020**. Brasília: Planalto, 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Análise em Saúde e Vigilância de Doenças Não Transmissíveis. **Plano de Ações Estratégicas para o Enfrentamento das Doenças Crônicas e Agravos não Transmissíveis no Brasil 2021-2030**. Brasília: Ministério da Saúde, 2021. Available in: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/doencas-cronicas-nao-transmissiveis-dcnt/09-plano-de-dant-2022_2030.pdf/view

BRASIL. Decreto n. 11.821, de 12 de dezembro de 2023. Dispõe sobre os princípios, os objetivos, os eixos estratégicos e as diretrizes que orientam as ações de promoção da alimentação adequada e saudável no ambiente escolar. **Diário Oficial da União**, Brasília, 13 dez. 2023. Available in: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/decreto/d11821.htm.

CÂMARA INTERMINISTERIAL DE SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL. **Estudo Técnico**: mapeamento dos desertos alimentares no Brasil. Brasília: Secretaria-Executiva da Câmara Interministerial de Segurança Alimentar e Nutricional do Ministério do Desenvolvimento Social, 2018. Available in: https://aplicacoes.mds.gov.br/sagirmsp/noticias/arquivos/files/Estudo_tecnico_mapeamento_desertos_alimentares.pdf.

CARVALHO, J. R. M. C. et al. Proposta e validação de indicadores hidroambientais para bacias hidrográficas: estudo de caso na sub-bacia do alto curso do Rio Paraíba, PB. **Sociedade & Natureza**, v. 23, n. 2, 2011. Available in: <https://doi.org/10.1590/S1982-45132011000200012>

CASTRO, I. R. R. A extinção do Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional e a agenda de alimentação e nutrição. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 35, 2019. Available in: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00009919>

ÇAKMAKÇI, R.; SALIK, M. A.; ÇAKMAKÇI, S. Assessment and Principles of Environmentally Sustainable Food and Agriculture Systems. **Agriculture**, v. 13, n. 5, p. 1073, 2023. Available in: <https://doi.org/10.3390/agriculture13051073>

DERQUI, B.; GRIMALDI, D.; FERNANDEZ, V. Building and managing sustainable schools: the case of food waste. **Journal of Cleaner Production**, v. 243, 2020. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118533>

DIXON, K. A.; MICHELSEN, M. K.; CARPENTER, C. L. Modern Diets and the Health of Our Planet: an investigation into the environmental impacts of food choices. **Nutrients**, v. 15, n. 3, 2023. Available in: <https://doi.org/10.3390/nu15030692>

EGAN, M. The Water Footprint Assessment Manual. Setting the Global Standard. **Social and Environmental Accountability Journal**, v. 31, 2011. Available in: https://waterfootprint.org/resources/TheWaterFootprintAssessmentManual_English.pdf

EUROPEAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Healthy and Sustainable Diets for European Countries**. 2017. Available in: https://eupha.org/repository/advocacy/EUPHA_report_on_healthy_and_sustainable_diets_20-05-2017.pdf

FEIL, A. A. et al. Profiles of sustainable food consumption: consumer behavior toward organic food in southern region of Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 258, 2020. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120690>

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Sustainable Diets and Biodiversity: directions and solutions for policy, research and action. **Proc. Int. Sci. Symp**. 2010. Available in: <https://www.fao.org/4/i3004e/i3004e.pdf>. Access at: 17 jul. 2024.

FORERO-CANTOR, G.; RIBAL, J.; SANJUÁN, N. Levying carbon footprint taxes on animal-sourced foods. A case study in Spain. **Journal of Cleaner Production**, v. 243, 2020. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118668>

GALLI, A. et al. Integrating Ecological, Carbon and Water footprint into a “footprint Family” of indicators: definition and role in tracking human pressure on the planet. **Ecological Indicators**, v. 16, n. 4, 2012. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.017>

GARZILLO, J. M. F. et al. **Pegadas dos alimentos e das preparações culinárias consumidos no Brasil**. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP, 2019. Available in: <https://www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/view/393/345/1602>

GARZILLO, J. M. F. et al. Ultra-processed food intake and diet carbon and water footprints: a national study in Brazil. **Revista de Saúde Pública**, v. 28, n. 56, 2022. Available in: <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2022056004551>

GEBHARDT, B. et al. Assessing the sustainability of natural and artificial food colorants. **Journal of Cleaner Production**, v. 260, 2020. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120884>

GROSSO, G. et al. Environmental impact of dietary choices: role of the mediterranean and other dietary patterns in an Italian cohort. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, 2020. Available in: <https://doi.org/10.3390/ijerph17051468>

HALLSTRÖM, E.; CARLSSON-KANYAMA, A.; BÖRJESSON, P. Environmental impact of dietary change: a systematic review. **Journal of Cleaner Production**, v. 91, 2015. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.008>

HAN, A.; CHAI, L.; LIAO, X. Demographic Scenarios of Future Environmental Footprints of Healthy Diets in China. **Foods**, v. 9, n. 8, 2020. Available in: <https://doi.org/10.3390/foods9081021>

HARRIS, F. et al. The Water Footprint of Diets: a global systematic review and meta-analysis. **Advances in nutrition**, v. 11, 2020. Available in: <https://doi.org/10.1093/advances/nmz091>

HASSAN, B. K. et al. Disputes over the agenda to promote adequate and healthy eating: how the agri-food sector interfered in the Brazilian tax reform. **Social Science & Medicine**, v. 371, 2025. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2025.117747>.

HATJIATHANASSIADOU, M.; ROLIM, P. M.; SEABRA, L. M. A. J. Nutrition and its footprints: using environmental indicators to assess the nexus between sustainability and food. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 6, 2023. Available in: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1078997>

HOLLIS, J. L. et al. Defining healthy and sustainable diets for infants, children and adolescents. **Global Food Security**, v. 27, p. 100401, 2020. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100401>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009**: aquisição alimentar domiciliar per capita. IBGE, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Síntese de indicadores sociais**: uma análise das condições de vida da população brasileira 2015. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 132 p. Available in: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoedevida/indicadoresminimos/sinteseindicsoais2015/default.shtm>. Access at: 12 ago. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Coordenação de População e Indicadores Sociais. **Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar**: 2015. IBGE, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Diretoria de Pesquisas. Coordenação de População e Indicadores Sociais. **Pesquisa de Orçamentos Familiares**: 2017 – 2018. Primeiros Resultados. IBGE: 2019.

KENNY, T. A. et al. Consumer attitudes and behaviors toward more sustainable diets: a scoping review. **Nutrition reviews**, v. 81, n. 12, 2023. Available in: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuad033>

LANHAM, A. R.; POLS, J. C. V. Toward Sustainable Diets-Interventions and Perceptions Among Adolescents: a scoping review. **Nutrition reviews**, v. 0, p. 1-17, 2024. Available in: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuae052>

MAIA, E. G. et al. Dietary patterns, sociodemographic and behavioral characteristics among Brazilian adolescents. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 21, 2018. Available in: <https://doi.org/10.1590/1980-549720180009.supl.1>

MARTINELLI, L. A.; FILOSO, S. Balance between food production, biodiversity and ecosystem services in Brazil: a challenge and an opportunity. **Biota Neotropica**, v. 9, 2009. Available in: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032009000400001>

MENDOZA-VELÁZQUEZ, A.; AGUIRRE SEDEÑO, D. Impuesto especial a alimentos y bebidas y su impacto en la inflación en México: dinámica, persistencia y cambio de régimen. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 43, n. 1, 2019. Available in: <https://doi.org/10.26633/RPSP.2019.88>

MOTA, J. C.; VASCONCELOS, A. G. G.; ASSIS, S. G. Análise de correspondência como estratégia para descrição do perfil da mulher vítima do parceiro atendida em serviço especializado. **Revista Ciência e Saúde Coletiva**, v. 12, 2007. Available in: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232007000300030>

NAJA, F. et al. Changes in Environmental Footprints Associated with Dietary Intake of Lebanese Adolescents Between the Years 1997 and 2009. **Sustainability**, v. 12, 2020. Available in: <https://doi.org/10.3390/su12114519>

NOTARNICOLA, B. et al. Environmental impacts of food consumption in Europe. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, 2017. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.080>

PANDEY, D.; AGRAWAL, M.; PANDEY, J. S. Carbon footprint: current methods of estimation. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 178, 2011. Available in: <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1678-y>

PEREIRA, A. O. K.; CALGARO, C. Os danos socioambientais na sociedade moderna consumocentrista: a continuação do antropocentrismo em desfavor a uma cultura socioecológica expressa pelos direitos da natureza. **Revista de Direito e Sustentabilidade**, v. 5, 2019. Available in: <https://doi.org/10.26668/IndexLawJournals/2525-9687/2019.v5i2.5785>

PERIGNON, M. et al. Improving diet sustainability through evolution of food choices: review of epidemiological studies on the environmental impact of diets. **Nutrition Reviews**, v. 75, 2017. Available in: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuw043>

QUEIROZ, P. et al. Self and nature: parental socialization, self-esteem, and environmental values in Spanish adolescents. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, 2020. Available in: <https://doi.org/10.3390/ijerph17103732>

RAN, Y. et al. Environmental assessment of diets: overview and guidance on indicator choice. **The Lancet Planetary Health**, v. 8, n. 3, 2024. Available in: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(24\)00006-8](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(24)00006-8)

RONTO, R. et al. Adolescents' perspectives on food literacy and its impact on their dietary behaviours. **Appetite**, v. 107, 2016. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.09.006>

SHEEHAN, P. et al. Building the foundations for sustainable development: a case for global investment in the capabilities of adolescents. **The Lancet**, v. 390, 2017. Available in: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30872-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30872-3)

SOUSA, J. G. et al. Atividade física e hábitos alimentares de adolescentes escolares: pesquisa nacional de saúde do escolar (Pense), 2015. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 13, 2019. Available in: <https://www.rbne.com.br/index.php/rbne/article/view/1259>

SWINBURN, B. A. et al. The Global Syndemic of Obesity, Undernutrition, and Climate Change: the lancet commission report. **The Lancet**, v. 393, 2019. Available in: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32822-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32822-8)

TAVARES, L. F. et al. Dietary patterns of Brazilian adolescents: results of the Brazilian National School-Based Health Survey (PeNSE). **Cadernos de Saúde Pública**, v. 30, 2014. Available in: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00016814>

TRICHES, R. M.; SCHNEIDER, S. Alimentação, sistema agroalimentar e os consumidores: novas conexões para o desenvolvimento rural. **Cuadernos Desarrollo Rural**, v. 12, n. 21, 2015. Available in: <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr12-75.asac>

UNITED NATIONS. **Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development**. 2015, A/RES/70/1. Available in: https://www.unsdsn.org/resources/transforming-our-world-interdisciplinary-insights-on-the-sustainable-development-goals/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwna6_BhCbARIsALId2Z0mDisrv0xG8Em6MouRhUrNT3h7SwsI_Zg2L0UzM446act5JZxwZKlaAk3nEALw_wcB

VALE, D. et al. Water footprint of the diet of adolescents in Brazil: relationships with fast food consumption and place of residence. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, 2021a. Available in: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20597>

VALE, D. et al. Food and nutrition surveillance of Brazilian adolescents: possibilities with PeNSE data. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, 2021b. Available in: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19818>

VALE, D. et al. Dietary and Nutritional Profiles among Brazilian Adolescents. **Nutrients**, v. 14, 2022. Available in: <https://doi.org/10.3390/nu14204233>

VON KOERBER, K.; BADER, N.; LEITZMANN, C. Wholesome Nutrition: an example for a sustainable diet. **The Proceedings of the Nutrition Society**, v. 76, 2017. Available in: <https://doi.org/10.1017/S0029665116000616>

WILLETT, W. et al. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. **The Lancet**, v. 393, 2019. Available in: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Nutrition in adolescence: issues and challenges for the health sector**. Issues in adolescent health and development. Geneva: World Health Organization, 2005. Available in: <https://www.who.int/publications/i/item/9241593660>

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Child Growth Standards: length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for-age. Methods and development**. In Proceedings of the Geneva, WHO; 2006. Available in: <https://www.who.int/publications/i/item/924154693X>

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO AnthroPlus**. [computer program]. 2016. Available in: <https://www.who.int/tools/child-growth-standards/software>

Pegadas ambientais da alimentação de adolescentes brasileiros: estudo transversal com dados da Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar, 2015

Brazilian adolescents' dietary environmental footprints: a cross-sectional study with data from the National Students' Health Survey, 2015

Diôgo Vale ¹

Camila Valdejane Silva de Souza ²

Natalie Marinho Dantas ³

Maria Hatjiathanassiadou ⁴

Clélia de Oliveira Lyra ⁵

Larissa Mont'Alverne Juca Seabra ⁶

Angelo Giuseppe Roncalli ⁷

¹ Doutorado em Saúde Coletiva, Nutricionista, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Ceará-Mirim, RN, Brasil
E-mail: diogo.vale@escolar.ifrn.edu.br

² Doutorado em Saúde Coletiva, Nutricionista, Prefeitura Municipal de Tangará, Tangará, RN, Brasil
E-mail: camila.valdejane@gmail.com

³ Doutorado em Nutrição em Saúde Pública, Professora, Universidade de Campinas, Campinas, SP, Brasil
E-mail: ndantas@unicamp.br

⁴ Mestrado em Nutrição, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil
E-mail: mariahatji@hotmail.com

⁵ Doutorado em Ciências da Saúde, Professora, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil
E-mail: clelia.lyra@ufrn.br

⁶ Doutorado em Ciências da Saúde, Professora, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil
E-mail: larissa.seabra@ufrn.br

Received: 05/02/2025
Accepted: 07/04/2025

ARTICLE- VARIA

RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar indicadores de sustentabilidade ambiental da alimentação de adolescentes brasileiros e suas associações com fatores socioeconômicos e de estado nutricional. Trata-se de estudo transversal com dados de adolescentes brasileiros (11-19 anos) oriundos da Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar, 2015. Estimaram-se as pegadas ambientais semanais (hídrica, ecológica e de carbono) da alimentação de adolescentes. As variáveis secundárias foram do tipo socioeconômicas e de estado nutricional. Análises de correspondência estimaram os modelos associativos entre as variáveis secundárias e os quintis de cada uma das pegadas ambientais. As médias das pegadas de carbono, hídrica e ecológica referentes à alimentação de adolescentes brasileiros foram, respectivamente, 1206 gCO₂eq/kg (IC95%: 1192-1219), 2760 litros/kg (IC95%: 2730-2789) e 8,07 g-m²/kg (IC95%: 7,99-8,16). Os piores quintis das pegadas ambientais da alimentação analisadas foram associados a padrões alimentares caracterizados pela maior presença de alimentos ultraprocessados e por viver em territórios mais urbanizados.

Palavras-chave: Adolescente. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável. Condições Sociais. Consumo Alimentar. Impacto Ambiental.

ABSTRACT

This study aimed to analyse Brazilian adolescents' dietary environmental sustainability indicators and their associations with socioeconomic factors and nutritional status. This is a cross-sectional study using data from Brazilian adolescents (11-19 years old) from the 2015 National Students' Health Survey. Estimates were made of the environmental footprints of adolescents' diets, including water, ecological, and carbon footprints. Secondary variables were socioeconomic and nutritional status. Correspondence analyses were used to estimate the associative models between the secondary variables and the quintiles of each environmental footprint. The means of the carbon, water, and ecological footprints for the Brazilian adolescents' diet were, respectively, 1206 gCO₂eq/kg (95%CI: 1192-1219), 2760 liters/kg (95%CI: 2730-2789), and 8.07 g-m²/kg (95%CI: 7.99-8.16). The lowest quintiles of the environmental footprints of food analysed were associated with dietary patterns characterised by a higher presence of ultra-processed foods and living in more urbanised areas.

Keywords: Adolescent. Sustainable Development Indicators. Social Conditions. Food Consumption. Environmental Impact.

1 INTRODUÇÃO

Mudanças nos sistemas e nos padrões alimentares, com repercussão negativa na saúde humana e no meio ambiente, têm sido observadas em todo o mundo (RAN *et al.*, 2024). Essas mudanças são, em parte, explicadas por sistemas alimentares mundiais baseados principalmente na monocultura extensiva, caracterizada pelo empobrecimento da terra, alto consumo de água e de combustíveis, uso de fertilizantes químicos, agrotóxicos, antibióticos, sementes transgênicas e transporte de longas

distâncias. Esse conjunto de fatores causa a degradação e a poluição do ambiente, a redução da biodiversidade e o comprometimento das reservas de água, de energia e de outros recursos naturais (Belgacem *et al.*, 2021; Çakmakçı *et al.*, 2023; United Nations, 2015).

Para enfrentar esse contexto, em 2015, os países-membros da Organização das Nações Unidas (ONU) aprovaram a Agenda de Desenvolvimento Sustentável. Esse documento apresenta 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), entre os quais estão ações e metas diretamente relacionadas à minimização dos impactos proporcionados pela produção e pelo consumo de alimentos no meio ambiente, como: Fome Zero e agricultura sustentável (ODS 2); disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos (ODS 6); redução das desigualdades (ODS 10); cidades e comunidades sustentáveis (ODS 11); consumo e produção responsáveis (ODS 12); ação contra a mudança global do clima (ODS 13); vida na água (ODS 14); e vida terrestre (ODS 15) (European Public Health Association, 2017; United Nations, 2015).

Esses ODS têm relação direta com diversas questões alimentares e nutricionais, seja nas dimensões do acesso, da produção, do consumo e do impacto de todo o sistema alimentar. O ODS 12, especificamente, discorre sobre a necessidade de assegurar padrões de produção e consumo sustentáveis e destaca a necessidade de “apoiar países em desenvolvimento a fortalecer suas capacidades científicas e tecnológicas para mudar para padrões mais sustentáveis de produção e consumo” (United Nations, 2015). Essa meta demanda muitos aspectos para a Nutrição e para a Saúde Coletiva, entre eles a necessidade de inserção da sustentabilidade nas investigações e ações de gestão, e produção do cuidado em alimentação e nutrição (Brasil, 2015). Alinhado aos ODS, o Plano de Ações Estratégicas para o Enfrentamento das Doenças Crônicas e Agravos Não Transmissíveis no Brasil, 2021-2030, também prevê a promoção de ambientes saudáveis e sustentáveis nos diferentes eixos das ações estratégicas para promoção da saúde, prevenção, produção do cuidado e assistência para o enfrentamento dos fatores de risco para as doenças e agravos não transmissíveis (Brasil, 2021).

As relações entre alimentação e sustentabilidade no contexto da saúde atingiram maior visibilidade a partir da publicação que discute a “The Global Syndemic”, que destacou interações entre os problemas globais da obesidade, desnutrição e das desordens climáticas ambientais (Swinburn *et al.*, 2019). Com isso, é urgente compreender como os sistemas alimentares atuais interagem com questões alimentares, nutricionais e ambientais. Buscam-se, assim, mais informações e evidências para basear ações coletivas que provoquem a alteração desses sistemas para modelos mais sustentáveis na perspectiva da promoção da saúde, da garantia do direito humano à alimentação adequada e saudável, e de mudanças positivas de comportamentos alimentares da população (Dixon; Michelsen; Carpenter, 2023).

No âmbito das ações individuais relativas à dimensão do consumo, estudos mostram que a adoção de padrões alimentares saudáveis envolve menor uso de recursos naturais e menor emissão de gases do efeito estufa (GEE) (Grosso *et al.*, 2020). Segundo a Comissão EAT-Lancet, um padrão dietético saudável incluiria fontes proteicas de origem vegetal, gorduras insaturadas de fontes vegetais, carboidratos de grãos integrais, frutas e vegetais, e um consumo moderado, opcional, de laticínios e ovos (Willett *et al.*, 2019).

Sabe-se que a adoção de hábitos alimentares saudáveis representa uma questão de saúde global e é desafiadora diante dos diferentes contextos de vida. Nesse aspecto, os adolescentes, indivíduos na faixa etária de 10 a 19 anos (WHO, 2005), são caracterizados pelo alto consumo de produtos ultraprocessados e baixo consumo de frutas e hortaliças (Souza *et al.*, 2019). O padrão alimentar de adolescentes brasileiros segue essa tendência, com maior consumo de processados e ultraprocessados, dos quais cerca de 72,3% apresentam esse consumo alimentar com maior risco para o processo saúde-doença (Tavares *et al.*, 2014), marcado pela maior ingestão de refrigerantes, guloseimas, salgados fritos e ultraprocessados salgados (Maia *et al.*, 2018).

Deve-se trabalhar a nutrição com base na ideia de uma “alimentação sustentável”, descrita pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura – FAO (FAO, 2010), a qual considera fatores multidimensionais na cadeia de produção e consumo de alimentos, contemplando as interações dos aspectos ambientais, econômicos, sociais, culturais e de saúde para a promoção de uma alimentação simultaneamente saudável e sustentável (Harris *et al.*, 2020; Von Koerber *et al.*, 2017).

A avaliação do impacto ambiental de produtos ou processos produtivos utilizando indicadores ambientais é importante para alertar sobre danos causados por produtos, processos e mesmo padrões de comportamento. De acordo com Carvalho *et al.* (2010), os indicadores podem auxiliar desde o acompanhamento até a operacionalização do desenvolvimento sustentável, por meio da avaliação dos pilares da sustentabilidade (ambiental, social e econômica). Esses indicadores são parâmetros objetivos nas escolhas de produtos ou na adoção de práticas favoráveis ao meio ambiente e, no contexto da alimentação, podem balizar as escolhas dos alimentos e das dietas (Garzillo *et al.*, 2019).

Uma das estratégias que podem ser empregadas para avaliação da dimensão ambiental da alimentação sustentável é a estimativa de indicadores ambientais, como as pegadas hídrica, ecológica e de carbono.

A pegada hídrica (PH) calcula a quantidade de água doce total utilizada de forma direta ou indireta por um consumidor ou produtor, considerando todo o ciclo de vida, sendo expressa em litros de água utilizados por quilograma de alimentos consumido (litros/kg) (Egan, 2011).

A pegada de carbono pode ser definida como a quantidade de gases de efeito estufa expressa em carbono equivalente (CO₂eq) que são emitidos na atmosfera por um indivíduo, produto, processo, organização ou evento dentro do limite especificado, considerando todo o ciclo de vida (Pandey; Agrawal; Pandey, 2011).

A pegada ecológica é uma ferramenta que contabiliza quanto a humanidade demanda da capacidade regenerativa da biosfera, considerando as demandas de produção de recursos renováveis e de assimilação de carbono, comparando-as com os “ativos” ecológicos do planeta, avaliando de forma combinada os impactos antropogênicos que normalmente são avaliados separadamente – emissão de carbono, mudança no uso da terra, consumo de biodiversidade, etc. (Galli *et al.*, 2011).

Pesquisas demonstraram que padrões alimentares com alto consumo de alimentos de origem animal (Hallström; Carlsson-Kanyama; Börjesson, 2015) e de ultraprocessados apresentaram maior impacto negativo ao meio ambiente, enquanto padrões de dietas tradicionais, como a mediterrânea, por exemplo, apresentaram menor impacto. Isso aponta para a necessidade de alterações na ingestão alimentar como necessárias para se preservar a saúde humana e ambiental (European Public Health Association, 2017).

No Brasil, estudos que realizaram estimativa de pegadas ambientais de adolescentes com representatividade nacional ainda são escassos, entre os quais destaca-se o resultado que apontou uma estimativa de pegada hídrica média de 2925,9 litros/kg de alimento e maiores médias desse marcador de impacto ambiental entre adolescentes que mais frequentavam fast food e que moravam em regiões mais urbanizadas (Vale *et al.*, 2021a). Diante do exposto, foi observada uma lacuna de conhecimento na perspectiva de reconhecer aspectos da sustentabilidade da alimentação de adolescentes a partir de indicadores ambientais.

Considerando que esse é um público- base para as ações de desenvolvimento sustentável (Sheehan *et al.*, 2017), que suas necessidades nutricionais demandam maiores pegadas ecológicas, hídricas e de carbono (Han; Chai; Liao; 2020) e que a produção de informações sobre o assunto é fundamental para o planejamento de políticas e ações voltadas para a nutrição saudável e sustentável, e para o atendimento aos ODS, o desenvolvimento do presente estudo é justificado. Com isso, o objetivo do presente estudo foi analisar indicadores de sustentabilidade ambiental da alimentação de adolescentes brasileiros e

suas associações com fatores socioeconômicos e de estado nutricional. Finalmente, acredita-se que os resultados desta pesquisa com adolescentes estudantes poderão gerar informações relevantes para qualificar as ações de promoção da alimentação saudável nas escolas (Brasil, 2023).

2 MÉTODO

2.1 CARACTERÍSTICAS DO ESTUDO

Trata-se de um estudo transversal do tipo inquérito com dados da “amostra 2” da Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar (PeNSE) 2015. Tal amostra coletou dados para escolares de 10 a 19 anos, diferente da amostra 1 que avaliou apenas estudantes do nono ano do ensino fundamental como nas PeNSE 2009 e 2012. As PeNSE são realizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em parceria com o Ministério da Saúde e Ministério da Educação do Brasil.

Em 2015, ocorreu uma expansão da população de adolescentes escolares estudada em relação às coletas de 2009 e 2012. Por isso, optou-se por analisar os dados de 2015 para a estimativa do presente estudo como possibilidade de iniciar a avaliação dos indicadores ambientais da alimentação representativos da população de adolescentes escolares do Brasil (Brasil, 2016). Após a disponibilização desse primeiro banco de dados com amostra ampliada, o IBGE publicou os dados de 2019 e iniciou a coleta dos dados de 2024 que ainda não estão disponíveis para pesquisadores. Futuramente, os dados desses três estudos poderão ser comparados para avaliação dos aspectos de alimentação e sustentabilidade relacionados a esse público ao longo do tempo.

Com relação aos aspectos éticos, a PeNSE 2015 foi aprovada pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (Conep), em 30 de março de 2015 – registro n. 1.006.467 (IBGE, 2016). Além disso, o presente trabalho atendeu às questões de ética em pesquisa dispostas na resolução nº 510 de 07 de abril de 2016 do Conselho Nacional de Saúde (Brasil, 2016).

Nessa edição da PeNSE, foram avaliados 16.608 adolescentes brasileiros (10 a 19 anos), estudantes de escolas públicas e privadas distribuídas por todo o território do Brasil. Consistiu em uma pesquisa com amostragem complexa, na qual os adolescentes responderam a um questionário autoaplicado e foi realizada a coleta de medidas antropométricas por entrevistadores treinados. Outras informações sobre o desenho amostral e coleta de dados podem ser consultadas na publicação do IBGE (Brasil, 2016).

Apesar de representarem apenas adolescentes que estavam matriculados nas escolas, o acesso a essa instituição era de 98,5%, para a população de 6 a 14 anos, e de 84,3% para aqueles de 15 e 17 anos (IBGE, 2015) que justifica a relevância da amostra.

2.2 VARIÁVEIS DO ESTUDO

As variáveis principais foram as médias semanais de pegadas hídrica (litros/kg), ecológica (g-m²/kg) e de carbono (gCO₂eq/kg) que foram estimadas para a alimentação de cada adolescente a partir os seguintes passos: (1) estimativa das pegadas médias para cada um dos sete marcadores de alimentação da PeNSE 2015 segundo banco de Garzillo *et al.* (2019); (2) estimativa de *per capita* médios de 2015 para cada um desses sete marcadores de alimentação para espaços urbanos e rurais de cada uma das cinco regiões brasileiras com base nos dados das Pesquisas de Orçamentos Familiares (POF) de 2009 (IBGE, 2010) e de 2018 (IBGE, 2019); (3) desenvolvimento de fatores semanais médios de pegadas hídrica, ecológica e de carbono por marcador de alimento, dia, local de moradia e região geográfica; e (4) estimativa das pegadas hídrica, ecológica e de carbono da alimentação de cada adolescente

resultante do produto entre as pegadas de cada marcador de alimentos e sua frequência de consumo semanal (Vale *et al.*, 2021b).

As variáveis secundárias foram: sexo (masculino e feminino), idade em anos (menos de 15 e 15 ou mais); estado nutricional (magreza, eutrofia e excesso de peso); padrão alimentar (maior risco nutricional e menor risco nutricional); escola (pública e privada); espaço (urbano e rural); Brasil e macrorregião geográfica (Norte, Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste).

O estado nutricional foi calculado a partir do indicador IMC-Idade a partir dos dados de sexo, peso, estatura e idade. O IMC foi calculado pela fórmula $[\text{peso (kg)} / \text{altura}^2 \text{ (m)}]$ e o banco de dados foi processado no software WHO AnthroPlus (WHO, 2016). Os pontos de corte para avaliação do estado nutricional foram as referências da WHO (2006). O indicador de IMC-Idade foi categorizado em magreza (IMC-I < Escore-z -2), eutrofia (IMC-I \geq Escore-z -2 e < Escore-z +1) e excesso de peso (IMC-I \geq Escore-z +1).

A estimativa de padrões alimentares foi realizada a partir das variáveis de frequência semanal de consumo de sete marcadores de alimentação. A Análise de Cluster por procedimento não hierárquico (*k-means*) foi aplicada para criação de dois *clusters* chamados de “padrão alimentar de maior risco nutricional”, caracterizado pela menor frequência semanal de consumo de feijões, frutas, legumes e verduras, e maior de ultraprocessados salgados, guloseimas, refrigerantes e salgados fritos; e “padrão alimentar de menor risco nutricional”, caracterizado pelo maior consumo de feijões, frutas, legumes e verduras, e menor consumo dos demais alimentos marcadores analisados (Vale *et al.*, 2022). Além disso, a estimativa de cada pegada (hídrica, ecológica e de carbono) foi realizada para cada um dos sete grupos de alimentos: feijões, frutas, legumes e verduras, ultraprocessados salgados, refrigerantes, guloseimas e salgados fritos (Vale *et al.*, 2021b).

2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Estatísticas descritivas foram empregadas para estimar médias e intervalos de confiança (IC95%) para as pegadas hídrica, ecológica e de carbono para o Brasil e cada variável secundária. Essas estimativas consideraram o efeito do desenho amostral e os fatores de expansão da amostra.

Com o objetivo de identificar associações entre as categorias de pegadas e outras variáveis, empregamos a Análise de Correspondência. Essa técnica estatística gerou mapas multidimensionais a partir de três tabelas de contingência que foram construídas considerando o desenho amostral. Nessas tabelas, os quintis das pegadas foram comparados com as variáveis secundárias. As análises foram realizadas no software XLSTAT®.

3 RESULTADOS

Entre os adolescentes avaliados pela pesquisa, a maioria foi do sexo masculino (50,8%), com idade de 15 anos ou mais (53,9%), estudantes de escolas públicas (74,8%), moradores de áreas urbanas (94,8%) e das regiões Sudeste (40,2%) e Nordeste (29,5%) do Brasil (Tabela 1).

As estimativas das pegadas médias semanais de carbono, hídrica e ecológica referentes à alimentação de adolescentes brasileiros foram, respectivamente, 1206 gCO₂eq/kg (IC95%: 1192-1219), 2760 litros/kg (IC95%: 2730-2789) e 8,07 g-m²/kg (IC95%: 7,99-8,16). Verifica-se que estimativas foram maiores entre os indivíduos com padrão alimentar de maior risco nutricional e moradores das regiões Sul e Sudeste (Tabela 1).

Tabela 1 – Análise descritiva semanal das pegadas semanais hídrica, e cológica e de carbono da alimentação de adolescentes brasileiros (n = 16.608) segundo variáveis secundárias. PeNSE, 2015.

Variável	População	Pegada de carbono (gCO ₂ eq/kg/semana)		Pegada hídrica (litros/kg/semana)		Pegada ecológica (g-m ² /kg/semana)			
	%	Média	IC 95%	Média	IC 95%	Média	IC 95%		
Sexo									
Masculino	50,8	1221,1	1201,0-1241,1	2833,5	2789,6	2877,4	8,23	8,10	8,36
Feminino	49,2	1189,9	1170,5-1209,4	2684,2	2642,9	2725,5	7,91	7,79	8,03
Idade em anos									
Menos de 15	46,1	1178,8	1160,4-1197,2	2776,7	2736,0	2817,5	8,02	7,90	8,14
15 ou mais	53,9	1228,6	1208,1-1249,2	2745,7	2702,5	2788,9	8,12	7,99	8,25
IMC-idade									
Magreza	2,7	1285,9	1202,4-1369,3	2777,5	2595,1	2959,9	8,31	7,78	8,83
Eutrofia	70,7	1219,8	1203,1-1236,5	2770,9	2735,3	2806,4	8,13	8,02	8,23
Excesso de peso	26,6	1160,5	1133,9-1187,1	2729,3	2670,7	2787,8	7,91	7,74	8,08
Padrão alimentar (PA)									
PA de menor risco	61,6	910,1	896,4-923,8	2379,8	2346,4	2413,2	6,56	6,46	6,65
PA de maior risco	38,4	1680,2	1660,4-1700,1	3370,0	3319,9	3420,2	10,51	10,37	10,65
Escola									
Pública	74,8	1195,7	1180,4-1211,0	2753,3	2720,8	2785,7	8,03	7,94	8,13
Privada	25,2	1270,2	1243,8-1296,6	2802,8	2745,7	2859,8	8,34	8,17	8,50
Área									
Urbana	94,8	1235,9	1222,0-1249,9	2837,3	2807,2	2867,4	8,31	8,22	8,39
Rural	5,2	750,4	696,1-804,6	1594,2	1499,6	1688,8	4,57	4,28	4,85
Região geográfica									
Norte	9,5	865,4	838,5-892,3	1836,6	1788,3	1884,9	5,48	5,33	5,63
Nordeste	29,5	1019,2	995,1-1043,4	2103,5	2060,2	2146,9	6,18	6,05	6,31
Sudeste	40,2	1341,4	1315,7-1367,1	3185,5	3127,8	3243,3	9,30	9,13	9,46
Sul	13,2	1513,2	1482,6-1543,8	3565,4	3496,9	3633,8	10,50	10,30	10,70
Centro-Oeste	7,7	1104,5	1081,2-1127,7	2807,8	2753,2	2862,4	7,98	7,83	8,14
Brasil		1205,7	1192,0-1219,4	2759,9	2730,8	2789,1	8,07	7,99	8,16

Fonte: Autores

O modelo dos fatores associados aos quintis de pegadas de carbono entre adolescentes brasileiros identificou que estavam associados ao primeiro quintil dessa pegada aqueles com padrão alimentar de menor risco nutricional, moradores da região Norte e Nordeste e de espaços rurais. Os adolescentes do último quintil de pegada de carbono tinham padrão alimentar de maior risco nutricional e eram da Região Sul (Figura 1).

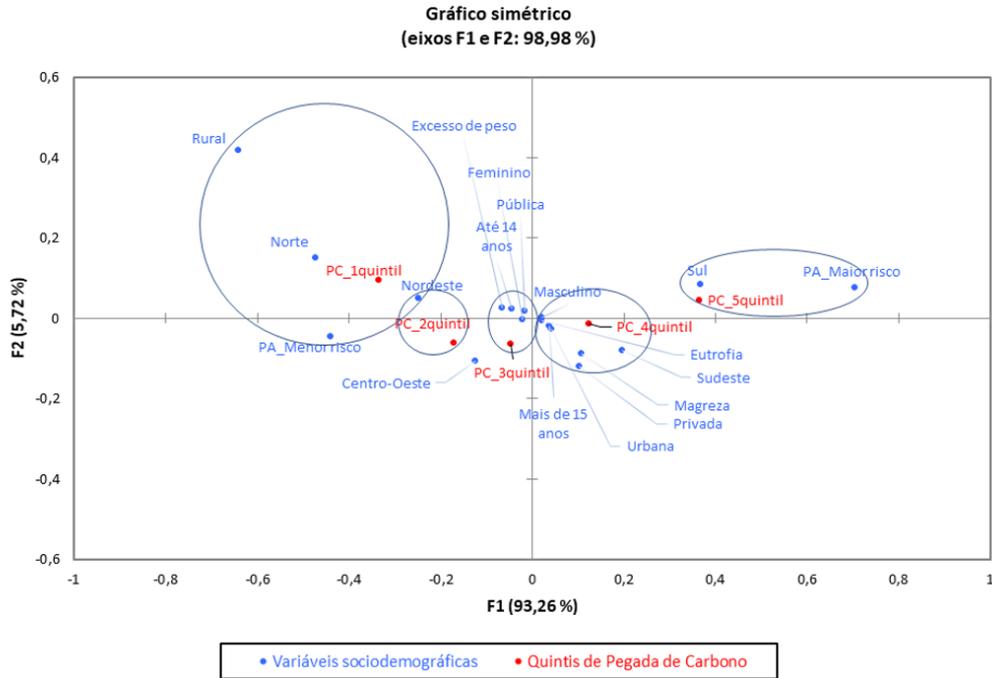


Figura 1 – Análise de Correspondência aplicada à pegada de carbono (PC) da alimentação e variáveis secundárias entre adolescentes do Brasil. PeNSE, 2015.

Fonte: Autores

As menores pegadas hídricas também foram identificadas em adolescentes com padrão alimentar de menor risco nutricional, de áreas rurais e das regiões Norte e Nordeste; enquanto aqueles com padrão alimentar de maior risco nutricional e moradores do Sul e Sudeste estavam associados ao último quintil dessa pegada (Figura 2).

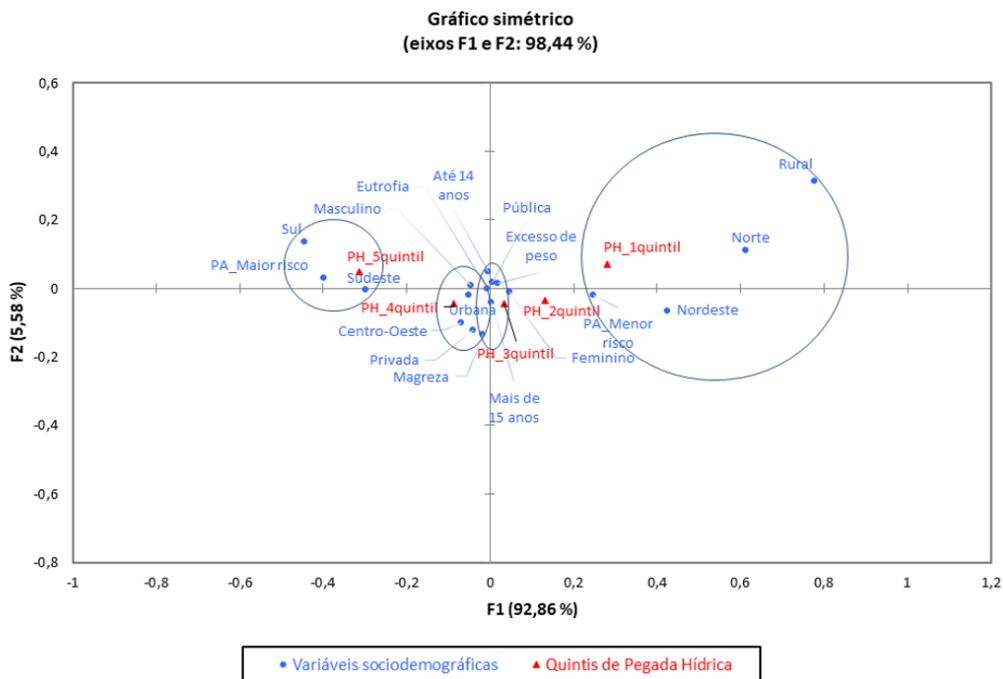


Figura 2 – Análise de Correspondência aplicada à pegada hídrica (PH) da alimentação e variáveis secundárias entre adolescentes do Brasil. PeNSE, 2015.

Fonte: Autores

Para o primeiro e último quintil de pegadas ecológicas, foram encontradas associações idênticas a análises de pegada hídrica (Figura 3). Quanto aos quintis intermediários para as três pegadas, parece existir uma tendência de agrupamento dos indivíduos urbanos, com magreza ou eutrofia, de escolas privadas e com 15 ou mais anos de idade nos piores estratos de sustentabilidade, ou seja, maiores pegadas hídrica, ecológica e de carbono.

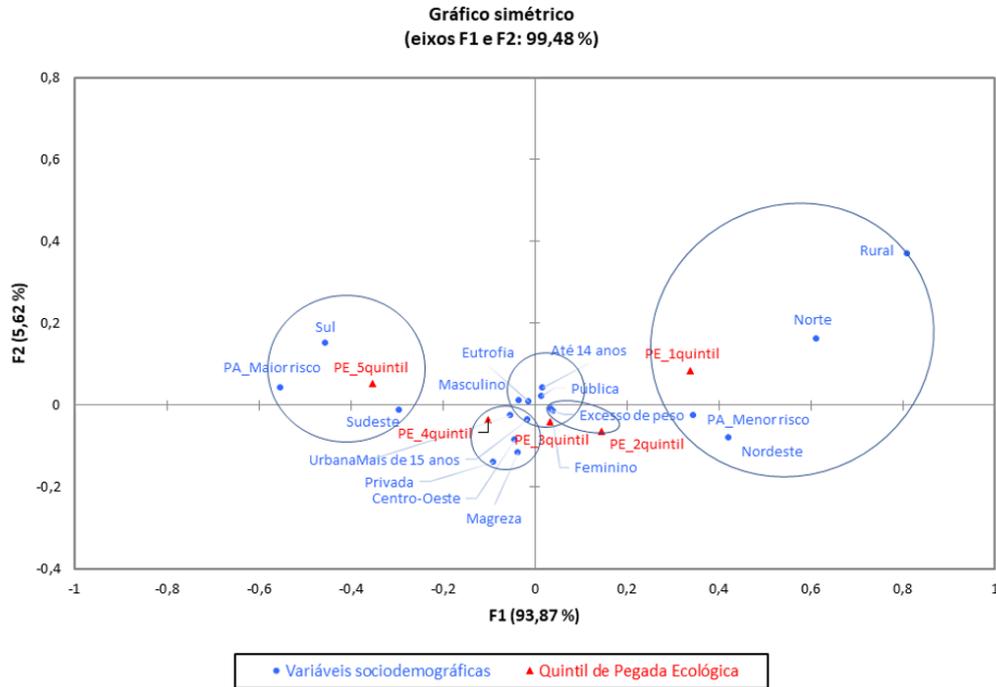


Figura 3 – Análise de Correspondência aplicada à pegada ecológica (PE) da alimentação e variáveis secundárias entre adolescentes do Brasil. PeNSE, 2015.

Fonte: Autores

4 DISCUSSÕES

Os resultados do presente estudo destacaram que os piores marcadores de sustentabilidade da alimentação foram identificados para adolescentes com padrão alimentar de maior risco nutricional e das regiões Sul e Sudeste do Brasil, e os menores valores de pegadas hídrica, ecológica e de carbono ocorreram entre os indivíduos com padrões alimentares de menor risco nutricional e das regiões Norte e Nordeste. Esses resultados demonstram a forte relação dos alimentos ultraprocessados (salgadinhos e refrigerantes) com o maior impacto ambiental negativo. Por conseguinte, estimulam a discussão sobre o maior consumo de ultraprocessados e seu maior impacto nutricional e ambiental, colocando-se como um dos desafios para a alimentação saudável e sustentável.

De forma semelhante, Andrade *et al.* (2023) identificaram um elevado percentual de participação dos alimentos ultraprocessados na dieta de crianças e adolescentes franceses (44,2% e 44,5% da ingestão total de energia, respectivamente). Além disso, uma pesquisa com adolescentes libaneses identificou aumento significativo das pegadas ambientais com o maior consumo de produtos cárneos e bebidas açucaradas (Naja *et al.*, 2020).

Pesquisas com indivíduos adultos, que também utilizaram questionários de frequência alimentar como forma de avaliação do consumo alimentar, demonstraram que dietas que contêm alto consumo de alimentos de origem animal e ultraprocessados apresentaram maior impacto negativo ao meio

ambiente, enquanto padrões de dieta mediterrâneos apresentaram menor impacto, demonstrando que alterações na dieta são necessárias para se preservar a saúde humana e ambiental (Grosso *et al.*, 2020).

Os sistemas alimentares atuais são considerados como uma das principais causas do fenômeno da sindemia global. Esse processo é marcado pelas alterações dos padrões alimentares com aumento no consumo de alimentos processados e ultraprocessados. Esses alimentos, apesar de conseguirem suprir as necessidades energéticas, caracterizam-se pela baixa qualidade nutricional atrelada a processos produtivos com efeitos negativos diretos ao ambiente, como o uso de recursos naturais em alta demanda, geração de resíduos, emissão de gases de efeito estufa, desmatamento, degradação do solo e perda da biodiversidade sendo, por isso, considerados como a força motriz da sindemia (Gebhardt *et al.*, 2020; Swinburn *et al.*, 2019).

Nesta pesquisa, verificou-se um consumo alimentar menos sustentável entre adolescentes das regiões Sul e Sudeste. Tais regiões são as que possuem maiores proporções de territórios com estabelecimentos que vendem alimentos ultraprocessados (Caisan, 2018). Esse perfil alimentar remete ao maior impacto ambiental negativo em territórios com maior escassez de biodiversidade, como nessas macrorregiões de elevada urbanização. É importante destacar que o impacto ambiental desse consumo alimentar não repercute apenas nesses espaços, pois a produção de alimentos ocorre em diferentes territórios, normalmente com menor desenvolvimento urbano, seguindo uma lógica das monoculturas de exportação e que não fomentam os circuitos curtos de produção e consumo.

A forma de expansão da agricultura no Brasil, por exemplo, coloca em risco funções do ecossistema e da megabiodiversidade, que são importantes para a própria produção agrícola (Martinelli; Filoso, 2009). Diante disso, o consumo alimentar da população de um território não afeta apenas os sistemas alimentares que coexistem naquele espaço, essa prática negativa demanda recursos naturais disponíveis naquele ambiente imediato e de outros espaços envolvidos da produção ao descarte dos alimentos.

A identificação dos produtos alimentícios ultraprocessados e seus efeitos ambientais nos territórios e para a saúde planetária, e não só como alimentos de repercussão negativa para a saúde individual, pode ser uma estratégia interessante de educação alimentar e nutricional dos adolescentes. Estudo sobre consumidores de alimentos que se preocupavam com sustentabilidade identificou que esses apresentavam como característica “serem abertos a experiências” (Feil *et al.*, 2020). Sabe-se que esse é um perfil social comum entre pessoas no período da adolescência diante das mudanças biológicas, psicossociais e formação de identidades (Alonso-Stuyck, 2020).

Verifica-se que é possível melhorar a sustentabilidade da dieta sem alterações drásticas nos hábitos alimentares, mesmo em padrões não vegetarianos. Muitos desses padrões demonstram boa compatibilidade com as dimensões nutricional, ambiental, de acessibilidade e aceitabilidade (Perignon *et al.*, 2017). Para tanto, é necessário aliar menor consumo de alimentos de origem animal e menor consumo de alimentos ultraprocessados como recomendado pelo Guia Alimentar para População Brasileira (Brasil, 2014).

Diante dessa possibilidade, pode-se intensificar as ações de educação alimentar e nutricional para os adolescentes pautadas nas questões de sustentabilidade e na agroecologia (Ronto *et al.*, 2016). A educação para a sustentabilidade deve focalizar a construção de uma cultura socioecológica, voltada à proteção do ser humano e da natureza (Pereira; Calgato, 2019), e de sustentabilidade integral (Boff, 2017). Essas questões são cada vez mais discutidas com os adolescentes nos ambientes escolares (Derqui; Grimaldi; Fernandez, 2020) e familiares (Queiroz *et al.*, 2020), e devem trazer efeitos positivos para a saúde planetária.

Nesse contexto, o marco de referência da educação alimentar e nutricional brasileiro aponta como seus dois primeiros princípios estruturantes: a sustentabilidade social, ambiental e econômica; e a abordagem do sistema alimentar, na sua integralidade (Brasil, 2012). Esses são pontos, fomentados

pelas diversas metas dos ODS, como, por exemplo, da ODS 13: “melhorar a educação, aumentar a conscientização e a capacidade humana e institucional sobre mitigação, adaptação, redução de impacto e alerta precoce da mudança do clima” (United Nations, 2015).

Com base nessas recomendações, as escolas podem ser um espaço propício a discussões sobre alimentação e sustentabilidade com adolescentes. Percebe-se que nesse espaço estão inseridas temáticas sobre mudanças e impactos ambientais, porém, comumente, a inserção das temáticas relacionadas à alimentação, ocorre no contexto do desperdício de alimentos, podendo ser exploradas questões sobre os sistemas alimentares e a sustentabilidade nas suas dimensões ambiental, econômica e social (Brasil, 2012). Com isso, pode-se trabalhar a alimentação e nutrição adequadas com adolescentes em consonância aos ODS.

No Brasil, essa discussão foi incorporada no Guia Alimentar da População Brasileira (Brasil, 2014) e nas ações do Pnae (Brasil, 2020). Entretanto, o golpe contra o Sistema de Segurança Alimentar, com a extinção do Conselho de Segurança Alimentar (Consea) nacional em 2018, levou a um contexto de paralisação dessas ações (Castro, 2019), sendo retomadas apenas em 2023. É evidente que as mudanças de hábitos alimentares estão interconectadas com realidades de vida, as quais no Brasil são marcadas por iniquidades sociais que interferem no exercício do direito humano à alimentação adequada e saudável.

Com a retomada das instâncias de controle social nacionais de segurança alimentar e nutricional, algumas ações de Saúde Coletiva precisam ser colocadas como prioridades nas agendas públicas para superação dessas desigualdades injustas, como: a qualificação da temática da sustentabilidade e da agroecologia na Política Nacional de Alimentação e Nutrição (Brasil, 2013); o desenvolvimento de programas de rotulagem de alimentos eficiente, com possível incorporação de indicadores de sustentabilidade, além dos nutricionais; fomento público aos sistemas alimentares sustentáveis e resilientes; e a taxação para produção e comercialização de ultraprocessados no Brasil (Mendoza-Velázquez; Aguirre Sedeño, 2019; Ribal; Sanjuán, 2020). Diante desse contexto, destaca-se que a avaliação da sustentabilidade perpassa diversos aspectos políticos e sociais que, evidentemente, não podem ser resumidos à dicotomia da produção e do consumo (Hatjiathanassiadou; Rolim; Seabra, 2023; Triches; Schneider, 2015).

Por fim, vale destacar a seguir algumas limitações deste estudo. A primeira é a não avaliação do consumo alimentar total, tendo ficado restrito a sete marcadores alimentares semanais sem inclusão de alimentos fontes de proteína animal, como carnes e laticínios in natura ou minimamente processados. Sabe-se que esses alimentos representam grande contribuição nos indicadores ambientais (Notarnicola et al., 2017). Porém, a inclusão da categoria alimentos ultraprocessados salgados, que são compostos por ingredientes de origem animal, permitiu incorporar o efeito de alguns desses alimentos em sua forma mais crítica – embutidos, enlatados e congelados prontos para o consumo (Garzillo et al., 2022).

Em segundo lugar, o ano de coleta dos dados (2015) que, certamente, não representam a realidade atual na qual crescem as prevalências de sobrepeso e obesidade, e de consumo de produtos alimentícios ultraprocessados no Brasil. Por isso, a realização de estudos futuros a partir de dados mais recentes é fundamental para compreender as possíveis associações com a transição alimentar que tende ao maior risco nutricional e para a sustentabilidade decorrente das ações da indústria agroalimentar no Brasil (Hassan et al., 2025). Provavelmente, quando forem disponibilizados os resultados da PeNSE 2024 (após a pandemia), espera-se identificar uma pior situação no cenário da sustentabilidade associada à alimentação entre esse grupo etário associados ao maior comércio e consumo de alimentos ultraprocessados.

Embora a inclusão dos impactos ambientais em recomendações alimentares para crianças e adolescentes seja pouco convencional na literatura científica, é fundamental que esses sejam incluídos nas agendas de políticas públicas de conscientização sobre os impactos das dietas na saúde e no meio ambiente (Hollis et al., 2020). Assim, ações com adolescentes podem contribuir para a promoção de uma alimentação adequada, saudável e sustentável de maneira mais efetiva (Lanhan; Pols, 2024)

ao considerar contextos multidimensionais (Kenny *et al.*, 2023) associados aos padrões alimentares baseados em ultraprocessados e em ambientes alimentares de territórios mais urbanizados.

5 CONCLUSÕES

Diante do exposto, baseado nos dados da pesquisa do ano de 2015, verifica-se que entre os adolescentes brasileiros os piores indicadores de sustentabilidade foram associados a padrões alimentares caracterizados pela presença de alimentos ultraprocessados e a residir em regiões mais urbanizadas. Esse contexto chama atenção para a necessidade de considerar os ambientes alimentares como moduladores das escolhas individuais e do impacto ambiental da alimentação. Portanto, as informações do presente estudo devem ser consideradas no processo de vigilância e gestão do cuidado dos adolescentes brasileiros para que ações de segurança alimentar e nutricional sejam desenvolvidas levando em conta os princípios da sustentabilidade. A partir disso, as ações públicas no âmbito das instituições de saúde e de educação poderão estruturar ambientes alimentares frequentados por adolescentes (escolas, restaurantes e espaços públicos) com o objetivo de fomentar sistemas alimentares mais saudáveis e sustentáveis, e promotores de saúde.

REFERÊNCIAS

ALONSO-STUYCK, P. Parenting and healthy teenage lifestyles. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, p. 1-15, 2020. Available in: <https://doi.org/10.3390/ijerph17155428>

ANDRADE, G. C. et al. Ultra-processed food consumption and NCD-related dietary nutrient profile in a national sample of French children and adolescents. **J Public Health**, v. 31, p. 1547–1557, 2023. Available in: <https://doi.org/10.1007/s10389-022-01693-4>

BELGACEM, W. et al. Changing dietary behavior for better biodiversity preservation: a preliminary study. **Nutrients**, v. 13, n. 2076, 2021. Available in: <https://doi.org/10.3390/nu13062076>

BOFF, L. **Sustentabilidade: o que é, o que não é**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2017.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. Secretaria Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional. **Marco de Referência de Educação Alimentar e Nutricional para as Políticas Públicas**. MDS, 2012. Available in: https://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/seguranca_alimentar/marco_EAN.pdf

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. **Política Nacional de Alimentação e Nutrição**. Ministério da saúde, 2013. Available in: https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/politica_nacional_alimentacao_nutricao.pdf

BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Guia Alimentar para a População Brasileira**. Ministério da Saúde, 2014. Available in: https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. **Marco de Referência da Vigilância Alimentar e Nutricional na Atenção Básica**. Ministério da Saúde, 2015. Available in: https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/marco_referencia_vigilancia_alimentar.pdf

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução n. 510, de 07 de abril de 2016**. Brasília: Planalto, 2016. Available in: <https://www.gov.br/conselho-nacional-de-saude/pt-br/acao-a-informacao/legislacao/resolucoes/2016/resolucao-no-510.pdf/view>

BRASIL. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Conselho Deliberativo. **Resolução n. 06, de 08 de maio de 2020**. Brasília: Planalto, 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Análise em Saúde e Vigilância de Doenças Não Transmissíveis. **Plano de Ações Estratégicas para o Enfrentamento das Doenças Crônicas e Agravos não Transmissíveis no Brasil 2021-2030**. Brasília: Ministério da Saúde, 2021. Available in: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/doencas-cronicas-nao-transmissiveis-dcnt/09-plano-de-dant-2022_2030.pdf/view

BRASIL. Decreto n. 11.821, de 12 de dezembro de 2023. Dispõe sobre os princípios, os objetivos, os eixos estratégicos e as diretrizes que orientam as ações de promoção da alimentação adequada e saudável no ambiente escolar. **Diário Oficial da União**, Brasília, 13 dez. 2023. Available in: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/decreto/d11821.htm.

CÂMARA INTERMINISTERIAL DE SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL. **Estudo Técnico**: mapeamento dos desertos alimentares no Brasil. Brasília: Secretaria-Executiva da Câmara Interministerial de Segurança Alimentar e Nutricional do Ministério do Desenvolvimento Social, 2018. Available in: https://aplicacoes.mds.gov.br/sagirmsp/noticias/arquivos/files/Estudo_tecnico_mapeamento_desertos_alimentares.pdf.

CARVALHO, J. R. M. C. et al. Proposta e validação de indicadores hidroambientais para bacias hidrográficas: estudo de caso na sub-bacia do alto curso do Rio Paraíba, PB. **Sociedade & Natureza**, v. 23, n. 2, 2011. Available in: <https://doi.org/10.1590/S1982-45132011000200012>

CASTRO, I. R. R. A extinção do Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional e a agenda de alimentação e nutrição. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 35, 2019. Available in: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00009919>

ÇAKMAKÇI, R.; SALIK, M. A.; ÇAKMAKÇI, S. Assessment and Principles of Environmentally Sustainable Food and Agriculture Systems. **Agriculture**, v. 13, n. 5, p. 1073, 2023. Available in: <https://doi.org/10.3390/agriculture13051073>

DERQUI, B.; GRIMALDI, D.; FERNANDEZ, V. Building and managing sustainable schools: the case of food waste. **Journal of Cleaner Production**, v. 243, 2020. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118533>

DIXON, K. A.; MICHELSEN, M. K.; CARPENTER, C. L. Modern Diets and the Health of Our Planet: an investigation into the environmental impacts of food choices. **Nutrients**, v. 15, n. 3, 2023. Available in: <https://doi.org/10.3390/nu15030692>

EGAN, M. The Water Footprint Assessment Manual. Setting the Global Standard. **Social and Environmental Accountability Journal**, v. 31, 2011. Available in: https://waterfootprint.org/resources/TheWaterFootprintAssessmentManual_English.pdf

EUROPEAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Healthy and Sustainable Diets for European Countries**. 2017. Available in: https://eupha.org/repository/advocacy/EUPHA_report_on_healthy_and_sustainable_diets_20-05-2017.pdf

FEIL, A. A. et al. Profiles of sustainable food consumption: consumer behavior toward organic food in southern region of Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 258, 2020. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120690>

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Sustainable Diets and Biodiversity: directions and solutions for policy, research and action. **Proc. Int. Sci. Symp.** 2010. Available in: <https://www.fao.org/4/i3004e/i3004e.pdf>. Access at: 17 jul. 2024.

FORERO-CANTOR, G.; RIBAL, J.; SANJUÁN, N. Levying carbon footprint taxes on animal-sourced foods. A case study in Spain. **Journal of Cleaner Production**, v. 243, 2020. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118668>

GALLI, A. et al. Integrating Ecological, Carbon and Water footprint into a “footprint Family” of indicators: definition and role in tracking human pressure on the planet. **Ecological Indicators**, v. 16, n. 4, 2012. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.017>

GARZILLO, J. M. F. et al. **Pegadas dos alimentos e das preparações culinárias consumidos no Brasil**. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP, 2019. Available in: <https://www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/view/393/345/1602>

GARZILLO, J. M. F. et al. Ultra-processed food intake and diet carbon and water footprints: a national study in Brazil. **Revista de Saúde Pública**, v. 28, n. 56, 2022. Available in: <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2022056004551>

GEBHARDT, B. et al. Assessing the sustainability of natural and artificial food colorants. **Journal of Cleaner Production**, v. 260, 2020. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120884>

GROSSO, G. et al. Environmental impact of dietary choices: role of the mediterranean and other dietary patterns in an Italian cohort. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, 2020. Available in: <https://doi.org/10.3390/ijerph17051468>

HALLSTRÖM, E.; CARLSSON-KANYAMA, A.; BÖRJESSON, P. Environmental impact of dietary change: a systematic review. **Journal of Cleaner Production**, v. 91, 2015. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.008>

HAN, A.; CHAI, L.; LIAO, X. Demographic Scenarios of Future Environmental Footprints of Healthy Diets in China. **Foods**, v. 9, n. 8, 2020. Available in: <https://doi.org/10.3390/foods9081021>

HARRIS, F. et al. The Water Footprint of Diets: a global systematic review and meta-analysis. **Advances in nutrition**, v. 11, 2020. Available in: <https://doi.org/10.1093/advances/nmz091>

HASSAN, B. K. et al. Disputes over the agenda to promote adequate and healthy eating: how the agri-food sector interfered in the Brazilian tax reform. **Social Science & Medicine**, v. 371, 2025. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2025.117747>.

HATJIATHANASSIADOU, M.; ROLIM, P. M.; SEABRA, L. M. A. J. Nutrition and its footprints: using environmental indicators to assess the nexus between sustainability and food. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 6, 2023. Available in: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1078997>

HOLLIS, J. L. et al. Defining healthy and sustainable diets for infants, children and adolescents. **Global Food Security**, v. 27, p. 100401, 2020. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100401>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009**: aquisição alimentar domiciliar per capita. IBGE, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Síntese de indicadores sociais**: uma análise das condições de vida da população brasileira 2015. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 132 p. Available in: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoedevida/indicadoresminimos/sinteseindicsoais2015/default.shtm>. Access at: 12 ago. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Coordenação de População e Indicadores Sociais. **Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar**: 2015. IBGE, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Diretoria de Pesquisas. Coordenação de População e Indicadores Sociais. **Pesquisa de Orçamentos Familiares: 2017 – 2018**. Primeiros Resultados. IBGE: 2019.

KENNY, T. A. et al. Consumer attitudes and behaviors toward more sustainable diets: a scoping review. **Nutrition reviews**, v. 81, n. 12, 2023. Available in: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuad033>

LANHAM, A. R.; POLS, J. C. V. Toward Sustainable Diets-Interventions and Perceptions Among Adolescents: a scoping review. **Nutrition reviews**, v. 0, p. 1-17, 2024. Available in: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuae052>

MAIA, E. G. et al. Dietary patterns, sociodemographic and behavioral characteristics among Brazilian adolescents. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 21, 2018. Available in: <https://doi.org/10.1590/1980-549720180009.supl.1>

MARTINELLI, L. A.; FILOSO, S. Balance between food production, biodiversity and ecosystem services in Brazil: a challenge and an opportunity. **Biota Neotropica**, v. 9, 2009. Available in: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032009000400001>

MENDOZA-VELÁZQUEZ, A.; AGUIRRE SEDEÑO, D. Impuesto especial a alimentos y bebidas y su impacto en la inflación en México: dinámica, persistencia y cambio de régimen. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 43, n. 1, 2019. Available in: <https://doi.org/10.26633/RPSP.2019.88>

MOTA, J. C.; VASCONCELOS, A. G. G.; ASSIS, S. G. Análise de correspondência como estratégia para descrição do perfil da mulher vítima do parceiro atendida em serviço especializado. **Revista Ciência e Saúde Coletiva**, v. 12, 2007. Available in: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232007000300030>

NAJA, F. et al. Changes in Environmental Footprints Associated with Dietary Intake of Lebanese Adolescents Between the Years 1997 and 2009. **Sustainability**, v. 12, 2020. Available in: <https://doi.org/10.3390/su12114519>

NOTARNICOLA, B. et al. Environmental impacts of food consumption in Europe. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, 2017. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.080>

PANDEY, D.; AGRAWAL, M.; PANDEY, J. S. Carbon footprint: current methods of estimation. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 178, 2011. Available in: <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1678-y>

PEREIRA, A. O. K.; CALGARO, C. Os danos socioambientais na sociedade moderna consumocentrista: a continuação do antropocentrismo em desfavor a uma cultura socioecológica expressa pelos direitos da natureza. **Revista de Direito e Sustentabilidade**, v. 5, 2019. Available in: <https://doi.org/10.26668/IndexLawJournals/2525-9687/2019.v5i2.5785>

PERIGNON, M. et al. Improving diet sustainability through evolution of food choices: review of epidemiological studies on the environmental impact of diets. **Nutrition Reviews**, v. 75, 2017. Available in: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuw043>

QUEIROZ, P. et al. Self and nature: parental socialization, self-esteem, and environmental values in Spanish adolescents. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, 2020. Available in: <https://doi.org/10.3390/ijerph17103732>

RAN, Y. et al. Environmental assessment of diets: overview and guidance on indicator choice. **The Lancet Planetary Health**, v. 8, n. 3, 2024. Available in: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(24\)00006-8](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(24)00006-8)

RONTO, R. et al. Adolescents' perspectives on food literacy and its impact on their dietary behaviours. **Appetite**, v. 107, 2016. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.09.006>

SHEEHAN, P. et al. Building the foundations for sustainable development: a case for global investment in the capabilities of adolescents. **The Lancet**, v. 390, 2017. Available in: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30872-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30872-3)

SOUSA, J. G. et al. Atividade física e hábitos alimentares de adolescentes escolares: pesquisa nacional de saúde do escolar (Pense), 2015. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 13, 2019. Available in: <https://www.rbne.com.br/index.php/rbne/article/view/1259>

SWINBURN, B. A. et al. The Global Syndemic of Obesity, Undernutrition, and Climate Change: the lancet commission report. **The Lancet**, v. 393, 2019. Available in: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32822-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32822-8)

TAVARES, L. F. et al. Dietary patterns of Brazilian adolescents: results of the Brazilian National School-Based Health Survey (PeNSE). **Cadernos de Saúde Pública**, v. 30, 2014. Available in: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00016814>

TRICHES, R. M.; SCHNEIDER, S. Alimentação, sistema agroalimentar e os consumidores: novas conexões para o desenvolvimento rural. **Cuadernos Desarrollo Rural**, v. 12, n. 21, 2015. Available in: <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr12-75.asac>

UNITED NATIONS. **Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development**. 2015, A/RES/70/1. Available in: https://www.unsdsn.org/resources/transforming-our-world-interdisciplinary-insights-on-the-sustainable-development-goals/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwna6_BhCbARISALId2Z0mDisrv0xG8Em6MouRhUrNT3h7SwsI_Zg2L0UzM446act5JZxwZKlaAk3nEALw_wcB

VALE, D. et al. Water footprint of the diet of adolescents in Brazil: relationships with fast food consumption and place of residence. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, 2021a. Available in: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20597>

VALE, D. et al. Food and nutrition surveillance of Brazilian adolescents: possibilities with PeNSE data. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, 2021b. Available in: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19818>

VALE, D. et al. Dietary and Nutritional Profiles among Brazilian Adolescents. **Nutrients**, v. 14, 2022. Available in: <https://doi.org/10.3390/nu14204233>

VON KOERBER, K.; BADER, N.; LEITZMANN, C. Wholesome Nutrition: an example for a sustainable diet. **The Proceedings of the Nutrition Society**, v. 76, 2017. Available in: <https://doi.org/10.1017/S0029665116000616>

WILLETT, W. et al. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. **The Lancet**, v. 393, 2019. Available in: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Nutrition in adolescence: issues and challenges for the health sector**. Issues in adolescent health and development. Geneva: World Health Organization, 2005. Available in: <https://www.who.int/publications/i/item/9241593660>

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Child Growth Standards: length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for-age. Methods and development**. In Proceedings of the Geneva, WHO; 2006. Available in: <https://www.who.int/publications/i/item/924154693X>

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO AnthroPlus**. [computer program]. 2016. Available in: <https://www.who.int/tools/child-growth-standards/software>

Digitalisation and sustainability convergence: leveraging artificial intelligence capabilities to enhance agri-food value chains' sustainability in Africa

*Digitalização e convergência da sustentabilidade:
aplicação da inteligência artificial para melhorar
a sustentabilidade das cadeias de valor
agroalimentares na África*

David Pooe ¹

Watson Munyanyi ²

¹PhD in Business Management, Professor and Acting Director, School of Management,
University of Johannesburg, Johannesburg, GP, South Africa
E-mail: dpooe@uj.ac.za

² PhD in Business Management, Postdoctoral Research Fellow, Department of Business Management,
University of Johannesburg, Johannesburg, GP, South Africa
E-mail: wmunyanyi@hotmail.com

doi:10.18472/SustDeb.v16n1.2025.55859

Received: 19/10/2024
Accepted: 07/04/2025

ARTICLE- VARIA

ABSTRACT

The convergence of digitalisation and sustainability offers transformative potential for Africa's agri-food value chains. By employing structural equation modelling, this paper investigates the convergence of digitalisation and sustainability in Africa's agri-food value chains, including the mediating role of agri-food supply chain resilience. The critical role that Artificial Intelligence plays in enhancing food supply chain resilience in Africa is at the core of this study. This study employs a deductive research approach to achieve the research objective, drawing on established theories to guide the development of the conceptual model and hypotheses. The results underline the importance of AI-driven initiatives such as Farmers' Yield Optimization, Food Retail Demand Prediction, Real-time Data Analysis, and Enhanced Supply Chain Administration in strengthening the resilience of agri-food supply chains. These findings suggest that investing in resilience-building measures can generate long-term benefits for the stability and sustainability of agri-food systems.

Keywords: Agri-food supply chain. Value chains. Artificial Intelligence. Resilience. Sustainability. SDGs.

RESUMO

A convergência entre digitalização e sustentabilidade oferece um potencial transformador para as cadeias de valor agroalimentares na África. Aplicando modelagem de equações estruturais, este artigo

analisa a convergência entre digitalização e sustentabilidade nas cadeias de valor agroalimentares da África, incluindo o papel mediador da resiliência da cadeia de suprimentos agroalimentar. O papel crítico que a Inteligência Artificial desempenha no fortalecimento da resiliência da cadeia de suprimentos de alimentos na África está no centro deste estudo. Esta pesquisa segue uma abordagem dedutiva para alcançar seu objetivo, apoiando-se em teorias consolidadas para orientar o desenvolvimento do modelo conceitual e das hipóteses. Os resultados destacam a importância de iniciativas impulsionadas por IA, tais como Farmers' Yield Optimization (Otimização do Rendimento Agrícola), Food Retail Demand Prediction (Previsão de Demanda no Varejo de Alimentos), Real-time Data Analysis (Análise de Dados em Tempo Real) e Enhanced Supply Chain Administration (Gestão Aprimorada da Cadeia de Suprimentos) na consolidação da resiliência das cadeias de suprimentos agroalimentares. Essas descobertas sugerem que investir em medidas de construção de resiliência pode gerar benefícios de longo prazo para a estabilidade e sustentabilidade dos sistemas agroalimentares.

Palavras-chave: Cadeia de abastecimento agroalimentar. Cadeias de valor. Inteligência Artificial. Resiliência. Sustentabilidade. SDGs.

1 INTRODUCTION

The African continent has remained engulfed in the search for means to elevate agriculture into a viable business activity capable of creating wealth, providing an adequate food supply, and transforming rural communities, thereby reducing poverty. One of the fundamental goals of the United Nations is to eliminate hunger by 2030, a goal underscored by the projected global population growth to 9 billion by 2050 and 11 billion by 2100, which highlights the urgent need for a more sustainable and efficient food production system (Pathan *et al.*, 2020). The continent is making significant strides to attain the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) of no poverty (SDG-1) and food and nutrition security (SDG-2) by 2030. Agricultural sector growth is three to five times more effective in reducing poverty and achieving food security compared to other sectors (Osabohien *et al.*, 2022). However, challenges such as socioeconomic shocks and land grabbing are slowing agricultural productivity, making it crucial to enhance efficiency through value chain development to improve the livelihoods of poor households and achieve key UN Sustainable Development Goals, particularly SDG-1 and SDG-2 (Afesorgbor *et al.*, 2024; Msomi, Zenda, 2024).

Moreover, agri-food value chains (AFVCs) are gaining increasing importance in both developing and developed countries due to their role in advancing environmentally sustainable consumption and production practices, enhancing social welfare, boosting business competitiveness, and driving economic growth (Braun *et al.*, 2023; Joshi *et al.*, 2023).

Over the past two decades, there has been a global increase in AFVCs, and the capacity of these value chains to recuperate from the disruptions has increasingly attracted the attention of scholars and practitioners (Kazancoglu *et al.*, 2024; Lee *et al.*, 2023). Especially in today's vulnerable business environment, where disruptions may occur, and the continuity of operations needs to be guaranteed, supply chain resilience becomes critical (Gaudenzi *et al.*, 2023). The inability to develop the agricultural sector and enhance the value of its products could lead many underdeveloped economies to face the risk of producing low-value commodities, continuing to struggle to secure a significant share of value-added goods in the global market (Harsono *et al.*, 2024; Raji *et al.*, 2024). Agri-food supply chains are crucial for ensuring that food is produced, processed, transported, and distributed safely, efficiently, and sustainably. Moreover, poor AFVCs that do not have the capacity to add value to commodities are highly likely to put many African countries in danger of producing low-value agricultural commodities that cannot compete on the global market hence find it difficult to occupy a meaningful value-added proportion in the global market (Raji *et al.*, 2024). The widespread adoption of technology is essential for increasing employment opportunities and enabling farmers to extend their activities beyond the farmgate (Aldosari *et al.*, 2019). For instance, mobile financial services

such as Kenya's Mobile Money platform M-PESA assist farmers in ordering and paying for services, enhancing their agribusiness operations.

Artificial Intelligence (AI) has emerged as a powerful tool, offering advanced data analytics, predictive modelling, and decision-making capabilities necessary to achieve value addition to commodities and build resilience (Belhadi *et al.*, 2021; Rane, J.; Choudhary; Rane, N., 2024). According to Elufioye *et al.* (2024), AI can significantly enhance various stages of the food supply chain, from production and harvesting to logistics and retail. By integrating AI technologies, stakeholders can achieve greater efficiency, reduce waste, and improve the overall sustainability of the food system while revolutionising agricultural practices through precision agriculture (Javaid *et al.*, 2023). According to Gawande *et al.* (2023), precision agriculture involves using information and communication technology (ICT) to manage spatial and temporal field variability, enabling the identification of management zones with similar field and crop characteristics. Although significant research has been conducted on the fourth industrial revolution and supply chain management, the specific challenges faced by Africa's AFVCs in vulnerable regions still need to be explored. This gap requires attention, especially considering the urgent issues of population growth and climate change in African countries.

2 THEORETICAL FOUNDING

2.1 INFORMATION PROCESSING THEORY (IPT)

According to information processing theory (IPT), utilising IT is an effective strategy for enhancing information sharing and processing capabilities, which are essential for recovering from disruptions (Dubey *et al.*, 2019; Galbraith, 1974). In particular, IT standardises information formats to improve processing capabilities, enabling rapid decision-making and immediate action in response to supply chain disruptions. Additionally, IPT emphasises that an organisation's information processing capabilities must align with the information demands of its operational environment (Galbraith, 1974; Foerstl *et al.*, 2018). In the supply chain realm, IPT stresses that in the event of risky occurrences, supply chain information processing capability will come in handy to allow a firm to meet its information needs, particularly relating to related collaboration among supply chain partners, thereby promoting supply chain resilience (Huang *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2021). Most commonly, IPT is commonly used to illustrate the importance of information processing capability in executing supply chain management practices. These practices encompass resilience (Wong *et al.*, 2020; Gu *et al.*, 2021), information integration (Huang *et al.*, 2021), finance (Yu *et al.*, 2021; Yuan & Li, 2022), and decision-making (Cao *et al.*, 2015).

3 LITERATURE REVIEW

3.1 UNDERSTANDING ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI)

AI relates to the computer systems' capabilities to undertake tasks, such as learning, reasoning, problem-solving, and decision-making, that ordinarily require human intelligence (Belhadi *et al.*, 2021; Rane, N.; Choudhary; Rane, J., 2024). AI in agriculture, also known as smart farming, involves using software applications, sensing technologies, and communication systems to gather land-specific data (Beecham, 2014; Javaid *et al.*, 2023). AI is revolutionising agriculture by promoting precision farming, crop monitoring, and supply chain optimisation, including drones and precision techniques for efficient water and nutrient management (Gupta *et al.*, 2023). The benefits of precision farming include enhanced productivity, reduced use of agrochemicals, minimised soil degradation, and more efficient water usage (Bigliardi *et al.*, 2023). Furthermore, the application of artificial neural networks and genetic algorithms in agricultural systems highlights the advanced use of AI in this domain (Maraveas

et al., 2023). Deep learning, physical robots, computer vision, machine learning, experiential systems, and software robots contribute to efficient farming by precisely assessing soil, water, crops, humidity, temperature, and livestock conditions, enabling resource optimisation (Di Vaio *et al.*, 2020; Li *et al.*, 2025). By integrating the supply chain, facilitating information sharing, and ensuring transparency, adopting Industry 4.0 technologies is expected to significantly improve supply chain management performance (Fatorachian; Kazemi, 2021).

3.2 AGRIC-FOOD VALUE CHAINS (AFVCS)

The growth of globalisation and increased competition have led to longer and more complex agri-food supply chains. Critical challenges in these supply chains include traceability issues, ensuring the safety and quality of products, maintaining consumer trust, and managing inefficiencies (Kazancoglu *et al.*, 2024). These challenges pose significant economic and social risks, particularly as they directly impact public health. AFVCS have become a significant component of Africa's food system, contributing significantly to global food security, poverty alleviation, and international trade (Opoku *et al.*, 2023). The value chains have attracted the attention of diverse stakeholders who continuously analyse and discuss the dynamics and roles that the value chain plays in value addition and value creation for sustainable agriculture. The agricultural value chain comprises the activities undertaken by value chain nodes to ensure that agricultural produce moves from the producer to the final consumers (Trienekens, 2011). Momentous collaborative efforts are essential to introduce, adopt, and adhere to sustainable practices within global agricultural value chains, which face challenges such as environmental constraints, rural poverty, and inequality—issues that severely affect rural regions in developing countries (Dasgupta; Robinson, 2022; Meier; Pinto, 2020).

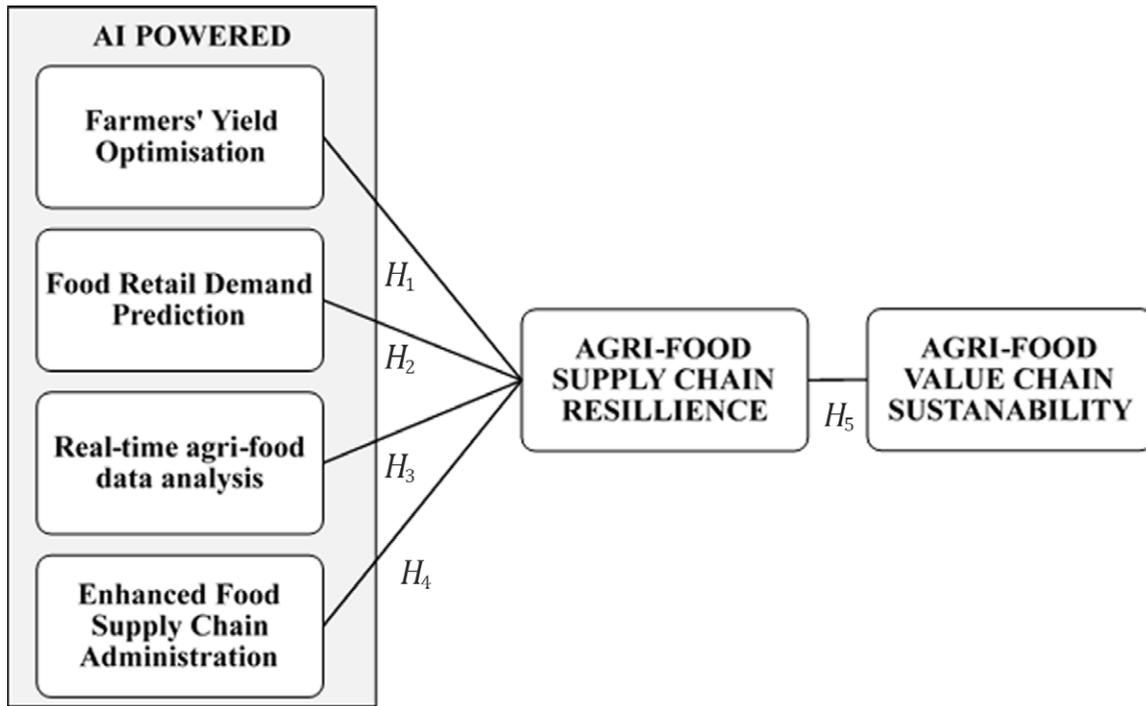
3.3 AGRI-FOOD SUPPLY CHAIN RESILIENCE

Supply chain resilience is defined as the capability of the supply chain to recover from disruptions and maintain the continuity of material, information, and cash flow (Belhadi *et al.*, 2021; Hendry *et al.*, 2019). In the era of unprecedented technological advancements, emerging technologies offer transformative potential, particularly within food supply chains, often considered highly distributed, heterogeneous, and diverse. It requires an agri-business to work with its suppliers and customers to guarantee the integrity of cooperative structures and processes (Corallo *et al.*, 2024). Food supply chains in Africa face challenges, such as a lack of transparency and trust, food scandals, and inefficient information flow, hindering the attainment of several sustainable development goals. In 2020, the lean, agile, and resilient supply chains were severely challenged by the disruptions caused by the Covid-19 global pandemic, which highlighted the need for an entirely new decision-making framework for supply chain practitioners (Belhadi *et al.*, 2021). Covid-19 triggered a negative supply shock that led to the disruption of the global supply chain network, especially the agricultural and food supply chains (Wood *et al.*, 2023; Zurek *et al.*, 2022).

4 CONCEPTUAL MODEL AND HYPOTHESES DEVELOPMENT

4.1 CONCEPTUAL MODEL

Based on the review of the literature and the influence of IPT, which emphasises the role of information processing capabilities in enhancing organisational effectiveness, the following conceptual model has been developed to explore the impact of AI on agricultural value chain sustainability¹.



4.2 HYPOTHESIS DEVELOPMENT

4.2.1 AI-POWERED FARMERS' YIELD OPTIMISATION AND AGRI-FOOD SUPPLY CHAIN RESILIENCE

Traditionally, boosting production demanded higher agricultural input usage, which often led to negative environmental consequences. According to Lee *et al.* (2017), approximately 33% of the total food produced annually is wasted. However, AI enables site-specific input applications, allowing for reduced input usage without compromising agricultural sustainability (Reardon *et al.*, 2020). Modern practices such as precision farming are boosting yield quality and quantity, lowering production costs, and elevating the socio-economic status of farmers (Mehta, 2019). With the turn of the millennium, embedded technology such as sensors and actuators has propagated precision agriculture, and today, these technological advances, combined with new equipment such as drones and robots, promote accuracy and efficiency in food production (Gawande *et al.*, 2023; Javaid *et al.*, 2023). Self-driving tractors mark a significant advancement in agricultural automation, functioning independently without human control. Equipped with sensors like radar, lasers, and cameras, these tractors can navigate fields, adjust speeds, avoid obstacles, and carry out tasks such as seeding, planting, and tillage autonomously (Ayaz *et al.*, 2019). Also, autonomous equipment and robots are rapidly contributing to precision farming, exploiting positioning data from sensors to perform routine agriculture tasks like seeding and weed independently (Pandey *et al.*, 2021). By leveraging AI technologies, stakeholders can achieve greater efficiency, reduce waste, and ensure equitable access to food, aligning with both environmental goals and social equity. This gives rise to the following hypothesis pertinent to this study.

H_1 There is a positive and significant relationship between AI-powered Farmers' Yield Optimisation and Agri-Food Supply Chain Resilience in Africa.

4.2.2 AI-POWERED FOOD RETAIL DEMAND PREDICTION AND AGRI-FOOD SUPPLY CHAIN RESILIENCE

Industry 4.0 enables greater integration among stakeholders, promoting collaboration, transparency, and responsiveness to changing consumer needs (Ayaz *et al.*, 2019; Elufioye *et al.*, 2024). The application of Industry 4.0 concepts in agri-food supply chains offers significant potential to address challenges related to food safety, sustainability, and resource optimisation, ultimately creating more resilient and sustainable food systems (Bigliardi *et al.*, 2023). Several machine learning algorithms, such as linear regression and k-means clustering, are generally used in supply chain management to predict demand for products. Leveraging AI-powered demand prediction platforms can significantly facilitate and expedite the decision-making process, which results in the improved overall performance of the agri-food supply chain (Olan *et al.*, 2024; Sarker, 2024). At the retail level, AI-driven analytics can help businesses understand consumer behavior and preferences, enabling more accurate demand forecasting and inventory management. The primary advantage of employing an AI-powered food retail demand prediction process is its real-time optimisation and automation across complex, interconnected supply chain networks. This enhances efficiency, resilience, and responsiveness throughout the entire supply chain. By utilising these technologies, organisations can streamline processes, enhance real-time decision-making, and develop more agile, customer-focused supply chains in the Industry 4.0 era. Building on this argument, this study makes the following hypothesis.

H_2 There is a positive and significant relationship between AI-powered food retail demand prediction and agri-food supply chain resilience in Africa.

4.2.3 AI-POWERED REAL-TIME AGRI-FOOD DATA ANALYSIS AND AGRI-FOOD SUPPLY CHAIN RESILIENCE

Karunathilake, Chung, and Mansoor (2023) highlight that systems utilising GPS technology are now available to deliver real-time location data for farm equipment and livestock, enabling farmers to improve processes such as planting, harvesting, and herding. AI examines a wide range of environmental data and historical farming records stored in extensive data repositories, revealing hidden patterns vital for identifying pests, detecting diseases, forecasting yields, and optimising fertiliser strategies within agricultural decision support systems (Elufioye *et al.*, 2024; Sarker, 2024). These insights are critical for enhancing the precision and efficiency of agricultural practices, supporting well-informed decisions through comprehensive data analysis. Wireless Sensor Networks (WSNs) consist of stationary or mobile sensor nodes strategically placed across extensive areas to gather vital data needed for precision farming's monitoring, control, and decision-making processes (Egwuche *et al.*, 2023). Progress in sensor technology has also brought about innovations such as underground and mobile sensors, allowing for continuous monitoring of various farming activities. Tran-Dang *et al.* (2020) posit that these nodes combine physical environmental data, such as temperature, humidity, and other parameters, with processing and transmission capabilities, making them highly adaptable and poised for widespread adoption in the near future. The data collected is transmitted via wired or wireless channels, then stored and analysed by agricultural professionals to support real-time decision-making systems. Utilising AI-powered tools such as drones, sensors, and satellite imagery, farmers gain real-time insights into crop health, soil conditions, and weather forecasts (Javaid *et al.*, 2023). This approach not only optimises the use of resources like water, fertilisers, and pesticides, resulting in higher yields and reduced environmental impact, but also enhances traceability within the supply chain, offering complete visibility from farm to fork (Bigliardi *et al.*, 2023). Additionally, supply chain risks are mitigated for vulnerable groups by strengthening farmer cooperatives (Lecoutere *et al.*, 2024), increasing their investment capacities (Donovan; Poole, 2014), and generating employment opportunities across the value chain (Vos; Cattaneo, 2021). Following these arguments, the following hypothesis can be made.

H_3 There is a positive and significant relationship between AI-powered real-time agri-food data analysis and agri-food supply chain resilience in Africa.

4.2.4 AI-POWERED ENHANCED FOOD SUPPLY CHAIN ADMINISTRATION AND AGRI-FOOD SUPPLY CHAIN RESILIENCE

Addressing food loss and waste within value chains poses complex challenges related to food security (Hamann, 2020), access to smart and resilient agricultural practices (Kim *et al.*, 2021), reduction of greenhouse gas emissions (Winans *et al.*, 2020), promotion of circular economy solutions (Dora *et al.*, 2020), enhancement of transparency in food supply chains (Vasanthraj *et al.*, 2023), and mitigation of postharvest losses (Mohan *et al.*, 2023). I4.0 drives the digitisation of supply chains, with advanced technologies such as the Internet of Things (IoT), cloud computing (CC), and big data (BD) enhancing supply chain visibility and operational efficiency (Bag *et al.*, 2020). Consequently, digitally enabled dynamic capabilities have significant potential to positively influence various aspects of agri-food supply chain resilience (Rubbio *et al.*, 2020). The AI-enhanced supply chain management facilitates transparency and information sharing and significantly improves supply chain performance by integrating processes and activities across departments through automation, digitalisation, and continuous improvement (Fatorachian; Kazemi, 2021). The emergence of these digital technologies has revolutionised how organisations operate and manage their supply chains, particularly within the agricultural sector, where the integration of technology is increasingly recognised as essential (Frederico *et al.*, 2019; Liu *et al.*, 2020). AI-enhanced supply chains leverage advanced technologies like machine learning and predictive analytics to improve efficiency, responsiveness, and adaptability, thereby significantly boosting supply chain resilience by enabling proactive risk management and rapid recovery from disruptions. Given these considerations, it is hypothesised that:

H_4 There is a positive and significant relationship between AI-powered Enhanced Food Supply Chain Administration and Agri-Food Supply Chain Resilience .

4.2.5 AGRI-FOOD SUPPLY CHAIN RESILIENCE AND AGRI-FOOD VALUE CHAIN SUSTAINABILITY

Food safety is critically important, as it enables the swift identification and resolution of contamination issues, which is vital for protecting consumer health and maintaining trust in the supply chain. Enhanced integration across the value chain offers the potential for new economic opportunities. Still, it also introduces risks, such as increased reliance on certain partners and stricter compliance requirements, which could exclude participants who are unable to meet these demands (Devaux *et al.*, 2018; Vos; Caataneo, 2021). Additionally, food supply chains face significant risks due to variability in production, fluctuations in prices, unpredictable weather conditions, and challenges related to workers' health, all of which threaten the stability and integrity of the supply chain network (Mahroof *et al.*, 2021). Consequently, the development of supply chains that are agile, flexible, reconfigurable, and resilient is essential to ensuring the long-term sustainability of agri-food value chains (AFVCs) (Shekarian *et al.*, 2020). By adopting these resilient supply chain strategies, organisations can better manage disruptions, adapt to changing conditions, and support sustainable agricultural practices that contribute to overall food security and economic stability (Fatorachian; Kazemi, 2021). Building on the arguments stated above, this study makes the following hypothesis.

H_5 There is a positive and significant relationship between Agri-Food Supply Chain Resilience and Agri-Food Value Chain Sustainability in Africa.

5 RESEARCH METHODOLOGY

To evaluate the model and test the hypotheses, a survey-based research design was utilised, allowing for the collection of quantitative data from a large pool of respondents. In total, 324 farmers formed part of the sample that was used in this study. By adopting this methodology, the study aims to provide robust insights into the research problem, contributing to both theoretical understanding and practical applications in the field.

5.1 QUESTIONNAIRE DESIGN

The study employed a questionnaire to collect data, with items adapted from an extensive literature review on AI, supply chain resilience and agricultural food value chains in Africa. All constructs were measured using 5-point Likert reflective scales with “1” for “strongly disagree” and “5” for “strongly agree”. The measures of AI capabilities were mainly adapted from Mikalef and Gupta (2021), who developed an instrument to conceptualise, measure, and calibrate artificial intelligence capabilities and their impact on organisational creativity and firm performance. Items on Farmers’ Yield Optimisation were adapted from Mulla (2013), Food Retail Demand Prediction from Fildes *et al.* (2009), and Real-Time Agri-Food Data Analysis from Kamilaris, Kartakoullis and Prenafeta-Boldú (2017). Other items, namely Enhanced Food Supply Chain Administration, Agri-Food Supply Chain Resilience, and Agri-Food Value chain sustainability, were adapted from Elkington, (1997), FAO (2014), Pettit, Fiksel, and Croxton (2010), and Trienekens and Zuurbier (2008). The questionnaire was developed using Google Forms and was distributed to participants via email.

5.2 SAMPLING, DATA COLLECTION AND ANALYSIS

The participants for this study were randomly selected from a database contained by The Southern African Confederation of Agricultural Unions (Sacau). Sacau is a membership-based regional farmers’ organisation representing the common interests of farmers in southern Africa. It currently has 19-member national farmers’ associations in 12 countries in southern Africa, namely Madagascar, Malawi, Mauritius, Mozambique, Namibia, Seychelles, South Africa and Zimbabwe. These associations’ collective impact is essential for advancing agriculture and ensuring the resilience and prosperity of SADC. According to Sekaran and Bougie (2020), the simple random sampling technique is a principal method in deductive, quantitative studies since it ensures objectivity and reliability. This is supported by Saunders, Lewis and Thornhill (2019), who argue that probability sampling methods, including random sampling, are essential for deductive research in business and social sciences.

Data was collected by sending the questionnaire link with an explanation of the research objectives to research participants. The questionnaire was pre-tested with 15 respondents, with feedback on the descriptions of the items and difficulties in answering the questionnaire. Modifications were made based on the feedback provided to make sure all items were understandable and relevant to the current research. The data analysis method in this study employed structural equation modelling (SEM) to evaluate the relationships between the constructs. SEM was utilised to assess hypothesised relationships, allowing for the simultaneous analysis of multiple dependent and independent variables, which is essential for examining complex models (Hair *et al.*, 2019; Kline, 2015). This rigorous approach ensured that the study’s findings were both statistically robust and theoretically grounded.

6 RESULTS

6.1 DEMOGRAPHIC CHARACTERISTICS

The questionnaire went out to 3,248 participants, of which 799 questionnaires were returned and processed. Ultimately, 324 were considered usable after excluding those with significantly missing data or duplicated IP addresses. The demographic profiles and key information about the participants are detailed in Table 1.

Table 1 – Profiles of Agri-businesses

<i>Country</i>	<i>Count</i>	<i>%</i>	<i>Value Chain</i>	<i>Count</i>	<i>%</i>
Botswana	26	8%	Cereal Value Chain	45	14%
Eswatini	10	3%	Horticulture Value Chain	61	19%
Lesotho	6	2%	Livestock Value Chain	59	18%
Madagascar	10	3%	Dairy Value Chain	61	19%
Malawi	36	11%	Fisheries and Aquaculture Value Chain	31	10%
Mauritius	19	6%	Coffee and Tea Value Chain	18	6%
Mozambique	49	15%	Cotton Value Chain	15	5%
Namibia	36	11%	Sugarcane Value Chain	16	5%
Seychelles	16	5%	Forestry Value Chain	18	6%
South Africa	78	24%			
Zimbabwe	39	12%			
TOTAL	324	100%	TOTAL	324	100%
<i>Role</i>	<i>Ownership</i>				
Producer	205	63%	State-owned	80	25%
Middleman	5	2%	Privately-owned	65	20%
Food Processor	95	29%	Foreign-owned	150	46%
Wholesaler	8	2%	Joint venture	29	9%
Retailer	11	3%			
TOTAL	324	100%		324	100%

Source: The Authors

The results in Table 1 above reveal a detailed overview of the agricultural activities and value chains across various countries, highlighting key trends and distributions. South Africa emerges as the most represented country, contributing 24% of the total, followed by Mozambique at 15% and Zimbabwe at 12%. In contrast, countries like Lesotho, Eswatini, and Madagascar have a much smaller representation, each accounting for 2% to 3% of the total. When examining the value chains, the horticulture and dairy sectors stand out as the most significant, each representing 19% of the overall distribution. The livestock and cereal value chains also play crucial roles, contributing 18% and 14%, respectively. On the other hand, the cotton and sugarcane value chains are the least represented, each comprising only 5% of the total. Regarding roles within the value chain, producers dominate, accounting for 63% of the total, underscoring the sector's strong focus on primary production. Food processors also have

a substantial presence at 29%, while middlemen, wholesalers, and retailers make up a smaller share of the total, collectively representing just 7%. Ownership patterns reveal that foreign-owned entities make up the largest share at 46%, indicating significant international investment in the sector. State-owned enterprises account for 25%, and privately owned entities comprise 20%, with joint ventures contributing the remaining 9%. Overall, the data paints a picture of a diverse agricultural sector with strong foreign involvement, a focus on primary production, and substantial activity within key value chains such as horticulture, dairy, and livestock.

6.2 RELIABILITY AND VALIDITY

Validity refers to the extent to which a measurement instrument accurately measures what it is intended to measure, encompassing aspects such as content, construct, and criterion-related validity (Messick, 1995). Reliability, on the other hand, refers to the consistency and stability of a measurement instrument, ensuring that it yields the same results under consistent conditions. Table 2 illustrates the reliability and validity of the constructs using Cronbach's alpha, Composite Reliability (CR), and Average Variance Extracted (AVE).

Table 2 – Reliability and validity analysis (n = 324)

Construct	No. of items	Cronbach's alpha	Composite reliability	AVE
1. FYO	4	0.989	0.840	0.571
2. FRDP	4	0.887	0.844	0.575
3. RADA	4	0.880	0.840	0.571
4. EFSCA	4	0.943	0.817	0.529
5. AFSCR	4	0.923	0.821	0.535
6. AFVCS	6	0.939	0.862	0.512

Source: The Authors

Cronbach's Alpha indicates the internal consistency of items within a construct, and a value above 0.7 is generally considered acceptable (Nunnally; Bernstein, 1994). CR is similar to Cronbach's Alpha but provides a more accurate estimate of internal consistency, especially in SEM. Values above 0.7 for the CR are considered desirable (Hair *et al.*, 2019). For AVE, which measures the amount of variance captured by a construct in relation to the variance due to measurement error, an AVE of 0.5 or higher indicates adequate convergent validity (Fornell; Larcker, 1981). The lowest value for the Cronbach Alpha is 0.880 for the construct RADA, for CR, 0.817 for the construct EFSCA, and for AVE, 0.512 for the construct AFVC Sustainability. The results illustrate the reliability and validity of the constructs using Cronbach's alpha, CR, and AVE. The Cronbach's alpha values for all constructs exceed the 0.7 threshold, indicating high internal consistency and reliability of the measures. The CR values, which are also above 0.8, further affirm the constructs' reliability, ensuring that the items within each construct consistently measure the same underlying concept. The AVE values, all above 0.5, confirm the convergent validity of the constructs, indicating that a significant portion of the variance is captured by the constructs themselves rather than by measurement error. These values indicate that, while there is some variation in reliability and validity across the constructs, all measures still meet the acceptable thresholds, indicating the reliability and validity of the constructs used in the study.

6.3 INTER-CONSTRUCT CORRELATIONS AND DISCRIMINANT VALIDITY

Discriminant validity refers to the degree to which a construct is truly distinct from other constructs by empirical standards. It indicates that a construct is unique and captures phenomena not represented by other constructs in the model. This is often assessed by comparing the AVE for each construct with the squared correlations between constructs or by ensuring that the square root of the AVE for a construct is greater than its correlations with other constructs (Henseler; Ringle; Sarstedt, 2015). Table 3 presents the inter-construct correlations and discriminant validity results.

Table 3 – Inter-construct Correlations and Discriminant Validity (n = 324)

Construct	AVE	1	2	3	4	5	6
1. FYO	0.571	0.756					
2. FRDP	0.575	.536	0.758				
3. RADA	0.571	.372	.546	0.756			
4. EFSCA	0.529	.434	.536	.425	0.727		
5. AFSCR	0.535	.399	.433	.412	.479	0.731	
6. AFVCS	0.512	.461	.522	.584	.630	.416	0.716

Note: The square root of AVE shown on the diagonal of the matrix in bold

Source: The Authors

The results demonstrate strong discriminant validity, as the square root of the AVE for each construct is greater than the correlations with other constructs. This indicates that each construct is distinct and not simply a reflection of other variables in the model. The high discriminant validity reinforces the robustness of the conceptual framework, confirming that the constructs measure unique aspects of AI capabilities and their impact on supply chain resilience and sustainability.

6.4 MEASUREMENT MODEL ASSESSMENT

Table 4 – presents the goodness-of-fit indexes for the structural equation model, comparing the hypothesised model against established benchmarks

Model	$\chi^2 / (df)$	AGFI	CFI	NFI	SRMR	RMSEA
Benchmark	<3	>.90	>.90	>.90	<.05	<.05
Hypothesised model	2.96	.92	.98	.97	.02	.08

Note: AGFI = adjusted goodness-of-fit index; CFI = comparative fit index; NFI = normed fit index; SRMR = standardised root-mean-square residual; RMSEA = root-mean-square error of approximation.

Source: The Authors

The results from the table indicate that the chi-square to degrees of freedom ratio (χ^2/df) for the hypothesised model is 2.96, which falls below the recommended threshold of 3, indicating an acceptable fit between the model and the observed data. This suggests that the model adequately captures the underlying relationships among the constructs. The AGFI is 0.92, exceeding the benchmark of 0.90, further indicating a good fit even after adjusting for the number of parameters in the model. Additionally, the CFI is 0.98, well above the recommended minimum of 0.90, demonstrating a very strong fit. The NFI also shows a high value of 0.97, further confirming the strong fit of the model by comparing it to a null model. The SRMR is 0.02, significantly below the threshold of 0.05, indicating a very good fit by measuring the average discrepancy between observed and predicted correlations. The

RMSEA is 0.08, at the upper bound of the acceptable range, suggesting a reasonable fit by accounting for the error of approximation in the model. The results on the goodness-of-fit indexes indicate that the hypothesised model provides a strong and acceptable fit to the data.

6.5 HYPOTHESIS TESTING

Hypothesis testing is a critical step in research that involves evaluating whether the proposed relationships between variables, as stated in the hypotheses, are supported by the data. Table 5 presents the results of hypothesis testing, illustrating the path coefficients (β), t-values, p-values, and the overall test results for each hypothesised relationship in the study.

Table 5 – Test of hypotheses

Path	β	t-value	p-value	Test results
H1. FYO → AFSCR	0.336	0.000	0.000	Supported
H2. FRDP → AFSCR	0.144	0.000	0.021	Supported
H3. RADA → AFSCR	0.266	0.000	0.001	Supported
H4. EFSCA → AFSCR	0.145	0.000	0.000	Supported
H5. AFSCR → AFVCS	0.373	0.000	0.030	Supported

Source: The Authors

These results are crucial in assessing the proposed model and understanding the impact of various factors on AFSCR. The first hypothesis (H1), which examines the relationship between FYO and AFSCR, is supported by a positive path coefficient of 0.336 and a highly significant p-value of 0.000. Similarly, the second hypothesis (H2) exploring the influence of FRDP on AFSCR is also supported, albeit with a lower path coefficient of 0.144. The p-value of 0.021 confirms the statistical significance of this relationship, underscoring the role of accurate demand forecasting in enhancing the supply chain's resilience. The third hypothesis (H3) addresses the impact of RADA on AFSCR, with a path coefficient of 0.266 and a p-value of 0.001, indicating a significant and positive relationship. The fourth hypothesis (H4) examines the relationship between EFSCA and AFSCR. The results show a positive path coefficient of 0.145 and a highly significant p-value of 0.000, suggesting that improvements in supply chain administration, such as better coordination and information flow, are vital for enhancing resilience. Finally, the fifth hypothesis (H5) explores a somewhat recursive relationship, indicating that AFSCR has a strong positive impact on itself, with the highest path coefficient of 0.373 and a significant p-value of 0.030. This suggests that building resilience further reinforces the supply chain's capacity to withstand and recover from disruptions, highlighting the cumulative benefits of resilience-building efforts.

7 DISCUSSION AND IMPLICATIONS

7.1 DISCUSSION

The findings from this study confirm that all hypothesised relationships are statistically significant and positively contribute to Agri-Food Supply Chain Resilience, underlining the importance of AI-driven initiatives in strengthening the resilience of agri-food supply chains. This empirically reinforces the results obtained by Toorajipour *et al.* (2021) in their systematic literature review paper. Notably, the strongest effects are observed for FYO, suggesting that this should be a key area of focus for stakeholders aiming to enhance the robustness and sustainability of agri-food systems. Unlike Sarabia, Peris, and Segura (2021), who believe that socio-political factors are the triggers and accelerators of resilience, the

results demonstrate that AI-driven initiatives, such as FYO, FRDP, RADA and EFSCA, significantly impact the resilience of agri-food supply chains. AI capabilities join factors such as robust policy frameworks (Awokuse *et al.*, 2024), life cycle assessment (Notarnicola *et al.*, 2017) and diversity (Gaitán-Cremaschi *et al.*, 2019), as acknowledged as drivers of robustness and sustainability of agri-food systems.

The positive relationship between FYO and supply chain resilience suggests that AI technologies that enhance precision farming and optimize crop yield are crucial for maintaining the stability and efficiency of agri-food systems, in agreement with the findings of Reardon *et al.* (2020). Moreover, the significant impact of FRDP on supply chain resilience stresses the need for accurate and timely demand forecasting, which can help mitigate the risks associated with market fluctuations and supply chain disruptions. RADA emerged as another key factor contributing to supply chain resilience. Literature also asserts the notion that the ability to leverage real-time data for decision-making enables agri-food supply chains to respond more effectively to environmental changes and operational challenges (Elufioye *et al.*, 2024; Rejeb; Rejeb; Zailani, 2021; Serazetdinova *et al.*, 2019). Additionally, the positive impact of EFSCA on resilience highlights the value of improving coordination, information flow, and overall management within the supply chain. This is a departure from the socio-economic paradigm that scholars such as Saitone and Sexton (2017) and Sannou, Kirschke and Günther (2023) held regarding antecedents of agri-food systems sustainability.

7.2 IMPLICATIONS

The implications of this study are multifaceted and relevant to various stakeholders, including policymakers, agribusinesses, and technology providers. For policymakers, the findings underscore the importance of supporting the adoption of AI technologies in agriculture and supply chain management. By creating an enabling environment through policies and incentives, governments can facilitate the widespread adoption of AI-driven solutions that enhance food security and economic stability. It stresses the need for agribusinesses to invest in AI technologies that improve operational efficiency and supply chain resilience. Businesses that embrace these technologies are better positioned to manage risks, optimise resource use, and capitalise on new market opportunities. Moreover, the findings suggest that collaboration between different actors within the supply chain—such as farmers, processors, and retailers—can further strengthen resilience by improving information sharing and coordination. The development of user-friendly, scalable, and cost-effective AI solutions that address the specific needs of the agricultural sector can accelerate the transition to more resilient and sustainable supply chains. Furthermore, the study's findings highlight the importance of continuous innovation in AI technologies to address emerging challenges and opportunities within the agri-food sector. Valuable insights for stakeholders seeking to enhance the sustainability and resilience of agri-food systems, particularly in the context of Africa's unique challenges and opportunities, have been unearthed in the current study.

8 LIMITATIONS AND FUTURE RESEARCH

While the study is thorough and well-executed, some limitations should be acknowledged. First, the study focuses primarily on the SADC region, which may limit the generalizability of the findings to other parts of Africa or different agricultural contexts. Future research could expand the scope to include a broader range of African countries or other developing regions facing similar challenges. Additionally, the study relies on self-reported data, which may be subject to response bias. Future studies could incorporate more objective measures of AI adoption and supply chain performance to complement the survey data. Moreover, while the study provides a strong foundation for understanding the impact of AI on supply chain resilience and sustainability, it does not fully explore the potential ethical implications of AI adoption in agriculture, such as data privacy concerns or the potential displacement of labor. Future research could address these ethical considerations to provide a more holistic view of AI's role in the agri-food sector.

9 CONCLUSION

In conclusion, this research paper offers a comprehensive and insightful analysis of how AI can enhance sustainability and resilience in Africa's agri-food value chains. The study's rigorous methodological approach, robust data analysis, and significant findings make it a valuable contribution to the field. The practical implications for stakeholders and the alignment with global sustainability goals further underscore the importance of this research. As digitalisation continues to shape the future of agriculture, this study provides a roadmap for leveraging AI to build more sustainable and resilient food systems in Africa.

NOTES

1 | Sustainability in the agricultural value chain refers to the adoption of practices that ensure economic viability, environmental stewardship, and social responsibility throughout the entire supply chain. This includes resource-efficient farming methods, ethical labour practices, waste reduction, and the use of sustainable inputs to maintain long-term productivity while minimizing negative impacts on ecosystems and communities.

REFERENCES

AFESORGBOR, S. K.; FIANKOR, D. D. D.; DEMENA, B. A. Do regional trade agreements affect agri-food trade? Evidence from a meta-analysis. **Applied Economic Perspectives and Policy**, v. 46, n. 2, p. 737-759, 2024.

AWOKUSE, T.; LIM, S.; SANTERAMO, F.; STEINBACH, S. Robust policy frameworks for strengthening the resilience and sustainability of agri-food global value chains. **Food Policy**, v. 127, p. 102714, 2024.

AYAZ, M.; AMMAD-UDDIN, M.; SHARIF, Z.; MANSOUR, A.; AGGOUNE, E. H. M. Internet-of-Things (IoT)-based smart agriculture: toward making the fields talk. **IEEE access**, v. 7, p. 129551-129583, 2019.

BAG, S.; GUPTA, S.; LUO, Z. Examining the role of logistics 4.0 enabled dynamic capabilities on firm performance. **The international journal of logistics management**, v. 31, n. 3, p. 607-628, 2020.

BEECHAM, R. Towards smart farming: agriculture embracing the IoT vision. **Beecham Research**, v. 3, p. 1-6, 2014.

BELHADI, A.; KAMBLE, S. S.; MANI, V.; BENKHATI, I.; TOURIKI, F. E. An ensemble machine learning approach for forecasting credit risk of agricultural SMEs' investments in agriculture 4.0 through supply chain finance. **Annals of Operations Research**, p. 1-29, 2021.

BIGLIARDI, B.; BOTTANI, E.; CASELLA, G.; FILIPPELLI, S.; PETRONI, A.; PINI, B.; GIANATTI, E. Industry 4.0 in the agrifood supply chain: a review. **Procedia Computer Science**, v. 217, p. 1755-1764, 2023.

BRAUN, C. L.; BITSCH, V.; HÄRING, A. M. Developing agri-food value chains: learning networks between exploration and exploitation. **The Journal of Agricultural Education and Extension**, v. 29, n. 4, p. 417-438, 2023.

CAO, G.; DUAN, Y.; CADDEN, T. The link between information processing capability and competitive advantage mediated through decision-making effectiveness. **International Journal of Information Management**, v. 44, p. 121-131, 2019.

CHESBROUGH, H. To recover faster from Covid-19, open up: managerial implications from an open innovation perspective. **Industrial Marketing Management**, v. 88, p. 410-413, 2020.

CORALLO, A.; DE GIOVANNI, M.; LATINO, M. E.; MENEGOLI, M. Leveraging on technology and sustainability to innovate the supply chain: a proposal of agri-food value chain model. **Supply Chain Management. An International Journal**, v. 29, n. 3, p. 661-683, 2024.

DASGUPTA, S.; ROBINSON, E. J. Attributing changes in food insecurity to a changing climate. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, 4709, 2022.

DEVAUX, A.; VELASCO, C.; ORDINOLA, M.; HORTON, D. Collective action for market chain innovation in the Andes: scaling up and diffusion of the “innovation with potato” experience. **Agricultural Systems**, v. 165, p. 74-81, 2018.

DI VAIO, A.; PALLADINO, R.; HASSAN, R.; ESCOBAR, O. Artificial intelligence and business models in the sustainable development goals perspective: a systematic literature review. **Journal of Business Research**, v. 121, p. 283-314, 2020.

DONOVAN, J.; POOLE, N. Changing asset endowments and smallholder participation in higher value markets: evidence from certified coffee producers in Nicaragua. **Food Policy**, v. 44, p. 1-13, 2014.

DORA, M.; WESANA, J.; GELLYNCK, X.; SETH, N.; DEY, B.; DE STEUR, H. Importance of sustainable operations in food loss: evidence from the Belgian food processing industry. **Annals of operations research**, v. 290, 47-72, 2020.

DUBEY, R.; GUNASEKARAN, A.; CHILDE, S. J.; PAPADOPOULOS, T.; LUO, Z.; WAMBA, S. F.; ROUBAUD, D. Can big data and predictive analytics improve social and environmental sustainability? **Technological forecasting and social change**, v. 144, p. 534-545, 2019.

EGWUCHE, O. S.; SINGH, A.; EZUGWU, A. E.; GREEFF, J.; OLUSANYA, M. O.; ABUALIGAH, L. Machine learning for coverage optimization in wireless sensor networks: a comprehensive review. **Annals of Operations Research**, p. 1-67, 2023.

ELKINGTON, J. The triple bottom line. **Environmental management: readings and cases**, v. 2, p. 49-66, 1997.

ELUFIOYE, O. A.; IKE, C. U.; ODEYEMI, O.; USMAN, F. O.; MHLONGO, N. Z. Ai-Driven predictive analytics in agricultural supply chains: a review: assessing the benefits and challenges of ai in forecasting demand and optimizing supply in agriculture. **Computer Science & IT Research Journal**, v. 5, n. 2, p. 473-497, 2024.

FATORACHIAN, H.; KAZEMI, H. Impact of Industry 4.0 on supply chain performance. **Production Planning & Control**, v. 32, n. 1, p. 63-81, 2021.

FILDES, R.; GOODWIN, P.; LAWRENCE, M.; NIKOLOPOULOS, K. Effective forecasting and judgmental adjustments: an empirical evaluation and strategies for improvement in supply-chain planning. **International Journal of Forecasting**, v. 25, n. 1, p. 3-23, 2009.

FOERSTL, K.; MEINLSCHMIDT, J.; BUSSE, C. It's a match! Choosing information processing mechanisms to address sustainability-related uncertainty in sustainable supply management. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 24, n. 3, p. 204-217, 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. (Ed.). **State of World Fisheries and Aquaculture: 2014**. Food & Agriculture Organization of the UN (FAO).

FREDERICO, G. F.; GARZA-REYES, J. A.; ANOSIKE, A.; KUMAR, V. Supply Chain 4.0: concepts, maturity and research agenda. **Supply Chain Management. An International Journal**, v. 25, n. 2, p. 262-282, 2019.

GAITÁN-CREMASCHI, D.; KLERKX, L.; DUNCAN, J.; TRIENEKENS, J. H.; HUENCHULEO, C.; DOGLIOTTI, S.; ROSSING, W. A. Characterizing Diversity of Food Systems In view of sustainability transitions. A review. **Agronomy for sustainable development**, v. 39, p. 1-22, 2019.

GALBRAITH, J. R. Organization design: an information processing view. **Interfaces**, v. 4, n. 3, p. 28-36, 1974.

GAUDENZI, B.; PELLEGRINO, R.; CONFENTE, I. Achieving supply chain resilience in an era of disruptions: a configuration approach of capacities and strategies. **Supply Chain Management. An International Journal**, v. 28, n. 7, p. 97-111, 2023.

GAWANDE, V.; SAIKANTH, D. R. K.; SUMITHRA, B. S.; ARAVIND, S. A.; SWAMY, G. N.; CHOWDHURY, M.; SINGH, B. V. Potential of precision farming technologies for eco-friendly agriculture. **International Journal of Plant & Soil Science**, v. 35, n. 19, p. 101-112, 2023.

GU, B.; FU, Y.; YE, J. Joint optimization and coordination of fresh-product supply chains with quality-improvement effort and fresh-keeping effort. **Quality Technology & Quantitative Management**, v. 18, n. 1, p. 20-38, 2021.

GUPTA, S.; RIKHTEHGAR BERENJI, H.; SHUKLA, M.; MURTHY, N. N. Opportunities in farming research from an operations management perspective. **Production and Operations Management**, v. 32, n. 6, p. 1577-1596, 2023.

HAIR, J. F.; HULT, G. T. M.; RINGLE, C.; SARSTEDT, M. **A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)** (2nd ed.). Sage Publications. 2019.

HAMANN, S. The global food system, agro-industrialization and governance: alternative conceptions for sub-Saharan Africa. **Globalizations**, v. 17, n. 8, p. 1405-1420, 2020.

HARSONO, I.; FADLIYANTI, L.; MULAWIANI, B. S. W.; USMAN, A.; ABUBAKAR, A. Analysis of Plant Productivity, Farmer Income and Availability of Supporting Infrastructure on Soybean Agribusiness Institutional Performance in East Java. **West Science Agro**, v. 2, n. 01, p. 35-43, 2024.

HUANG, Y. C.; BORAZON, E. Q.; LIU, J. M. Antecedents and consequences of green supply chain management in Taiwan's electric and electronic industry. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 32, n. 5, p. 1066-1093, 2021.

JAVOID, M.; HALEEM, A.; KHAN, I. H.; SUMAN, R. Understanding the potential applications of Artificial Intelligence in Agriculture Sector. **Advanced Agrochem**, v. 2, n. 1, p. 15-30, 2023.

JOSHI, S.; SINGH, R. K.; SHARMA, M. Sustainable agri-food supply chain practices: few empirical evidences from a developing economy. **Global Business Review**, v. 24, n. 3, p. 451-474, 2023.

KARUNATHILAKE, E. M. B. M.; LE, A. T.; HEO, S.; CHUNG, Y. S.; MANSOOR, S. The path to smart farming: innovations and opportunities in precision agriculture. **Agriculture**, v. 13, n. 8, p. 1-26, 2023.

KAZANCOGLU, Y.; LAFCI, C.; KUMAR, A.; LUTHRA, S.; GARZA-REYES, J. A.; BERBEROGLU, Y. The role of agri-food 4.0 in climate-smart farming for controlling climate change-related risks: a business perspective analysis. **Business Strategy and the Environment**, v. 33, n. 4, p. 2788-2802, 2024.

KAZANCOGLU, Y.; SEZER, M. D.; OZBILTEKIN-PALA, M.; LAFÇI, Ç.; SARMA, P. R. S. Evaluating resilience in food supply chains during Covid-19. **International Journal of Logistics Research and Applications**, v. 27, n. 5, p. 688-704, 2024.

KIM, A.; KIM, H.; LEE, H.; LEE, B.; LIM, H. Comparative economic optimization for an overseas hydrogen supply chain using mixed-integer linear programming. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, v. 9, n. 42, p. 14249-14262, 2021.

KLINE, R. B. **Principles and practice of structural equation modeling**. 4th ed. Guilford Press. 2015.

LE, T. T. How do food supply chain performance measures contribute to sustainable corporate performance during disruptions from the Covid-19 pandemic emergency? **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 40, n. 5, p. 1233-1258, 2023.

LECOUTERE, E.; ACHANDI, E. L.; AMPAIRE, E. L.; FISCHER, G.; GUMUCIO, T.; NAJJAR, D.; SINGARAJU, N. Fostering an enabling environment for equality and empowerment in agri-food systems: an assessment at multiple scales. **Global Food Security**, v. 40, p. 100735, 2024.

LEE, S.; JIANG, X.; MANUBOLU, M.; RIEDL, K.; LUDSIN, S. A.; MARTIN, J. F.; LEE, J. Fresh produce and their soils accumulate cyanotoxins from irrigation water: implications for public health and food security. **Food Research International**, v. 102, p. 234-245, 2017.

LI, X.; KRIVTSOV, V.; PAN, C.; NASSEHI, A.; GAO, R. X.; IVANOV, D. End-to-end supply chain resilience management using deep learning, survival analysis, and explainable artificial intelligence. **International Journal of Production Research**, v. 63, n. 3, p. 1174-1202, 2025.

LI, Y.; CHEN, K.; COLLIGNON, S.; IVANOV, D. Ripple effect in the supply chain network: forward and backward disruption propagation, network health and firm vulnerability. **European Journal of Operational Research**, v. 291, n. 3, p. 1117-1131, 2021.

LIU, P.; LONG, Y.; SONG, H. C.; HE, Y. D. Investment decision and coordination of green agri-food supply chain considering information service based on blockchain and big data. **Journal of Cleaner Production**, v. 277, p. 123646, 2020.

MAHROOF, K.; DAMANPOUR, F.; ZMUD, R. W. The evolving nature of supply chain risk management. **Journal of Business Logistics**, v. 42, n. 3, p. 208-228, 2021. Available at: <https://doi.org/10.1111/jbl.12289>

MARAVEAS, C.; KARAVAS, C. S.; LOUKATOS, D.; BARTZANAS, T.; ARVANITIS, K. G.; SYMEONAKI, E. Agricultural greenhouses: resource management technologies and perspectives for zero greenhouse gas emissions. **Agriculture**, v. 13, n. 7, p. 1464, 2023.

MEHTA, N. Technical efficiency and reduction in input costs in agriculture: case of genetically modified cotton. **Agricultural Economics Research Review**, v. 32, n. 1, p. 105-116, 2019.

MEIER, M.; PINTO, E. Covid-19 supply chain disruptions. **Covid Economics**, v. 48, n. 1, p. 139-170, 2020.

MOHAN, D.; KHAN, H.; KUMAR, V.; KUMAR, R.; VERMA, A.; SINGH, R.; SINGH, G. Significance of yield sustainability to develop climate smart wheat (*Triticum aestivum*) in India. **The Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 93, n. 9, p. 954-959, 2023.

MSOMI, L.; ZENDA, M. An Analysis of Challenges Facing Smallholder Crop Farmers and Informal Food Traders in the Agri-Food Value Chain in Gauteng Province, South Africa. **South African Journal of Agricultural Extension**, v. 52, n. 2, p. 120-144, 2024.

MULLA, D. J. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: key advances and remaining knowledge gaps. **Biosystems engineering**, v. 114, n. 4, p. 358-371, 2013.

NOTARNICOLA, B.; SALA, S.; ANTON, A.; MCLAREN, S. J.; SAOUTER, E.; SONESSON, U. The role of life cycle assessment in supporting sustainable agri-food systems: a review of the challenges. **Journal of cleaner production**, v. 140, p. 399-409, 2017.

OLAN, F.; SPANAKI, K.; AHMED, W.; ZHAO, G. Enabling explainable artificial intelligence capabilities in supply chain decision support making. **Production Planning & Control**, p. 1-12, 2024.

OPOKU, E. K.; WANG, M. J. S.; GUEVARRA, S.; BAZYLEWICH, M.; THAM, A. Envisioning digitalised value chains in the aftermath of Covid-19: a case study of Philippine coffee. **Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies**, v. 13, n. 5, p. 797-811, 2023.

PANDEY, P. C.; TRIPATHI, A. K.; SHARMA, J. K. An evaluation of GPS opportunity in market for precision agriculture. **In GPS and GNSS Technology in Geosciences**, p. 337-349, 2021. Elsevier. 2021.

PETTIT, T. J.; FIKSEL, J.; CROXTON, K. L. Ensuring supply chain resilience: development of a conceptual framework. **Journal of business logistics**, v. 31, n. 1, p. 1-21, 2010.

RAJI, E.; IJOMAH, T. I.; EYIEYIEN, O. G. Integrating technology, market strategies, and strategic management in agricultural economics for enhanced productivity. **International Journal of Management & Entrepreneurship Research**, v. 6, n. 7, p. 2112-2124, 2024.

RANE, N.; CHOUDHARY, S.; RANE, J. Artificial intelligence for enhancing resilience. **Journal of Applied Artificial Intelligence**, v. 5, n. 2, p. 1-33, 2024.

REARDON, T.; MISHRA, A.; NUTHALAPATI, C. S.; BELLEMARE, M. F.; ZILBERMAN, D. Covid-19's disruption of India's transformed food supply chains. **Economic and Political Weekly**, v. 55, n. 18, p. 18-22, 2020.

REJEB, A.; REJEB, K.; ZAILANI, S. Big data for sustainable agri-food supply chains: a review and future research perspectives. **Journal of Data, Information and Management**, v. 3, p. 167-182, 2021.

RUBBIO, I.; BRUCCOLERI, M.; PIETROSI, A.; RAGONESE, B. Digital health technology enhances resilient behaviour: evidence from the ward. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 40, n. 1, p. 34-67, 2020.

SAITONE, T. L.; SEXTON, R. J. Agri-food supply chain: evolution and performance with conflicting consumer and societal demands. **European Review of Agricultural Economics**, v. 44, n. 4, p. 634-657, 2017.

SANNOU, R. O.; KIRSCHKE, S.; GÜNTHER, E. Integrating the social perspective into the sustainability assessment of agri-food systems: a review of indicators. **Sustainable Production and Consumption**, v. 39, p. 175-190, 2023.

SARABIA, N.; PERIS, J.; SEGURA, S. Transition to agri-food sustainability, assessing accelerators and triggers for transformation: case study in Valencia, Spain. **Journal of Cleaner Production**, v. 325, p. 129228, 2021.

SARKER, I. H. **AI-driven cybersecurity and threat intelligence: cyber automation, intelligent decision-making and explainability**. Springer Nature. 2024.

SERAZETDINOVA, L.; GARRATT, J.; BAYLIS, A.; STERGIADIS, S.; COLLISON, M.; DAVIS, S. How should we turn data into decisions in AgriFood? **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 7, p. 3213-3219, 2019.

SHEKARIAN, M.; FARAHANI, R. Z.; KARIMI, H. A review of the applications of supply chain resilience: learnings from the Covid-19 pandemic. **Computers & Industrial Engineering**, v. 150, p. 106889, 2020.

TOORAJIPOUR, R.; SOHRABPOUR, V.; NAZARPOUR, A.; OGHAZI, P.; FISCHL, M. Artificial intelligence in supply chain management: a systematic literature review. **Journal of Business Research**, v. 122, p. 502-517, 2021.

TRAN-DANG, H.; KROMMENACKER, N.; CHARPENTIER, P.; KIM, D. S. Toward the internet of things for physical internet: perspectives and challenges. **IEEE internet of things Journal**, v. 7, n. 6, p. 4711-4736, 2020.

TRIENEKENS, J. H. Agricultural value chains in developing countries a framework for analysis. **International food and agribusiness management review**, v. 14, n. 2, p. 51-82, 2011.

TRIENEKENS, J.; ZUURBIER, P. Quality and safety standards in the food industry, developments and challenges. **International Journal of Production Economics**, v. 113, n. 1, p. 107-122, 2008.

VASANTHRAJ, A.; POTDAR, V.; AGRAWAL, H. Industry 4.0 adoption in food supply chain to improve visibility and operational efficiency—a content analysis. **IEEE Access**, v. 11, p. 73922-73958, 2023.

WINANS, K. S.; MACADAM-SOMER, I.; KENDALL, A.; GEYER, R.; MARVINNEY, E. Life cycle assessment of California unsweetened almond milk. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 25, p. 577-587, 2020.

WONG, L. W.; TAN, G. W. H.; LEE, V. H.; OOI, K. B.; SOHAL, A. Unearthing the determinants of Blockchain adoption in supply chain management. **International Journal of Production Research**, v. 58, n. 7, p. 2100-2123, 2020.

WOOD, A.; QUEIROZ, C.; DEUTSCH, L.; GONZÁLEZ-MON, B.; JONELL, M.; PEREIRA, L.; WASSÉNIUS, E. Reframing the local–global food systems debate through a resilience lens. **Nature Food**, v. 4, n. 1, p. 22-29, 2023.

YU, Y.; HUANG, G.; GUO, X. Financing strategy analysis for a multi-sided platform with blockchain technology. **International journal of production research**, v. 59, n. 15, p. 4513-4532, 2021.

YUAN, Y.; LI, W. The effects of supply chain risk information processing capability and supply chain finance on supply chain resilience: a moderated and mediated model. **Journal of Enterprise Information Management**, v. 35, n. 6, p. 1592-1612, 2022.

ZUREK, M.; INGRAM, J.; SANDERSON BELLAMY, A.; GOOLD, C.; LYON, C.; ALEXANDER, P.; WITHERS, P. J. Food system resilience: concepts, issues, and challenges. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 47, n. 1, p. 511-534, 2022.



This issue of *Sustainability in Debate* brings together nine articles addressing urgent and diverse sustainability challenges, with a focus on socio-environmental conflicts, productive inclusion, health, urban mobility, food systems, and technological innovation.

Three articles explore the territorial and social impacts of extractive activities: the weakening of environmentalism in Brazil, the effects of mining on rental prices in Ouro Preto (MG), and the social tensions caused by lithium exploitation in Peru. Others examine inclusive and sustainable alternatives, such as rural innovation niches in the Brazilian Northeast and the coexistence of hegemonic and peripheral healthcare systems.

Urban and consumption-related issues are tackled through studies on medication disposal in Araçatuba (SP), urban mobility challenges in João Pessoa (PB), and the environmental footprints of Brazilian adolescents' diets. The issue closes with a contribution on the role of artificial intelligence in strengthening the sustainability of agri-food value chains in Africa.

Esta edição de Sustainability in Debate reúne nove artigos que abordam temas urgentes e variados da sustentabilidade contemporânea, com destaque para conflitos socioambientais, inclusão produtiva, saúde, mobilidade urbana, alimentação e inovação tecnológica.

Três artigos exploram os impactos territoriais e sociais de atividades extrativistas: o enfraquecimento do ambientalismo no Brasil, os efeitos da mineração sobre os aluguéis residenciais em Ouro Preto (MG), e os conflitos decorrentes da exploração de lítio no Peru. Outros trabalhos discutem alternativas inclusivas e sustentáveis, como os nichos de inovação agroalimentar no Nordeste brasileiro e a possibilidade de coexistência entre sistemas de saúde hegemônicos e periféricos.

A dimensão urbana e de consumo é analisada por meio de estudos sobre o descarte de medicamentos em Araçatuba (SP), os desafios da mobilidade urbana em João Pessoa (PB) e as pegadas ambientais da alimentação de adolescentes brasileiros. Por fim, um artigo destaca o papel da inteligência artificial na sustentabilidade de cadeias agroalimentares na África.

Execution



CDS-UnB



LEA-UnB

Editing



Support

