



VOLUME ESPECIAL

VIII Congresso Brasileiro de Educação Ambiental Aplicada e Gestão Territorial.

Caderno Prudentino de Geografia, N. 48, V. 3
*Número Especial “VIII Congresso Brasileiro de Educação Ambiental
Aplicada e Gestão Territorial”*

<http://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg>

EDITORES(AS)

Diógenes Rabello
Rízia Mendes Mares

CONSELHO EDITORIAL

Camila de Souza Pereira
Daiara Batista Mendes
Eduardo Nardez
Elvis Simões Pitoco da Silva
João Pedro Turino Silva
João Gabriel Menezes Luz da Silva
Lara Dalperio Buscioli
Laércio Yudi Watanabe Silva
Lucas Gabriel da Silva Moraes
Maria Eduarda Grecco
Maria Laura Franco
Michelly Ariadne Rafael Mióla
Nayara Leva Batista
Tatiane Regina da Silva

ORGANIZADORES DA EDIÇÃO ATUAL

Diógenes Rabello
Eduardo Nardez
Elvis Simões Pitoco da Silva

Associação dos Geógrafos Brasileiros
AGB Seção Local Presidente Prudente

2026

Sumário

Apresentação

Conselho Editorial

- ANÁLISE FITOPEDOLÓGICA DO MUNICÍPIO DE FORTIM-CEARÁ COMO CONTRIBUIÇÃO PARA GESTÃO TERRITORIAL** 1-17
Fábio Soares GUERRA; Camila Esmeraldo BEZERRA; Maria Rita VIDAL; Edson Vicente da SILVA
- POPULAÇÕES VULNERÁVEIS E RISCO AMBIENTAL NO NORDESTE BRASILEIRO: ANÁLISE SOCIODEMOGRÁFICA A PARTIR DA CARTOGRAFIA DE DADOS CENSITÁRIOS** 18-36
Jair Bezerra dos SANTOS JÚNIOR
- VETORES DE EXPANSÃO E CENTRALIDADES EMERGENTES: ANÁLISE DA DINÂMICA URBANA NA ZONA SUL DE JUAZEIRO DO NORTE (CE)** 37-49
Mariana Brito de LIMA; Antonia Helaine Veras RODRIGUES; Maria Clélia Lustosa COSTA
- EVOLUÇÃO DOS ALERTAS DE DESMATAMENTO NO CENTRO DE ENDEMISMO BELÉM E CONSIDERAÇÕES ACERCA DAS BASES DE DADOS INPE E MAPBIOMAS** 50-68
Rayanderson Marinho BARROS; Wadrian de Sousa Santos BARROS; Luiz Jorge Bezerra da Silva DIAS; Paulo Henrique Aragão CATUNDA
- EDUCAÇÃO GEOGRÁFICA CRÍTICA: A INTERSEÇÃO ENTRE ATLAS ESCOLARES, CARTOGRAFIA SOCIAL E CONTEXTO LOCAL** 69-86
Kathe Ellen Sousa COSTA; Thiago Roberto França da SILVA; Juliana Felipe FARIAS
- POLÍTICA DE DESCARBONIZAÇÃO NO JUDICIÁRIO BRASILEIRO: ANÁLISE CRÍTICA DA RESOLUÇÃO CNJ Nº 594/2024 E DO PLANO DE DESCARBONIZAÇÃO DO TRIBUNAL DE JUSTIÇA DO MARANHÃO** 87-101
Flávia Maria Gomes Parente Alves MACIEL; Arkley Marques BANDEIRA; Shigeaki Leite de LIMA; Leonardo Silva SOARES
- ETNOSABERES E GESTÃO HÍDRICA: MAPEAMENTO BIBLIOMÉTRICO GLOBAL E PERSPECTIVAS FUTURAS** 102-119
Francillene Fernandes SILVA; José FALCÃO SOBRINHO

- DISTRIBUIÇÃO BIOGEOGRÁFICA DOS CORAIS QUE OCORREM NO PARQUE ESTADUAL MARINHO DO PARCEL DE MANUEL LUÍS, MARANHÃO, BRASIL** 120-135
Gabriel Guimarães ALVES; Deuzanir da Conceição Amorim LIMA; Antonio Carlos Leal de CASTRO; Flávia Rebelo MOCHEL
- FITOECOLOGIA DOS MANGUEZAIS DO LITORAL SETENTRIONAL BRASILEIRO: MUDANÇAS CLIMÁTICAS E MONITORAMENTO AMBIENTAL NO SETOR COSTEIRO SEMIÁRIDO** 136-156
Larissa de Pinho ARAGÃO; Edson Vicente da SILVA; Jurandir Rodrigues de MENDONÇA JÚNIOR; Khokhy Barros SEFO; Flavia Rebelo MOCHEL
- A EDUCAÇÃO SOCIOAMBIENTAL NA EMERGÊNCIA CLIMÁTICA NA PERSPECTIVA DO CARBONO NO PANTANAL** 157-177
Víncler Fernandes Ribeiro de OLIVEIRA; Flávio Cabreira dos SANTOS; Vicentina Socorro da ANUNCIAÇÃO

Apresentação

A Educação Ambiental desponta no contexto científico e dos saberes tradicionais atuais como uma área de conhecimento necessária frente às urgências climáticas e crises ambientais que o planeta tem enfrentado. Constitui um enfoque teórico-metodológico que representa um plano fundamental para a formação de cidadãos criticamente sensíveis ao meio ambiente em que habitam e almejando como o deixarão para as próximas gerações. Dessa forma, é imperativo compreender que a Educação Ambiental deve percorrer as mais diversas estratégias de planejamento e gestão, pois através de seus fundamentos e práxis que se alcançam as comunidades e as tornam ecologicamente mais conscientes sobre a realidade socioambiental.

O VIII Congresso Brasileiro de Educação Ambiental Aplicada e Gestão Territorial (CBEAAGT), continua sendo o palco de um grande encontro científico inter e transdisciplinar, onde se promovem trocas de experiências efetivas e realizadas em diferentes âmbitos temáticos. Essa oitava edição do evento, propôs um tema atual e abrangente intitulado “Planejamento e Educação Ambiental para a Organização Territorial em Tempos de Crises”, que cabe plenamente com o contexto da realidade atual.

O encontro reuniu pesquisadores, professores e estudantes de todo o país, além de colaboradores da África e América Latina, que contribuíram para debater e apresentar alternativas práticas para se aprimorar o desenvolvimento socioambiental, a gestão ambiental e a busca de múltiplos caminhos para uma educação ambiental aplicada. O congresso reafirmou a importância da integração entre as ciências e os saberes tradicionais de forma prática e eficiente, fortalecendo o compromisso coletivo com um futuro mais sustentável, por meio da instituição de um espaço de diálogo e a construção coletiva de conhecimentos.

Com uma programação diversificada e ampla, o congresso teve como propósito principal promover a integração entre a pesquisa acadêmica e as práticas aplicadas da educação ambiental, ampliando as reflexões sobre o papel da gestão territorial e da sustentabilidade no desenvolvimento das sociedades contemporâneas.

As parcerias junto a diferentes instituições de ensino e pesquisa, além de representações sociais surge como um importante meio de interações, parcerias e divulgação de resultados de pesquisas científicas. Os artigos presentes nessa publicação oferecem aos leitores a compreensão científica e empírica sobre a importância do planejamento e da gestão ambiental, bem como a aplicabilidade na EA sob amplas escalas, podem se consolidar de forma prática e efetiva.

Comissão Editorial do VIII CBEAAGT

Maria Rita Vidal

Edson Vicente da Silva

Camila Esmeraldo Bezerra

Jurandir Rodrigues de Mendonça Junior

ANÁLISE FITOPEDOLÓGICA DO MUNICÍPIO DE FORTIM-CEARÁ COMO CONTRIBUIÇÃO PARA GESTÃO TERRITORIAL

Fábio Soares Guerra¹

Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza, Ceará, Brasil

E-mail: fabiosoaresguerra@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3633-6887>

Camila Esmeraldo Bezerra²

Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza, Ceará, Brasil

E-mail: camila.esmeraldo23@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7160-9636>

Maria Rita Vidal³

Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza, Ceará, Brasil

E-mail: ritavidal@unifesspa.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3392-3624>

Edson Vicente da Silva⁴

Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza, Ceará, Brasil

E-mail: cacauceara@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5688-750X>

Resumo

A análise fitopedológica, ou seja, a interação entre a vegetação e o solo, permitem compreender o geossistema, a dinâmica paisagística e outros aspectos que podem fornecer subsídios à gestão territorial e ao planejamento ambiental. Muitos municípios ainda permanecem sem um zoneamento ambiental-funcional, o que significa que condicionantes geoambientais, como solo e vegetação, não são caracterizadas, resultando na falta de um direcionamento adequado para o uso e ocupação das referidas condicionantes. O presente trabalho pretende caracterizar e correlacionar os aspectos pedológicos e a cobertura vegetal do município de Fortim, no estado do Ceará, por meio da Geocologia das Paisagens, a fim de fornecer subsídios à gestão territorial. No município de Fortim foram identificadas nos neossolos quartzarênicos, a vegetação pioneira psamófila, a vegetação subperenefólia de dunas e a vegetação subcaducifólia de tabuleiro. A vegetação paludosa marítima de mangue encontra-se em solos do tipo gleissolos, em áreas de inundação sazonal. Já nos planossolos foram encontradas espécies da vegetação de várzea. Entre os principais resultados, identificou-se que nos planossolos presentes na planície fluvial do rio Pirangi, a vegetação de várzea encontra-se comprometida por atividades como a carnicultura e a prática de pastagens. Além disso, também foi identificada a prática agrícola nesse tipo de solo e vegetação, o que é inadequado devido às características físico-químicas e à deficiência hídrica do solo.

Palavras-chave: Solos; Vegetação; Planejamento ambiental; Gestão territorial; Fortim-Ceará.

¹ Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Ceará –UFC.

² Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Ceará –UFC.

³ Professora Doutora do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará - UFC.

⁴ Professor Doutor do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará – UFC.

PHYTOPEDOLOGICAL ANALYSIS OF THE MUNICIPALITY OF FORTIM-CEARÁ AS A CONTRIBUTION TO TERRITORIAL MANAGEMENT

Abstract

Phytopedological analysis, i.e., the interaction between vegetation and soil, allows us to understand the geosystem, landscape dynamics and other aspects that can provide support for territorial management and environmental planning. Many municipalities still do not have an environmental-functional zoning, which means that geoenvironmental conditions, such as soil and vegetation, are not characterized, resulting in a lack of adequate guidance for the use and occupation of these conditions. This study aims to characterize and correlate the pedological aspects and vegetation cover of the municipality of Fortim, in the state of Ceará, through Landscape Geoecology, in order to provide support for territorial management. In the municipality of Fortim, psammophilous pioneer vegetation, sub-evergreen dune vegetation and sub-deciduous tableland vegetation were identified in quartzarenic neosols. Maritime mangrove swamp vegetation is found in gleysol soils in areas of seasonal flooding. Floodplain vegetation species were found in planosols. Among the main results, it was identified that in planosols present in the river plain of the Pirangi River, the floodplain vegetation is compromised by activities such as shrimp farming and pasture practices. In addition, agricultural practices were also identified in this type of soil and vegetation, which is unsuitable due to the physical-chemical characteristics and water deficiency of the soil.

Keywords: Soils; Vegetation; Environmental planning; Territorial management; Fortim-Ceará.

ANÁLISIS FITOPEDOLÓGICO DEL MUNICIPIO DE FORTIM-CEARÁ COMO CONTRIBUCIÓN A LA GESTIÓN TERRITORIAL

Resumen

El análisis fitopedológico, es decir, la interacción entre la vegetación y el suelo, permite comprender el geosistema, la dinámica del paisaje y otros aspectos que pueden servir de base para la gestión territorial y la planificación ambiental. Muchos municipios aún carecen de una zonificación ambiental-funcional, lo que implica que las restricciones geoambientales, como el suelo y la vegetación, no están caracterizadas, lo que resulta en una falta de orientación adecuada para el uso y la ocupación de estas restricciones. Este trabajo tiene como objetivo caracterizar y correlacionar los aspectos pedológicos y la cobertura vegetal del municipio de Fortim, en el estado de Ceará, a través de la Geoecología del Paisaje, con el fin de brindar apoyo a la gestión territorial. En el municipio de Fortim, se identificó vegetación pionera psamófila, vegetación dunar subperennifolia y vegetación de meseta subcaducifolia en los neosoles cuarzoarénicos. La vegetación de manglar marino se encuentra en suelos de tipo gleysol, en zonas de inundación estacional. En los planosoles, se encontraron especies de vegetación de llanura aluvial. Entre los principales resultados, se identificó que en los planosoles presentes en la llanura aluvial del río Pirangi, la vegetación de la llanura aluvial se ve afectada por actividades como el cultivo de camarón y el pastoreo. Además, se identificaron prácticas agrícolas en este tipo de suelo y vegetación, lo cual resulta inadecuado debido a las características físico-químicas del suelo y la deficiencia hídrica.

Palabras-clave: Suelos; Vegetación; Planificación ambiental; Gestión territorial; Fortim-Ceará.

Introdução

As condicionantes geoambientais estão intrinsecamente ligadas e, dependendo do tipo de condicionante, a dinâmica paisagística varia de acordo com cada local, sendo cada condicionante característica de tipos específicos de regiões e paisagens.

Os aspectos fitopedológicos referem-se à vegetação e ao solo, sendo essa relação fundamental para compreender os geossistemas, a dinâmica da paisagem e a sustentabilidade ambiental. O solo influencia a vegetação, pois nele estão presentes os nutrientes necessários para o crescimento das plantas. A vegetação, por sua vez, atua na formação e conservação do solo. Como se percebe, há uma ligação intrínseca entre eles.

A configuração fitopedológica é essencial para o planejamento ambiental e por consequência, da gestão da biodiversidade no município. Por meio dela, é possível adquirir conhecimentos sobre a infiltração da água, fundamental para a recarga de aquíferos. O tipo de vegetação pode indicar certas características do solo, como acidez, umidade e deficiência de nutrientes, além de revelar a degradação do solo ocasionada pelo desmatamento e pelo uso agrícola inadequado. Com essas informações, é possível identificar a atividade mais adequada para cada tipo de solo, servindo como base para o zoneamento ambiental-funcional local. No entanto, muitos municípios ainda não possuem um zoneamento ambiental-funcional, o que acarreta prejuízos para a população, considerando que esse instrumento contribui para o ordenamento territorial.

Diante desse cenário, o presente artigo pretende caracterizar e correlacionar os aspectos pedológicos e da cobertura vegetal do município de Fortim, no estado do Ceará, por meio dos pressupostos teóricos e metodológicos da Geoecologia das Paisagens, a fim de fornecer subsídios à gestão territorial. Além disso, apresenta um diagnóstico do uso e ocupação do solo para as atividades econômicas e revela o estado ambiental referente às características fitopedológicas de Fortim-CE.

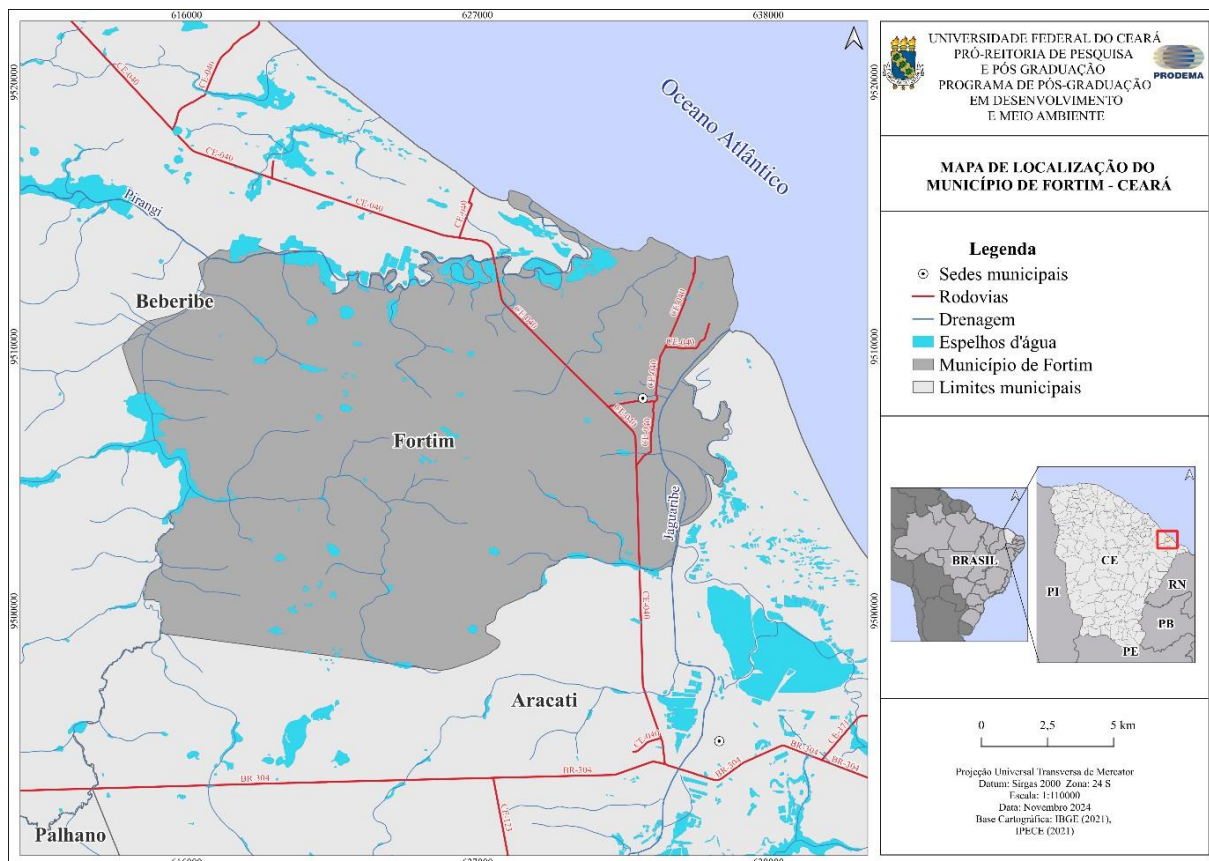
Metodologia

Caracterização da área de estudo

O município de Fortim está localizado a uma distância de cerca de 130 km da capital cearense, Fortaleza, apresentando como via de acesso principal a rodovia CE 040. É um município litorâneo, inserido no litoral leste da zona costeira do estado do Ceará (Mapa 01). Fortim faz limites com o município de Beberibe ao Oeste e com o município de Aracati ao Leste e ao Sul, ao Norte está em contato com o Oceano Atlântico. Encontra-se a 22 metros do nível do mar, estendendo-se por uma área de aproximadamente 285,024 km², sendo político e administrativamente dividido em seis distritos: Fortim, Campestre, Barra, Viçosa,

Macció e Guajiru. A população gira em torno de 17.294 habitantes e a densidade populacional de 60,68hab./km² (IPECE, 2017; IBGE, 2022).

Mapa 01. Localização do Município de Fortim-Ceará



Fonte: elaborado pelo autor.

O tipo climático de Fortim é o Tropical Quente Semiárido. Entretanto, devido a sua aproximação com o mar litorâneo e com os rios Jaguaribe e Pirangi, os efeitos intempéricos advindos do clima são amenizados, o que justifica em boa medida a pluviosidade em torno de 1.435,4 mm e a variação de temperatura entre 26°C a 28°C. O município está inserido entre as bacias hidrográficas do baixo Jaguaribe e a bacia hidrográfica metropolitana, exibindo grande potencial hidrológico de águas superficiais e subterrâneas (IPECE, 2017).

O embasamento geológico de Fortim é composto pelas coberturas sedimentares cenozoicas. Nestas destacam-se os depósitos eólicos litorâneos, os depósitos aluvionares e o grupo barreiras. A configuração do estrato geológico mencionado se apresenta em feições

geomorfológicas específicas, sendo elas: praia e pós-praia, campos de dunas, planícies fluviais, fluviomarinhas, fluviolacustres e o tabuleiro pré-litorâneo (SEMA, 2021).

O quadro pedológico de Fortim engloba as seguintes classes de solos: neossolos quartzarênicos, planossolos e gleissolos. A fitologia do município, por sua vez, engloba os seguintes tipos vegetacionais: vegetação pioneira psamófila, vegetação subperenefólia de dunas, vegetação subcaducifólia de tabuleiro, vegetação paludosa marítima de mangue e vegetação de várzea (EMBRAPA, 2019; CEARÁ, 2021).

Procedimentos técnicos e metodológicos

A metodologia adotada seguiu as orientações de Rodriguez e Silva (2018) traçadas para a análise ambiental por meio da Geoecologia das Paisagens. Seguiu-se, portanto, as seguintes etapas metodológicas: organização e inventário, análise e diagnóstico.

Durante a organização e inventário foram levantados dados primários por meio das atividades de campo, utilizando-se da observação sistêmica, levantamento cartográfico, câmera fotográfica e GPS. Os trabalhos de campo ocorreram entre os anos de 2022 e 2024 e perpassaram todas as etapas metodológicas elencadas, nessa etapa o mapa básico de localização foi primordial para o sequenciamento da checagem da realidade terrestre. Os dados secundários, incluindo as bases para o trabalho cartográfico, são oriundos de órgãos públicos e da literatura científica. O cruzamento dos dados primários e secundários adquiridos permitiu a estruturação dos overlays dos mapas temáticos produzidos.

Na etapa de análise foram correlacionados os dados e materiais produzidos na etapa metodológica anterior, o que possibilitou identificar, delimitar, cartografar e caracterizar as condicionantes ambientais focos deste estudo, a saber: os solos e os tipos vegetacionais. Isso foi possível a partir da correlação em campo do material cartográfico e literário com a realidade terrestre, resultando em elementos que referenciaram a descrição analítica e comparativa da fitopedologia da área de estudo.

Desta forma, foram geradas informações essenciais para a concretização da fase metodológica seguinte: a fase diagnóstica – que permitiu visualizar o uso e ocupação, as potencialidades e limitações das condicionantes ambientais referidas, além de identificar os impactos ambientais resultantes, possibilitando visualizar o estado ambiental dos tipos de solos e das unidades vegetacionais.

O material cartográfico apresentado pela presente pesquisa foi produzido com o

auxílio de técnicas de geoprocessamento e de sensoriamento remoto através do software livre QGIS

3.22.9. Os shapefiles foram trabalhados por meio de Sistema de Informação Geográficas (SIG), utilizando-se o Datum SIRGAS 2000, com centralização no fuso 24S, por meio da Projeção Universal de Mercator (UTM).

Resultados e Discussão

A caracterização e correlação dos aspectos pedológicos e a cobertura vegetal são fundamentais para compreensão da gênese, constituição e evolução dos sistemas ambientais. Importa destacar que as funções ambientais, tanto pedológicas como vegetacionais, são a base para uma série de atividades econômicas e sociais importantes para a população local. Assim sendo, é de suma importância entender a configuração e dinâmica dessas duas condicionantes geoambientais no contexto paisagístico do município Fortim.

De acordo com as observações sistemáticas realizadas em campo, subsidiadas pelos documentos técnicos da EMBRAPA (1973a, b, c; 2018), da CPRM (2017) e da literatura científica, a exemplo de Pereira e Silva (2007) e Leite (2016), é possível constatar três principais tipos de associação de solos em Fortim, sendo eles: os neossolos quartzarênicos, os planossolos e os gleissolos.

Os neossolos quartzarênicos formam o complexo das areias quartzosas, originadas dos sedimentos Tércio-quadernário da formação barreiras, tal unidade pedológica abrange a maior parte do território municipal estudado, englobando o tabuleiro, parte das áreas fluviais, o setor fluviomarinho e todo o litoral. São solos pouco evoluídos e em processo de formação em função da baixa atuação dos fatores pedogenéticos (EMBRAPA, 2018). A referida unidade pedológica é formada essencialmente por grãos de quartzo, com horizontes A e C preponderantes, apresentam boa permeabilidade com boa capacidade de drenagem, variam de profundos a muito profundos, contudo, apresentam baixíssima fertilidade natural e de moderada à forte acidez (Pereira; Silva, 2007; EMBRAPA, 2018). Nos neossolos quartzarênicos no município de Fortim, encontram-se a vegetação pioneira psamófila, vegetação subperenefólia de dunas e a vegetação subcaducifólia de tabuleiro (IPECE, 2019; SEMA, 2021).

Os planossolos são solos mal drenados e isso dificulta a infiltração, pois ocorrem tipicamente em áreas de cotas baixas, planas a suave onduladas. Apresentam baixa

permeabilidade, uma vez que são solos rasos de pouca profundidade e com alta concentração de argila, possuem horizonte A e horizonte E apresentando textura arenosa. São formados em planícies ou depressões com alagamentos sazonais. Os planossolos apresentam altos teores de sódio, fato este que os caracteriza como solos halomórfico. De tal forma, devido as suas características físico-químicas e ao seu déficit hídrico, além de seu recobrimento pedimentar oriundo do intemperismo de gnaisses e magmatitos, os planossolos não são favoráveis às práticas agrícolas (Pereira; Silva, 2007; EMBRAPA, 2018).

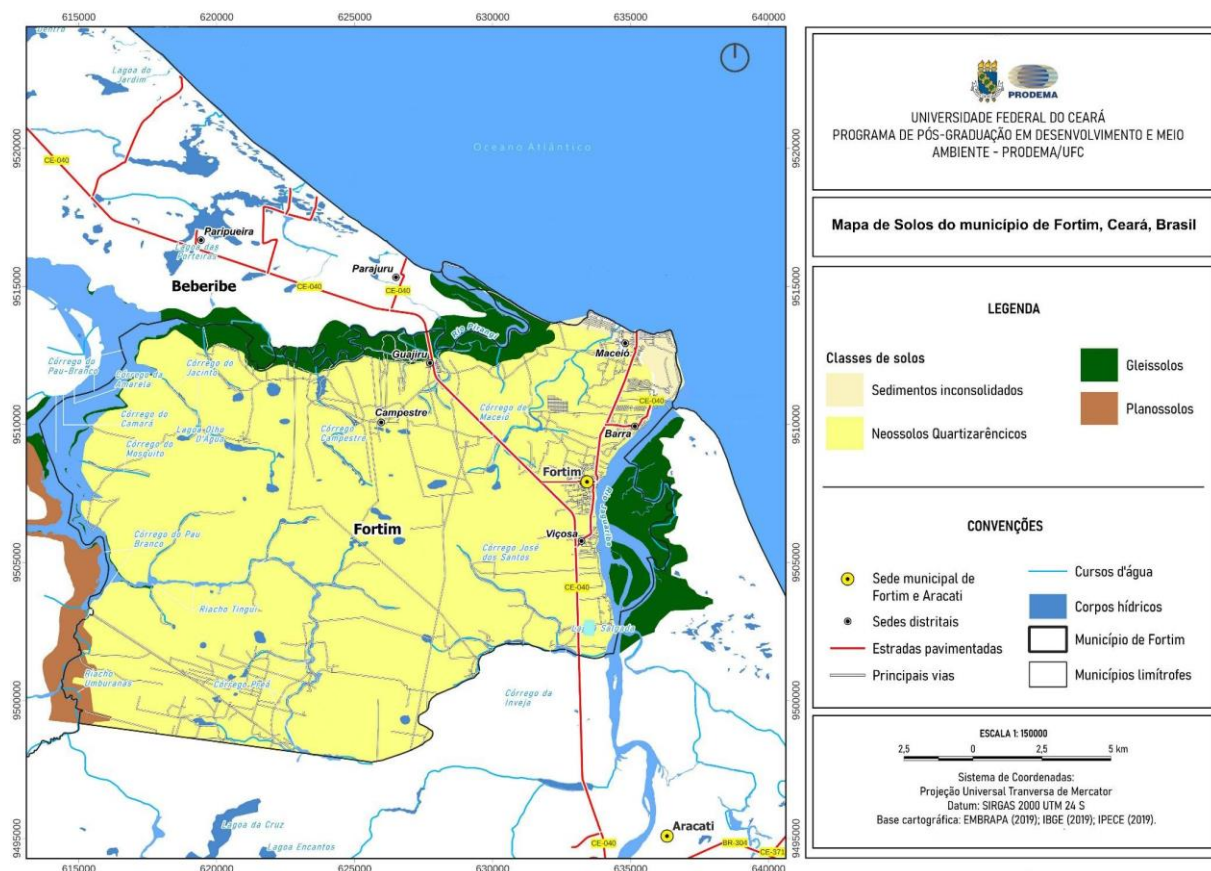
No município de Fortim os planossolos estão localizados na planície fluvial do rio Pirangi, à retaguarda dos neossolos quartzarênicos e dos gleissolos, em área de inundação sazonal inserida no contexto da vegetação de várzea. Vegetação esta já bem comprometida pelas atividades antrópicas, a exemplo da carcinicultura e da prática de pastagens (IBGE, 2012; IPECE, 2019; SEMA, 2021).

Os gleissolos são inadequados para a prática agrícola em função de sua alta salinização por sódio (proveniente do mar) e por enxofre (proveniente da decomposição de matéria orgânica), apresentam horizontes A e C bem definidos e pouca oxigenação. Suas características morfológicas variadas lhe conferem forte inconsistência estrutural (solo pastoso), agregado a isto tem o caráter hidromórfico, halomórfico e a baixa concentração de ferro. Os gleissolos são formados pela agregação de sedimentos quaternários de baixa granulometria e por compostos orgânicos decompostos. De tal forma, a estrutura e constituição dos gleissolos inviabilizam a mecanização e o cultivo nessa unidade. (Pereira; Silva, 2007; EMBRAPA, 2018).

Nos gleissolos, no município de Fortim, encontra-se a vegetação paludosa marítima de mangue. Essa associação pedológica-vegetacional localiza-se ao longo da planície fluviomarina dos rios Pirangi e Jaguaribe. É uma vegetação adaptada ao ambiente salobro e a baixa oxigenação, apresentando em geral raízes aéreas, troncos retorcidos e galhos finos (IBGE, 2012; IPECE, 2019; SEMA, 2021).

A distribuição espacial dos solos do município de Fortim pode ser visualizada no Mapa 02 em seguida, em que os neossolos quartzarênicos abrangem a maior parte do território, sendo seguido pelos gleissolos em segundo lugar em extensão e, por fim, em menor proporção os planossolos.

Mapa 02. Solos do município de Fortim, Ceará, Brasil



Fonte: elaborado pelo autor.

O panorama vegetal das paisagens fortinenses se destaca pelos seguintes tipos vegetacionais: a vegetação pioneira psamófila, a vegetação subperenefólia de dunas, a vegetação subcaducifólia de tabuleiro, vegetação paludosa marítima de mangue e a vegetação de várzea.

Na perspectiva supracitada, destaca-se que tanto na região de tabuleiro pré-litorâneo, como na planície litorânea, em que se sobressaem os neossolos quartzarênicos, encontram-se os seguintes tipos vegetacionais: a vegetação pioneira psamófila, vegetação subperenefólia de dunas e vegetação subcaducifólia de tabuleiro (Leite, 2016; IPECE, 2019; SEMA, 2021). É preciso compreender esses tipos vegetacionais para se gerar subsídios aos planos de preservação, conservação e recuperação ambiental.

A vegetação pioneira psamófila é encontrada de maneira expressiva na região litorânea, em especial no pós-praia e nos campos de dunas, exercendo importante papel de fixação dos sedimentos, atuando contra os processos erosivos (Figura 01). Além disso, estas

favorecem a formação dos solos com o suprimento de matéria orgânica e criam as condições iniciais para a fixação do ambiente e posterior surgimento de extratos maiores de vegetação. As unidades dessa vegetação habitam, em geral, terrenos arenosos (por isso o nome psamófila), salinos e submetidos ao intenso fluxo eólico, o que as obrigam a adaptar-se às condições do ambiente. Como exemplares desse tipo vegetacional é possível encontrar na área de estudo as herbáceas e as gramíneas, como a Salsa da Praia (*Ipomoea pes-caprae*), a Salsa (*Ipomea assarifolia*) e o Pinheirinho da Praia (*Remirea marítima*) (Pereira; Silva, 2007; IBGE, 2012; Moro, *et al*, 2015).

Figura 01. Vegetação pioneira psamófila na praia do pontal de Maceió em Fortim.



Fonte: elaborado pelo autor.

A vegetação subperenefólia de dunas ocupa áreas que já foram colonizadas pela vegetação pioneira psamófila, ou seja, áreas já estabilizadas como campos de dunas e paleodunas. Mesmo assim, continuam a trabalhar na fixação do relevo e na infiltração hídrica alimentando o lençol freático (Figura 02). As unidades vegetacionais desse grupo são, em geral, arbustivas e subperenefólias, ou seja, conservam as folhas durante o período de estiagem. Como exemplares dessa vegetação são possíveis de encontrar na área de estudo o cajueiro (*Anacardium occidentale*), o juazeiro (*Zizyphus joazeiro*) e o murici (*Byrsonima sp.*).

Figura 02. Vegetação subperene-fólia de dunas em Canoé em Fortim



Fonte: elaborado pelo autor.

A vegetação subcaducifólia de tabuleiro apresenta espécies predominantemente arbustivo-arbóreas, além de estratos gramíneo-lenhosos e unidades herbáceas (Figura 03). O referido tipo vegetacional apresenta a condição de subcaducifólia, fato este que justifica a perda parcial da folhagem das árvores e dos arbustos durante a estação seca. O estrato arbustivo- arbóreo apresenta cotas superiores com unidades esparsas. O estrato gramíneo-lenhoso é constituído por espécies mais rasteiras de padrão mais homogêneo, apresenta unidades bastante espaçadas e sobrepostas a um conjunto de plantas herbáceas e gramíneas. Contudo, no estrato gramíneo-lenhoso são evidenciadas pequenas árvores (IBGE, 2012, 2019). Em Fortim o estrato arbustivo-arbóreo predomina em relação ao estrato gramíneo-lenhoso, ambos ocupando a unidade de tabuleiro, porém com representatividade nas zonas de transição com a planície litorânea, fluvial e fluviomarinha (IPECE, 2019; SEMA, 2021).

Figura 03. Vegetação subcaducifólia de tabuleiro em Fortim



Fonte: elaborado pelo autor.

É importante destacar que em Fortim, a vegetação subcaducifólia de tabuleiro tem sido comprometida pelas atividades agropecuárias, pela expansão urbana, pela instalação de infraestruturas turísticas, entre outras. Na área de estudo, encontram-se como exemplares da vegetação subcaducifólia de tabuleiro o Jenipapo Bravo (*Tacayena sp.*), a Imbaúba (*Cecropia sp.*), Croata (*Bromélia sp.*), entre outros (Pereira; Silva, 2007; IBGE, 2012; Moro, *et al*, 2015). A vegetação paludosa marítima de mangue encontra-se ao longo das planícies fluviomarinhas, tanto as relacionadas ao rio Pirangi como as relacionadas ao rio Jaguaribe, em solos do tipo gleissolos em áreas de inundação sazonal (Figura 04). A vegetação paludosa marítima de mangue corresponde ao ecossistema manguezal, com vegetação de mangue apresentando baixa diversificação de espécies em função do constante fluxo das marés, da insurgência de água doce, do halomorfismo, da estruturação pedológica, entre outros fatores ambientais (Pereira; Silva, 2007; IBGE, 2012).

Figura 04. Vegetação paludosa marítima de mangue em Fortim



Fonte: elaborado pelo autor.

O quadro ecológico em tela força as espécies do mangue a se adaptar às condições do meio. Assim, é comum no ecossistema manguezal se observar vegetação com raízes rizóforas que funcionam como suporte em relação ao solo pastoso, além de raízes respiratórias ou pneumatóforos que permitem a busca de oxigênio. A vegetação paludosa marítima de mangue cumpre importantes papéis ecológicos, tais como: combate a erosão nas adjacências das desembocaduras dos rios, a proteção de espécies vinculadas ao ambiente estuarino, atua na depuração da água do mar, funciona como berçário marinho, entre outras funções. Como exemplares desse tipo vegetacional, pode-se encontrar em Fortim o Mangue Vermelho (*Rhizophora mangle*), também chamado de Sapateiro; o Mangue Preto (*Avicennia shaueriana*) popularmente chamado de Canoé, entre outros (IBGE, 2012; Moro, *et al*, 2015).

A vegetação de várzea ocupa as áreas periodicamente inundáveis ocorrendo ao longo de rios, riachos e lagoas que drenam o território estudado. Apresenta porte arbóreo-arbustivo em que a carnaubeira (*Copernicia cerifera*) é um dos principais exemplares desse tipo vegetacional (Figura 05). No município de Fortim, a vegetação de várzea encontra-se prioritariamente nos planossolos localizados na planície fluvial do rio Pirangi. Além do que, também é encontrada em trechos da planície fluviomarina do rio Jaguaribe em áreas de gleissolos com manchas de planossolos. Além da carnaubeira (*Copernicia cerifera*), pode ser encontrado no território fortinense o marmeleiro (*Croton sp.*), o mofumbo (*Combretum leprosum*), entre outros (Pereira; Silva, 2007; IBGE, 2012; Moro, *et al*, 2015).

Figura 05. Vegetação de várzea em Fortim



Fonte: elaborado pelo autor.

A correlação entre as classes de solos com os tipos vegetacionais que estas abrigam, levando-se em conta as inter-relações fitopedológicas que determinam as potencialidades e limitações destas condicionantes geoambientais, bem como o tipo de uso verificado na área de estudo, pode ser verificada no Quadro 01.

Quadro 01. Caracterização fitopedológica e suas implicações socioambientais em Fortim, Ceará, Brasil

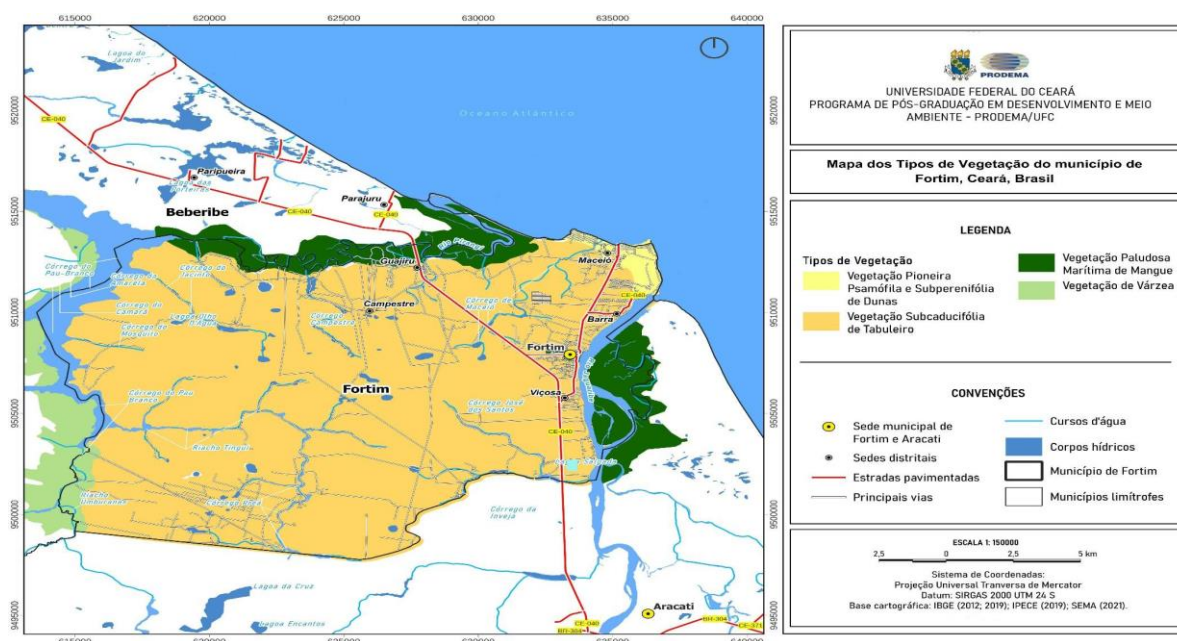
Classes de Solos	Tipo Vegetacional Correspondente	Características Físicas	Uso atual	Potencialidades e limitações
Neossolos Quartzarênicos	Vegetação Pioneira Psamófila Vegetação Subperenefólia de Dunas Vegetação Subcaducifólia de Tabuleiro	Solos pouco evoluídos, formados por grãos de quartzos, apresentam boa permeabilidade e baixa fertilidade natural.	Cultivos perenes de subsistência (coco, caju, manga). Extrativismo vegetal. Turismo. Lazer.	Em boa medida, apresenta relevo favorável à mecanização e são bem drenados. Contudo, sem a devida correção, caracterizam-se pela baixa produtividade agrícola.

<p>Gleissolos</p>	<p>Vegetação Paludosa Marítima de Mangue.</p>	<p>Solos pastosos com alta salinização por sódio e enxofre, pouca oxigenação e concentração de ferro.</p>	<p>Carcinicultura Extrativismo vegetal. Mariscagem. Turismo. Lazer.</p>	<p>Constituem área de refúgio ecológico, favorecem o extrativismo vegetal e a mariscagem, são solos mal drenados e inadequados ao manejo agropastoril.</p>
<p>Planossolo</p>	<p>Vegetação de Várzea</p>	<p>Solos rasos, com baixa permeabilidade e drenagem irregular, altos teores de sódio e argila, apresentam pedimentos de gnaisses e magmatitos.</p>	<p>Agricultura Irrigada. Pastagem. Pequenas represas.</p>	<p>Solos mal drenados e devido suas características físico-químicas e ao seu déficit hídrico não são favoráveis às práticas agrícolas.</p>

Fonte: Adaptado de Pereira e Silva (2007) e Embrapa 2018.

O panorama vegetal de Fortim pode ser visualizado conforme o Mapa 03.

Mapa 03. Tipos de vegetação do município de Fortim, Ceará, Brasil



Fonte: elaborado pelo autor.

Conclusões

No município de Fortim foram encontradas nos neossolos quartzarênicos a vegetação pioneira psamófila, a vegetação subperenefólia de dunas e a vegetação subcaducifólia de tabuleiro. É importante destacar que a vegetação subperenefólia de dunas auxilia na fixação do relevo e na infiltração hídrica, contribuindo para a recarga aquífera do lençol freático. A vegetação paludosa marítima de mangue encontra-se ao longo das planícies fluviomarinhas, tanto as relacionadas ao rio Pirangi quanto as relacionadas ao rio Jaguaribe, em solos do tipo gleissolos, em áreas de inundação sazonal. Já no planossolo foi encontrada vegetação de várzea.

Nos planossolos presentes na planície fluvial do rio Pirangi, a vegetação de várzea encontra-se comprometida por atividades como a carcinicultura e a prática de pastagens. Nesse tipo de solo e vegetação, também foi encontrada a prática agrícola, que é inadequada para essa condição fitopedológica devido às características físico-químicas e à deficiência hídrica do solo.

Este estudo pode contribuir para a gestão territorial ao apontar os tipos de solo e vegetação presentes no município de Fortim, além de avaliar seu estado de conservação, analisando a correlação fitopedológica com seu uso. Dessa forma, é possível identificar práticas inadequadas em determinados tipos paisagísticos, que resultam na degradação da vegetação. Faz-se necessária a intervenção do Poder Público para auxiliar as pessoas que dependem dessas atividades econômicas, indicando locais mais apropriados para tais práticas, além de promover um manejo adequado e sustentável.

Ademais, sugere-se, para pesquisas futuras, estudos de monitoramento ambiental de médio e longo prazo acerca do comportamento e da evolução fitopedológica do município de Fortim, dos quais possam se obter subsídios para o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis para o uso e ocupação compatíveis com a capacidade de suporte dos sistemas e recursos paisagísticos.

Referências

CEARÁ. Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Ceará. Diagnóstico Geoambiental. **Uso e Ocupação do Solo. Diagnóstico Consolidado.** Zoneamento Ecológico-Econômico da Zona Costeira do Estado do Ceará (ZEEC). Fortaleza: SEMA, 2021.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Serviço Geológico do Brasil. **Geodiversidade do estado do Ceará.** Fortaleza: CPRM, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Levantamento**

Exploratório: Reconhecimento de solos do Estado do Ceará. Série pedológica, Recife, v. 1, n. 16, 1973a. Disponível em:

<file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/DPP-BT-28-1973-Volume-I.pdf>

Acesso em 20 mar. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Levantamento Exploratório: Reconhecimento de solos do Estado do Ceará. **Série pedológica**, Recife,

v. 2, n. 16, 1973b. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/331170/2/DPP-BT-28-1973-Volume-II.pdf>. Acesso em 20 mar. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Mapa Exploratório e**

de Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará, Recife, 1973c. Disponível em:

<file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/Mapa-Exploratorio-Reconhecimento-de-Solos-Estado-do-Ceara.pdf>. Acesso em 20 mar. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de**

Classificação de Solos. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível em:

<file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>.

Acesso em 20 mar. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da**

Vegetação Brasileira: sistema fitogeográfico Inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas e procedimentos para mapeamentos, [S.l.]: IBGE, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Bases cartográficas contínuas Brasil.** [S.l.]: IBGE, 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil**

Básico Municipal – Fortim. Fortim: IPECE. 2017.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Ceará em Mapas:** arquivos georreferenciados. IPECE. 2019.

LEITE, Nicolly Santos. **Zoneamento paisagístico das falésias do litoral de Fortim/Ceará:** subsídios ao planejamento e à gestão ambiental. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará-UFC, Fortaleza, 2016.

PEREIRA, Raimundo Castelo Melo; SILVA, Edson Vicente da. Solos e vegetação do Ceará: características gerais. In: SILVA, José Borzacchiello da; CAVALCANTE, Tércia Correia; DANTAS, Eustógio Wanderley Correia. **Ceará:** um novo olhar geográfico. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007.

POPULAÇÕES VULNERÁVEIS E RISCO AMBIENTAL NO NORDESTE BRASILEIRO: ANÁLISE SOCIODEMOGRÁFICA A PARTIR DA CARTOGRAFIA DE DADOS CENSITÁRIOS

Jair Bezerra dos Santos Júnior¹

Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil

E-mail: jairsantos@id.uff.br

Resumo: Populações residentes em áreas ambientalmente frágeis demandam medidas de mitigação, dada sua maior exposição e vulnerabilidade. A caracterização e a análise socioambiental fundamentam abordagens regionais mais eficazes e contextualizadas. O objetivo deste trabalho foi caracterizar e correlacionar informações vinculadas à delimitação das populações vulneráveis a desastres naturais na região Nordeste do Brasil, promovendo uma discussão sobre a situação específica da região, a partir da análise por meio de mapeamento temático. O percurso metodológico seguiu uma abordagem quantitativa, baseada na análise de dados espaciais e censitários, com foco na caracterização da população residente em municípios monitorados pelo CEMADEN e com áreas de risco identificadas na BATER. As atividades foram desenvolvidas em gabinete, com a aplicação de informações e estatísticas públicas à cartografia temática. As amostras censitárias selecionadas, como gênero, renda e raça/cor, permitiram uma leitura das desigualdades regionais, evidenciando discrepâncias entre o processo de desenvolvimento regional e o planejamento federal. Entre os 294 municípios selecionados por apresentarem áreas de risco, constatou-se que 92% possuem uma população predominantemente negra e indígena, o que reforça a urgência de políticas públicas voltadas à igualdade racial frente ao racismo ambiental, com vistas à melhoria da qualidade de vida das populações que habitam territórios vulneráveis.

Palavras-chave: Racismo ambiental; Estatísticas oficiais; Governança.

VULNERABLE POPULATIONS AND ENVIRONMENTAL RISK IN THE BRAZILIAN NORTHEAST: SOCIO-DEMOGRAPHIC ANALYSIS BASED ON CENSUS DATA MAPPING

Abstract: Populations living in environmentally fragile areas require mitigation measures, given their greater exposure and vulnerability. Socio-environmental characterization and analysis provide the basis for more effective and contextualized regional approaches. The aim of this work was to characterize and correlate information linked to the delimitation of populations vulnerable to natural disasters in the Northeast region of Brazil, promoting a discussion on the specific situation of the region, based on analysis through thematic mapping. The methodological approach followed a quantitative approach, based on the analysis of spatial and census data, with a focus on characterizing the population living in municipalities monitored by CEMADEN and with risk areas identified in BATER. The activities were carried out in the office, applying public information and statistics to thematic cartography. The census samples selected, such as gender, income and race/color, allowed a reading of regional inequalities, highlighting discrepancies between the regional development process and federal planning. Among the 294 municipalities selected for having risk areas, 92% were found to have a predominantly black and indigenous population, which reinforces the urgency of public policies aimed at racial equality in the face of environmental racism, with a view to improving the quality of life of populations living in vulnerable territories.

Keywords: Environmental racism; Official statistics; Governance.

¹ Mestrando do Curso de Geografia da Universidade do Federal Fluminense (POSGEO/UFF). Graduado em Geografia pela Universidade Federal do Ceará (UFC), Especialista em Análise Ambiental e Gestão do Território pela Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE/IBGE) e em Ensino de Geografia pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (ENGEIO/UFVJM).

POBLACIONES VULNERABLES Y RIESGO AMBIENTAL EN EL NORESTE DE BRASIL: ANÁLISIS SOCIODEMOGRÁFICO A PARTIR DE LA CARTOGRAFÍA DE DATOS CENSALES

Resumen: Las poblaciones que residen en áreas ambientalmente frágiles requieren medidas de mitigación, dada su mayor exposición y vulnerabilidad. La caracterización y el análisis socioambiental fundamentan enfoques regionales más eficaces y contextualizados. El objetivo de este trabajo fue caracterizar y correlacionar la información relacionada con la delimitación de las poblaciones vulnerables a los desastres naturales en la región noreste de Brasil, promoviendo un debate sobre la situación específica de la región, a partir del análisis mediante cartografía temática. El recorrido metodológico siguió un enfoque cuantitativo, basado en el análisis de datos espaciales y censales, centrado en la caracterización de la población residente en municipios monitoreados por el CEMADEN y con áreas de riesgo identificadas en el BATER. Las actividades se desarrollaron en el gabinete, con la aplicación de información y estadísticas públicas a la cartografía temática. Las muestras censales seleccionadas, como género, ingresos y raza/color, permitieron una lectura de las desigualdades regionales, poniendo de manifiesto las discrepancias entre el proceso de desarrollo regional y la planificación federal. Entre los 294 municipios seleccionados por presentar áreas de riesgo, se constató que el 92 % tiene una población predominantemente negra e indígena, lo que refuerza la urgencia de políticas públicas orientadas a la igualdad racial frente al racismo ambiental, con miras a mejorar la calidad de vida de las poblaciones que habitan territorios vulnerables.

Palabras-clave: Racismo ambiental; Estadísticas oficiales; Gobernanza.

Introdução

A Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, obrigando os municípios brasileiros a elaborarem planos de contingência para proteção e defesa civil. Também inclui a elaboração de um plano de implantação de obras e serviços voltados à redução dos riscos de desastres, promovendo o reassentamento de famílias situadas em áreas de risco ou de proteção ambiental, devendo-se garantir moradia temporária a essas famílias. Para a eficácia desses objetivos, é necessário identificar os municípios, suas fragilidades ambientais e a caracterização da população que ocupa tais regiões.

Conforme Ross (2006), a demanda por recursos naturais cresce proporcionalmente ao aumento populacional e às carências de consumo e acesso. No entanto, a compreensão sobre os recursos renováveis não acompanha esse ritmo. Essa discrepância, inicialmente abordada sob uma perspectiva neomalthusiana, desequilibra a dinâmica dos elementos naturais, resultando em eventos climáticos extremos que impactam o modo de vida e aumentam os níveis de insegurança da população (Ross, 2006). Isso reforça a necessidade inerente de gestão territorial e ambiental, exigindo, de fato, uma análise crítica para compreender a dinâmica populacional em uma era de dominação pelo capital (Moore, 2017) e de sociedade do risco (Beck, 2011).

A compreensão dos problemas relacionados ao ordenamento, à gestão e à governança socioambiental é complexa. Parte desses problemas decorre do atual modelo econômico, caracterizado pelo deslocamento e pela desregulamentação estatal, com base em um processo de acumulação por espoliação e nas contradições mutáveis do capitalismo (Harvey, 2003; 2016). Esse cenário empurra populações para ambientes frágeis à ocupação extensiva, como ocorre, por exemplo, com as migrações do interior dos estados para as capitais. Assim, intensificam-se as relações entre grupos vulneráveis e áreas de risco ambiental (Aquino et al., 2017).

O Brasil apresenta características distintas em diferentes porções de seu território quando o tema são desastres naturais. As condições físicas do território, que influenciam a ocupação nacional, e as variações na fragmentação territorial municipal entre as grandes regiões do país resultaram em diferentes padrões de distribuição espacial da população em áreas de risco (IBGE, 2018).

A partir da análise ambiental e territorial, é possível subsidiar ações de governança de risco e de resposta a desastres naturais, por meio do uso de informações censitárias e do sistema de recorte analítico da Base Territorial Estatística de Áreas de Risco (BATER). A BATER corresponde a uma delimitação estabelecida sobre áreas de risco definidas pela CPRM – podendo ser referida como área suscetível – cujos limites são posteriormente ajustados de acordo com os traçados das faces de quadra do IBGE. A partir desses ajustes, são agregados os dados populacionais do Censo Demográfico.

A BATER é resultado de um arranjo interinstitucional firmado em 2013, com o objetivo de associar as informações do Censo Demográfico de 2010 do IBGE às áreas de risco mapeadas pela CPRM. Esse arranjo fortaleceu a gestão municipal por meio da produção de dados e informações fornecidas por essas instituições nacionais. Como produto, obtiveram-se informações geográficas articuladas em diversas escalas de análise e com elevado grau de detalhamento, constituindo o primeiro esforço em estimar a população brasileira exposta e vulnerável ao risco de desastres naturais.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar e relacionar informações associadas ao detalhamento das populações vulneráveis a desastres naturais na região Nordeste do Brasil, promovendo uma discussão integrada entre vulnerabilidade e fragilidade socioambiental em escala regional. Este estudo consiste em uma investigação – com base em informações demográficas, socioeconômicas e ambientais – que articula a visualização da dinâmica demográfica em favor da melhoria da qualidade de vida, mediante a análise da “justiça social

e racionalização do uso dos recursos naturais que atenuem os impactos ambientais” (Ross, 2014, p. 16).

Para elucidar o conceito de região na concepção de planejamento, parte-se do princípio de que “a região é uma realidade concreta, física, ela existe como quadro de referência para a população que aí vive” e que o objetivo é desvendar “a combinação de fatores responsável por sua configuração. O método recomendado é a descrição, pois só através dela é possível penetrar na complexa dinâmica que estrutura o espaço” (Gomes, 1995, p. 57).

Compreende-se que o cenário da região Nordeste pode ser caracterizado por meio de indicadores de vulnerabilidade socioambiental, em conformidade com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS): (3) saúde e bem-estar e (10) redução das desigualdades (UN-DESA, 2015). Estigmatizada sob as lentes dos estudos nacionais, a região Nordeste do Brasil revela, quando observada com maior atenção, uma diversidade na ocupação populacional, no uso da terra e nas configurações morfológicas associadas à sua natureza regional. Através da interpretação das escalas territoriais, a leitura da região com base em dados nacionais fortalece sua contextualização diante da vastidão de informações, contribuindo para superar estigmas e promover um planejamento crítico.

Metodologia

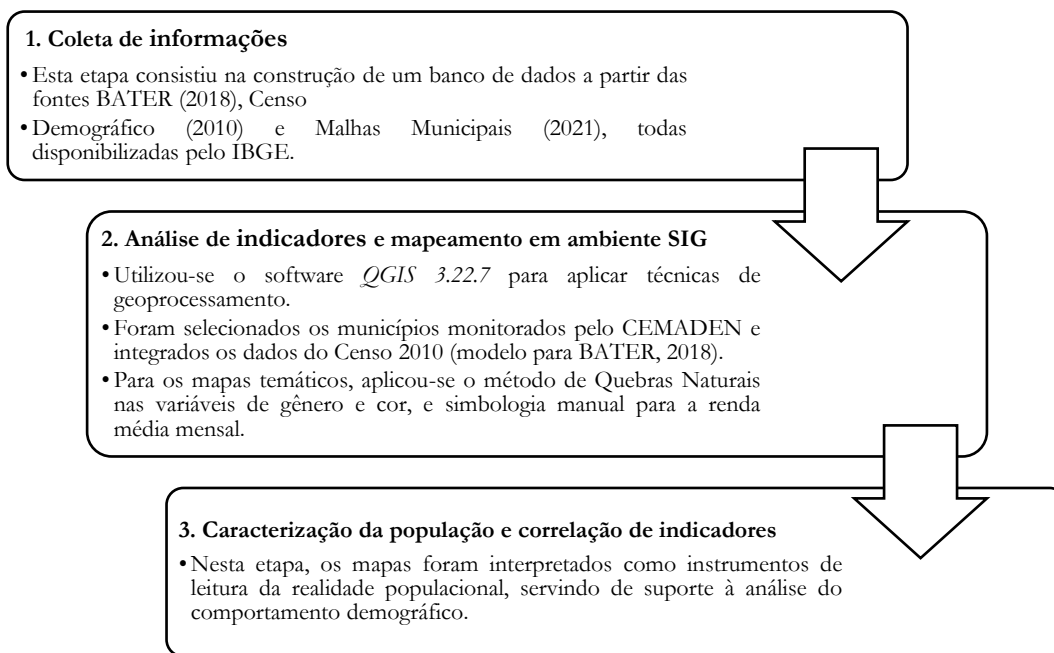
A partir de 2011, o Brasil implementou um programa multissetorial para a gestão de riscos e a resposta a desastres naturais, aprimorado em 2012 com o Plano Nacional de Gestão de Risco e Resposta a Desastres. O plano inclui ações como o mapeamento de áreas de risco pela CPRM, o monitoramento e alerta realizados pelo CEMADEN, além da execução de obras para o fortalecimento da defesa civil.

O CEMADEN emprega tecnologias modernas para monitorar e emitir alertas sobre desastres naturais, contribuindo para a mitigação de seus impactos. O desenvolvimento da BATER, em parceria com o IBGE, foi essencial para identificar a população residente em áreas de risco, subsidiando ações voltadas à redução de danos humanos, ambientais, sociais e econômicos.

Os procedimentos metodológicos se fundamentaram na pesquisa e modelagem de uma amostra de dados quantitativos, por meio da coleta de dados secundários amplamente disponíveis em nível nacional. Os dados utilizados consistiram em informações e estatísticas

públicas, aplicadas à cartografia temática e analisadas a partir de indicadores relevantes à população, como gênero, renda e raça/cor. Seguiu-se, assim, uma rota de pesquisa conforme os passos descritos no Figura 1.

Figura 1: Esquema do passo a passo da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em vista da contribuição do Censo Demográfico na classificação e caracterização da população durante os passos 2 e 3, foram selecionados três indicadores de análise: (i) gênero; (ii) rendimento nominal médio mensal; e (iii) cor/raça por município. A escolha desses indicadores foi orientada pelos parâmetros de vulnerabilidade populacional propostos no Conjunto Global de Estatísticas e Indicadores de Mudanças Climáticas (*Global Set of Climate Change Statistics and Indicators*, UNSD, 2022). Esse quadro de referência, desenvolvido pela Comissão de Estatísticas das Nações Unidas (UNSD), baseia-se nos relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), os quais sintetizam a complexidade dos estudos sobre as mudanças climáticas, incluindo a vulnerabilidade como um dos principais grupos de indicadores.

No caso dos indicadores de vulnerabilidade populacional, destacam-se os seguintes: “100. População que vive em zonas costeiras”; “101. Proporção da população que vive abaixo da linha de pobreza internacional por sexo, idade, situação profissional e localização geográfica (urbana/rural)”; “102. População que vive em áreas propensas a riscos”; e “103.

Proporção da população urbana que vive em favelas, assentamentos informais ou habitações inadequadas” (UNSD, 2022).

Para esta pesquisa, foram realizadas 13 classificações que descreveram, em porcentagens, as taxas de cada classe nos tópicos mencionados anteriormente. Para o indicador (i) gênero, classificou-se a população em homens e mulheres; para o (ii) rendimento médio mensal, as categorias foram: até 1/4 do salário mínimo, entre 1/4 e 1/2, entre 1/2 e 1, entre 1 e 2, e superior a 2 salários mínimos; e, por fim, para (iii) raça/cor, utilizaram-se as categorias: branca, preta, parda, amarela e indígena.

A utilização dos dados no software *QGIS 3.22.7* revelou-se de grande importância para a geoinformação como ferramenta social, estabelecendo uma conexão fundamental com o conhecimento qualitativo, ao incorporar informações espaciais, descritivas e temporais. Quanto ao método de classificação temática das amostras, destaca-se a Otimização de Jenks. Também conhecido como Quebras Naturais, esse método foi inicialmente adotado como regra classificatória para o mapeamento temático deste trabalho. O método classifica iterativamente os dados, ajustando os limites das classes conforme os padrões de agrupamento. Sua aplicação pode resultar em classes descontínuas, sendo amplamente utilizado em mapeamentos coropléticos em SIGs. A otimização das classes foi essencial para compreender a dinâmica quantitativa e discutir qualitativamente os resultados.

Durante a elaboração dos mapas, foi possível realizar uma leitura comparativa entre os dados quantitativos. Após a produção de uma carta temática para cada tema, analisaram-se mapas comparativos, com o intuito de consolidar argumentos relacionados à soberania na caracterização demográfica. Os resultados destacaram a relevância das amostras do Censo Demográfico e demonstraram potencial para análises comparativas com outros conjuntos de dados. Além disso, apresentaram propostas concretas para a avaliação populacional, com vistas ao aprimoramento de políticas públicas e ao planejamento regional.

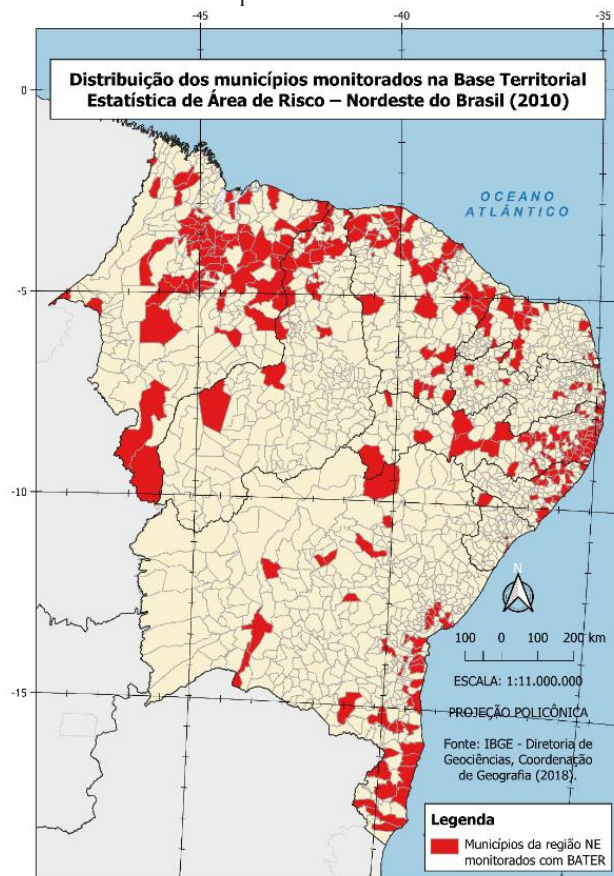
Resultados e Discussão

Os resultados são inicialmente apresentados por meio da descrição dos mapas temáticos gerados a partir da integração dos dados censitários aos polígonos municipais, utilizando processos de geoinformação. Em seguida, a discussão avança para uma reflexão crítica sobre essas informações, permitindo a correlação e a análise no contexto do

planejamento regional, com foco na promoção da justiça socioambiental e na redução das desigualdades.

Como parte do processo de refinamento de dados e da pesquisa em plataformas de estatísticas públicas, realizou-se a leitura dos municípios com pontos de monitoramento do CEMADEN e com áreas de risco delimitadas pela BATER (IBGE, 2018). Como resultado, foram inicialmente destacados 294 municípios com polígonos de áreas de risco definidos (Figura 2), o que representa 16,38% do total de 1.794 municípios do Nordeste brasileiro (Santos Júnior *et al.*, 2023).

Figura 2: Municípios da Região Nordeste monitorados pela CEMADEN com áreas de riscos mapeadas na BATER



Fonte: Santos Júnior *et al.* (2024).

A partir disso, inicia-se uma análise descritiva dos dados de monitoramento conforme a quantidade de municípios descritos na Tabela 1 (Santos Júnior *et al.*, 2024). O Maranhão se sobressai com 68 municípios que apresentam áreas de risco, correspondendo a 31,33% do total de municípios do estado. Pernambuco, por sua vez, possui o maior percentual de municípios monitorados, atingindo 32,43%. Já a Bahia, embora se destaque

pelo número absoluto de pessoas residentes em áreas de risco, apresenta apenas 11% dos seus 417 municípios monitorados.

Tabela 1: Dados populacionais dos municípios da Região Nordeste monitorados pela CEMADEN com áreas de riscos mapeadas na BATER

Grandes Regiões, Unidades da Federação	Total de municípios	Total de municípios monitorados	Total de municípios monitorados (%)	Total de população	Total de população dos municípios monitorados	Total de população dos municípios monitorados (%)
Nordeste	1.794	294	16,38	53.081.950	25.961.835	48,91
Alagoas	102	23	22,54	3.120.494	1.475.853	47,30
Bahia	417	46	11,03	14.016.906	5.138.492	36,66
Ceará	184	39	21,19	8.452.381	4.887.101	57,82
Maranhão	217	68	31,33	6.574.789	3.484.166	52,99
Paraíba	223	15	6,72	3.766.528	1.625.353	43,15
Pernambuco	185	60	32,43	8.796.448	5.874.875	66,79
Piauí	224	21	9,37	3.118.360	1.399.526	44,88
Rio Grande do Norte	167	19	11,37	3.168.027	1.458.097	46,03
Sergipe	75	3	4,00	2.068.017	618.372	29,90

Fonte: Santos Júnior *et al.* (2024).

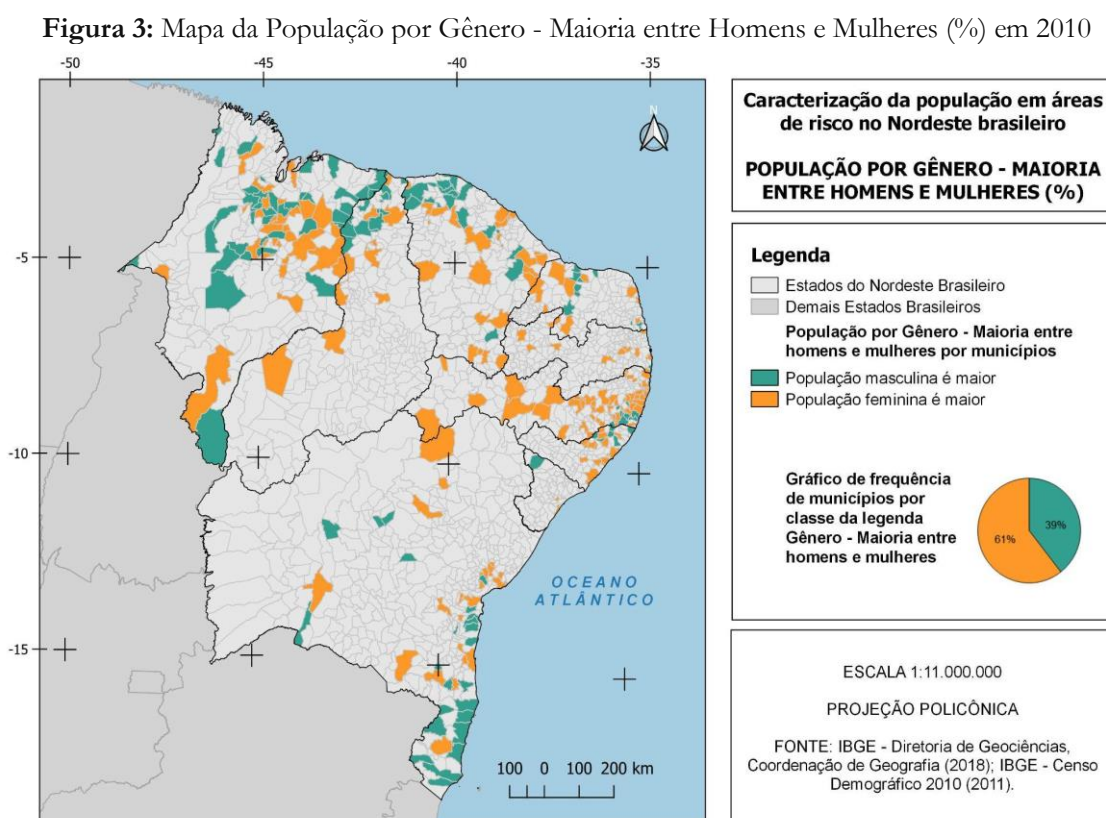
Sergipe, o menor estado em extensão territorial, é composto por 75 municípios, dos quais três possuem polígonos de áreas de risco. Esses três municípios concentram 29,9% da população sergipana, incluindo a capital, Aracaju. Na Paraíba, 15 municípios são monitorados, representando 6,72% do total estadual; contudo, esses municípios concentram 43,15% da população do estado. No Piauí, 9,73% dos municípios são monitorados, abrangendo 44,88% da população total.

O Rio Grande do Norte, mesmo com apenas 11,37% de seus municípios monitorados, apresenta uma situação em que 46,03% de sua população vive nessas áreas. Alagoas, em contexto semelhante, possui 22,54% de seus municípios com áreas de risco, onde reside 47,30% da população estadual. Por fim, o Ceará conta com 39 municípios monitorados (21,19%), os quais concentram 57,82% de sua população.

Utilizando o método das Quebras Naturais em cinco classes, foi realizada uma análise temática dos mapas de gênero, representados por simbologia progressiva em tons de azul. Em 2010, a frequência de municípios onde a maioria da população era do gênero

masculino correspondeu a 11% do total, abrangendo 33 municípios. A distribuição demográfica evidencia a predominância percentual de homens nas regiões Centro e Norte do Maranhão, Sul e Centro-Sul da Bahia, e Noroeste do Ceará. Em 120 municípios (41%), com percentuais entre 49,6% e 51,1% de população masculina, essa distribuição ocorre em todos os estados, com maior concentração nas áreas centrais.

Em contraste, os municípios com maioria da população do gênero feminino representam 59% do total, abrangendo 175 municípios. A distribuição demográfica revela a predominância feminina no Leste do Maranhão, Centro-Norte do Piauí, Sul e Centro-Sul do Ceará, com destaque para Pernambuco, onde todas as mesorregiões selecionadas apresentam maioria feminina. Em 138 municípios (47%), com percentuais entre 50,3% e 51,8% de mulheres, a presença feminina se distribui por todos os estados, especialmente nas regiões metropolitanas (Figura 3).



Fonte: IBGE (2011). Elaborado pelo autor (2023).

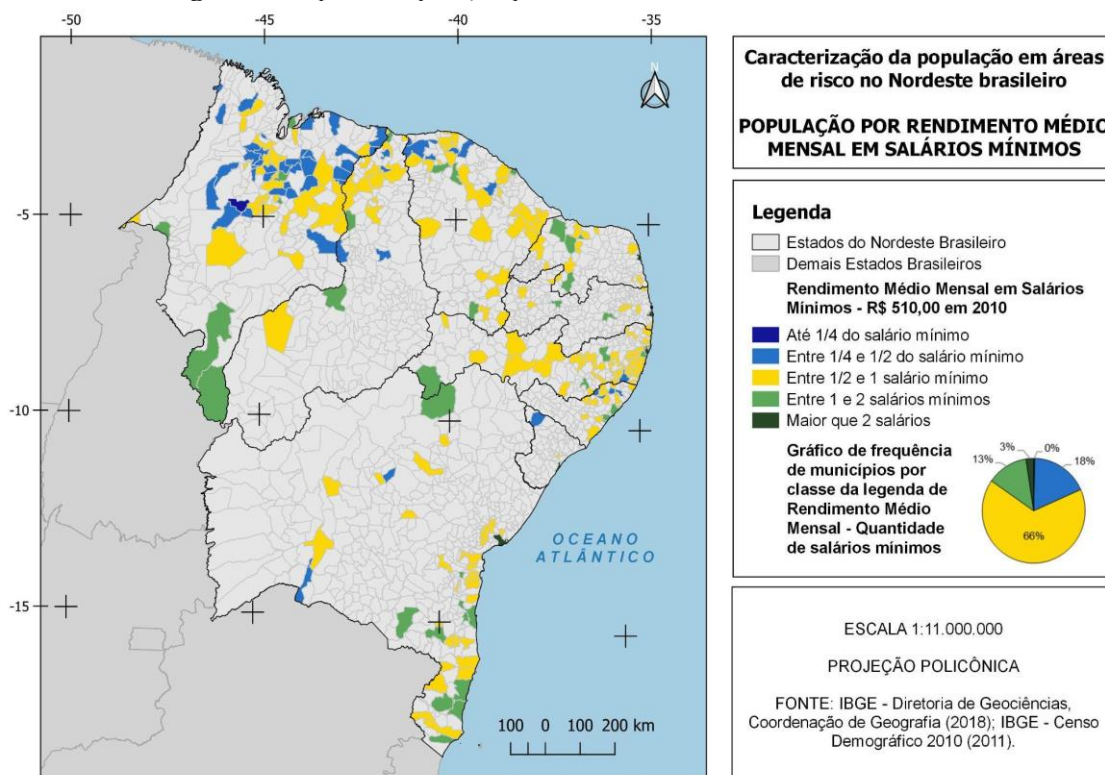
Tal tendência é corroborada por estudos censitários que indicam que a população brasileira é predominantemente composta por mulheres. O Censo Demográfico de 2022 revelou um excedente feminino em relação à população masculina, dando continuidade à

predominância observada desde 1980, quando havia 98,7 homens para cada 100 mulheres. Em 2022, essa razão de sexo caiu para 94,2 homens por 100 mulheres (IBGE, 2023).

Em 2010, o salário mínimo era de R\$ 510, valor que influenciou significativamente as estatísticas referentes ao rendimento nominal médio mensal da população. De forma geral, 24,5% da população brasileira recebia entre meio e um salário mínimo, sendo relevante notar que 32,7% declararam renda entre um e dois salários mínimos (IBGE, 2011).

Ao analisar a Figura 4, que contempla os municípios selecionados da região Nordeste, observa-se um desvio em relação à média nacional. Destacam-se 195 municípios (66%) nos quais predomina o rendimento nominal médio mensal entre 1/2 e 1 salário mínimo, com distribuição em praticamente todos os estados nordestinos. Embora 28,1% da população brasileira, segundo dados amostrais, tenha declarado renda superior a dois salários mínimos, apenas sete municípios (3%) monitorados pela BATER alcançaram essa faixa de rendimento. Apenas um município nordestino da amostra foi classificado com rendimento médio mensal inferior a 1/4 do salário mínimo: Marajá do Sena, localizado no norte do Maranhão.

Figura 4: Mapa da População por Rendimento Médio Mensal em 2010



Fonte: IBGE (2011). Elaborado pelo autor (2023).

Em 2010, Marajá do Sena registrou a menor renda per capita mensal do país, com R\$ 96,25. Em contraste, o município de São Caetano do Sul, em São Paulo, apresentou a maior renda per capita mensal, evidenciando um abismo socioeconômico: “significa que um cidadão médio de São Caetano do Sul tinha, em 2010, renda mensal 20 vezes superior à de um cidadão médio de Marajá do Sena, ou uma diferença de mais de 2.000%” (Faraco; Silveira, 2018, p. 281).

Segundo o IBGE (2011), em 2010, a composição racial da população brasileira indicava 47,51% de pessoas autodeclaradas brancas, 43,42% pardas e 7,52% pretas. Em uma análise regional, o Nordeste apresentava 59,78% de população parda, 29,18% branca e 9,45% preta. Notavelmente, a região Nordeste registrava o maior percentual de população preta entre todas as regiões brasileiras. A análise dos municípios selecionados revela uma distribuição semelhante à tendência regional.

Nos mapas temáticos de Raça/Cor, foi utilizado novamente o método de Quebras Naturais, com cinco classes representadas por simbologia progressiva em tons de amarelo. A população autodeclarada branca apresentou maior concentração nas mesorregiões do Jaguaribe Cearense, Oeste Potiguar, Sertão Paraibano e Agreste Pernambucano. Numericamente, 27 municípios – equivalentes a 9% dos 294 analisados – apresentaram uma proporção expressiva de população branca, variando entre 41,4% e 59,4%.

O mapeamento da população parda evidenciou sua concentração principalmente no Maranhão, além do Norte e Sudoeste Piauiense, Noroeste Cearense e Sul Baiano. Esses dados refletem o cenário regional, com 227 municípios (77%) apresentando mais de 52,8% da população autodeclarada parda.

Na região Sul Baiana, observa-se também uma concentração significativa de população preta, assim como no Leste Maranhense e no Centro-Norte Piauiense. Embora pretos e pardos sejam categorias distintas nos dados censitários, percebe-se uma continuidade regional em sua distribuição. A concepção desses termos remete a debates históricos sobre a formação da identidade racial brasileira, marcados pela autodeclaração dos cidadãos (Sansone, 1996; Telles, 2004).

Segundo Sansone (1996), o sistema de classificação da variável Raça/Cor reflete conflitos e negociações sociais em torno da cor, expressando as diferentes formas pelas quais a ideologia racial é vivida nas diversas camadas sociais e instituições. Essa classificação é influenciada por fatores como a conjuntura socioeconômica, o desenvolvimento da identidade negra e os discursos institucionais. Com base na leitura de Telles (2004, p. 18),

adota-se o termo "negro" para incluir tanto pardos quanto pretos, “como usado pelo movimento negro e agora aceito pela mídia e pelo governo, embora no discurso popular se use comumente negro para referir-se aos pretos”.

A amostragem da população indígena brasileira é relativamente recente nos censos. A Constituição de 1988 trouxe avanços importantes ao reconhecer e obrigar a inclusão da categoria indígena nos levantamentos oficiais. A partir de 1991, tornou-se obrigatória a coleta desses dados, permitindo uma melhor compreensão da dinâmica populacional. O número de indígenas passou de 294 mil em 1991 para 896 mil em 2010 (Santos; Guimarães; Simoni, 2023).

Em 2010, o Nordeste representava 25,5% da população indígena autodeclarada no Brasil – 208.691 pessoas – embora essa população correspondesse a apenas 0,39% do total da região. Dentre os 294 municípios analisados, 25 se destacaram por apresentar percentuais significativos de população indígena, variando entre 0,58% e 20,9%. Pernambuco se sobressai nas mesorregiões do Sertão e São Francisco, seguido pelo Sul da Bahia e Oeste do Maranhão.

Complementando os dados da variável Raça/Cor, observa-se a presença de população autodeclarada amarela e, por fim, sem definição. A maior proporção da população amarela foi de 3,2%, concentrada principalmente no Noroeste Cearense e Sudoeste Piauiense. Já a categoria “Sem Definição” inclui pessoas que optaram por não especificar sua identidade racial. Em 2010, no Brasil, 6.608 pessoas não declararam Raça/Cor; no Nordeste, esse número foi de 1.263, representando percentual praticamente nulo. Em 14 municípios (0,18%), houve indivíduos que optaram por não se declarar.

As inferências demográficas permitiram compreender a dinâmica populacional e avaliar as variáveis conforme sua expressividade na região Nordeste, em comparação aos dados nacionais. O rendimento médio e a Raça/Cor emergiram como variáveis com forte comportamento regional. Por outro lado, a variável de gênero apresentou padrão semelhante ao nacional, refletindo, sobretudo, a histórica predominância de mulheres no Brasil.

As condições de baixa renda e as desigualdades étnico-raciais são questões centrais na busca por justiça territorial. Para além da justiça ambiental, destaca-se aqui a noção de justiça territorial, voltada à análise e promoção de uma distribuição equitativa de recursos e oportunidades, considerando a relação entre justiça social e organização espacial (Lima, 2015). Essa abordagem evidencia como as injustiças sociais e espaciais estão interligadas e se

reforçam mutuamente, sendo mais condizente com a proposta de crítica à distribuição desigual dos riscos na região.

O foco de análise aqui, como já exposto, recai sobre a ocupação humana nos municípios listados em 2018 como áreas de risco de desastres, com o objetivo de avaliar o perfil populacional em situação de vulnerabilidade social e ambiental. Conforme a categorização censitária de 2010, essa população é majoritariamente negra, pobre e feminina.

O IBGE classifica a população em branco, pardo, preto, amarelo e, desde 1991, indígena. Telles (2004) argumenta que, com menos de 1% da população sendo asiática ou indígena – de acordo com o Censo de 2000 –, cerca de 99% dos brasileiros são representados por três categorias, abrangendo uma gama racial do preto ao branco. O autor ressalta que os censos não apenas contam a população, mas também estabelecem categorias que moldam a percepção social sobre raça, influenciando as relações raciais e a estruturação das desigualdades sociais:

As decisões do Estado sobre quais categorias raciais são usadas, e quando ou como são coletados os dados, sabidamente variam ao longo do tempo e de uma sociedade para outra, dependendo das ideologias, práticas raciais e respostas do próprio Estado às demandas políticas e sociais (Telles, 2004, p. 67).

De maneira geral, durante a análise foi possível compreender que as regiões que concentram os municípios com áreas de risco são configuradas predominantemente como urbanas. O retrato da dinâmica da urbanização reestrutura o território, “onde o peso dos lugares varia historicamente em função dos condicionantes e processos sociais, econômicos, políticos, e por vezes culturais que tomam corpo” (Limonad, 1999, p. 82).

Tal urbanização desencadeia modificações socioambientais, culturais e sociais, comprometendo os níveis de organização espacial e ameaçando a biodiversidade (Limonad, 1999). Essas transformações afetam a população de maneira desigual. A injustiça ambiental emerge da interação entre sistemas de produção, ocupação do solo, degradação e mudanças ambientais, impactando negativamente populações empobrecidas e historicamente marginalizadas dos projetos de desenvolvimento (Acsegrad, 2010).

Quando associada à questão étnico-racial, a injustiça territorial compõe o campo de estudos insurgentes sobre o racismo ambiental. Assim, os resultados desta pesquisa indicam a ocorrência de racismo ambiental quando populações negras e indígenas se encontram nas zonas de risco, em áreas afetadas pela destruição de modos de vida e de habitar.

O racismo ambiental é uma expressão do racismo que se manifesta na diferenciação do tratamento dispensado a determinados territórios, com base na presença de grupos sociais específicos, considerados minorias políticas devido à sua cor, raça ou etnia (Montezuma, 2023).

O conceito de racismo ambiental surgiu nos Estados Unidos na década de 1980, a partir da mobilização de moradores do Condado de Warren, na Carolina do Norte – majoritariamente negros – contra a instalação de um aterro para deposição de bifenil policlorado (PCB). O termo foi conceituado pelo sociólogo Robert Bullard no início da década de 1990 (Bullard, 1993). No Brasil, o racismo ambiental, muitas vezes velado pela ideia de uma suposta democracia racial, resulta na invisibilização das injustiças ambientais motivadas por preconceitos raciais.

A Rede Brasileira de Justiça Ambiental (RBJA) define injustiça ambiental como o mecanismo que direciona os danos ambientais a populações de baixa renda, grupos discriminados, povos étnicos tradicionais, bairros operários e populações marginalizadas e vulneráveis (Brandão; Damasco, 2022). Brandão (2021) observa que, no Brasil, os povos indígenas lideram as estatísticas de injustiças ambientais, enquanto, nas áreas urbanas, as populações negras são as mais suscetíveis ao racismo ambiental. Essas definições ampliam a compreensão sobre injustiça e racismo ambiental, indo além da poluição e incluindo também aspectos sociais e econômicos.

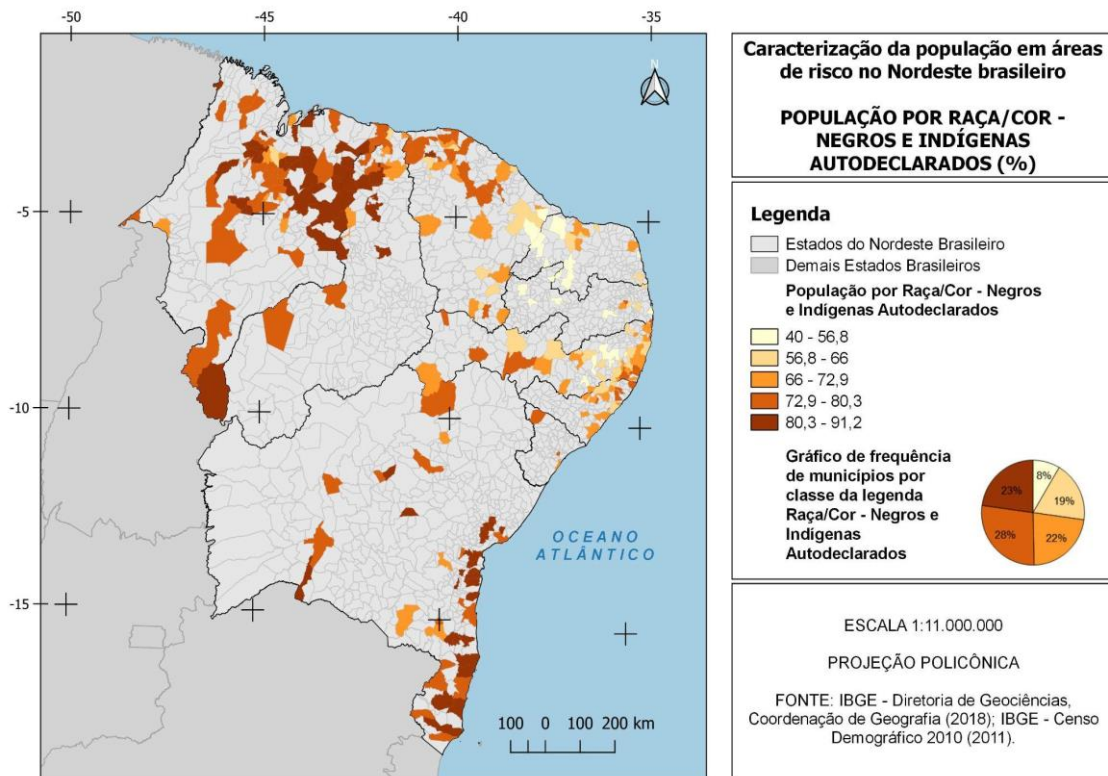
Montezuma (2023) explica que essa prática de segregação espacial gera uma distribuição desigual dos riscos ambientais, afetando especialmente populações com menos recursos financeiros, políticos e informacionais. Esse mecanismo de discriminação ambiental é uma manifestação concreta da injustiça ambiental, na qual a valorização desigual dos espaços e a distribuição desproporcional de riscos e benefícios configuram o racismo ambiental vigente.

Com o intuito de aprofundar o debate sobre Raça/Cor, foi elaborado um mapa indicando o percentual de negros e indígenas autodeclarados nos municípios analisados (Figura 5). Essa representação é significativa: apenas 25 municípios (8%), classificados com percentuais entre 40% e 56,8% de população negra e indígena, não apresentaram predominância desses grupos, evidenciando sua ampla representatividade na maioria dos municípios mapeados.

Esse é o panorama do Nordeste brasileiro que, quando comparado ao restante do país, revela uma importante distinção: em 2010, enquanto a maioria da população nacional

era composta por pessoas brancas (47,51%), o Nordeste apresentava predominância de população negra e indígena. Essa constatação nos leva a refletir sobre a necessidade de aplicação de um planejamento regional crítico, que considere as desigualdades estruturais e promova estratégias voltadas à redução da miséria e das desigualdades raciais.

Figura 5: Mapa da População por Raça/Cor - Negros e Indígenas (%) em 2010



Fonte: IBGE (2011). Elaborado pelo autor (2023).

O Censo Demográfico representa uma política pública fundamental, responsável por levantamentos essenciais que oferecem suporte a estudos como este. No entanto, há diversas críticas relacionadas à presença de variáveis que não dialogam de forma democrática com o princípio da autodeclaração, o que evidencia as limitações da chamada democracia racial no Brasil (Sansone, 1996).

Para o Censo Demográfico de 2020, foram desenvolvidos novos métodos de obtenção de dados que podem representar uma diferença significativa nos indicadores da população nacional. Um dos destaques é a inclusão mais precisa das populações quilombolas. Nos primeiros resultados amostrais, observou-se que as pessoas localizadas em Territórios Quilombolas oficialmente delimitados representam 12,59% da população quilombola no país (IBGE, 2023). Esse avanço constitui um passo importante para a compreensão da dinâmica

demográfica dos remanescentes de quilombos, que desempenham um papel relevante na variável Raça/Cor.

Considerações Finais

A caracterização temática desta pesquisa evidenciou a importância de direcionar as propostas de desenvolvimento regional para um planejamento urbano crítico, que leve em consideração a qualidade de vida da população residente em municípios com áreas de risco. Gestores públicos têm a oportunidade de elaborar planos de mitigação da vulnerabilidade ou de adaptação, indo além da leitura naturalizada do território nordestino e considerando sua diversidade populacional, predominantemente negra, indígena e de baixa renda.

O conceito de racismo ambiental se manifesta nas injustiças sociais e ambientais que recaem sobre grupos étnico-raciais vulnerabilizados, seja por ações intencionais ou por impactos que, mesmo não planejados, produzem efeitos discriminatórios. Teses como as de sociedade de risco e capitaloceno integram essa crítica, reforçando uma visão política sobre a disseminação desigual dos riscos e rejeitando discursos deterministas.

Buscou-se identificar os agentes do sistema econômico que fragilizam o meio ambiente e expõem populações vulneráveis a desastres e danos irreparáveis. A caracterização socioeconômica e demográfica dessas populações permitiu estabelecer relações entre diferentes escalas de análise, destacando o Nordeste como região que demanda uma abordagem específica de governança e leitura territorial.

A crítica ao planejamento estratégico convencional ressalta a ecologia política como ferramenta fundamental para reivindicações sociais. Essa abordagem integra o desenvolvimento humano à pauta ambiental, propondo que estudos sobre ecossustentabilidade orientem o planejamento urbano e regional, alinhando conceitos às transformações socioambientais contemporâneas.

Diante do agravamento das desigualdades raciais e da ampliação da miséria, torna-se urgente resgatar a noção de pertencimento regional, valorizando a autonomia local e promovendo análises multiescalares. Este estudo utilizou o Censo Demográfico como base, destacando-se como instrumento essencial para compreender o perfil populacional brasileiro.

A divulgação dos dados do Censo 2022 trará atualizações relevantes, permitindo análises mais detalhadas. Além disso, a nova Base Territorial, com ampliação do

monitoramento para 2.120 municípios em todo território brasileiro (MCTI, 2023), oferecerá uma leitura mais precisa da realidade brasileira. A transformação da realidade social passa pela verdade, e os dados censitários são fundamentais para esse propósito.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ (E_03/2024MSC) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) (Código de Financiamento 001).

Referências

ACSELRAD, H. Ambientalização das lutas sociais: o caso do movimento por justiça ambiental. **Estudos Avançados**, v. 24. n. 68, 2010.

AQUINO, A. R.; PALETTA, F. C.; ALMEIDA, J. R. **Vulnerabilidade Ambiental**. São Paulo: Blucher, 2017.

BECK, U. **Sociedade de Risco**: Rumo a uma outra modernidade. 2. Ed. São Paulo: Editora 34, 2011.

BRANDÃO, C. M.; DAMASCO, F. S. Conflitos territoriais, desterritorialização e racismo ambiental no Rio De Janeiro (2009-2016). **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 67, n. 2, p. 114 - 142, 2022.

BRASIL. **Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC. Brasília: Congresso Nacional, 2012.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **MCTI anuncia expansão do monitoramento do Cemaden para 2.120 municípios do país**. Disponível em: <<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2023/03/mcti-anuncia-expansao-do-monitoramento-do-cemaden-para-2-120-municipios-do-pais>>. Acesso em 27/05/2023.

BULLARD, R. D. Environmental racism and land use. **Land Use Forum: A Journal of International Law**, v 18, p. 6-11, 1993.

FARACO, B. P.; SILVEIRA, G. B. Evolução da distribuição de renda e da pobreza no Brasil. In: MUNIZ, S. T. G. (Org). **Crescimento pró-pobre e políticas de distribuição de renda e de redução da pobreza no Brasil**. Curitiba: EDUTFPR, 2018. p. 269-294.

GOMES, P. C. C. O Conceito de Região e sua Discussão. In: CASTRO, I. E.; GOMES, P. C. C.; CORRÊA, R. L. **Geografia: conceitos e temas**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1995.

HARVEY, D. **The new imperialism**. oup Oxford, 2003.

HARVEY, D. **17 contradições e o fim do capitalismo**. São Paulo. Boitempo, 2016.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010** : características da população e dos domicílios – resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2011a. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/93/cd_2010_caracteristicas_populacao_domicilios.pdf>. Acesso em 27/05/2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base de informações do Censo Demográfico 2010** – resultados do universo por setor censitário. Rio de Janeiro: IBGE, 2011b. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/redeipea/images/pdfs/base_de_informacoes_por_setor_censitario_universo_censo_2010.pdf>. Acesso em 27/05/2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População em áreas de risco no Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101589.pdf>>. Acesso em 27/05/2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2022** : quilombolas – primeiros resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2102016>>. Acesso em 30/11/2023.

LIMA, A. E. F. **A Geografia da segurança alimentar e nutricional**: um estudo sobre PAA no Estado do CE – BRA. Fortaleza. 2015. 187 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, 2015

LIMONAD, E. Reflexões sobre o espaço, o urbano e a urbanização. **GEOgraphia**, v. 1, n. 1, p. 71-91, 2009.

MONTEZUMA, R. C. M. Racismo Ambiental. In: COUTO, A. C. O.; MENDES, L. A. S. (Org.). **Geografias Pretas**. Belém: GAPTA/UFPA, 2023, v. 1, p. 13-25.

MOORE, J. W. The Capitalocene, Part I: on the nature and origins of our ecological crisis. **The Journal of Peasant Studies**, v. 44, n. 3, 2017, p. 594-630.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil**: subsídios para planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

ROSS, J. L. S. (org.). **Geografia do Brasil**. 6. Ed., 2. Reimpr. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 2014.

SANSONE, L. Nem somente preto ou negro: o sistema de classificação racial no Brasil que muda. **Afro-Ásia**, Salvador, n. 18, 1996.

SANTOS JÚNIOR, J. B. dos; BATISTA, I. L.; LIRA, C. O. Identificação dos municípios com população em área de risco no Nordeste brasileiro. **Revista Homem, Espaço e Tempo**, [S. l.], v. 17, n. 2, p. 90–105, 2024.

SANTOS, R. V.; GUIMARÃES, B. N.; SIMONI, A. T. Cor ou Raça: Indígena? Contextos e Recepções da inclusão de uma categoria no Censo Demográfico 1991. **Confins**, n. 59, 2023.

TELLES, E. E. Race in another America: The significance of skin color in Brazil. In: TELLES, E. E. **Race in another America**. Princeton: Princeton University Press, 2004.

UN-DESA. Department of Economic and Social Affairs. Sustainable Development. **Global Sustainable Development Report : 2015 Edition - Advance Unedited Version**. 2015. Disponível em: <<https://sdgs.un.org/sites/default/files/publications/1758GSDR%202015%20Advance%20Unedited%20Version.pdf>>. Acesso em 10/05/2023.

UNSD. United Nations Statistics Division. IPCC – Intergovernmental Panel On Climate Change. **Climate Change Statistics and Indicators Self-Assessment Tool (CISAT)**. 2022. Disponível em: <<https://unstats.un.org/unsd/envstats/climate%20change/cisat.cshtml>>. Acesso em 15/05/2023.

VETORES DE EXPANSÃO E CENTRALIDADES EMERGENTES: ANÁLISE DA DINÂMICA URBANA NA ZONA SUL DE JUAZEIRO DO NORTE (CE)

Mariana Brito de Lima¹

Universidade Federal do Ceará, Juazeiro do Norte, Ceará, Brasil

E-mail: lima.mariana@ifce.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3978-694X>

Antonia Helaine Veras Rodrigues²

Rede de Educação Básica do Estado do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil

E-mail: helainegeo@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9782-5820>

Maria Clélia Lustosa Costa³

Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil

E-mail: clelialustosa@ufc.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5066-4209>

Resumo: O processo de urbanização no Ceará tem promovido profundas transformações no espaço urbano, especialmente em cidades médias que se destacam por dinâmicas econômicas e populacionais intensificadas nas últimas décadas. Em Juazeiro do Norte (CE), município integrante da Região Metropolitana do Cariri, observa-se uma expansão urbana significativa voltada à zona sul da cidade, marcada pela valorização imobiliária, verticalização e seletividade locacional. Este artigo tem como objetivo analisar os vetores de expansão e as centralidades emergentes na zona sul do município, com ênfase na articulação entre infraestrutura, renda e uso do solo. A pesquisa adotou abordagem qualitativa e quantitativa, com levantamento de dados cartográficos, análise de indicadores socioeconômicos e observações de campo. Os resultados indicam que bairros como Campo Alegre, Cidade Universitária, Jardim Gonzaga, Lagoa Seca e Planalto consolidam-se como áreas de média e alta renda, dotadas de infraestrutura diferenciada e inseridas em uma lógica de crescimento impulsionada por agentes públicos e privados. Identificou-se a presença de centralidades incipientes e vetores viários estruturantes que direcionam o crescimento urbano. Conclui-se que esse processo aprofunda a segregação socioespacial e demanda políticas urbanas mais equitativas, que considerem os impactos sociais e ambientais da expansão em curso na cidade de Juazeiro do Norte.

Palavras-Chave: Expansão Urbana; Centralidade; Serviços; Juazeiro do Norte.

EXPANSION VECTORS AND EMERGING CENTRALITIES: ANALYSIS OF URBAN DYNAMICS IN THE SOUTH ZONE OF JUAZEIRO DO NORTE (CE)

Abstract: The urbanization process in Brazil has led to profound transformations in urban space, especially in medium-sized cities marked by intensified economic and population dynamics in recent decades. In Juazeiro do Norte (CE), a municipality that is part of the Cariri Metropolitan Region, significant urban expansion is observed toward the southern zone of the city, characterized by real

¹ Professora do Instituto Federal do Ceará, Campus Juazeiro do Norte e Doutoranda do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará.

² Doutora em Geografia pela Universidade Federal do Ceará e professora da rede de educação básica do estado do Ceará

³ Professora do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará.

estate valorization, verticalization, and locational selectivity. This article aims to analyze the expansion vectors and emerging centralities in the southern zone of the municipality, focusing on the articulation between infrastructure, income, and land use. The research adopted both qualitative and quantitative approaches, including cartographic data analysis, socio-economic indicators, and field observations. The findings reveal that neighborhoods such as Campo Alegre, Cidade Universitária, Jardim Gonzaga, Lagoa Seca, and Planalto are consolidating as medium- and high-income areas with differentiated infrastructure, integrated into a growth logic driven by public and private agents. The study identified incipient centralities and structuring road vectors guiding urban growth. It is concluded that this process deepens socio-spatial segregation and highlights the need for more equitable urban policies that consider the social and environmental impacts of ongoing urban expansion.

Keywords: Urban Expansion; Centrality; Services; Juazeiro do Norte.

VECTORES DE EXPANSIÓN URBANA Y CENTRALIDADES EMERGENTES: UN ANÁLISIS DE LA DINÁMICA SOCIOESPACIAL EN LA ZONA SUR DE JUAZEIRO DO NORTE (CE - BRASIL)

Resumen: El proceso de urbanización en Brasil ha promovido profundas transformaciones en el espacio urbano, especialmente en las ciudades medianas que se destacan por una dinámica económica y poblacional intensificada en las últimas décadas. En Juazeiro do Norte (CE), municipio que forma parte de la Región Metropolitana de Cariri, hay una importante expansión urbana hacia la zona sur de la ciudad, marcada por la valorización inmobiliaria, la verticalización y la selectividad locacional. Este artículo tiene como objetivo analizar los vectores de expansión y centralidades emergentes en la zona sur del municipio, con énfasis en la articulación entre infraestructura, ingresos y usos del suelo. La investigación adoptó un enfoque cualitativo y cuantitativo, con levantamiento de datos cartográficos, análisis de indicadores socioeconómicos y observaciones de campo. Los resultados indican que barrios como Campo Alegre, Cidade Universitária, Jardim Gonzaga, Lagoa Seca y Planalto se están consolidando como áreas de ingresos medios y altos, dotados de infraestructura diferenciada e insertados en una lógica de crecimiento impulsada por agentes públicos y privados. Se identificó la presencia de centralidades incipientes y vectores viales estructurantes que direccionan el crecimiento urbano. Se concluye que este proceso profundiza la segregación socioespacial y demanda políticas urbanas más equitativas que consideren los impactos sociales y ambientales de la expansión en curso.

Palabras-clave: Expansión urbana; Centralidad; Servicios; Juazeiro do Norte.

Introdução

A dinâmica urbana das cidades brasileiras tem sido marcada, nas últimas décadas, por intensos processos de reestruturação espacial, caracterizados pela expansão horizontal e vertical dos centros urbanos, pela crescente seletividade locacional das diferentes classes sociais e pela valorização diferenciada de áreas urbanas. No contexto nordestino, destaca-se a Região Metropolitana do Cariri, composta por municípios como Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha – CRAJUBAR –, cuja trajetória recente tem revelado transformações significativas em sua morfologia urbana, resultantes de dinâmicas econômicas, demográficas e políticas específicas.

Na cidade de Juazeiro do Norte, essas transformações se manifestam de forma mais evidente na região sul do município, que tem experimentado, desde a década de 1990, uma expansão urbana acelerada, marcada pela abertura de novos loteamentos, verticalização das edificações e adensamento de equipamentos urbanos voltados às camadas de média e alta renda. Esse processo, impulsionado pela atuação de agentes do setor imobiliário e por alterações na legislação urbanística local, tem promovido uma reorganização socioespacial do território, revelando padrões de segregação, diferenciação e valorização que refletem os interesses do capital sobre o espaço urbano.

A incorporação de bairros como Campo Alegre, Cidade Universitária, Jardim Gonzaga, Lagoa Seca e Planalto à malha urbana consolidada de Juazeiro do Norte exemplifica a complexidade desse processo. Essas áreas, embora apresentem baixa densidade demográfica em relação ao centro tradicional da cidade, concentram condomínios horizontais e verticais de padrão elevado, além de uma infraestrutura privilegiada em termos de serviços, lazer e comércio. Em contrapartida, observa-se a justaposição dessas zonas valorizadas a assentamentos precários, revelando a coexistência de diferentes formas de apropriação do solo urbano em um mesmo recorte espacial.

A partir dessa realidade, torna-se relevante discutir os conceitos de vetores de expansão e centralidades urbanas como ferramentas analíticas capazes de explicar os mecanismos que orientam a produção e organização do espaço urbano. Os vetores, entendidos como direções predominantes de crescimento urbano, frequentemente definidos pela presença de vias estruturantes, articulam fluxos de pessoas, mercadorias e serviços, consolidando e potencializando áreas específicas da cidade. Já as centralidades emergentes, mesmo que ainda não plenamente consolidadas, atuam como polos de atração e organização das dinâmicas urbanas, moldando o território conforme interesses econômicos, sociais e políticos.

Dessa forma, este artigo tem como objetivo analisar a dinâmica de expansão urbana na zona sul de Juazeiro do Norte (CE), com ênfase na atuação dos vetores de crescimento e na constituição de centralidades urbanas. Para tanto, foram utilizados dados cartográficos, registros estatísticos e observações de campo que permitiram compreender a complexidade das transformações espaciais em curso, bem como seus impactos sobre a organização e a estrutura socioeconômica da cidade. Ao se debruçar sobre esse recorte territorial, busca-se contribuir para o debate em torno da produção desigual do espaço urbano nas cidades médias brasileiras e para a formulação de políticas públicas mais justas e integradoras.

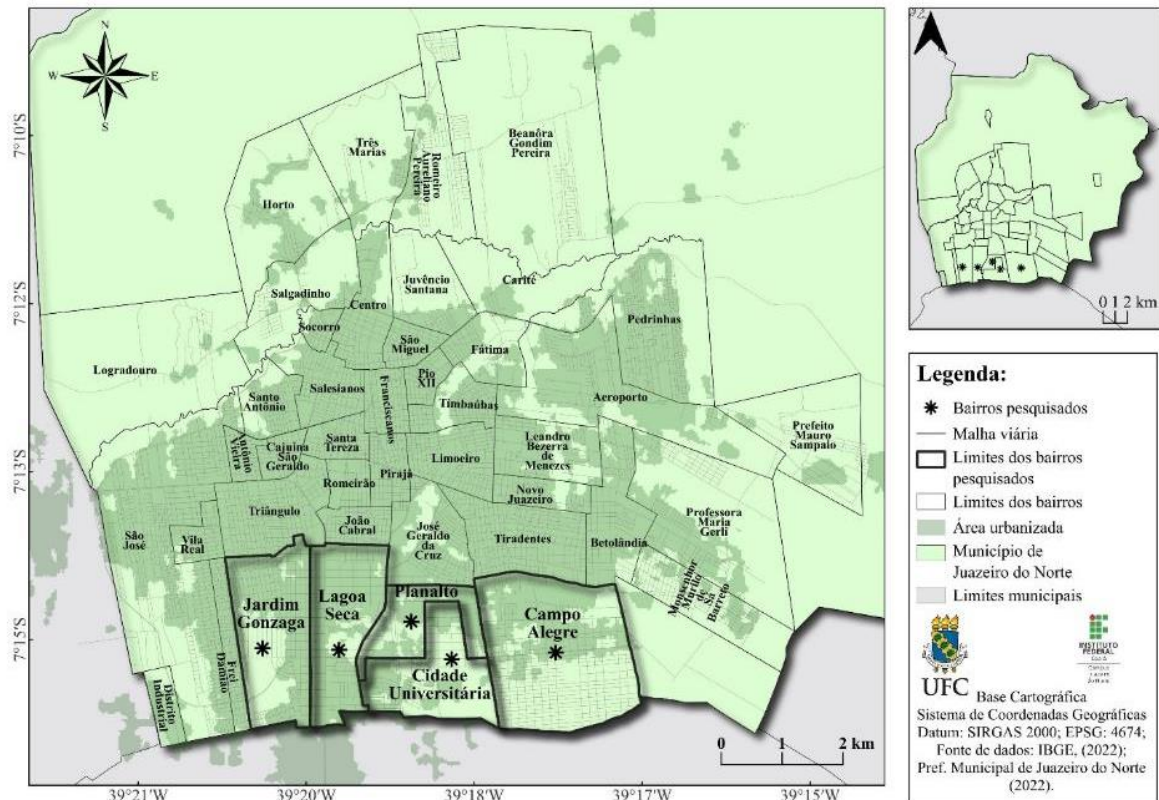
Expansão Urbana e Dinâmica Socioespacial em Juazeiro do Norte: A Concentração de Renda na Zona Sul

Na Região Metropolitana do Cariri e, especialmente, no CRAJUBAR – Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha, o crescimento econômico trouxe consigo o aumento da população e a expansão da malha urbana. O aumento das possibilidades de trabalho, a crescente oferta de serviços e a melhoria dos transportes e comunicação são fatores que contribuem para a dinâmica demográfica e espacial. Os municípios crescem em ritmo e intensidade diferentes. Isto se pode inferir da atratividade dos equipamentos de educação e saúde que ocorre nos três municípios, sendo maior em Juazeiro. Também se verifica um intenso processo de construção de condomínios residenciais nesses municípios, para além da área urbana das cidades, principalmente de Juazeiro do Norte.

A expansão urbana de Juazeiro do Norte na direção sul, com a incorporação de bairros voltadas para população de renda mais elevada, tais como Campo Alegre, Cidade Universitária, Jardim Gonzaga, Planalto, e Lagoa Seca, no entanto estão justapostos a alguns assentamentos precários, o que altera a renda média local. Esta expansão acentua-se a partir da década de 1990, com abertura de novos loteamentos e construção de edificações e a verticalização. Estes bairros foram impactados pelas alterações na legislação urbana para atender ao setor imobiliário, cuja recente expansão veio acompanhada de problemas sociais, ambientais e espaciais.

Atualmente Juazeiro do Norte conta com 46 bairros na zona urbana e dois distritos na zona rural, conforme Figura 01, com destaque para os bairros que são objeto deste estudo, localizados na região sul do município.

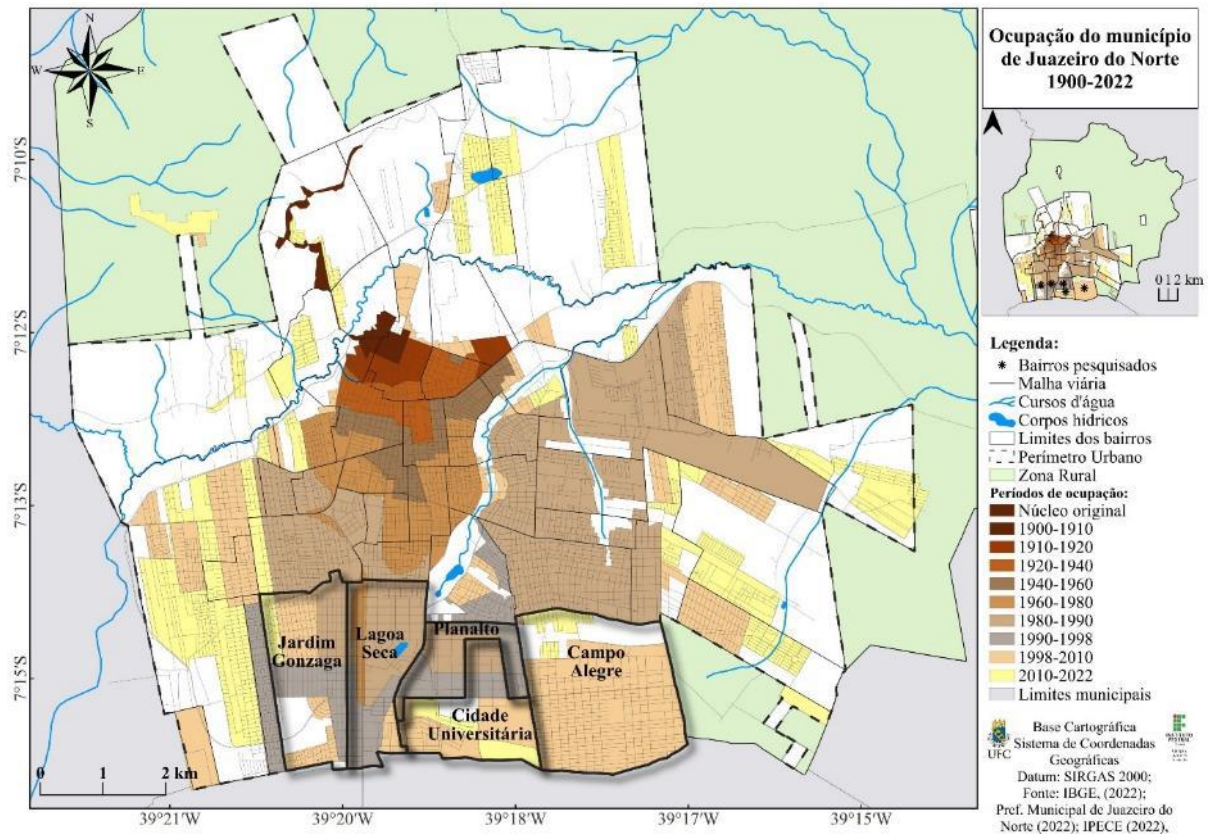
Figura 01: Bairros em Juazeiro do Norte, com a mancha urbana ocupada, em destaque bairros estudados.



Elaboração: Sabrina Lopes, 2024.

Até 1920, a ocupação urbana (Figura 02) de Juazeiro do Norte se dava apenas na área marrom escura do mapa no atual centro tradicional e ao norte correspondente ao caminho que leva ao Horto, onde fica localizada a estátua de Padre Cícero. No período de 1920 a 1940, com emancipação do município, a cidade passou a contar com mais recursos e com representação do governo estadual. Assim, ocorreram investimentos na sua infraestrutura e serviços, como se observa no mapa que mostra o crescimento direcionado para a região sul em todas as décadas. A ocupação dos bairros estudados ocorre a partir da década de 1980, e se intensifica na década seguinte. Em 1990, se inicia o processo de verticalização desses bairros.

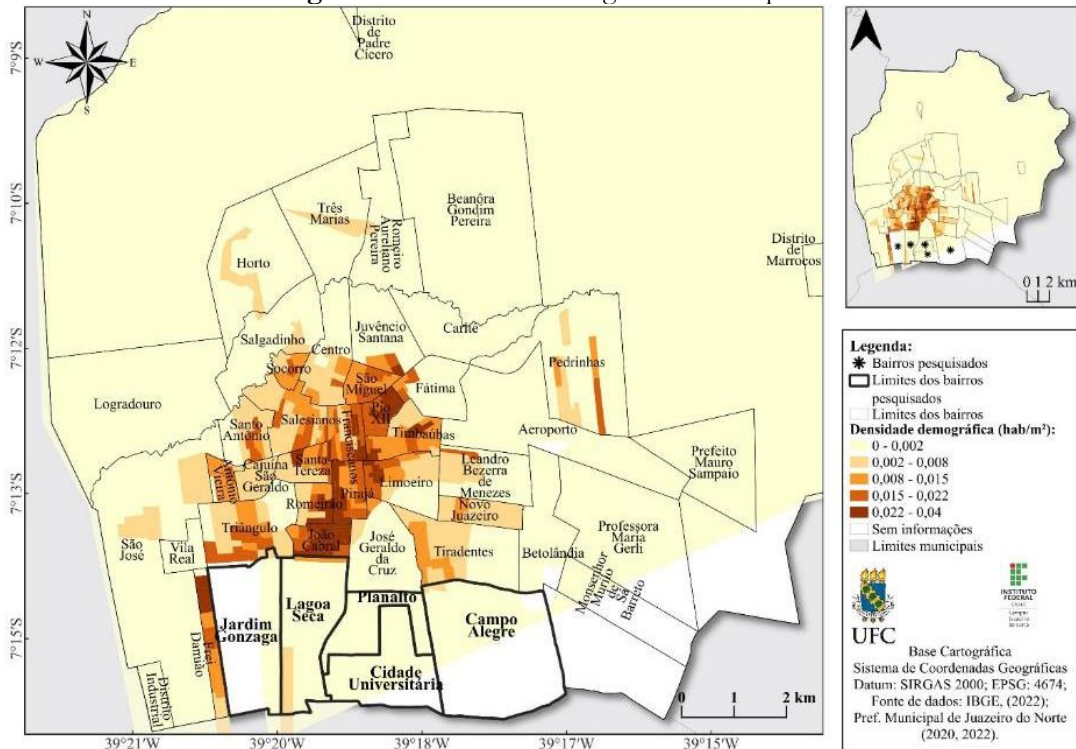
Figura 02: Evolução Urbana Juazeiro do Norte/CE entre os anos 2000 - 2022.



Elaboração: Samuel Melo, (2022), Sabrina Lopes (2024).

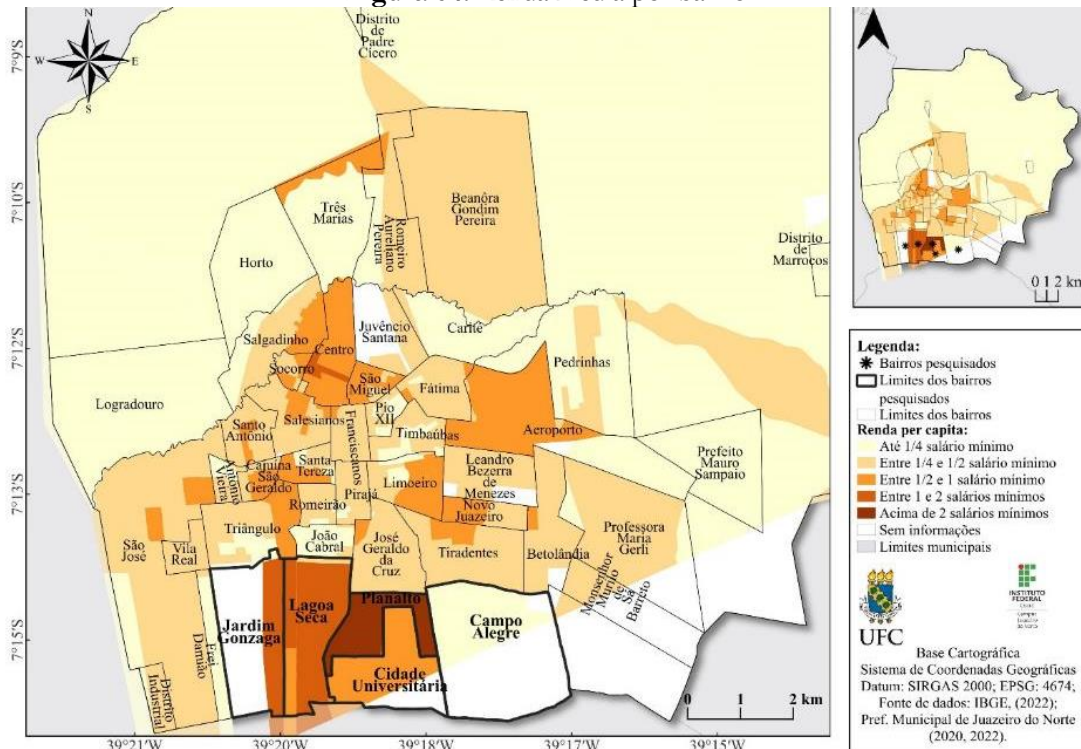
Quanto a densidade demográfica, a região sul, que exibe a convergência do crescimento do município nesses últimos vinte anos possui média baixa de habitantes por hectares/metros quadrado, com exceção de uma faixa do bairro Frei Damião, que não está incluído no nosso estudo (Figura 03) As regiões com maiores densidades são os bairros mais antigos, que possuem maior infraestrutura, como os bairros centrais, os que receberam projetos de habitação de interesse social (conjuntos habitacionais), como o bairro São Miguel, João Cabral e o Frei Damião, que também abrigam a população de menor renda, de até ¼ de salário mínimo (João Cabral e Frei Damião) e até 1 salário mínimo (São Miguel). Os bairros em estudo têm as menores densidades demográficas devido aos seus vazios ainda encontrados, mas como observado, já loteados e postos a venda, são as áreas de maior renda do município (acima de 2 salários mínimos), com destaque para o bairro Planalto (Figura 04).

Figura 13: Densidade demográfica Município.



Elaboração: Samuel Melo, 2022. Sabrina Lopes, 2024.

Figura 04: Renda média por bairro.



Elaboração: Samuel Melo, 2022. Sabrina Lopes, 2024.

Crescimento Urbano em Juazeiro Do Norte: a consolidação dos bairros da Zona Sul

O crescimento urbano se materializa em escolhas de localizações que representam vetores e centralidades, os quais criam, enfim, as tendências de expansão urbana. Essas escolhas são principalmente motivadas por agentes públicos e privados que direcionam o tecido urbano. Os promotores imobiliários estão entre os agentes que mais exercem essa influência. Paul Singer mostra como se dá o funcionamento do mercado imobiliário:

O funcionamento do mercado imobiliário faz com que a ocupação dessas áreas seja privilégio das camadas de renda mais elevada, capazes de pagar um preço alto pelo direito de morar. A população mais pobre fica relegada às zonas pior servidas e que, por isso, são mais baratas. Os elementos de prestígio, tendem a segregar os mais ricos da classe média, que paga muitas vezes um preço extra pelo privilégio de morar em áreas residenciais que os “verdadeiros” ricos estão abandonando exatamente devido à penetração dos arrivistas. Os promotores imobiliários, que conhecem bem estes mecanismos, tiram o máximo proveito dele ao fazer “lançamentos” em áreas cada vez mais afastadas para os que podem pagar o preço do isolamento e ao mesmo tempo incorporar prédios de apartamentos em zonas residenciais (Singer, 1980, p. 82)

Conforme Singer (1980, p. 85), a organização espacial das atividades de produção e circulação consiste em uma lógica de aglomeração:

[...] o deslocamento das habitações de melhor nível para mais longe dos centros de serviços, soma-se outra: a rápida obsolescência “moral” das construções. Em contraste com a grande durabilidade de casas e prédios, sua adequação às necessidades dos usuários é relativamente breve, devido as frequentes alterações no modo de vida e dos gostos e preferências que o progresso técnico e a sucessão nada casual de moda acarretam. (Singer, 1980, p. 85)

Em face dos objetivos que se pretende alcançar, dispõe-se de diferentes tipos de análise e conceitos que buscam entender os resultados da ação humana, os processos sociais e econômicos gerados pelas espacialidades e pelos fluxos, entre outros.

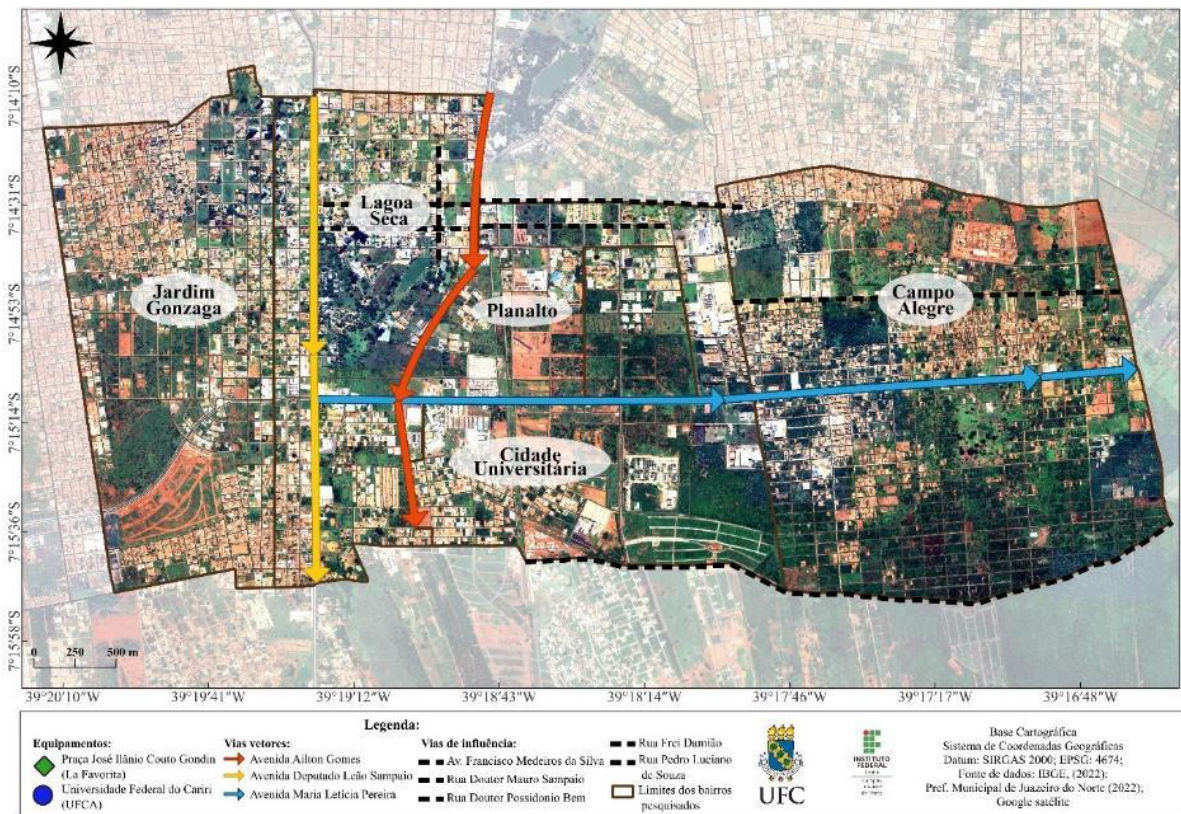
Nesse sentido Corrêa (2022) considera que a diferenciação espacial é o resultado de um longo e complexo processo que combinadamente reúne a ação da natureza e a ação humana, produzindo diferentes formas espaciais, a paisagem, os diversos usos da terra, os fluxos e, em breve, a organização do espaço, manifestação dos processos da natureza e da ação humana (Corrêa, 2022, p. 02).

Neste trabalho vamos utilizar os conceitos de vetor e centralidade (França, 2019; Kesia et al, 2021; Corrêa, 2022; Hassenpflug, 2007; Rocha Castilho, 2022; Di Simoni, 2022). A centralidade se manifesta a partir de um ponto central, que apresenta uma habilidade capaz

de reunir e atrair atividades e indivíduos e, conseqüentemente, polarizar uma região específica, coordenando os fluxos e fixos que a atravessam. Na região estudada ainda não temos uma centralidade consolidada, mas percebe-se uma influência mais forte da Universidade Federal do Cariri e da Praça José Ilânio Couto Gondim (Praça La Favorita) como ponto de referência para todos os bairros. Os demais pontos de influência são equipamentos de comércio e serviços que influenciam, valorizam e/ou atraem maior crescimento da região.

Já o termo vetor se refere a um conjunto de pontos, utilizado como sinônimo de eixo e aplicado a vias ou formas urbanas, se referindo a direções e dinâmicas dos deslocamentos, tráfego viário e conseqüentemente o crescimento urbano. Na figura 05, representou-se os vetores de expansão existentes na cidade de Juazeiro do Norte. Nos bairros em estudo destaca-se a Avenida Leão Sampaio, Avenida Ailton Gomes e a Avenida Maria Leticia Pereira como vetores pois concentram as principais atividades de comércio e serviços, porém durante a pesquisa foram identificadas outras vias que influenciam na dinâmica e forma urbana de demais bairros.

Figura 05: Vetores na região estudada.



Elaboração: Sabrina Lopes, 2024.

A seguir na tabela 01, elencou-se os vetores e vias dos bairros analisados para visualizarmos de maneira simplificada os tipos de vetores e vias (Avenida, Rua e Bairro) destacando os vetores principais e como estes impactam nos bairros bairros em análise.

Tabela 01⁴: Vetores e vias dos bairros estudados.

VETORES E VIAS		BAIRROS				
TIPO	VETOR EM DESTAQUE	CAMPO ALEGRE	CIDADE UNIVERSITÁRIA	JARDIM GONZAGA	LAGOA SECA	PLANALTO
AVENIDA	Leão Sampaio (CE- 60)					
	Maria Leticia Pereira					
	Plácido Aderaldo Castelo					
	Ailton Gomes					
	Arnóbio Bacelar Caneca					
	Francisco Alves Saraiva (Novo Anel Viário)					
	Antônio Correia Celestino (continuação da Av. Maria Leticia Pereira),					
RUA	Rua Francisco Medeiros da Silva					
	Rua Pedro Luciano de Souza					
	Dr. Mauro Sampaio					
	Possidônio Bem					
	Rua Frei Damião					
BAIRRO	Bairro Planalto					
	Bairro Cidade Universitária					
	Bairro Lagoa Seca					

Elaboração: A autora principal da pesquisa, 2024.

De maneira específica, na tabela 2, está representado os tipos de equipamentos urbanos existentes categorizados em 5 tipos: Comércio, Indústria, Infraestrutura, Lazer, Residencial e Serviços.

⁴ Os vetores e vias destacados em cinza escuro são os que influenciam todos os bairros estudados.

Tabela 2: Equipamento urbanos nos bairros da zona sul de Juazeiro⁵.

TIPO	EQUIPAMENTOS	BAIRROS				
		CAMPO ALEGRE	CIDADE UNIVERSITÁRIA	JARDIM GONZAGA	LAGOA SECA	PLANALTO
COMÉRCIO	Super Mercadinho São Luiz,					
	Brasil Atacarejo					
	Restaurantes, Bares, Serviços e comércio do bairro Lagoa Seca, no entorno da praça					
	Restaurante Pasto e Pizza, considerado pioneiro no Bairro Lagoa seca, mas localizado no bairro Jardim Gonzaga,					
	Restô Jardim Crajubar,					
	Posto de Gasolina Casarão,					
	Bares e restaurantes entre as ruas Possidônio Bem e Mauro Sampaio,					
INDÚSTRIA	Quarteirão industrial entre as ruas Danilo Landim Leite e João Pereira Carvalho					
INFRAESTRUTURA	Pavimentação da Av. Maria Leticia Pereira,					
	Cadeia Pública Municipal (Tourinho)					
	Centro Socioeducativo Padre Cicero (Centro de detenção juvenil)					
LAZER	Praça José Ilânio Couto Gondim (Praça La Favorita)					
	Praça Prefeito Antônio Conserva Feitosa (Praça da OAB),					
RESIDENCIAL	Loteamento Greenpark,					
	Condomínio Barão de Araruna Ecoresidence					

⁵ Os equipamentos destacados em cinza escuro são os que influenciam todos os bairros estudados.

	Condomínio Cidade Kariris,					
	Prédios JK Residencial,					
	Condomínio Terras da Lagoa,					
	Condomínio <i>Le Jardin</i> ,					
SERVIÇOS	Parque de Eventos Padre Cícero;					
	Colégio Paraíso Conceito					
	Hotel Verdes Vales					
	Universidade Federal do Cariri (UFCA),					
	Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará/ Campus Juazeiro do Norte (IFCE/JN);					
	Faculdade Estácio (ESTÁCIO/FMJ);					

Elaboração: A autora principal da pesquisa, 2024.

Em síntese, nesta seção apresentamos a formação dos bairros da zona sul do município, que se estendem na direção de Barbalha promovendo a conurbação com Juazeiro do Norte. Esses bairros são caracterizados pela ocupação de população formada por grupos sociais de média e alta renda, com predomínio de condomínios horizontais e verticais.

Considerações Finais

O presente estudo analisou a dinâmica de expansão urbana da Zona Sul de Juazeiro do Norte (CE), com foco nos processos de verticalização, valorização imobiliária e formação de vetores e centralidades emergentes. A investigação evidenciou que a urbanização dessa porção da cidade se intensificou a partir da década de 1990, ancorada por transformações legais e estruturais impulsionadas por interesses do setor imobiliário, resultando em um processo seletivo de ocupação do espaço urbano, marcado pela concentração de equipamentos e serviços voltados às camadas médias e de alta renda.

A análise dos bairros Campo Alegre, Cidade Universitária, Jardim Gonzaga, Lagoa Seca e Planalto revelou que, embora esses espaços apresentem baixa densidade demográfica, eles concentram parte significativa dos investimentos em infraestrutura urbana, comércio, serviços e habitação de padrão elevado. Este padrão de ocupação aponta para um processo de segregação socioespacial, no qual o acesso às áreas valorizadas é restrito a grupos com

maior poder aquisitivo, em detrimento da população de baixa renda, que permanece em áreas periféricas e menos assistidas.

A partir da aplicação dos conceitos de vetores e centralidade, observou-se que determinadas vias estruturantes, como as avenidas Leão Sampaio, Ailton Gomes e Maria Letícia Pereira, atuam como eixos articuladores do crescimento urbano, ao passo que equipamentos urbanos como universidades, centros comerciais e espaços de lazer reforçam a constituição de centralidades ainda em consolidação. Esse conjunto de fatores evidencia que o crescimento da Zona Sul não é aleatório, mas resultado de uma lógica urbana conduzida por agentes públicos e privados que moldam o espaço conforme interesses econômicos específicos.

Portanto, compreende-se que o processo de urbanização em Juazeiro do Norte expressa uma reconfiguração do espaço urbano que intensifica as desigualdades socioespaciais, ao mesmo tempo em que aponta para a necessidade de políticas públicas que integrem planejamento urbano, regulação fundiária e justiça socioespacial. Futuras pesquisas poderão aprofundar a análise das implicações ambientais e sociais desse modelo de crescimento, bem como investigar a percepção dos moradores sobre a qualidade de vida nos bairros em questão.

Referências

CORRÊA, Roberto Lobato. Notas sobre a diferenciação espacial. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, São Paulo, Brasil, v. 26, n. 1, p. e-193069, 2022. DOI: 10.11606/issn.2179-0892.geousp.2022.193069. Disponível em: <https://revistas.usp.br/geousp/article/view/193069>. Acesso em: 12.02.2024.

DI SIMONI, Thaís Valle; KALLAS, Luana Miranda Esper. Cartografia das novas centralidades urbanas: Park Lozandes, em Goiânia [GO] Brasil. **Labor e Engenho**, Campinas, SP, v. 16, n. 00, p. e022010, 2022. DOI: 10.20396/labore.v16i00.8670872. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/labore/article/view/8670872>. Acesso em: 12.02.2024.

FRANÇA, Sarah Lúcia Alves. **Vetores de expansão urbana: Estado e mercado na produção da habitação em Aracaju-SE** [recurso eletrônico] São Cristóvão, SE. Editora UFS, 2019.
HASSENPFUG, Dieter. Sobre centralidade urbana. **Arquitextos**, São Paulo, ano 08, n. 085.00, Vitruvius, jun. 2007. Disponível em: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/08.085/235>. Acesso em: 12.02.2024.

SILVA, Késia Anastácio Alves da Silva; TEIXEIRA, Vanessa Moura de Lacerda; SPOSITO, Eliseu Savério. Novas expressões de centralidades urbanas e a diferenciação socioespacial: um olhar através das práticas espaciais. **Geografares**, Vitória, Brasil, v. 1, n. 33, p. 113–139, 2021. DOI: 10.47456/geo.v1i33.35452. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/geografares/article/view/35452>. Acesso em: 12.02.2024.

EVOLUÇÃO DOS ALERTAS DE DESMATAMENTO NO CENTRO DE ENDEMISMO BELÉM E CONSIDERAÇÕES ACERCA DAS BASES DE DADOS INPE E MAPBIOMAS

Rayanderson Marinho Barros¹

Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: rayandersonmbarros@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-0136-2285>

Wadrian de Sousa Santos Barros²

Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: wadrian.santos.11@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2271-0199>

Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias³

Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: luizjorgedias.uema@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9850-4167>

Paulo Henrique Aragão Catunda⁴

Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: paulocatunda.uema@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8652-0853>

Resumo

O bioma amazônico é caracterizado por sua vasta e extensiva cobertura florística, é considerado um berço da biodiversidade global, além de sua abundante hidrografia e pluviosidade, em conjunto com uma homogeneidade climática no que se refere às temperaturas estáveis. A floresta Amazônica pode ser subdividida em 8 grandes áreas ou centros de endemismo, levando em consideração seus padrões biogeográficos. O Centro de Endemismo Belém é, dentre essas áreas, o menor em extensão e, concomitantemente, possui um histórico de degradação e supressão da vegetação nativa, na qual seus remanescentes representativos biogeograficamente, localizam-se apenas nas áreas protegidas. Em razão disto, o uso de geotecnologias é essencial para determinar o grau de degradação causado pela perda da floresta e conjuntamente analisar a coerência dos dados sobre os alertas de desmatamento do DETER e Mapbiomas em ambientes SIG, objetivando a elaboração de representações cartográficas das manchas de supressão e da tabulação cruzada determinando possíveis sobreposições de classificação.

Palavras-chave: Supressão; Vegetação; Biodiversidade.

¹ Graduando do curso de Geografia Bacharelado da Universidade Estadual do Maranhão.

² Graduando do curso de Geografia Bacharelado da Universidade Estadual do Maranhão

³ Professor do Departamento de Geografia da Universidade Estadual do Maranhão.

⁴ Professor do Departamento de Economia Rural da Universidade Estadual do Maranhão

EVOLUTION OF DEFORESTATION ALERTS IN THE BELÉM CENTER OF ENDEMISM AND CONSIDERATIONS REGARDING THE INPE AND MAPBIOMAS DATABASES

Abstract

The Amazon biome is characterized by its vast and extensive floristic cover, considered a cradle of global biodiversity, as well as its abundant hydrography and rainfall, along with climatic homogeneity in terms of stable temperatures. The Amazon rainforest can be subdivided into 8 large areas or centers of endemism, taking into account their biogeographical patterns. The Belém Center of Endemism is, among these areas, the smallest in extent and, concomitantly, has a history of degradation and suppression of native vegetation, in which its biogeographically representative remnants are located only in protected areas. Therefore, the use of geotechnologies is essential to determine the degree of degradation caused by forest loss and to analyze the consistency of data on deforestation alerts from DETER and Mapbiomas in GIS environments, aiming at the elaboration of cartographic representations of the suppression areas and cross-tabulation to determine possible classification overlaps.

Keywords: Suppression; Vegetation; Biodiversity.

EVOLUCIÓN DE LAS ALERTAS DE DEFORESTACIÓN EN EL CENTRO DE ENDEMISMO DE BELÉM Y CONSIDERACIONES SOBRE LAS BASES DE DATOS INPE Y MAPBIOMAS

Resumen

El bioma amazónico se caracteriza por su vasta y extensa cobertura florística, es considerado cuna de la biodiversidad mundial, además de su abundante hidrografía y precipitaciones, junto a una homogeneidad climática en cuanto a temperaturas negativas. La selva amazónica se puede subdividir en 8 grandes áreas o centros de endemismo, teniendo en cuenta sus patrones biogeográficos. El Centro de Endemismo de Belém es, entre estas áreas, el menor en extensión y, al mismo tiempo, tiene un historial de manipulación y supresión de la vegetación nativa, en el que sus restos biogeográficamente representativos se encuentran únicamente en áreas protegidas. Por ello, el uso de geotecnologías es esencial para determinar el grado de manipulación provocado por la pérdida de bosque y, en conjunto, analizar la coherencia de los datos de alertas de deforestación de DETER y Mapbiomas en entornos SIG, con el objetivo de desarrollar representaciones cartográficas de áreas de supresión y tabulaciones cruzadas para determinar posibles superposiciones de clasificación.

Palabras-clave: Supresión; Vegetación; Biodiversidad.

Introdução

Área de Estudo

O domínio morfoclimático e fitogeográfico da Amazônia é reputado por sua vasta extensão e enorme diversidade no que concerne aos aspectos ecológicos e biogeográficos. Entende-se por domínios morfoclimáticos ou fitogeográficos um complexo de paisagens homogêneas e extensivas, na qual há a integração de feições como relevo, clima e hidrografia com as formas vegetais (Ab’Sáber, 2007).

A extraordinária continuidade de formações florestais faz jus ao título de maior floresta tropical do mundo, abrangendo mais de 6 milhões de km² (Silva, Fonseca e Rylands, 2005). Segundo pesquisas de Rylands et al. (2012 apud Silva, Fonseca e Rylands, 2005) acerca da biodiversidade em compilações sobre espécies, destacaram a presença de 40.000 espécies de plantas, 427 de mamíferos, 1.294 de aves, 378 de répteis, 427 de anfíbios e cerca de 3.000 espécies de peixes. Apesar de sua homogeneidade paisagística aparente em primeira impressão, as espécies não se distribuem uniformemente dentro da região amazônica, fundamentando-se em registros de vertebrados Silva, Fonseca e Rylands (2005) apontam a presença de 8 Áreas de Endemismo (AE) na Amazônia e a partir dessa premissa busca compreender os padrões biogeográficos complexos resultantes de processos históricos e macroecológicos na região.

A área de estudo desta pesquisa é a Área (ou centro) de Endemismo Belém, apesar da sua delimitação original elaborada por Silva, Fonseca e Rylands (2005), os limites priorizados neste trabalho estão pautados em informações adicionais produzidas pelo Zoneamento Ecológico Econômico do Tocantins e Maranhão, adaptadas por Dias *et al.* (2023), em uma proposta cartográfica de cunho biogeográfico e macroecológico amparada por registros de biodiversidade, ausência de barreiras biogeográficas, no tocante ao Rio Pindaré previamente considerado como limite e, por fim os padrões de ocupação homogêneos na divisa entre os Estados.

De aspectos climáticos chuvosos, devido à fitofisionomia predominante na biorregião, segundo o IBGE (2012), ou segundo as classificações de Köppen, compreende a zona climática A (tropical chuvoso), suas cotas altimétricas variam entre 200 e 300 metros (Almeida e Vieira, 2010).

O Centro de Endemismo Belém (CEB) tem como limites o Rio Tocantins a oeste, adjacente ao Centro de Endemismo Xingu, ao leste e sul segue a delimitação do bioma amazônico perfazendo uma área de 247.635,44 km² (Dias *et al.*, 2023), condizendo com as contribuições de Olson (2001) que define as ecorregiões, conceito equivalente a centro de endemismo, como grandes unidades de em média 150.000 km², abrangendo um conjunto de comunidades e espécies, ressaltando que as delimitações dessas regiões buscam se assemelhar a extensão original das comunidades naturais, propendendo a implementação de ações de conservação da biota.

Contudo, a cobertura vegetal da biorregião vem sofrendo com processos de fragmentação, incêndios e extração ilegal (Almeida e Vieira, 2010), outro fator que não se

deve relativizar, além da perda de vegetação, é a qualidade dos remanescentes como aponta Ferreira *et al.* (2015 apud Sales *et al.*, 2019) a saúde da vegetação é uma variável substancial para o planejamento biorregional.

Desta forma a presente pesquisa busca discutir acerca das problemáticas que englobam o uso e ocupação do solo de forma predatória, focalizando a prática de corte ou queima da biomassa vegetal e suas consequências para biodiversidade biorregional.

Contribuições da Biogeografia

A biogeografia é uma ciência que tem como premissa o estudo da distribuição e adaptação de espécies. Enfatiza-se a importância de esclarecer possíveis nuances no que se refere às definições deste ramo da ciência, almejando apresentar de forma sucinta seus objetivos, metodologia e objeto de estudo.

Segundo Camargo e Troppe (2002) a biogeografia aborda os padrões de distribuição e adaptação das espécies vegetais e faunísticas, dentre outros aspectos relacionados que podem influenciar em seu comportamento, concomitantemente considerando a interdependência que existe entre animais e plantas.

Ademais, processos como a dispersão, especiação e extinção, são citados por outros autores em sua concepção sobre o estudo da biogeografia (Brown e Lomolino, 2006), estes também enfatizam a importância da documentação de espécies para compreensão da biodiversidade global.

Segundo Martonne (1954 apud Camargo e Troppe, 2002, p. 134) “A Biogeografia é o estudo da repartição dos seres vivos na superfície da terra e a análise de suas causas”. Carvalho (2009) complementa indicando que padrões de distribuição de espécies são influenciados por variáveis históricas e ecológicas que resultam em aglomerados de espécies ou em concentrações de táxons mais raros, sendo este último as espécies endêmicas.

Desta forma, buscando uma análise efetivamente biogeográfica e simultaneamente ecológica, as Áreas ou Centros de Endemismo calham com os objetivos de uma pesquisa voltada aos padrões de distribuição de espécies, são consideradas as menores unidades geográficas para uma análise de biogeografia histórica e, conseqüentemente, possibilitam formulações de hipóteses e teorias sobre a formação desta região (Silva, Fonseca e Rylands, 2005).

O processo de evolução das espécies é fortemente influenciado pelo meio abiótico que interfere em sua distribuição através da formação de barreiras biogeográficas, como

grandes rios, cadeias montanhosas e outras transformações na paisagem como aponta Silva (2011). O mesmo autor estabelece as áreas de endemismo como: “uma área onde houve restrição espacial de parte de uma biota causada por um processo comum de isolamento.” (Silva, 2011 p. 13).

Destarte, a distribuição de espécies não ocorre de forma aleatória, existe um dinamismo histórico de modificações do meio abiótico, naturais ou antropogênicas, por conseguinte a caracterização deste dinamismo é ponto chave para assimilar as condições biogeográficas das áreas de endemismo. Em síntese, assimila-se a importância da caracterização destas ecorregiões ou Áreas de Endemismo dando ênfase para seu potencial no planejamento biorregional, enfatizando o papel da conservação das espécies vegetais e animais, sobretudo as endêmicas, na conservação da biodiversidade.

No contexto das Áreas de Endemismo da Amazônia, a Área (ou Centro) de Endemismo Belém é indicada como crítica, com elevados percentuais de desmatamento, perda de vegetação nativa, fragmentação da paisagem e poucas áreas protegidas quando comparada as outras Áreas de Endemismo (Braz *et al.*, 2016), menos que 20% de Belém encontra-se sob algum tipo de proteção (Silva, Fonseca e Rylands, 2005).

Saber onde conservar, a identificação e priorização são essenciais para o êxito do planejamento. As espécies endêmicas e a riqueza de espécies em geral são um critério indispensável para a definição de áreas prioritárias (Olson, 2001; Carvalho, 2009), direcionando os esforços para áreas críticas.

Enfatizamos desta forma a relevância da adoção de bases cartográficas consistentes com os objetivos de cada pesquisa e, almeja-se sinalizar possíveis disparidades entre as bases de dados do INPE e Mapbiomas, disparidades estas que podem influenciar no produto final e levar a conclusões precipitadas. Ressaltando a importância de ambas como ferramentas no âmbito científico nacional.

Desmatamento na Amazônia

O desmatamento ilegal é a principal causa da fragmentação em paisagens naturais, as florestas ombrófilas da Amazônia vêm sofrendo com este processo de degradação em razão do avanço da fronteira agropecuária.

Segundo o Manual Técnico de Vegetação do IBGE (2012), florestas são compostas predominantemente por duas subformas de vida de fanerófitos, com alturas variando entre

30 e 50 m, e mesofanerófitos, cujo porte situa-se entre 20 e 30 m de altura. O adensamento das copas é outra característica evidente.

Termo criado por Ellenberg e Mueller-Dombois (1967), a floresta ombrófila densa possui as particularidades citadas, além da presença de lianas lenhosas e epífitas, aspectos que a diferenciam florísticamente de outras formações (IBGE, 2012). O clima regional e a posição geográfica da floresta favorecem a fitodiversidade, segundo Ab’Sáber (2007) existe uma alta incidência de energia solar, em conjunto com massas contínuas de ar úmido durante quase todo o ano, concomitantemente se evidencia a ausência de um período predominantemente seco e as temperaturas mantêm-se estáveis.

A floresta ombrófila densa é subdividida por hierarquias topográficas em cinco formações de fitofisionomias levemente distintas, resultado da variação altimétrica, sendo estas formações; floresta ombrófila aluvial, das terras baixas, submontana, montana e alto-montana (IBGE, 2012). A floresta ombrófila densa das terras baixas é a formação fitogeográfica predominante no bioma amazônico (Ab’Sáber, 2007).

A floresta ombrófila aberta apresenta tipologias vegetais semelhantes, porém apresenta quatro faciações florísticas que alteram a fisionomia ecológica da Floresta e a diferenciam, exibe um menor adensamento do dossel.

Segundo o Manual Técnico de Vegetação (2012) trata-se de uma formação florestal de transição entre as áreas de floresta amazônica e extra-amazônicas, possui um índice de pluviosidade um pouco inferior à floresta ombrófila densa e demonstra mais de 60 dias no ano com ausência de chuvas. Apresenta a mesma subdivisão hierárquica mencionada anteriormente.

Essa formação florestal é essencial para a conservação da biodiversidade no CEB, contudo, a situação da biorregião é caracterizada pela perda gradativa, porém em ritmo acelerado das particularidades do bioma holocênico, simultaneamente com a ocupação e crescimento demográfico transformando a paisagem natural e, como consequência convertendo-se em um conjunto de antromas (Dias *et al.*, 2023).

O desmatamento é o principal meio de supressão da vegetação e pode ser identificado de formas distintas. O desmatamento por corte raso, por exemplo, ocorre em um curto período de tempo, trata-se da remoção completa da cobertura florística, queimadas são frequentemente utilizadas para eliminar resíduos após o processo de corte e, posteriormente, a área pode ser ocupada (agricultura, pecuária e silvicultura) ou abandonada (INPE, 2022).

A degradação progressiva é outro processo de desmatamento, mais lento, no entanto apresenta maiores dificuldades de identificação. São extraídas as madeiras de maior valor comercial, construção civil, e por fim para produção de compensados e placas, sucessivamente em longos períodos de tempo até a degradação completa do dossel e perda das funções ecológicas, a queima também é utilizada neste processo (INPE, 2022).

O fogo é constantemente usado para limpeza em culturas no campo, os incêndios em grande parte estão geralmente relacionados à ação humana e ao não controle das chamas que tendem a ser mais intensas em áreas desmatadas, aumentando o número de focos em razão do avanço da supressão da vegetação (Silvério *et al.*, 2019).

Tanto incêndios, quanto o desmatamento são os principais vetores de degradação e, deste modo, a identificação de forma célere auxilia as instituições governamentais no engendramento de políticas preventivas no que concerne a expansão do desmatamento.

Procedimentos Metodológicos

Para Fernandes e Bezerra (1990, p. 34), a vegetação, como elemento geocológico agregador de biodiversidade, “constitui a cobertura ou corpo florístico que reveste naturalmente qualquer superfície, seja terrestre ou aquática. Resultado do efeito condicionantes ecológicos coetâneos ou atuais, que reflete assim, o ambiente natural”. Um bioma, por sua vez, pode apresentar heterogêneas feições paisagísticas associadas às formações vegetais, esse tema é indispensável ao planejamento biorregional com bases biogeográficas.

Para efeitos deste trabalho, o táxon geossistêmico a ser adotado será o de domínio, equivalente ao bioma à taxonomia ecológica, o que define a escala de trabalho desta pesquisa em 1:250.000, consistente com os estudos desenvolvidos por Bertrand (2004) integrando a perspectiva teórica de geossistema, ou seja, abarcando potencial ecológico, exploração biológica e ações antrópicas. Respalda-se deste aspecto metodológico e teórico, é possível correlacionar as escalas geossistêmica (ou geográfica), com a ecológica e a cartográfica. Assim, para efeitos de toda a pesquisa desenvolvida a partir desse ponto, regiões naturais (escala geográfica) e ecorregiões (escala ecológica), ou centros de endemismo, são considerados sinônimos.

Na disposição estatística e temática dos mapas utilizar-se-ão os dados do Projeto Mapbiomas Alerta (Mapbiomas, 2025), a metodologia aplicada na classificação disponibilizada é realizada a partir de algoritmos de classificação em imagens do satélite

LANDSAT OLI 8, com resoluções espaciais que variam de 30 metros a 15 metros, conforme o ano em análise e cuja resolução espacial permite a interpretação escalar em até 1:250.000.

Complementarmente, serão utilizados dados de alerta de desmatamento e desmatamento disponibilizados nas plataformas do Projeto de Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES) e do Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2022). Detectando a partir de fotointerpretação polígonos de alertas de desmatamento com áreas superiores a 3 hectares diariamente. Para identificação utilizam imagens do sensor WFI acoplado nos satélites CBERS-4, 4A e Amazônia-1/INPE, apresentando resolução espacial entre 56 e 64 metros (INPE, 2022).

Em ambientes SIG, como o QGIS v. 3.28 e ArcGIS 10.5, foram classificados os dados a partir de informações contidas na tabela de atributos com as classes de tipologias vegetais e tipo de desmatamento, isto por ano em um universo amostral de 2019 a 2024 (vide os dados disponíveis durante a realização da pesquisa). Foram calculadas as áreas dos alertas por ano para meios de comparação entre as duas bases.

No ArcGIS os arquivos vetoriais foram rasterizados para realizar o processamento de tabulação cruzada entre as áreas dos alertas (DETER e Mapbiomas) e uso e cobertura (Mapbiomas) de 2019 a 2023, utilizando a ferramenta *tabulate área*. Este dado nos possibilita observar quantitativamente sobreposições entre as bases indicando divergências entre ambas no concerne a sua respectiva classificação.

Resultados e Discussão

Com relação às áreas desmatadas no CEB, seguindo a base de dados do PRODES, a região apresenta um desmatamento acumulado total de 11.019,462 km² em um intervalo de 15 anos, de 2008 a 2023 (Figura 1). Soma-se a essa perda um histórico de supressão da vegetação nativa oriunda de anos anteriores que até 2007 representam números alarmantes de 152.577 km² (INPE, 2024), em outras palavras, 61,61% do território da biorregião foi previamente desmatado.

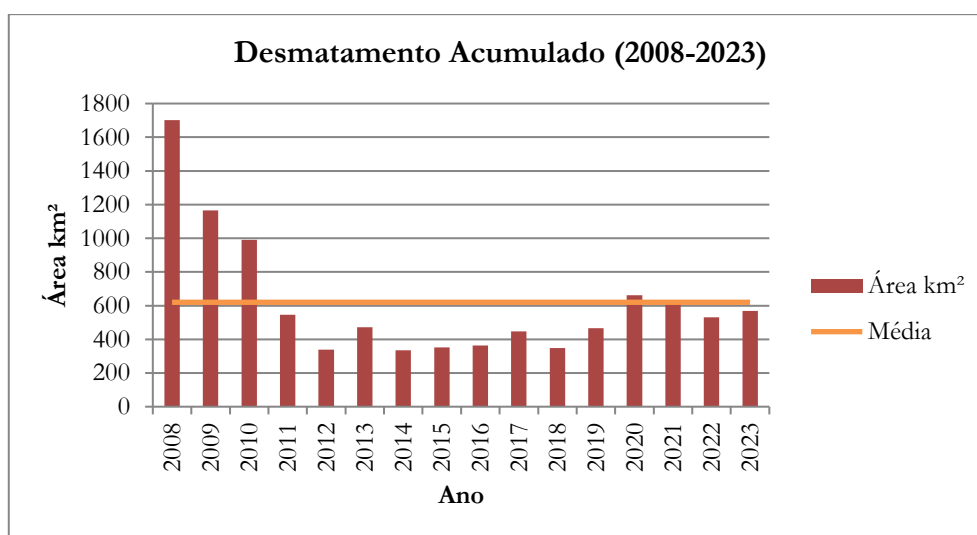
Em virtude da criação de ações de caráter ambiental, os índices de desmatamento foram reduzidos após o ano de 2008, a **Lei Nº 12.651 de 25 de maio de 2012**, popularmente conhecida como Código Florestal, atou na mitigação dos impactos causados pela extração e corte ilegal de produtos madeireiros. Estabelecendo normas visando a proteção da vegetação,

ênfatizando o valor das Áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal para conservação da biota (BRASIL, 2012).

Todavia, apesar da redução evidente, a máscara de desmatamento acumulado total é problemática em função da disposição endêmica bastante representativa no CEB, deste modo políticas de conservação dos remanescentes vegetais e recuperação de áreas degradadas é indispensável para manutenção da biodiversidade na região.

O PRODES segue uma metodologia incremental, mapeando apenas novos incrementos de desmatamento, ou seja, considera como desmatamento a supressão da vegetação nativa, independentemente da futura utilização destas áreas (INPE, 2022), tal prática resulta em uma base cartográfica representativa das pressões exercidas sobre a fisionomia vegetal nativa da Amazônia, não se atendo a um mero recorte temporal.

Figura 1. Desmatamento acumulado anual



Fonte: Autoria própria

Silva (2011) ressalta que os processos ecológicos e biogeográficos formadores de áreas de endemismo são resultados de um processo histórico de transformação da paisagem, isto posto, Dias *et al.* (2023) enfatiza que tais processos transformadores vêm se tornando cada vez mais acelerados em virtude das ações humanas, como é o caso do CEB.

Outro aspecto referente à disposição das áreas descobertas, além de impedir a criação de corredores ecológicos, que proporcionariam conectividade entre os fragmentos florestais e o fluxo de espécies (Brito, 2012), tem como sequelas conflitos históricos na região, nos quais os indígenas são as principais vítimas (Celentano *et al.*, 2018).

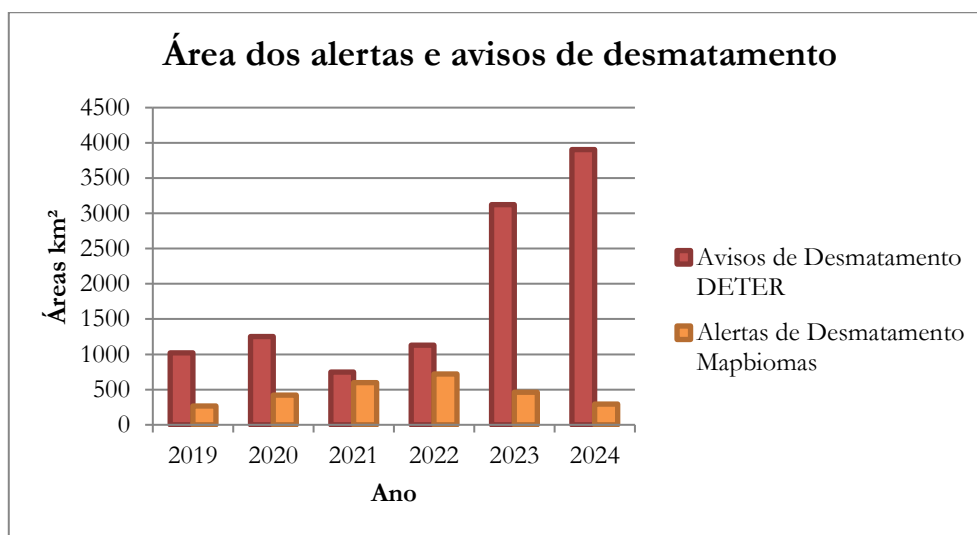
Com a proposta de monitorar o desmatamento e o controlar o quanto antes, o DETER foi criado em 2004 como ferramenta de apoio ao PRODES, almejando auxiliar na tomada de decisão identificando diariamente a supressão e degradação vegetal maior ou igual a 3 hectares, emitindo alertas de desmatamento disponíveis ao público (INPE, 2023).

Desde 2019 o Projeto Mapbiomas vem atuando com um objetivo semelhante, o MapBiomas Alerta publica toda e qualquer perda de vegetação nativa detectada pelos sistemas provedores de alertas.

Ambos os projetos são utilizados nesta pesquisa em uma análise comparativa dos dados almejando atingir um maior grau de precisão a respeito da situação fitogeográfica da biorregião e, concomitantemente confrontar os dados evidenciando possíveis disparidades ou equívocos.

O gráfico apresentado (Figura 2) refere-se às áreas dos alertas de desmatamento emitidos por ambos os projetos limitados ao recorte do CEB. Em um simples olhar notam-se as disparidades entre os dados e como apontado por Maurano e Escada (2019) o projeto Mapbiomas subestima a dimensão das áreas desmatadas.

Figura 2. Área dos alertas e avisos de desmatamento



Fonte: Autoria própria.

Utilizando as imagens do sensor WFI a bordo dos satélites CBERS-4, 4A e Amazônia-1/INPE, o DETER trabalha com resoluções espaciais entre 56 e 64 metros, identificando modificações na vegetação a partir de 3 hectares, simultaneamente equipes de

especialistas em análise de imagens mapeiam os incrementos diariamente, transmitindo um excelente nível de precisão (INPE, 2022).

O mapeamento do Mapbiomas fundamenta-se na consulta e compilação dos dados de instituições oficiais, como o próprio DETER, SAD, PRODES, entre outros. Processando os alertas com base no emprego de imagens de satélites de alta resolução Planet Scope com 3,7 m de resolução espacial.

Todavia, considera somente os avisos especificamente de desmatamento, não são analisados alertas de degradação, incêndio ou exploração madeireira (Mapbiomas, 2025), sendo assim, pode não expressar a supressão vegetal em sua plenitude. Os mapas de alertas ou avisos foram produzidos para o mesmo recorte temporal, de 2019 a 2024 (Figuras 3 e 4), dado que o Mapbiomas Alerta iniciou suas publicações a partir deste primeiro ano.

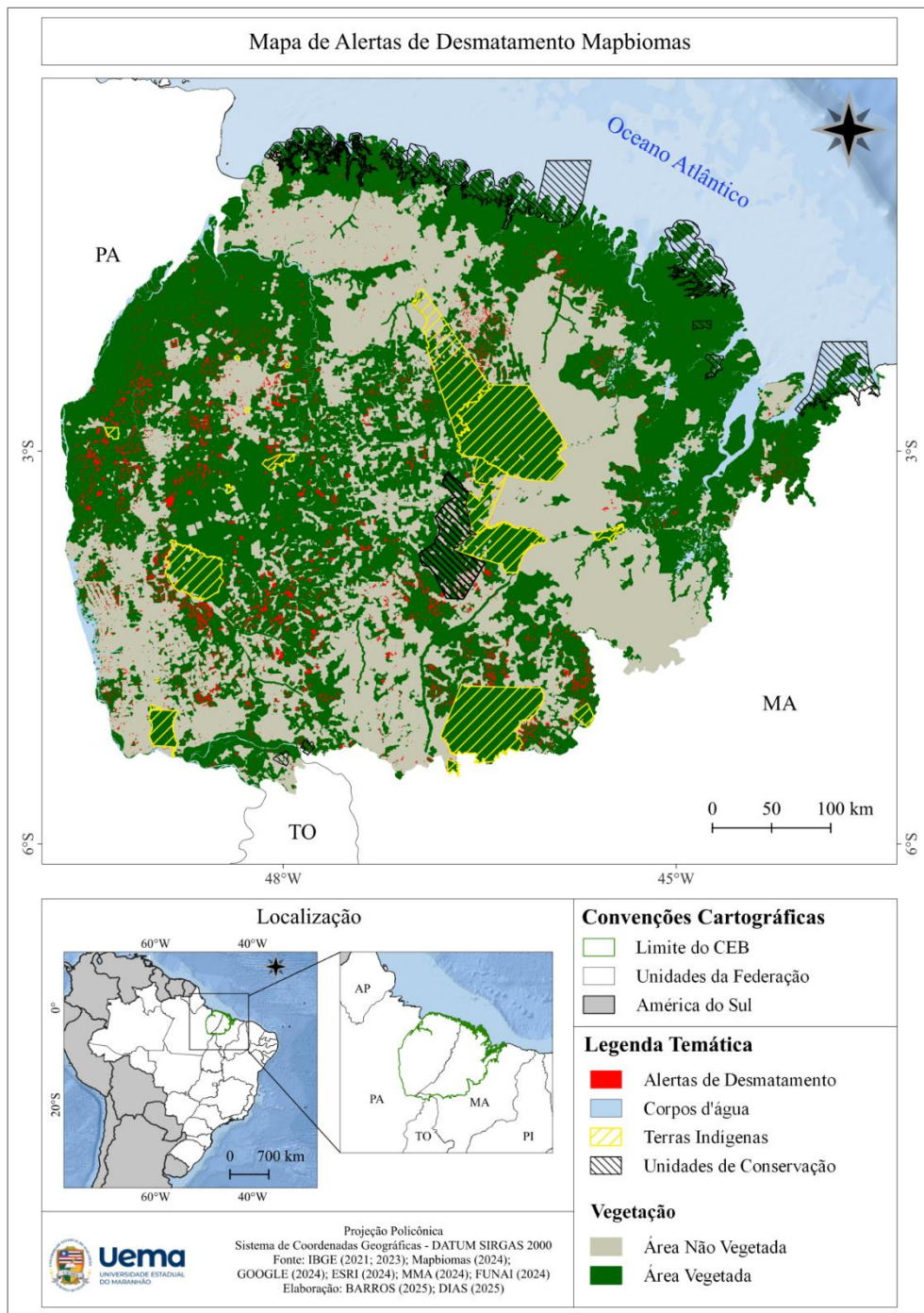
Os avisos DETER, somados, indicam um total de 11.180,46 km² de áreas com alteração da fitofisionomia, complementarmente, os dados apontam uma média anual de 1.863,41 km² de desmatamento. Enquanto o Mapbiomas indica 2.761,253 km² como área total dos alertas, o que equivale a apenas 24,70% do total expresso pelos dados oficiais do INPE, e média anual de 460,20 km².

A diferença dos resultados é preocupante, os dados oficiais do DETER possuem maior confiabilidade visando o apoio às ações de fiscalização e controle do desmatamento, bem como, auxiliando políticas de Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação florestal (REDD+) (Maurano e Escada, 2019).

Visando complementar a análise para concluir com clareza as vulnerabilidades das bases de dados, a empregabilidade da tabulação cruzada é potencialmente favorável, acrescentando precisão à análise e quantificando as diferenças observadas.

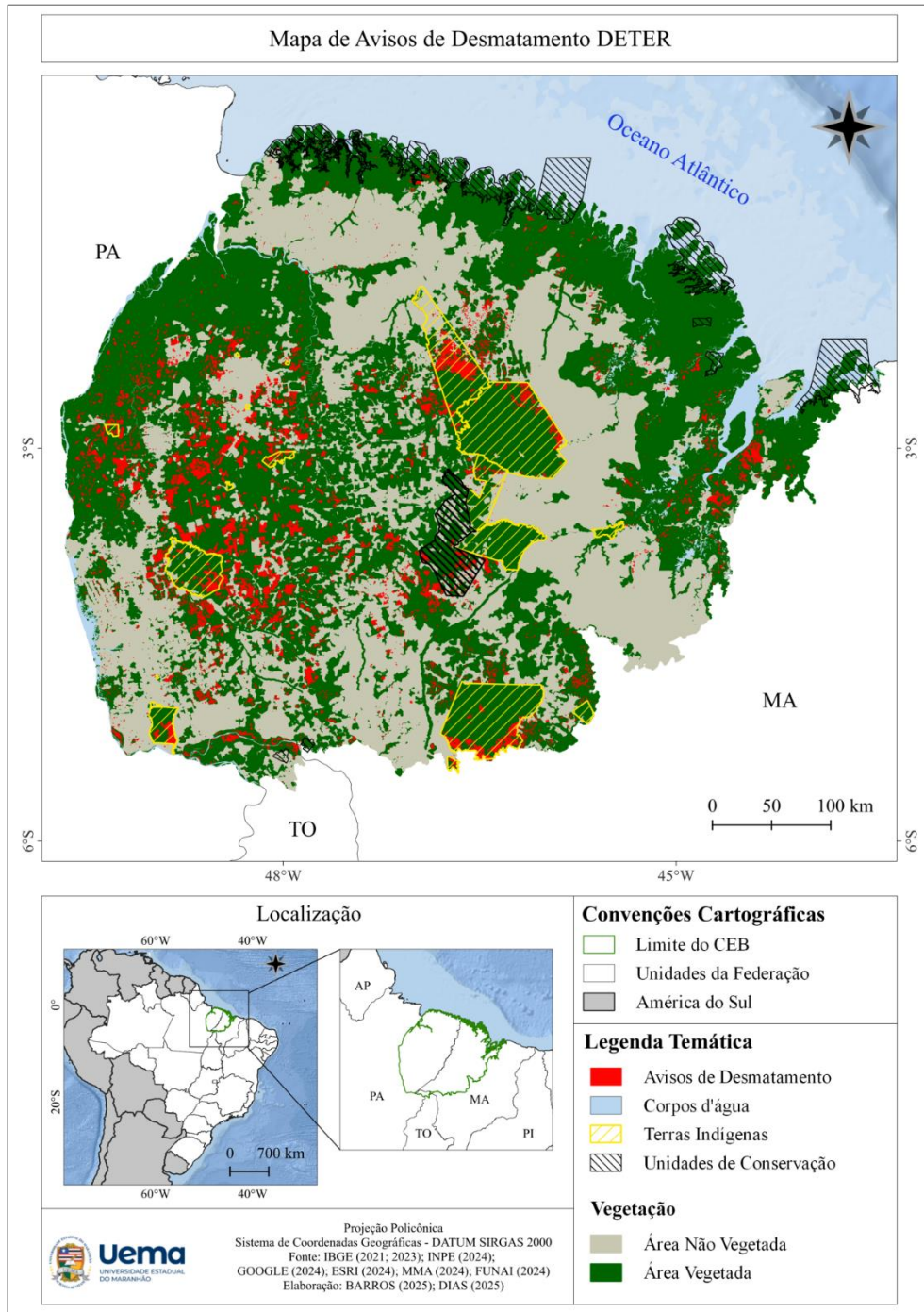
Os dados do DETER são categorizados em 7 classes como consta em sua metodologia: Cicatriz de queimada, corte seletivo desordenado, corte seletivo geométrico, degradação, desmatamento corte raso, desmatamento com vegetação e mineração (INPE, 2024). No entanto, para meios de representação estas foram integradas em uma única classe denominada desmatamento. Por outro lado, os dados do Mapbiomas foram agrupados em 5 classes, sendo estas: Formação florestal, vegetação herbácea e arbustiva, agropecuária, área não vegetada e corpos d'água (Mapbiomas, 2025).

Figura 3. Mapa de alertas de desmatamento 2019 - 2024



Fonte: Autoria própria

Figura 4. Mapa de avisos de desmatamento 2019 - 2024



Fonte: Autoria própria.

A tabulação cruzada foi realizada utilizando os alertas como zona de feição e os arquivos raster de uso e cobertura como classe de feição, resultando em uma tabela de saída

que contém o resumo da área de cada classe em cada zona, no caso entende-se por zona as áreas sinalizadas como desmatamento pelo DETER (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Tabulação cruzada (km²)

Ano	Formação Florestal	Vegetação Herbácea e Arbustiva	Agropecuária	Área Não Vegetada	Corpos D'água
Desmatamento 2019	719,2647	1,3491	297,9477	0,2367	0,2043
Desmatamento 2020	892,5138	1,0341	359,8992	1,269	0,2736
Desmatamento 2021	458,7381	0,1125	289,2924	0,8775	0,0657
Desmatamento 2022	707,5872	0,3564	423,0423	1,3644	0,2763
Desmatamento 2023	2.049,6555	5,643	547,1163	0,9495	0,342

Fonte: Autoria própria.

Tabela 2. Tabulação cruzada (%)

Ano	Formação Florestal	Vegetação Herbácea e Arbustiva	Agropecuária	Área Não Vegetada	Corpos D'água
Desmatamento 2019	70.59%	0.13%	29.24%	0.02%	0.02%
Desmatamento 2020	71.12%	0.08%	28.68%	0.10%	0.02%
Desmatamento 2021	61.24%	0.02%	38.62%	0.12%	0.01%
Desmatamento 2022	62.47%	0.03%	37.35%	0.12%	0.02%
Desmatamento 2023	78.72%	0.22%	21.01%	0.04%	0.01%

Fonte: Autoria própria

As tabelas indicam a presença de áreas classificadas como vegetação sobrepondo áreas simultaneamente classificadas como desmatamento, em específico nota-se a formação florestal e agropecuária como as classes que mais sobrepõem os alertas. A questão levantada nesta pesquisa é justamente tal divergência entre dados de diferentes instituições, pesquisas com o mesmo objetivo podem apresentar resultados diversos e, tratando-se de planejamento

estratégico para conservação tais divergências podem influenciar na identificação de áreas vulneráveis.

As duas classes destacadas são predominantes no CEB atualmente refletindo uma paisagem ambígua na biorregião, ademais, possuem características opostas no que diz respeito à biota endêmica. Em uma disputa de habitats e áreas antrópicas, detectar o avanço da supressão vegetal rumo a áreas florestadas é intrínseco para o monitoramento das condições dos remanescentes florestais.

O resultado de menor expressão, na classe de formação florestal corresponde a 458,74 km², área esta que equivale a municípios como São Bento e Presidente Vargas, podendo ser considerado como uma possível interferência na tomada de decisão, visto que classifica como área florestada uma área desmatada. O ano de 2023 por sua vez indica uma área de 2.049,66 km² de sobreposição entre as duas bases, passivelmente resultando em pequenas divergências de classificação ao longo de todo o centro de endemismo.

Complementando, a agropecuária inclusive apresenta valores elevados, fator que pode ser justificado pela situação que o CEB enfrenta na qual esta prática é o principal vetor do desmatamento. A metodologia e algoritmos utilizados pelo Mapbiomas tendem a subestimar a dimensão das áreas de corte, no que se refere às áreas dos alertas nos limites do Centro de Endemismo Belém abordados na tabulação, em todos os anos mais de 60% destas áreas encontram-se classificadas como formação florestal, enquanto a agropecuária indica números superiores a 20%.

Identificar e proteger formações florestais significa proporcionar potenciais habitats para as espécies endêmicas e um ambiente favorável aos processos ecológicos, logo, tais disparidades constituem em obstáculos para o planejamento. Pois como ressaltam Silva, Fonseca e Rylands (2005) desmatamento e fragmentação indicam o grau de vulnerabilidade de uma área de endemismo, a caracterização das fitofisionomias, sobretudo em centros de endemismos, são princípios relevantes para a aplicação de uma política efetiva de conservação.

A priorização de áreas é essencial para tal finalidade, como exemplo, as Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade são uma ferramenta utilizada pelas políticas públicas para delimitar, planejar e direcionar esforços para conservação de áreas visando a sua recuperação e uso sustentável (MMA, 2024). A metodologia aplicada fundamenta-se na metodologia de Planejamento Sistemático da Conservação (PSC). Os dados manuseados

referem-se tanto a distribuição de espécies quanto de ecossistemas, prevendo custos e oportunidades de conservação (MMA, 2024).

Portanto, a aplicabilidade precisa, cartograficamente falando, é em suma ponto chave para o planejamento. As técnicas em geotecnologias são indispensáveis, concomitantemente uma das estratégias mais eficientes para conservação da biodiversidade é a criação de áreas protegidas (Balmford *et al.*, 2003 apud Dobrovolski *et al.*, 2006), favorecendo a proteção da vegetação, solos e conseqüentemente proporcionando uma área que beneficie os processos ecológicos.

Considerações Finais

Os dados analisados expressam a ausência de políticas efetivas visando a proteção da biodiversidade endêmica no CEB, a exceção das Terras Indígenas e da Reserva do Gurupi as demais áreas adjacentes enfrentam ou enfrentaram anteriormente pressões antropogênicas que conduziram a eliminação parcial da floresta nativa. As áreas protegidas correspondem a um percentual ínfimo da dimensão total da biorregião na qual menos de 20% do seu território dispõe de proteção.

Os sistemas de alertas de desmatamento foram criados para mitigar os impactos causados pelo desmatamento e, em conjunto com geotecnologias são ferramentas direcionadas para planos de conservação. Com a facilitação do acesso de imagens de satélite e a evolução do processamento em nuvem, projetos semelhantes vêm sendo desenvolvidos no que concerne o monitoramento de alterações na vegetação, neste contexto a avaliação das similaridades e contrastes é de suma importância para definição de limitações e potencialidades dos projetos analisados.

Dito isto, aferiram-se questões problemáticas de divergências de dados cujas propostas são equivalentes, a supressão da vegetação primária. Conseqüentemente, a adoção da base de dados por parte do pesquisador pode interferir diretamente no resultado, requerendo atenção à escala, metodologias e objetivos da pesquisa em razão de possíveis subestimações ou superestimações do resultado final. Destacamos, por fim, o importante papel de ambos os projetos no cenário nacional disponibilizando grandes bancos de dados e informações fomentando o ensino e a pesquisa, como é o caso deste trabalho no qual principal objetivo é contribuir para uma maior assertividade científica e enfatizar a necessidade de mais pesquisas direcionadas à validação de dados.

Referências

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil:** potencialidades paisagísticas. Ed.4. São Paulo: Ateliê Editorial, 2007.

ALMEIDA, A. S. VIEIRA, I. C. G. Centro de endemismo Belém: Status da vegetação remanescente e desafios para a conservação da biodiversidade e restauração ecológica. **REU**, Sorocaba, SP, v. 36, n. 3, p. 95-111, dez. 2010. Disponível em: <https://periodicos.uniso.br/reu/article/view/501> Acesso em: 03 de janeiro de 2025.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: Esboço Metodológico. **R. RA'E GA**, Curitiba, n. 8, p.141-152, 2004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v8i0.3389> Acesso em: 19 de janeiro de 2025.

BRASIL. Código Florestal brasileiro, Lei 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm Acesso em: 25 de janeiro de 2025.

BRASIL. Ministério Do Meio Ambiente (MMA). Áreas prioritárias para biodiversidade, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/ecossistemas/areas-prioritarias-para-biodiversidade> Acesso em: 20 de junho de 2024.

BRAZ, L. C. PEREIRA, J. L. G. FERREIRA, L. V. THALÊS, M. C. A Situação das Áreas de Endemismo da Amazônia com relação ao desmatamento e às áreas protegidas. **Bol. geogr., Maringá**, v. 34, n. 3, p. 45-62, 2016. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/30294>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2025.

BRITO, Francisco. Corredores ecológicos: uma estratégia integradora na gestão de ecossistemas / Francisco Brito. 2. ed. rev. – **Florianópolis**, Ed. da UFSC, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/187610> Acesso em: 15 de fevereiro de 2025.

BROWN, J. H. LOMOLINO, M. V. **Biogeografia**. 2ª edição. FUNPEC-Editora, p 691, 2006.

CAMARGO, J. C. G. TROPPEMAIR, H. A evolução da biogeografia no âmbito da ciência geográfica no Brasil. **Geografia**, Rio Claro, Vol. 27(3): 133-155, dezembro 2002. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/1914/5256> Acesso em: 08 de janeiro de 2025.

CARVALHO, C. J. B. de. Padrões de endemismo e a conservação da biodiversidade. **Megadiversidade**. V. 5, Nº 1-2, p. 77-86, Dezembro, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/259439761_Padroes_de_endemismos_e_a_conservacao_da_biodiversidade Acesso em: 17 de janeiro de 2025.

CELENTANO, D. et. al. Desmatamento, degradação e violência no “Mosaico Gurupi” – a região mais ameaçada da Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 92, 2018, p. 315-339. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/FWCqjFLCzcwQGdjn5bRkBrS> Acesso em: 24 de fevereiro de 2025.

DIAS, L. J. B. COSTA, G. C. FERREIRA, L. M. COSTA, A. P. GUIMARÃES, E. C. OLIVEIRA, T. G. de. Evolução da dinâmica das pressões antropogênicas sobre paisagens naturais do Centro de Endemismo Belém, Amazônia Oriental. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 24, n. 96, p. 212-233, 2023. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/68694> Acesso em: 25 de outubro de 2024.

DIAS, L. J. B.; CATUNDA, P. H. A.; PORTELA, A. K. O.; COSTA, A. P.; SOUSA, J. S.; NUNES, A. S.O contexto do Bioma Amazônico em território maranhense. In: CATUNDA, P. H. A.; DIAS, L. J. B. (Org.). **Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão – Escala 1:250.000 (Bioma Amazônico)**. São Luís: IMESC/UEMA, 2019. p. 05-29. Disponível em: <http://homologacao.zee.ma.gov.br/wp-content/uploads/2021/08/Sumario-Executivo-do-Zoneamento-Ecologico-Economico-Etapa-Bioma-Amazonico.pdf> Acesso em: 10 de fevereiro de 2025.

DOBROVOLSKI, R. BOTH, R. COELHO, I. P. STOLZ, J. F. B. SCHÜSSLER, G. RODRIGUES, G. G. GUERRA, T. HARTZ, S. M. Levantamento de áreas prioritárias para conservação da Floresta Nacional de São Francisco de Paula (RS, Brasil) e seu entorno. **Revista brasileira de biociências**, Porto Alegre, v. 4, n. 1/2, p. 7-14, jan./jun. 2006. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/23181> Acesso em: 05 de julho de 2024.

ELLENBERG, H.; MUELLER-DOMBOIS, D. **A key to raunkiaer plant life-forms with revised subdivisions**. *Berichte des Geobotanischen Institutes der Eidg. Techn. Hochschule Stiftung Rübel*, Zurich: ETH, v. 37, p. 56-73, 1967.

IBGE. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. **Manuais Técnicos em Geociências** 2º edição, No 1. RJ, 2012. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=263011> Acesso em: 26 de outubro de 2024.

INPE. **Metodologia utilizada nos sistemas PRODES e DETER**. 2a edição, São José dos Campos, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/363153012_METODOLOGIA_UTILIZADA_NOS_SISTEMAS_PRODES_E_DETER_-_2_a_EDICAO_ATUALIZADA_INPE_Sao_Jose_dos_Campos_2022 Acesso em: 05 de janeiro de 2025.

MABIOMAS BRASIL. **Mapbiomas Alerta** – Mapa. 2025. Disponível em: [https://plataforma.alerta.mapbiomas.org/mapa?monthRange\[0\]=2019-01&monthRange\[1\]=202412&sources\[0\]=All&territoryType=all&authorization=all&embaargoed=all&locationType=alert_code&activeBaseMap=7&map=-14.288794%2C-54.289764%2C4](https://plataforma.alerta.mapbiomas.org/mapa?monthRange[0]=2019-01&monthRange[1]=202412&sources[0]=All&territoryType=all&authorization=all&embaargoed=all&locationType=alert_code&activeBaseMap=7&map=-14.288794%2C-54.289764%2C4) Acesso em: 18 de janeiro de 2024.

MAURANO, L. E. P. ESCADA, M. I. S. Comparação dos dados produzidos pelo PRODES versus dados do mapbiomas para o bioma Amazônia. **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de**

Sensoriamento Remoto. Santos, SP. abril, 2019. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2019/09.06.14.00/doc/97346.pdf> Acesso em: 15 de fevereiro de 2025.

OLSON, David M. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. **BioScience.** Vol. 51 No. 1, November, 2001. Disponível em: <https://academic.oup.com/bioscience/article/51/11/933/227116> Acesso em: 17 de novembro de 2024.

SALES, G. M. ALMEIDA, A. S. de. PEREIRA, J. L. G. THALÊS, M. C. Identificação de áreas críticas a ocorrência de fogo na Área de Endemismo Belém. **Caminhos de Geografia.** Uberlândia. v. 20, n. 71 Setembro, 2019 p. 572-588. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/48550> Acesso em 12 de Janeiro de 2025.

SILVA, J. M. C. FONSECA, G. A. B. RYLANDS, A. B. O destino das áreas de endemismo da Amazônia. **Megadiversidade**, vol.1, no 1, p. 124-131, jul. 2005. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/260591598> O destino das areas de endemismo da Amazonia> Acesso em: 29 de novembro de 2024.

SILVA. M. B. Áreas de endemismo: As espécies vivem em qualquer lugar, onde podem ou onde historicamente evoluíram? **Revista da Biologia** (2011) Vol. Esp. Biogeografia: 12-17, nov 2011. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/revbiologia/article/view/108650>> Acesso em: 22 de novembro de 2024.

SILVÉRIO, D. SILVA, S. ALENCAR, A. MOUTINHO, P. Amazônia em chamas nota técnica do instituto de pesquisa ambiental da amazônia – ipam. **IPAM Amazônia.** Brasília, agosto, 2019. Disponível em: https://ipam.org.br/wp-content/uploads/2019/08/NT-Fogo-Amazo%CC%82nia-2019-1_2.pdf Acesso em: 12 de março de 2025.

EDUCAÇÃO GEOGRÁFICA CRÍTICA: A INTERSEÇÃO ENTRE ATLAS ESCOLARES, CARTOGRAFIA SOCIAL E CONTEXTO LOCAL

Kathe Ellen Sousa Costa

Mestranda em Geografia pelo GEOPROF / UFRN

E-mail: kathesousa.costa@gmail.com

ORCID: 0009-0001-4429-6048

Thiago Roberto França da Silva

Professor de Geografia

E-mail: thiago.r11@live.com

ORCID: 0009-0008-4908-4248

Juliana Felipe Farias

Prof. Dra. vinculada Departamento de Geografia / UFRN

E-mail: juliana.farias@ufrn.br

ORCID: 0000-0002-0185-2411

Resumo:

Este artigo examina criticamente o uso de mídias educacionais como ferramentas pedagógicas para uma Educação Ambiental transformadora no ensino de Geografia, analisando o processo de desenvolvimento do atlas escolar GEOPOTY focado na bacia hidrográfica do rio Potengi (RN). A pesquisa, de natureza qualitativa, adotou uma abordagem metodológica que combinou: (1) revisão sistemática da literatura sobre Educação Ambiental crítica e ensino de Geografia; (2) análise documental das diretrizes curriculares nacionais e estaduais; e (3) estudo de experiências similares de produção de materiais didáticos locais. Os resultados evidenciam que recursos educacionais baseados em metodologias participativas - como a cartografia social - apresentam maior potencial para promover aprendizagens significativas, ao integrarem saberes científicos e comunitários. O estudo identificou três eixos fundamentais para materiais didáticos inovadores: contextualização territorial, abordagem crítica dos conflitos socioambientais e uso pedagógico de múltiplas linguagens midiáticas. Como principais desafios, destacam-se a necessidade de formação docente específica e adaptações curriculares que viabilizem a integração desses recursos nas práticas escolares. A pesquisa conclui apontando caminhos para políticas públicas educacionais que articulem produção de materiais contextualizados, acesso a tecnologias críticas e formação continuada de professores, visando uma educação geográfica verdadeiramente transformadora.

Palavras-chave: Educação ambiental; Cartografia social; Materiais didáticos; Ensino.

CRITICAL GEOGRAPHICAL EDUCATION: THE INTERSECTION BETWEEN SCHOOL ATLASES, SOCIAL CARTOGRAPHY AND LOCAL CONTEXT

Abstract:

This article critically examines the use of educational media as pedagogical tools for transformative Environmental Education in Geography teaching, analyzing the development process of the GEOPOTY school atlas focused on the Potengi River basin (RN). The qualitative research adopted a methodological approach that combined: (1) a systematic review of the literature on critical Environmental Education and Geography teaching; (2) a documentary analysis of national and state curriculum guidelines; and (3) a study of similar experiences in the production of local teaching materials. The results show that educational resources based on participatory methodologies—such as social cartography—have greater potential to promote meaningful learning by integrating scientific

and community knowledge. The study identified three fundamental axes for innovative teaching materials: territorial contextualization, a critical approach to socio-environmental conflicts, and the pedagogical use of multiple media languages. The main challenges include the need for specific teacher training and curricular adaptations that enable the integration of these resources into school practices. The research concludes by pointing to paths for public education policies that articulate the production of contextualized materials, access to critical technologies, and continuing teacher training, aiming at a truly transformative geographic education.

Keywords: Environmental education; Social cartography; Teaching materials; Teaching.

EDUCACIÓN GEOGRÁFICA CRÍTICA: LA INTERSECCIÓN ENTRE ATLAS ESCOLARES, CARTOGRAFÍA SOCIAL Y CONTEXTO LOCAL

Resumen

Este artículo examina críticamente el uso de medios educativos como herramientas pedagógicas para una Educación Ambiental transformadora en la enseñanza de la Geografía, analizando el proceso de desarrollo del atlas escolar GEOPOTY centrado en la cuenca hidrográfica del río Potengi (RN, Brasil). La investigación, de naturaleza cualitativa, adoptó un enfoque metodológico que combinó: (1) revisión sistemática de la literatura sobre Educación Ambiental crítica y enseñanza de la Geografía; (2) análisis documental de directrices curriculares nacionales y estatales; y (3) estudio de experiencias similares de producción de materiales didácticos locales. Los resultados evidencian que los recursos educativos basados en metodologías participativas -como la cartografía social- presentan mayor potencial para promover aprendizajes significativos, al integrar saberes científicos y comunitarios. El estudio identificó tres ejes fundamentales para materiales didácticos innovadores: contextualización territorial, enfoque crítico de los conflictos socioambientales y uso pedagógico de múltiples lenguajes mediáticos. Como principales desafíos, se destacan la necesidad de formación docente específica y adaptaciones curriculares que viabilicen la integración de estos recursos en las prácticas escolares. La investigación concluye señalando caminos para políticas públicas educativas que articulen producción de materiales contextualizados, acceso a tecnologías críticas y formación continua de docentes, buscando una educación geográfica verdaderamente transformadora.

Palabras-clave: Educación ambiental; Cartografía social; Materiales didácticos; Enseñanza.

Introdução

A Educação Ambiental (EA) crítica emerge como um campo essencial para enfrentar os desafios socioambientais contemporâneos, demandando abordagens pedagógicas que superem a mera transmissão de informações e promovam a reflexão sobre as relações sociedade-natureza (Loureiro, 2012). Nesse contexto, o ensino de Geografia assume um papel estratégico, por sua capacidade de integrar dimensões físicas e humanas na análise do espaço (Cavalcanti, 2010). No entanto, persiste uma dicotomia entre esses aspectos nas práticas escolares, com ênfase excessiva em conteúdos sociais em detrimento da base natural que os sustenta – lacuna evidente no estudo de bacias hidrográficas, unidades fundamentais para a compreensão das dinâmicas ambientais.

Ainda que os currículos escolares apresentem conteúdos voltados à compreensão do meio ambiente e da organização do espaço, muitas vezes esses temas são abordados de forma descontextualizada, distantes da realidade vivida pelos estudantes. A valorização do território

como espaço educativo é fundamental para uma aprendizagem significativa, na medida em que permite ao aluno reconhecer-se como sujeito atuante em seu meio. Nesse sentido, o rio Potengi, importante estuário localizado no estado do Rio Grande do Norte, configura-se como uma paisagem privilegiada para o desenvolvimento de práticas pedagógicas que articulem os saberes geográficos e ambientais a partir da vivência local.

Entretanto, a implementação do currículo do Ensino Médio no Rio Grande do Norte, conforme as Diretrizes Curriculares do Estado (SEEC/RN, 2014) e as orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), apresenta desafios específicos para a promoção de uma Educação Ambiental crítica e contextualizada. Embora o currículo estadual inclua diretrizes para o ensino de Geografia e questões ambientais, a realidade nas escolas muitas vezes revela uma desconexão entre os conteúdos abordados e os contextos locais, como o estudo de bacias hidrográficas e ecossistemas regionais. O foco curricular, frequentemente centrado em conteúdos abstratos e descontextualizados, limita a capacidade dos estudantes de compreender e interagir com os desafios ambientais reais de sua própria comunidade, como no caso da bacia do Rio Potengi. Nesse cenário, torna-se fundamental repensar as abordagens pedagógicas, integrando práticas de ensino que valorizem o território vivido, por meio da construção de materiais didáticos que possibilitem a aprendizagem significativa e contextualizada.

Neste contexto desafiador, as mídias emergem como ferramentas pedagógicas promissoras para superar as limitações dos materiais didáticos tradicionais. A utilização de recursos midiáticos no ensino de Geografia, particularmente no âmbito da Educação Ambiental, apresenta algumas vantagens fundamentais, como: permitir a representação dinâmica e interativa dos fenômenos geográficos; facilitar a conexão entre conteúdos curriculares e realidades locais; e promover o engajamento dos estudantes através de linguagens diversificadas (Bueno, 2008). Entre esses recursos, os atlas escolares se destacam por sua capacidade de integrar diferentes formas de representação espacial, combinando mapas, imagens, gráficos e textos de maneira sistêmica.

Nesse sentido, a bacia do rio Potengi desponta como um território de grande potencial para ser explorado como instrumento pedagógico. Sua importância histórica, econômica, ambiental e cultural para o estado do Rio Grande do Norte oferece um campo fértil para o desenvolvimento de práticas educativas que articulem conhecimentos locais e globais. A construção de um atlas escolar sobre o estuário do Potengi, articulado a metodologias participativas como a cartografia social, visa não apenas a ampliação do

repertório geográfico dos estudantes, mas também a promoção de uma Educação Ambiental crítica, que valorize o lugar vivido e estimule a reflexão sobre a conservação e o uso sustentável dos recursos naturais. Dessa forma, o rio Potengi transforma-se não apenas em objeto de estudo, mas em meio ativo para a formação de sujeitos conscientes e atuantes em seu território.

Assim, o rio Potengi transforma-se não apenas em objeto de estudo, mas em meio ativo para a formação de sujeitos conscientes e atuantes em seu território. A proposta de criação do atlas escolar GEOPOTY, desenvolvida no âmbito do mestrado em Geografia, em parceria com a ação de extensão "Da sala de aula ao mapa: Aplicações da Cartografia Social no ensino de Geografia", configura-se como uma estratégia pedagógica relevante para a promoção de uma Educação Ambiental crítica e contextualizada, ancorada no uso de mídias como recurso didático. Ao integrar a produção de materiais educativos com metodologias participativas, pretende-se fomentar práticas que articulem o ensino de Geografia às realidades locais, fortalecendo o protagonismo dos estudantes e ampliando suas possibilidades de compreensão e intervenção no espaço vivido.

Por fim, o presente trabalho tem como objetivo analisar o potencial das mídias como recurso pedagógico na promoção de uma Educação Ambiental crítica e contextualizada, a partir da construção de materiais didáticos voltados ao ensino de Geografia. Especificamente, propõe-se discutir a elaboração do atlas escolar GEOPOTY sobre o estuário da bacia do rio Potengi, em Natal/RN, e a ação de extensão, como estratégias para integrar os saberes geográficos e ambientais ao território vivido pelos estudantes, fortalecendo o vínculo entre conhecimento científico e realidade local.

Metodologia

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa bibliográfica de natureza qualitativa, com enfoque analítico-descritivo, que visou investigar o potencial das mídias como recursos pedagógicos para uma Educação Ambiental crítica no ensino de Geografia.

Assim, este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa bibliográfica e documental realizada como parte do processo de construção do atlas escolar GEOPOTY, vinculado à ação de extensão "Da sala de aula ao mapa: Aplicações da Cartografia Social no ensino de Geografia". O estudo buscou fundamentar teoricamente a relação entre mídias educacionais,

Educação Ambiental crítica e ensino de Geografia, com foco na produção de materiais didáticos contextualizados.

A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, baseada em:

1. Revisão bibliográfica sistemática
 - a. Análise de referenciais teóricos sobre:
 - i. Educação Ambiental transformadora (Loureiro, 2012)
 - ii. Ensino crítico de Geografia (Cavalcanti, 2010; Callai, 2010)
 - iii. Cartografia social e participativa (Gorayeb et al., 2015)
 - b. Investigação de experiências com materiais didáticos locais, como os projetos desenvolvidos na Bacia do Potengi (Lima et al., 2023; Costa et al., 2024).
2. Análise documental
 - a. Exame de diretrizes curriculares (BNCC, PCNs, Diretrizes do RN/SEEC-2014)
 - b. Estudo de políticas públicas em Educação Ambiental
3. Sistematização de dados
 - a. Organização de categorias temáticas (análise de conteúdo conforme Bardin)
 - b. Identificação de convergências e lacunas entre teoria e prática educativa

A revisão permitiu: mapear fundamentos teóricos para a integração entre mídias, cartografia social e EA crítica; identificar desafios na produção de materiais didáticos locais, como a falta de articulação entre currículo e realidade territorial, e analisar experiências exitosas, como o uso de cartilhas participativas e atlas escolares em projetos de extensão.

Esta fase teórica serviu como base para a construção do GEOPOTY, orientando sua estrutura e abordagem pedagógica. Os próximos passos incluem a aplicação prática do atlas em escolas, com avaliação de seu impacto no ensino de Geografia e EA.

Fundamentos Teóricos e Legais do Ensino de Geografia e Educação Ambiental

O ensino de Geografia no Brasil é estruturado por um conjunto de legislações e diretrizes que orientam sua prática pedagógica. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN, nº 9.394/1996) estabelece a Geografia como componente obrigatório

no Ensino Fundamental e Médio, destacando seu papel na formação cidadã e na compreensão do espaço geográfico (Brasil, 1996). Complementarmente, o Plano Nacional de Educação (PNE) reforça a necessidade de uma educação contextualizada, que dialogue com as realidades locais e globais.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2017) e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) definem as competências específicas da Geografia, como a análise socioespacial e a relação sociedade-natureza, integrando também a Educação Ambiental (EA) como tema transversal (Brasil, 2017). No Rio Grande do Norte, as Diretrizes Curriculares Estaduais (SEEC/RN, 2014) adaptam essas orientações à realidade potiguar.

Entretanto, mesmo com documentos que orientem a educação e proponham uma educação contextualizada e uma EA como tema transversal, observa-se que a efetivação dessa educação crítica é uma das fragilidades intrínsecas à Educação Básica. Nesse contexto, autores como Cavalcanti (1998; 2010) discutem a importância de superar um ensino geográfico tradicional, baseado em memorização, propondo abordagens que valorizem a construção do conhecimento a partir da realidade dos estudantes. Callai (2010) e Castellar (2010) reforçam a necessidade de uma formação docente crítica, capaz de articular teoria e prática por meio de metodologias ativas, como projetos de investigação e saídas de campo.

Apesar do sólido marco legal, a implementação de uma educação geográfica crítica enfrenta obstáculos estruturais na prática escolar. Pesquisas como as de Tonini et al. (2017) evidenciam a persistência de abordagens tradicionais no ensino de Geografia, com ênfase excessiva no livro didático e na reprodução de conteúdos, cenário que revela uma contradição entre as diretrizes oficiais e a realidade das salas de aula. Essa situação corrobora o que Cavalcanti (2010) denomina "paradigma da geografia enciclopédica", marcado pela memorização de nomenclaturas e pouca articulação com a realidade dos estudantes.

Essa distância entre teoria e prática pode ser atribuída a diversos fatores. Em primeiro lugar, a formação inicial docente muitas vezes não prepara adequadamente os professores para trabalhar com metodologias ativas e abordagens críticas. Callai (2010) ressalta que muitos cursos de licenciatura ainda privilegiam conteúdos teóricos em detrimento da reflexão sobre práticas pedagógicas inovadoras. Além disso, as condições de trabalho nas escolas - com turmas numerosas, carga horária excessiva e falta de recursos materiais - dificultam a implementação das propostas contidas nos documentos oficiais.

A superação desses desafios exige uma abordagem multifacetada. Castellar (2010) propõe três eixos de ação prioritários: (1) a reformulação dos cursos de formação docente,

com maior ênfase nas práticas pedagógicas; (2) a produção de materiais didáticos que incorporem as realidades locais; e (3) o desenvolvimento de programas de formação continuada que auxiliem os professores em serviço a ressignificar suas práticas. Nesse sentido, a articulação entre universidades, redes de ensino e órgãos normativos se mostra essencial para construir pontes entre as prescrições curriculares e o cotidiano escolar.

As tecnologias digitais emergem como aliadas potenciais nesse processo de transformação. Estudos como os de Público Júnior (2018) demonstram que o uso crítico de ferramentas tecnológicas - como sistemas de informação geográfica (SIG) adaptados ao contexto escolar, aplicativos de mapeamento colaborativo e plataformas de produção de atlas digitais - pode favorecer a construção de uma aprendizagem mais significativa e contextualizada. No entanto, é fundamental que essa incorporação tecnológica seja acompanhada por uma reflexão pedagógica consistente, evitando o mero tecnicismo.

O caso do Rio Grande do Norte oferece exemplos promissores de superação desses desafios. A experiência desenvolvida na Bacia do Rio Potengi (Lima et al., 2023) mostra como a integração entre educação geográfica e ambiental, apoiada em metodologias ativas e recursos locais, pode gerar aprendizagens mais significativas. Essas iniciativas demonstram que, apesar das dificuldades, é possível construir caminhos alternativos que concretizem os princípios presentes nas diretrizes curriculares.

Educação Ambiental Crítica: Conceitos e Desafios na Prática Escolar

A Educação Ambiental (EA) configura-se como campo de conhecimento plural e interdisciplinar, emergente da necessidade de respostas educativas à crise socioambiental contemporânea. Sauvé (2005) oferece contribuição fundamental ao mapear as diversas correntes da EA, destacando desde abordagens conservacionistas, focadas na proteção de ecossistemas, até perspectivas críticas que vinculam as questões ambientais às estruturas de poder e desigualdade social. Essa diversidade epistemológica reflete a complexidade dos desafios ambientais na atualidade e a necessidade de respostas educativas igualmente complexas e contextualizadas.

No contexto brasileiro, Leff (2001) e Jacobi (2003) desenvolvem importantes contribuições teóricas ao articularem a EA com os debates sobre sustentabilidade e justiça ambiental. Estes autores destacam que a construção da cidadania ambiental exige superar visões reducionistas, incorporando dimensões políticas, culturais e éticas na análise dos

problemas socioambientais. Particularmente relevante é a contribuição de Loureiro (2012), que ao dialogar com a pedagogia freireana, propõe uma EA transformadora, comprometida com a emancipação política e a construção de sociedades verdadeiramente sustentáveis.

Apesar dos sólidos fundamentos teóricos e das experiências bem-sucedidas, como as desenvolvidas na Bacia do Rio Potengi (Lima et al., 2023; Costa et al., 2024), a implementação de uma Educação Ambiental (EA) contextualizada e crítica ainda é um desafio nas escolas. Os estudos demonstram que, embora existam diretrizes claras na BNCC (2017) e nos PCNs que incentivam a integração da EA ao ensino de Geografia de forma interdisciplinar e problematizadora, a realidade das salas de aula muitas vezes se distancia dessas propostas. Como apontam Cavalcanti (2010) e Callai (2010), persiste um ensino fragmentado, centrado em conteúdos desconectados da realidade local e em abordagens tradicionais que priorizam a memorização em detrimento da reflexão crítica.

Essa contradição entre teoria e prática pode ser atribuída a diversos fatores estruturais. Por um lado, a formação docente, tanto inicial quanto continuada, ainda não consegue preparar adequadamente os professores para trabalhar com metodologias ativas e abordagens críticas da EA (Castellar, 2010). Por outro lado, as condições de trabalho nas escolas — como turmas superlotadas, falta de recursos didáticos e excesso de demandas burocráticas — dificultam a implementação de projetos interdisciplinares e contextualizados, como os propostos por Loureiro (2012) e Jacobi (2003). Além disso, há uma carência de materiais pedagógicos que articulem os temas ambientais às realidades locais, limitando as possibilidades de uma educação significativa (Tonini et al., 2017).

O resultado é que, em muitas escolas, a EA acaba reduzida a atividades pontuais e descontextualizadas, como campanhas de reciclagem ou datas comemorativas, sem uma abordagem que problematize as causas estruturais dos problemas socioambientais (Gonzaga, 2010). Essa superficialidade contraria os princípios de uma EA transformadora, que deveria promover a leitura crítica do território e a participação ativa dos estudantes na construção de soluções para suas comunidades, conforme defendem Sauvé (2005) e Leff (2001).

Diante desse cenário, torna-se urgente repensar estratégias para aproximar as práticas escolares das potencialidades teóricas da EA. Experiências como as de Lima et al. (2023) e Costa et al. (2024) mostram que   possível superar esses desafios quando há articula o entre escolas, universidades e comunidades locais, além de investimento em forma o docente e materiais didáticos contextualizados. No entanto, para que essas iniciativas deixem de ser exce es e se tornem a regra,   necessário um compromisso coletivo — envolvendo gestores,

educadores e políticas públicas — que priorize uma educação ambiental crítica, contextualizada e efetivamente transformadora.

A Educação Ambiental transformadora proposta por Loureiro (2012) representa uma abordagem crítica que supera as perspectivas tradicionais de EA. Baseada na pedagogia freireana, esta concepção entende a educação ambiental não como mera transmissão de conhecimentos ecológicos, mas como processo de conscientização política sobre as relações sociedade-natureza. O autor defende que a EA deve promover a leitura crítica do mundo, capacitando os educandos a identificar e transformar as estruturas de poder que geram injustiças ambientais.

As metodologias ativas surgem como ferramentas essenciais para concretizar essa proposta transformadora. Através de práticas como a cartografia social, projetos de investigação-ação e estudos do meio críticos, os estudantes podem desenvolver uma compreensão profunda de seu território e de suas problemáticas socioambientais. Como demonstram Lima et al. (2023) e Costa et al. (2024), quando os educandos são colocados no papel de pesquisadores de sua própria realidade, tornam-se capazes de estabelecer conexões significativas entre teoria e prática, entre o local e o global.

No entanto, a implementação dessas abordagens enfrenta desafios estruturais significativos. A formação docente muitas vezes não prepara os professores para trabalhar com essas metodologias inovadoras, como aponta Castellar (2010). Além disso, a organização rígida dos currículos e a falta de recursos nas escolas dificultam a realização de projetos interdisciplinares e contextualizados. Esses obstáculos explicam por que, apesar das diretrizes oficiais e das experiências bem-sucedidas, a EA nas escolas ainda frequentemente se limita a ações pontuais e descontextualizadas.

Superar esses desafios exige um compromisso coletivo que envolva políticas públicas consistentes, formação docente continuada e a criação de espaços de diálogo entre escola e comunidade. Como defendem Sauv e (2005) e Leff (2001), somente atrav es de uma educa o ambiental verdadeiramente crítica e participativa será possível formar cidad es capazes de enfrentar os complexos desafios socioambientais do nosso tempo. A experiência na Bacia do Potengi demonstra que, quando esses elementos se articulam, os resultados podem ser profundamente transformadores tanto para os indivíduos quanto para as comunidades envolvidas.

Atlas Escolares como Ferramentas de Contextualização e Análise Crítica do Território

Os atlas municipais, conforme analisados por Bueno (2008), representam importantes ferramentas pedagógicas ao permitirem a contextualização do conhecimento geográfico. Esses recursos vão além da simples compilação cartográfica, pois, como destaca Oliveira Júnior (2011), possibilitam a construção de "representações espaciais significativas que articulam o lugar vivido com processos globais". Essa abordagem favorece a compreensão das dinâmicas territoriais a partir da realidade concreta dos estudantes, rompendo com a visão fragmentada do espaço geográfico.

Contudo, Castellar (2011) alerta para a necessidade de superar abordagens tradicionais que reduzem os atlas a meros repositórios de informações. Em muitas escolas, esses materiais ainda são utilizados de forma passiva, limitando-se à localização de fenômenos físicos e humanos sem uma problematização crítica. Essa prática reforça o que Cavalcanti (2010) aponta sobre o teor enciclopédico que a Geografia pode tomar ao favorecer a memorização em detrimento da análise espacial crítica.

A superação desse modelo exige, conforme propõe Castellar (2011), usos inovadores dos atlas escolares, que os transformem em instrumentos de investigação e reflexão. Isso inclui atividades que problematizem as relações de poder inscritas no território, como a análise comparativa de mapas históricos e atuais ou a identificação de conflitos socioambientais representados cartograficamente. Essas estratégias permitem aos estudantes desenvolverem uma leitura mais complexa do espaço, articulando escalas locais e globais.

Nesse contexto, as tecnologias digitais emergem como aliadas potenciais. A produção de atlas interativos, que combinem cartografia tradicional com recursos multimídia (fotografias, depoimentos), pode enriquecer significativamente o processo de aprendizagem. Como demonstra Público Júnior (2018), essas ferramentas favorecem a participação ativa dos estudantes na construção do conhecimento geográfico, tornando-os produtores, e não apenas consumidores, de informações espaciais.

A experiência na Bacia do Rio Potengi (Lima et al., 2023) ilustra como os atlas podem ser integrados a projetos interdisciplinares de Educação Ambiental. Ao mapear coletivamente os recursos hídricos locais e seus problemas, os estudantes desenvolveram não apenas habilidades cartográficas, mas também uma consciência crítica sobre sua realidade

socioambiental. Essa prática evidencia o potencial transformador dos atlas quando articulados a metodologias ativas e abordagens críticas do território.

Cartografia Social no Ensino de Geografia: Território, Participação e Transformação

A cartografia social emerge como metodologia transformadora no ensino de Geografia, conforme demonstra o projeto desenvolvido em Baía Formosa/RN (Soares et al., 2022). Essa abordagem, que integra Educação Ambiental e mapeamento participativo, rompe com os paradigmas cartográficos tradicionais ao reconhecer, como destacam Gorayeb, Meireles e Silva (2015), que "todo mapa é construção social carregada de intencionalidades políticas". O estudo realizado na Escola Estadual Professor Paulo Freire evidenciou como essa prática permite aos estudantes: (1) decodificar criticamente seu território, (2) identificar conflitos socioambientais e (3) propor ações transformadoras.

A experiência de Baía Formosa ilustra concretamente os três eixos da cartografia social escolar propostos por Hoffmann (2016): cognitivo, afetivo e político. Através de workshops que combinaram atividades presenciais e remotas, os estudantes mapearam analogicamente problemas como a ausência de saneamento adequado e a degradação de áreas turísticas, utilizando imagens de satélite e materiais simples como papel vegetal e lápis coloridos. Esse processo, conforme relatam os autores, permitiu que os educandos "desnaturalizassem" seu espaço vivido, compreendendo-o como produto de relações sociais contraditórias - princípio fundamental da Geografia Crítica (Santos, 2006).

A articulação com a Educação Ambiental transformadora (Loureiro, 2004) revelou-se particularmente potente no projeto. Como destacam os pesquisadores, a abordagem emancipatória adotada - focada no diálogo e no exercício da cidadania ativa - permitiu que os estudantes não apenas identificassem problemas, mas se reconhecessem como agentes de transformação de sua realidade. Essa perspectiva ecoa os princípios da pedagogia freireana, que fundamenta tanto a EA crítica quanto a cartografia social participativa.

A cartografia social apresenta um potencial transformador para a Educação Básica ao reconhecer os estudantes como produtores de conhecimento sobre seus territórios. Como demonstra a experiência de Baía Formosa (Soares et al., 2022), essa abordagem permite superar o ensino tradicional de Geografia, que frequentemente reduz o mapa a um instrumento de transmissão passiva de informações. Ao contrário, a cartografia social possibilita:

1. Apropriação crítica do espaço vivido: Os estudantes deixam de ser meros consumidores de representações cartográficas prontas para se tornarem autores de suas próprias leituras territoriais (Gorayeb; Meireles; Silva, 2015). No projeto analisado, isso se concretizou quando os alunos mapearam conflitos socioambientais de sua comunidade, relacionando-os com processos mais amplos.
2. Integração curricular significativa: A metodologia permite articular diferentes componentes do conhecimento geográfico - desde os conceitos básicos (espaço, lugar, território) até temas complexos como justiça ambiental e sustentabilidade. Como observado na escola de Baía Formosa, os workshops combinaram teoria e prática de forma orgânica.
3. Desenvolvimento de competências socioemocionais: O trabalho em grupo, a negociação de significados e a apresentação pública dos mapeamentos estimulam habilidades como colaboração, empatia e comunicação - aspectos essenciais para a formação integral (Brasil, 2017).
4. Conexão escola-comunidade: Os produtos cartográficos gerados pelos estudantes se transformam em ferramentas de diálogo com a comunidade local. Em Baía Formosa, os mapas produzidos revelaram problemas como a falta de saneamento básico, tornando-se instrumentos de reivindicação social.

Assim, a cartografia social se revela como estratégia pedagógica poderosa para concretizar os princípios da Educação Ambiental transformadora (Loureiro, 2012) e da Geografia Crítica (Cavalcanti, 2010) na Educação Básica. Seu potencial se amplifica quando integrada a projetos interdisciplinares que, como demonstrado em Baía Formosa, articulam conhecimentos geográficos, ações cidadãs e transformação social.

Mídias e Tecnologias no Ensino de Geografia: Potencialidades e Limitações

O ensino de Geografia contemporâneo tem nas tecnologias digitais poderosas aliadas para promover aprendizagens significativas e contextualizadas. As pesquisas recentes demonstram que o uso pedagógico de diferentes mídias e ferramentas tecnológicas pode transformar radicalmente a relação dos estudantes com o conhecimento geográfico, tornando-os produtores ativos de saberes sobre seu território.

As cartilhas educativas, quando elaboradas de forma participativa, revelam-se instrumentos pedagógicos de grande potencial. Os trabalhos desenvolvidos na Bacia do Potengi (Lima et al., 2023; Costa et al., 2024) mostram como esses materiais, longe de serem meros manuais informativos, podem se tornar ferramentas de leitura crítica do território. Ao documentarem conflitos socioambientais concretos e articular dados científicos com saberes locais, as cartilhas permitem aos estudantes compreender as complexas relações sociedade-natureza em seu contexto imediato. Mais do que isso, tornam-se instrumentos de ação cidadã, como demonstra o caso em que os materiais produzidos foram utilizados em diálogos com gestores públicos sobre questões de saneamento básico.

Os atlas escolares digitais representam outro recurso de grande valor quando utilizados de forma inovadora. Como destacam Bueno (2008) e Oliveira Júnior (2011), esses materiais evoluíram de simples compilações cartográficas para plataformas interativas que permitem múltiplas leituras do espaço geográfico. Quando combinados com práticas de cartografia social, como ocorreu no projeto de Baía Formosa (Soares et al., 2022), os atlas transformam-se em bases para representações espaciais críticas, onde os estudantes complementam informações oficiais com suas percepções e vivências.

As tecnologias de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) adaptadas ao contexto escolar abrem novas possibilidades para a análise espacial. Conforme demonstra Público Júnior (2018), essas ferramentas, quando utilizadas em abordagens problematizadoras, permitem aos estudantes investigar padrões espaciais, correlacionar dados socioambientais e visualizar dinâmicas territoriais complexas. O grande diferencial está no uso crítico dessas tecnologias - não como fins em si mesmas, mas como meios para compreender e transformar realidades.

A fotografia e o audiovisual emergem como linguagens privilegiadas para documentar e analisar transformações no espaço geográfico. Projetos que envolvem a produção de registros fotográficos comparativos (antes/depois) ou a criação de documentários territoriais pelos próprios estudantes têm se mostrado particularmente eficazes para desenvolver o olhar geográfico crítico. Essas práticas permitem conectar o estudo de conceitos abstratos com a realidade concreta dos educandos.

Contudo, o potencial educativo dessas tecnologias e mídias depende fundamentalmente de uma abordagem pedagógica crítica. Como alertam Castellar (2011) e Público Júnior (2018), não basta introduzir ferramentas digitais na escola - é necessário integrá-las a projetos educativos que: (1) partam das realidades locais, (2) problematizem

relações de poder no território e (3) promovam a participação ativa dos estudantes. Essa integração exige, por sua vez, investimento em formação docente e infraestrutura adequada, desafios que precisam ser enfrentados para que as tecnologias cumpram seu papel transformador no ensino de Geografia.

Assim, a introdução do mapeamento participativo na elaboração de cartilhas e atlas escolares pode ocorrer em diferentes etapas: desde o levantamento inicial de dados sobre o território até a validação final dos produtos. Técnicas como caminhadas cartográficas, produção de mapas mentais e oficinas de iconografia permitem captar as múltiplas dimensões (afetivas, culturais, políticas) da relação dos estudantes com seu lugar vivido. Como demonstram as experiências analisadas, esse processo gera materiais didáticos mais significativos pedagogicamente, pois refletem as verdadeiras questões e anseios da comunidade escolar, tornando o aprendizado da Geografia uma experiência verdadeiramente transformadora.

Resultados e discussão

A revisão bibliográfica evidenciou que a integração entre mídias educacionais e Educação Ambiental crítica no ensino de Geografia demanda uma abordagem que ultrapasse a dimensão instrumental das tecnologias. Conforme Loureiro (2012), a EA transformadora exige recursos didáticos que problematizem as relações de poder no território, aspecto que foi identificado como lacuna em materiais convencionais analisados. Os atlas e cartilhas tradicionais, em sua maioria, ainda priorizam uma perspectiva descritiva do espaço geográfico, desvinculada dos conflitos socioambientais locais (Bueno, 2008).

A análise das experiências na Bacia do Potengi (Lima et al., 2023; Costa et al., 2024) revelou que materiais didáticos construídos de forma participativa apresentam maior potencial para promover aprendizagens significativas. Esses projetos demonstraram que quando os estudantes se envolvem na produção de cartografias sociais e registros midiáticos sobre seu território, desenvolvem não apenas competências geográficas, mas também uma postura crítica frente aos desafios ambientais. Esse resultado corrobora os princípios da cartografia social (Gorayeb et al., 2015), que compreende o mapeamento como ato político e pedagógico.

A revisão das diretrizes curriculares (BNCC, PCNs, SEEC/RN 2014) apontou uma contradição entre as prescrições oficiais e as práticas escolares. Embora os documentos

ênfatem a contextualização e a EA como tema transversal, sua implementação esbarra em estruturas curriculares rígidas e na carência de formação docente específica (Cavalcanti, 2010). Essa dissonância foi particularmente evidente no tratamento das bacias hidrográficas, que frequentemente são abordadas de forma fragmentada, sem conexão com a realidade vivida pelos estudantes.

Os referenciais teóricos analisados destacam três eixos essenciais para materiais didáticos inovadores: (1) articulação entre escalas locais e globais, (2) valorização dos saberes comunitários e (3) uso crítico de linguagens midiáticas. O atlas GEOPOTY, em desenvolvimento, busca incorporar esses princípios ao integrar cartografia digital, registros fotográficos participativos e narrativas territoriais dos estudantes. Essa proposta alinha-se às experiências exitosas mapeadas, que demonstram a eficácia de recursos que combinam rigor científico e protagonismo discente.

Os desafios identificados na literatura incluem a resistência a abordagens críticas e a dificuldade de acesso a tecnologias nas escolas públicas. No entanto, casos como o de Baía Formosa (Soares et al., 2022) mostram que mesmo com recursos limitados, é possível desenvolver práticas inovadoras mediante adaptações criativas. A chave parece estar na formação docente continuada, capaz de transformar obstáculos técnicos em oportunidades para reinventar metodologias (Castellar, 2011).

A discussão revela uma tensão produtiva entre teoria e prática. Enquanto os referenciais teóricos defendem uma EA emancipatória, as análises mostram que sua concretização exige mediações pedagógicas específicas. Nesse sentido, materiais como o GEOPOTY podem funcionar como dispositivos de transição, articulando conceitos acadêmicos com linguagens acessíveis e contextos locais. Essa perspectiva ecoa a noção freireana de que recursos educativos devem ser "textos para leitura do mundo", e não manuais de respostas prontas.

Por fim, os resultados sugerem que a produção de materiais didáticos contextualizados não é um fim em si mesma, mas parte de um processo mais amplo de transformação da cultura escolar. A efetividade desses recursos depende de sua integração com projetos pedagógicos que: (1) reconheçam a escola como espaço de produção de conhecimento, (2) promovam diálogos intergeracionais sobre o território e (3) articulem educação formal com movimentos sociais ambientais. Essas condições, quando presentes, podem potencializar o papel das mídias na construção de uma educação geográfica verdadeiramente transformadora.

Conclusões

A pesquisa evidenciou que o uso de mídias educacionais no ensino de Geografia, quando articulado a uma Educação Ambiental crítica, apresenta significativo potencial transformador. Materiais didáticos contextualizados, como o atlas GEOPOTY, demonstraram capacidade de superar as limitações dos recursos tradicionais ao promoverem leituras críticas do território que integram saberes científicos e comunitários. Essa abordagem mostrou-se particularmente eficaz ao estimular o protagonismo estudantil por meio de metodologias participativas, como a cartografia social.

Os principais desafios identificados, formação docente e infraestrutura escolar, apontam para a necessidade de políticas públicas integradas. Programas de formação continuada com foco em metodologias ativas, parcerias universidade-escola e garantia de acesso a tecnologias educacionais emergem como estratégias fundamentais. Essas ações devem visar não apenas à dotação de recursos, mas principalmente à construção de capacidades para seu uso crítico e criativo.

Como perspectiva futura, destaca-se a importância de pesquisas que avaliem os impactos desses materiais a médio e longo prazo. É necessário investigar não apenas seus efeitos na aprendizagem conceitual, mas principalmente sua contribuição para a formação cidadã e o engajamento socioambiental. Os resultados sugerem que a verdadeira inovação está na capacidade de converter ferramentas midiáticas em instrumentos de leitura e transformação da realidade.

O estudo reforça que a efetividade das mídias na Educação Ambiental crítica depende de sua vinculação a um projeto pedagógico comprometido com a superação das desigualdades. Tal projeto deve contemplar a desnaturalização dos conflitos socioambientais, a valorização dos territórios vividos e a construção coletiva de alternativas sustentáveis, princípios fundamentais para uma educação transformadora.

Por fim, os achados desta pesquisa apontam caminhos promissores para converter o ensino de Geografia em prática efetiva de emancipação socioambiental. A articulação entre mídias educacionais, metodologias participativas e abordagens críticas mostra-se como estratégia potente para formar cidadãos conscientes e atuantes na construção de territórios mais justos e sustentáveis.

Referências

- ALMEIDA, R. D. de. **Novos rumos da cartografia escolar: currículo, linguagem e tecnologia.** São Paulo: Contexto, 2011.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo.** Lisboa: Edições 70, 2016.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC).** Brasília: MEC, 2017.
- BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996.** Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 dez. 1996.
- BUENO, M. A. **Atlas escolares municipais e a possibilidade de formação continuada de professores: um estudo de caso em Sena Madureira/AC.** 2008. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- CALLAI, H. C. Aprendendo a ler o mundo: a geografia nos anos iniciais do ensino fundamental. **Cadernos CEDES**, v. 25, n. 66, p. 227-247, 2005.
- CAVALCANTI, L. de S. **Geografia, escola e construção de conhecimentos.** São Paulo: Papirus Editora, 1998.
- CASTELLAR, S. M. V. **Educação geográfica: teorias e práticas docentes.** São Paulo: Cortez, 2010.
- COSTA, K. E. S. et al. Educação Ambiental na Bacia do Rio Potengi (RN): Oficinas e Materiais Educativos como Ferramentas de Conscientização. **Revista Tempos e Espaços em Educação**, v. 17, n. 36, p. e21219, 2024. <https://doi.org/10.20952/revtee.v17i36.21219>
- FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2019.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- GONZAGA, R. S. Educação ambiental e consumo consciente: para além dos 3Rs. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 31, n. 112, p. 165-179, jul./set. 2010.
- GORAYEB, A.; MEIRELES, A. J. A.; SILVA, E. V. **Princípios básicos de cartografia e construção de mapas sociais.** Fortaleza: Editora Expressão Gráfica, 2015.
- HOFFMANN, R. **Cartografia social na educação: teoria e prática.** Curitiba: CRV, 2016.
- LIMA, G. C. A. et al. Navegando pelas águas da aprendizagem: a cartilha como ferramenta didática na exploração da Bacia do Rio Potengi/RN. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 3130-3147, 2023.
- LOUREIRO, C. F. B. **Educação ambiental transformadora.** São Paulo: Cortez, 2012.

- OLIVEIRA JÚNIOR, W. Fotografias e conhecimentos do lugar onde se vive: linguagem fotográfica e atlas municipais escolares. In: ALMEIDA, R. D. de. **Novos rumos da cartografia escolar: currículo, linguagem e tecnologia.** São Paulo: Contexto, 2011. p. 13-35.
- PÚBLIO JÚNIOR, C. O docente e o uso das tecnologias no processo de ensinar e aprender. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 13, n. 3, p. 1092-1105, 2018.
- RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria de Estado da Educação e da Cultura. **Diretrizes Curriculares do Estado do RN.** Natal: SEEC, 2014.
- SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção.** São Paulo: EdUSP, 2006.
- SAUVÉ, L. Educação ambiental: possibilidades e limitações. **Educação e Pesquisa**, v. 31, n. 2, p. 317-322, 2005.
- SOARES, L. G. et al. Mapeando ideias e construindo ações: cartografia social e educação ambiental no município de Baía Formosa/RN. **International Journal Semiarid**, v. 5, n. 5, p. 203-215, 2022.
- TONINI, I. M. et al. Desafios para potencializar o Livro Didático de Geografia. In: TONINI, I. M. et al (org.). **O Livro Didático de Geografia e os desafios da docência para aprendizagem.** Porto Alegre: Editora Sulina, 2017. p. 259-272.

Agradecimentos

Agradecemos à Pró-Reitoria de Extensão (PROEX/UFRN) pelo financiamento da ação de extensão vinculada a esta pesquisa e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia - Mestrado Profissional (GEOPROF/UFRN) pela parceria acadêmica no desenvolvimento do atlas GEOPOTY, e ao GEOPEC - Grupo de Pesquisa em Geoecologia das Paisagens, Educação Ambiental e Cartografia Social pelo apoio acadêmico e pelas discussões teóricas que fundamentaram esta pesquisa.

POLÍTICA DE DESCARBONIZAÇÃO NO JUDICIÁRIO BRASILEIRO: ANÁLISE CRÍTICA DA RESOLUÇÃO CNJ Nº 594/2024 E DO PLANO DE DESCARBONIZAÇÃO DO TRIBUNAL DE JUSTIÇA DO MARANHÃO

Flávia Maria Gomes Parente Alves Maciel

Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal do Piauí
(UFPI), São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: flavialves@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-9358-0996>

Arkley Marques Bandeira

Docente do Mestrado e Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA),
Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: arkley.bandeira@ufma.br

<https://orcid.org/0000-0002-0410-1082>

Shigeaki Leite de Lima

Instituto de Energia Elétrica (IEE) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São
Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: shigeaki.lima@ufma.br

<https://orcid.org/0000-0001-5513-8005>

Leonardo Silva Soares

Docente do Mestrado e Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA)
São Luís, Maranhão, Brasil

leonardo.soares@ufma.br

<https://orcid.org/0000-0003-0373-2971>

Resumo:

A emergência climática global impõe novos desafios à administração pública, inclusive ao Poder Judiciário, cuja atuação se estende para além da função jurisdicional, incorporando práticas de gestão institucional sustentável. Nesse contexto, o artigo analisa a Resolução CNJ nº 594/2024 e seu reflexo no Plano de Descarbonização do Tribunal de Justiça do Maranhão (TJMA), buscando compreender em que medida o referido plano internaliza as diretrizes estabelecidas pelo Conselho Nacional de Justiça. A pesquisa adota metodologia lógico-dedutiva, com base em análise documental de natureza normativa e teórica, fundamentada na literatura clássica e contemporânea sobre justiça climática, governança ambiental e direito público. Os resultados indicam que o plano do TJMA representa um avanço significativo ao institucionalizar a descarbonização no âmbito de sua governança, embora o êxito de sua implementação dependa da efetiva integração com o planejamento orçamentário e do fortalecimento da cultura organizacional. Conclui-se que o engajamento institucional com políticas ambientais exige não apenas instrumentos normativos, mas também a transformação de paradigmas internos de gestão.

Palavras-chave: Descarbonização; Justiça Climática; Governança Ambiental.

DECARBONIZATION POLICY IN THE BRAZILIAN JUDICIARY: A CRITICAL ANALYSIS OF CNJ RESOLUTION NO. 594/2024 AND THE DECARBONIZATION PLAN OF THE COURT OF JUSTICE OF MARANHÃO

Abstract:

The global climate emergency poses new challenges to public administration, including the Judiciary, whose role extends beyond its adjudicative function to encompass sustainable institutional management practices. In this context, this article analyzes CNJ Resolution No. 594/2024 and its implications for the Decarbonization Plan of the Court of Justice of the State of Maranhão (TJMA), seeking to understand the extent to which the plan internalizes the guidelines established by the National Council of Justice. The study adopts a logical-deductive methodology, based on normative and theoretical documentary analysis, grounded in both classical and contemporary literature on climate justice, environmental governance, and public law. The findings indicate that the TJMA decarbonization plan represents a significant advance by institutionalizing decarbonization within its governance framework, although the success of its implementation depends on effective integration with budgetary planning and the strengthening of organizational culture. It is concluded that meaningful institutional engagement with environmental policies requires not only normative instruments, but also a transformation of internal management paradigms.

Keywords: Decarbonization; Climate Justice; Environmental Governance.

POLÍTICA DE DESCARBONIZACIÓN EN EL PODER JUDICIAL BRASILEÑO: ANÁLISIS CRÍTICO DE LA RESOLUCIÓN CNJ N° 594/2024 Y DEL PLAN DE DESCARBONIZACIÓN DEL TRIBUNAL DE JUSTICIA DE MARANHÃO

Resumen:

La emergencia climática global impone nuevos desafíos a la administración pública, incluso al Poder Judicial, cuya actuación se extiende más allá de la función jurisdiccional, incorporando prácticas de gestión institucional sostenible. En este contexto, el artículo analiza la Resolución CNJ n° 594/2024 y su reflejo en el Plan de Descarbonización del Tribunal de Justicia del Estado de Maranhão (TJMA), con el objetivo de comprender en qué medida dicho plan internaliza las directrices propuestas por el Consejo Nacional de Justicia. La investigación adopta una metodología lógico-deductiva, basada en el análisis documental normativo y teórico, fundamentada en la literatura clásica y contemporánea sobre justicia climática, gobernanza ambiental y derecho público. Los resultados indican que el plan del TJMA representa un avance significativo al institucionalizar la descarbonización en su gobernanza, aunque el éxito de su implementación depende de su integración con la planificación presupuestaria y del fortalecimiento de la cultura organizacional. Se concluye que el compromiso institucional efectivo con las políticas ambientales requiere no solo instrumentos normativos, sino también la transformación de los paradigmas internos de gestión.

Palabras clave: Descarbonización; Justicia climática; Gobernanza ambiental.

Introdução

As mudanças climáticas representam um dos maiores desafios da atualidade, não apenas por seus efeitos ambientais diretos, mas pela forma como exigem a reorganização institucional do Estado e de suas funções. A crescente concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera compromete sistemas ecológicos, sociais e econômicos em escala

global, impondo a necessidade de políticas públicas que articulem mitigação, adaptação e justiça social (ONU, 2015). Neste cenário, o setor público passa a ter papel estratégico, não apenas como regulador, mas como agente exemplar da transição climática.

A descarbonização institucional emerge, nesse contexto, como um instrumento técnico e político para reorientar rotinas administrativas de forma a reduzir, compensar e monitorar emissões institucionais de GEE. Como observam Viola, Franchini e Ribeiro (2013), trata-se de uma forma de accountability climática que extrapola o cumprimento de metas internacionais, engajando os órgãos públicos na reconfiguração de suas estruturas, processos e culturas organizacionais. A agenda da descarbonização, portanto, requer mais do que inovação tecnológica: exige mudança paradigmática na gestão pública.

Nesse sentido, accountability climática pode ser compreendida como a responsabilidade explícita e verificável de instituições públicas e privadas perante a sociedade e os marcos legais nacionais e internacionais quanto aos seus impactos sobre o clima. Ela envolve mecanismos de transparência, monitoramento, participação e responsabilização por ações (ou omissões) que contribuem para as mudanças climáticas. No setor público, implica na institucionalização de práticas sustentáveis, a publicação de inventários de emissões, a adoção de metas verificáveis de mitigação e a abertura de canais para o controle social.

Como destacam Bäckstrand e Kuyper (2017), a accountability climática está no cerne da governança climática contemporânea, sendo essencial para assegurar que os compromissos ambientais se traduzam em ações concretas e socialmente legítimas. Assim, a descarbonização institucional não apenas responde a compromissos ambientais formais, mas incorpora uma lógica de governança responsável e ética, voltada à proteção intergeracional e à justiça climática.

Autores como Sachs (2009) e Acsehrad (2004) defendem que o compromisso com a sustentabilidade deve estar ancorado nos princípios da justiça ambiental e da justiça intergeracional, capazes de promover equidade na distribuição dos riscos e responsabilidades ambientais. Segundo Acsehrad (2004, p. 59), “a justiça ambiental pressupõe que todos tenham direito a um ambiente saudável, ao mesmo tempo que impõe aos agentes públicos a obrigação de impedir que os custos ambientais recaiam desproporcionalmente sobre os mais vulneráveis”. Essa compreensão deve ser internalizada pelas instituições públicas, inclusive o Poder Judiciário, cuja legitimidade e eficácia dependem, cada vez mais, de sua coerência ética e ambiental.

A edição da Resolução nº 594/2024 do Conselho Nacional de Justiça (CNJ, 2024), ao instituir o Programa Justiça Carbono Zero, insere o Poder Judiciário brasileiro na agenda de transição ecológica. Diferente de resoluções anteriores, que tratavam de sustentabilidade de forma ampla, essa norma assume a descarbonização como objetivo central, estabelecendo diretrizes normativas para que os tribunais elaborem e implementem planos efetivos de neutralização de emissões. A resolução não apenas estrutura tecnicamente os eixos de atuação (inventário, redução e compensação), como também promove uma articulação com instrumentos já consolidados, como o Plano de Logística Sustentável (PLS-Jud), criando um sistema integrado de gestão climática institucional.

Contudo, o êxito dessa política normativa depende da sua recepção nos diferentes tribunais e da capacidade local de interpretação, implementação e inovação. É nesse sentido que se torna relevante a análise de experiências concretas, como o Plano de Descarbonização do Tribunal de Justiça do Maranhão (TJMA), publicado em 2025. O documento se apresenta como uma resposta institucional à Resolução do CNJ, e sua análise permite compreender tanto os avanços possíveis quanto os desafios institucionais que ainda precisam ser enfrentados.

Este artigo, portanto, parte da estrutura teórico-normativa oferecida pelo CNJ e se debruça sobre o plano do TJMA como objeto de análise. A proposta é investigar se o referido plano internalizou os fundamentos da Resolução nº 594/2024, se traduziu suas diretrizes em ações concretas e se representa um instrumento apto a produzir impacto ambiental real, em conformidade com os princípios de justiça climática e sustentabilidade pública.

Desenvolvimento

Metodologia

Este artigo adota o método lógico-dedutivo, com base na análise normativa da Resolução CNJ nº 594/2024, articulada à avaliação crítica do Plano de Descarbonização do TJMA. A pesquisa fundamenta-se em fontes documentais primárias, como atos normativos, relatórios oficiais e planos institucionais, além de referências teóricas acadêmicas de autores clássicos e contemporâneos das ciências ambientais, políticas públicas e direito público. Como complemento, são mobilizados aportes conceituais e analíticos que iluminam criticamente a relação entre norma e prática institucional, oferecendo subsídios para a proposição de ajustes e aprimoramentos.

O Plano de Descarbonização do Tribunal de Justiça do Maranhão (TJMA) constitui-se como instrumento central de análise documental nesta pesquisa, por representar a aplicação concreta da Resolução CNJ nº 594/2024 no contexto de um tribunal estadual. A análise do plano permite avaliar de forma crítica como os princípios e diretrizes normativas estabelecidos pelo Conselho Nacional de Justiça foram apropriados, traduzidos e operacionalizados na esfera do planejamento institucional. O conteúdo do plano é examinado em sua estrutura, fundamentos, metas e coerência interna, buscando identificar sua aderência à política nacional de descarbonização do Poder Judiciário.

A abordagem dedutiva parte das premissas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Justiça quanto aos objetivos, diretrizes e dispositivos normativos da política de descarbonização institucional, buscando identificar de que modo essas diretrizes foram incorporadas — ou não — ao plano analisado.

A dedução é aqui compreendida como um processo que, segundo Chalmers (1993), “parte de afirmações mais gerais para alcançar conclusões particulares com base em regras lógicas formalmente estabelecidas” (CHALMERS, 1993, p. 59). Isso significa que a Resolução do CNJ é tomada como proposição geral, contendo diretrizes técnicas e políticas que, por sua vez, orientam a análise de um caso particular – o plano do TJMA. Esse método permite verificar não apenas se há correspondência formal entre os documentos, mas, principalmente, se há coerência material entre os valores, princípios e metas que compõem a política institucional de descarbonização.

A metodologia lógica-dedutiva, no entanto, é enriquecida por uma abordagem qualitativa de base interpretativa, que compreende o plano institucional como um artefato político, construído em contextos específicos, com condicionantes institucionais, históricos e organizacionais próprios. Assim, ao lado da dedução normativa, o artigo mobiliza elementos exploratórios e analíticos, inspirados na tradição da epistemologia ambiental crítica, especialmente no pensamento de Enrique Leff (2001), para quem “a racionalidade ambiental deve ser compreendida como um campo de disputas entre diferentes projetos de civilização, não como um padrão técnico universal”.

A análise combina, portanto, três estratégias principais:

1. Exame normativo e documental da Resolução CNJ nº 594/2024, com ênfase em seus fundamentos conceituais, objetivos estruturantes e diretrizes operacionais;

2. Análise de conteúdo do Plano de Descarbonização do TJMA, considerando sua estrutura interna, coerência técnica, articulação com instrumentos existentes e propostas de monitoramento e compensação;

3. Interpretação crítica das convergências e dissonâncias entre os dois documentos, com apoio na literatura especializada em direito ambiental, gestão pública sustentável e governança climática (HICKMANN, 2017; NASCIMENTO; DUARTE, 2022; FREITAS; GIOVANELLA, 2023).

A seleção do TJMA como estudo de caso se justifica por ser um dos tribunais pioneiros na publicação de um plano específico de descarbonização após a edição da resolução, além de dispor de histórico institucional relevante no campo da sustentabilidade, por meio da atuação de sua Coordenadoria de Sustentabilidade e da integração de seu PLS a outras políticas internas. A escolha também considera a possibilidade de compreender as interfaces entre regulação nacional e capacidades institucionais locais, aspecto fundamental para a efetividade de políticas transversais como a climática.

Por fim, destaca-se que esta metodologia não pretende quantificar ou mensurar impacto ambiental, mas sim qualificar a resposta institucional a uma política normativa recente, em diálogo com os marcos teóricos da justiça climática e da governança pública ambiental. A intenção é, com isso, contribuir para a consolidação de uma política nacional de descarbonização institucional, tecnicamente sólida, juridicamente robusta e ambientalmente significativa.

Resultados e Discussão

A fundamentação teórica que sustenta a análise da política de descarbonização no Poder Judiciário brasileiro exige o reconhecimento da complexidade dos desafios ambientais contemporâneos. A descarbonização institucional não é apenas uma medida técnica ou uma resposta normativa, ela expressa a adoção de novos paradigmas de ação estatal, amparados por princípios éticos, epistemológicos e operacionais. Essa reorganização estratégica integra, de forma transversal, a identificação, quantificação, redução e compensação de emissões com práticas institucionais permanentes. Trata-se de transformar o funcionamento da gestão pública com base em critérios climáticos e socioambientais consistentes.

Freitas e Giovanella (2023) observam que isso demanda incorporar critérios climáticos às decisões administrativas, reorganizando a lógica de funcionamento das

instituições públicas. Para Silva, Lima e Cunha (2021), esse processo só se consolida com mecanismos permanentes de gestão e transparência. A descarbonização, portanto, não é apenas uma diretriz operacional, mas um componente estruturante da nova governança ambiental do setor público.

Nesse contexto, torna-se indispensável a mobilização do conceito de governança ambiental pública, entendida como o arranjo institucional e normativo que orienta a formulação, execução e controle das políticas ambientais no Estado. Leff (2001) propõe que essa governança seja orientada por uma racionalidade ambiental crítica, que transcenda os limites da eficiência técnico-administrativa para incorporar justiça territorial e saberes plurais. Hickmann (2017) amplia esse entendimento ao destacar que a governança climática exige reconfigurações nos próprios centros de autoridade pública, com articulações multiescalares, intersetoriais e socialmente legitimadas.

Complementar a esse arranjo é a noção de justiça climática, que considera as desigualdades na exposição aos riscos ambientais e no acesso aos recursos e soluções. Para Acelrad (2004), a justiça ambiental deve orientar a formulação de políticas públicas de forma a evitar a perpetuação ou o agravamento de iniquidades. Viola, Franchini e Ribeiro (2013) sustentam que a justiça climática também deve ser cognitiva, ou seja, reconhecer e valorizar o papel de comunidades vulnerabilizadas na produção de soluções sustentáveis. No contexto institucional, esse princípio orienta a escolha de medidas que considerem os impactos sociais e regionais da gestão ambiental.

A sustentabilidade intergeracional, por sua vez, impõe uma ética da continuidade ecológica, exigindo que os direitos ambientais das futuras gerações sejam considerados nas decisões presentes. Sachs (2009) afirma que essa relação entre tempo presente e futuro deve estruturar os processos de planejamento público. A ONU (2015), ao estabelecer a Agenda 2030, reafirma essa responsabilidade, ancorando os ODS na ideia de preservação das condições de vida para as próximas gerações. A política de descarbonização deve, portanto, operar como um pacto entre gerações, exigindo planejamento e comprometimento de longo prazo.

Outra referência central é a neutralidade de carbono, entendida como a eliminação do saldo líquido de emissões de GEE por meio de ações de redução e compensação. O World Resources Institute (2015) afirma que esse objetivo só é legítimo quando as ações são verificáveis e orientadas por metodologias robustas. Rodrigues e Gonçalves (2022) reforçam

que a neutralidade não deve ser utilizada como retórica institucional, mas como prática de gestão ancorada em dados confiáveis e metas consistentes.

Em relação à responsabilização institucional, o princípio da *accountability* ambiental estabelece que órgãos públicos devem prestar contas à sociedade sobre os impactos ambientais de sua atuação. Hickmann (2017) considera que a credibilidade das políticas ambientais depende da publicização de suas metas, resultados e critérios. Chalmers (1993), ao refletir sobre a ciência, destaca que toda prática que se pretenda racional deve ser passível de crítica e verificação pública — o que também se aplica à administração pública climática.

A transição ecológica, nesse cenário, representa o horizonte estratégico para a reconstrução dos marcos institucionais. Leff (2001) considera que essa transição é civilizatória, pois demanda repensar valores e objetivos da ação coletiva. Para Viola et al. (2013), trata-se de uma reestruturação dos padrões de consumo, produção e governança. No Judiciário, ela se expressa na digitalização, no uso de energias renováveis, na racionalização de deslocamentos e na redefinição da infraestrutura e dos processos decisórios.

O planejamento sustentável integra todos esses aspectos, pois é por meio dele que os compromissos ambientais se transformam em metas operacionais. Rodrigues e Gonçalves (2022) alertam que sem vinculação entre plano e orçamento, a sustentabilidade tende a se manter no nível do discurso. Planejar a descarbonização, nesse sentido, exige sistematizar ações, prever recursos, definir prazos e estabelecer indicadores de avaliação.

Por fim, os conceitos de mitigação climática e resiliência institucional sustentam a operacionalização das políticas ambientais. O IPCC (2014) define mitigação como qualquer ação voltada à redução direta das causas da mudança climática. Já Barzelay (2001) e Freitas e Giovanella (2023) consideram que instituições resilientes são aquelas capazes de inovar e adaptar-se diante de contextos de crise. Aplicadas ao Judiciário, essas noções indicam que não basta reagir às pressões externas: é preciso liderar a transformação.

Com essa base teórica, torna-se possível analisar a Resolução CNJ nº 594/2024 e o Plano do TJMA sob a perspectiva de sua coerência institucional, alcance transformador e alinhamento com os princípios da justiça climática e da sustentabilidade pública.

Análise da Resolução CNJ nº 594/2024

A publicação da Resolução CNJ nº 594/2024 configura um marco normativo relevante para a institucionalização da política de enfrentamento à crise climática no Poder

Judiciário brasileiro. Ao instituir o Programa Justiça Carbono Zero, o Conselho Nacional de Justiça inova ao conferir densidade operacional a uma diretriz já presente em normas anteriores, como a Resolução nº 201/2015 (que instituiu a Política de Sustentabilidade) e a nº 400/2021 (que trata do PLS-Jud). A Resolução nº 594/2024, porém, distingue-se por adotar a descarbonização institucional como eixo estruturante e por estabelecer metas específicas relacionadas à neutralidade de emissões até 2030.

A norma está organizada em torno de três grandes eixos operacionais: inventário, redução e compensação das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Essa tríade corresponde a um modelo amplamente reconhecido na literatura internacional sobre gestão climática (ICLEI, 2022; WRI, 2015), e seu uso demonstra que o CNJ busca alinhar sua política às metodologias e padrões globais, sobretudo o GHG Protocol. Ao exigir o levantamento anual de emissões, com base em escopos 1 (emissões diretas), 2 (emissões indiretas por uso de energia) e, sempre que possível, 3 (outras emissões indiretas), a Resolução reforça a importância de se compreender a pegada de carbono institucional de maneira abrangente.

O documento também propõe que os órgãos do Judiciário adotem ações concretas de redução das emissões, como reestruturação de contratos administrativos, substituição de equipamentos, revisão de rotinas de deslocamento e digitalização de processos. Tais ações estão vinculadas à racionalização do uso de energia e recursos, conforme previsto em metas de eficiência energética e sustentabilidade institucional. Como observa Hickmann (2017, p. 24), “a reconfiguração das estruturas de autoridade climática depende da adoção de instrumentos normativos que integrem critérios técnicos a mecanismos de governança transescalar”, o que a Resolução parcialmente realiza ao articular seus dispositivos com instrumentos existentes, como o PLS-Jud.

Em relação à compensação, a Resolução orienta os tribunais a neutralizar suas emissões residuais, após os esforços de redução, por meio da aquisição de créditos de carbono certificados ou da realização de projetos de reflorestamento e conservação ambiental. Ainda que de forma não obrigatória, a menção a instrumentos de compensação demonstra um avanço em relação a resoluções anteriores. Essa proposta se aproxima de abordagens contemporâneas da justiça ambiental, que defendem a reparação ativa dos impactos ambientais institucionais como parte das obrigações éticas e administrativas do Estado (ACSELRAD, 2004).

Outro ponto relevante é a valorização da transversalidade institucional. A Resolução estabelece que a política de descarbonização deve ser integrada aos planos estratégicos dos tribunais, ao Plano de Logística Sustentável (PLS) e às estruturas de governança já existentes. Também recomenda que os tribunais criem ou fortaleçam unidades administrativas específicas para a gestão climática, com recursos humanos qualificados e instrumentos de planejamento próprios. Essa articulação responde à necessidade de institucionalização da política ambiental no Judiciário, como defendem Barzelay (2001) e Freitas e Giovanella (2023), para quem “a cultura de sustentabilidade só se consolida quando vinculada a processos permanentes de gestão e aprendizado organizacional” (FREITAS; GIOVANELLA, 2023, p. 130).

Entretanto, embora a norma ofereça diretrizes importantes, sua implementação ainda dependerá da criação de documentos complementares. Não há, por exemplo, definição clara de indicadores, metas quantitativas, parâmetros de qualidade dos inventários ou critérios de priorização das ações. A ausência desses elementos pode dificultar a comparabilidade entre os tribunais e comprometer a consolidação de uma política nacional estruturada. A literatura sobre governança ambiental recomenda que instrumentos normativos sejam acompanhados de manuais técnicos e guias metodológicos, a fim de garantir uniformidade e eficácia na implementação (NASCIMENTO; DUARTE, 2022).

Por fim, vale destacar que a Resolução CNJ nº 594/2024 incorpora uma abordagem progressiva e institucionalmente sensível da descarbonização, reconhecendo a diversidade de capacidades técnicas entre os tribunais. Trata-se de um avanço normativo importante, que sinaliza o engajamento do Judiciário com a transição ecológica do setor público. No entanto, sua efetividade dependerá da forma como será interpretada e apropriada pelas diferentes instâncias institucionais, exigindo, portanto, processos contínuos de avaliação, capacitação e revisão colaborativa.

Análise do Plano de Descarbonização do TJMA

O Plano de Descarbonização do TJMA, publicado em 2025, representa uma resposta institucional estruturada à Resolução CNJ nº 594/2024. Sua elaboração e publicação demonstram o alinhamento do tribunal às diretrizes nacionais de mitigação climática, além de evidenciar a maturidade da política ambiental já existente na instituição, consolidada ao

longo de anos por meio da atuação da Coordenadoria de Sustentabilidade e da integração progressiva com o Plano de Logística Sustentável.

No eixo do inventário de emissões, o plano adota uma abordagem metodológica cautelosa e progressiva. Reconhecendo a complexidade envolvida na coleta e tratamento dos dados, propõe como primeiro passo a estruturação de um banco de dados padronizado, a ser alimentado por diversos setores administrativos, com vistas à futura mensuração formal das emissões. Essa opção está em consonância com a recomendação de organismos internacionais, como o ICLEI (2022), que ressaltam a importância da construção de sistemas de informação confiáveis como pré-condição para inventários eficazes. O plano prevê, ainda, a capacitação de servidores e o desenvolvimento de fluxos de coleta contínua, reforçando a importância da institucionalização da gestão climática.

A respeito da abordagem metodológica para cálculo de emissões, o plano indica intenção de adesão ao GHG Protocol, mas ainda não detalha quais escopos serão inicialmente considerados. A literatura especializada recomenda que, em uma primeira etapa, seja dada prioridade aos escopos 1 e 2, referentes às emissões diretas e ao consumo de energia, respectivamente, com posterior incorporação gradual do escopo 3. Segundo o WRI (2015), “a confiabilidade do inventário depende do compromisso com a padronização dos dados e da clareza nos limites organizacionais e operacionais definidos pela instituição”.

No eixo da redução de emissões, o plano apresenta um conjunto articulado de medidas. Entre elas, destacam-se: a substituição progressiva de sistemas de iluminação por lâmpadas LED; ampliação de usinas solares fotovoltaicas; racionalização do uso da frota; revisão de horários de expediente e climatização; campanhas educativas sobre uso consciente de energia e papel; e fomento à adoção de tecnologias digitais para redução de deslocamentos e papel. Essas ações estão alinhadas às metas do PLS-Jud e demonstram sensibilidade institucional à transição climática, como recomendam Freitas e Giovanella (2023).

É importante notar que, em vez de propor metas rígidas, o plano do TJMA adota uma lógica de acumulação incremental, em que as ações são organizadas por níveis de complexidade, impacto e viabilidade. Essa estratégia permite maior flexibilidade e promove o engajamento interno progressivo. Como aponta Barzelay (2001), a reforma institucional efetiva ocorre por meio de processos adaptativos e contextuais, não pela imposição vertical de modelos homogêneos.

Em relação à compensação de emissões, o plano reconhece que essa etapa deverá ocorrer após a realização do inventário. Como direções futuras, são indicadas: iniciativas de

reflorestamento urbano, compensação ambiental vinculada a projetos públicos locais e aquisição de créditos de carbono. Ressalta-se a importância de que essas ações levem em consideração as características sociais e ecológicas do território maranhense, de modo a promover justiça climática territorializada. Para Acselrad (2004), a compensação não pode ser reduzida a um expediente técnico: deve envolver ganhos reais para os ecossistemas e populações afetadas.

Outro destaque do plano é o estabelecimento de uma governança interna participativa, com articulação entre a Coordenadoria de Sustentabilidade, unidades técnicas e setores administrativos. Está prevista a construção de indicadores institucionais próprios, além do monitoramento contínuo das ações e da previsão de revisões periódicas do plano. Essa estrutura de gestão é coerente com os princípios da governança pública climática, que envolvem participação, transparência, responsabilidade e eficácia (HICKMANN, 2017; NASCIMENTO; DUARTE, 2022).

De forma geral, o plano do TJMA demonstra coerência com a Resolução CNJ nº 594/2024 e evidencia capacidade institucional de planejar a transição climática de forma responsável. Sua abordagem estratégica, o foco na qualificação da informação e o respeito à realidade administrativa demonstram um modelo viável e replicável, sem, no entanto, prescindir de inovações e melhorias. Como aponta Viola et al. (2013), a transição institucional só se consolida quando acompanhada de mecanismos de aprendizado contínuo e cooperação federativa.

Conclusões

A análise desenvolvida ao longo deste artigo permite afirmar que a Resolução CNJ nº 594/2024 constitui um avanço significativo na consolidação de uma política pública de enfrentamento à crise climática no âmbito do Poder Judiciário. Ao instituir o Programa Justiça Carbono Zero e estabelecer diretrizes normativas voltadas à descarbonização institucional, a norma assume protagonismo no cenário da gestão ambiental pública no Brasil. Seu caráter obrigatório, articulado a instrumentos como o Plano de Logística Sustentável e os planos estratégicos dos tribunais, fortalece o compromisso institucional com a neutralidade climática e com a transformação das rotinas administrativas do Judiciário.

A Resolução, ao adotar a lógica de inventariar, reduzir e compensar as emissões institucionais, organiza de forma sistemática a atuação do Poder Judiciário frente às emissões

de gases de efeito estufa. Contudo, a análise realizada evidencia que a efetividade dessa política está condicionada à consolidação de instrumentos complementares capazes de detalhar parâmetros técnicos, definir indicadores e orientar metodologicamente os tribunais, de modo a assegurar maior padronização e comparabilidade entre as iniciativas desenvolvidas.

A análise do Plano de Descarbonização do Tribunal de Justiça do Maranhão evidencia que, mesmo diante de desafios operacionais e limitações técnicas, é possível construir uma resposta institucional coerente, realista e compatível com as diretrizes estabelecidas. O plano demonstra sensibilidade à realidade organizacional local, adota estratégias progressivas e valoriza a participação de diferentes setores do tribunal. Ao priorizar a qualificação da informação, o planejamento estratégico e a articulação com instrumentos já existentes, o TJMA apresenta uma experiência relevante no contexto inicial de implementação da política de descarbonização no Poder Judiciário.

Nesse sentido, o plano analisado se apresenta não apenas como um documento técnico, mas como um instrumento indutor de mudança organizacional, ao integrar a agenda climática aos processos internos de gestão e planejamento institucional. Sua efetividade, contudo, está associada à continuidade das ações, ao monitoramento sistemático e ao aperfeiçoamento progressivo das práticas adotadas.

À luz do exposto, mantêm-se as seguintes recomendações propositivas, voltadas ao aprimoramento da política de descarbonização no âmbito do Poder Judiciário:

a) Ao Conselho Nacional de Justiça (CNJ):

Publicar instrumentos técnicos complementares à Resolução nº 594/2024, como manuais metodológicos, modelos de inventário e diretrizes para compensações;

Criar mecanismos de acompanhamento e sistematização das experiências desenvolvidas pelos tribunais;

Estimular a articulação institucional entre tribunais, universidades e órgãos ambientais.

b) Aos tribunais de justiça e demais órgãos do Judiciário:

Integrar a política de descarbonização aos instrumentos já existentes de planejamento institucional;

Priorizar a formação de equipes técnicas e a capacitação interna;

Assegurar que as ações de compensação considerem os impactos socioambientais associados.

c) Às universidades e centros de pesquisa:

Desenvolver metodologias aplicadas para medição, verificação e avaliação de emissões institucionais;

Apoiar os tribunais no desenvolvimento de indicadores e sistemas de monitoramento;

Produzir análises críticas sobre a efetividade da política de descarbonização no setor público.

Por fim, reafirma-se que a descarbonização institucional deve ser compreendida como uma estratégia de transformação da gestão pública, especialmente no âmbito do Poder Judiciário. Trata-se de um processo que exige compromisso institucional, coerência administrativa e continuidade, compatível com o papel do Judiciário na promoção de políticas públicas orientadas à sustentabilidade.

Referências

ACSELRAD, H. **Justiça ambiental e cidadania**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2004.

BÄCKSTRAND, K.; KUYPER, J. W. The democratic legitimacy of orchestration: The UNFCCC, non-state actors, and transnational climate governance. **Environmental Politics**, v. 26, n. 4, p. 764–788, 2017.

BARZELAY, M. **The new public management: improving research and policy dialogue**. Berkeley: University of California Press, 2001.

BRASIL. Conselho Nacional de Justiça. Resolução nº 594, de 8 de novembro de 2024.

Institui o Programa Justiça Carbono Zero. Disponível em: <https://atos.cnj.jus.br/atos/detalhar/5845>. Acesso em: 8 maio 2025.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência, afinal?** 3. ed. São Paulo: Brasiliense, 1993.

FREITAS, L. A.; GIOVANELLA, S. F. O Judiciário e a crise climática: desafios da descarbonização institucional no Brasil. **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, Brasília, v. 13, n. 1, p. 123–140, 2023.

HICKMANN, T. **The reconfiguration of authority in global climate governance**. London: Routledge, 2017.

- ICLEI. Local Governments for Sustainability. **Greenhouse gas emissions inventory guidance**. Bonn, 2022. Disponível em: <<https://iclei.org>>. Acesso em: 8 maio 2025.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Fifth Assessment Report (AR5)**. Geneva: IPCC, 2014.
- LEFF, E. **Epistemologia ambiental**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2001.
- NASCIMENTO, D.S.; DUARTE, C.L. Governança climática no setor público: experiências e perspectivas. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, v. 11, n. 2, p. 45–68, 2022.
- ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. Nova York: ONU, 2015.
- RODRIGUES, M.; GONÇALVES, L. Planejamento e controle em políticas de carbono. **Revista Gestão & Sociedade**, v. 16, n. 47, p. 1024–1045, 2022.
- SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.
- SILVA, P. H.; LIMA, F.R.; CUNHA, M. S. Descarbonização institucional e responsabilidade climática: o papel dos tribunais. **Revista de Direito Ambiental**, São Paulo, n. 101, p. 95–112, 2021.
- VIOLA, E.; FRANCHINI, M.; RIBEIRO, T. L. **Governança global do clima: a construção de um novo regime internacional**. São Paulo: Annablume, 2013.
- TJMA. TRIBUNAL DE JUSTIÇA DO ESTADO DO MARANHÃO. **Plano de descarbonização do Poder Judiciário do Estado do Maranhão**. São Luís: TJMA, 2024. Disponível em: <<https://www.tjma.jus.br/gestao-socioambiental/descarbonizacao>>. Acesso em: 8 maio 2025.
- WORLD RESOURCES INSTITUTE. **GHG Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard**. 2. ed. Washington, D.C.: WRI, 2015. Disponível em: <<https://ghgprotocol.org>>. Acesso em: 8 maio 2025.

ETNOSABERES E GESTÃO HÍDRICA: MAPEAMENTO BIBLIOMÉTRICO GLOBAL E PERSPECTIVAS FUTURAS

Francillene Fernandes Silva

Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, CE, Brasil.

E-mail: franfernandes.geo@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7551-1212>

José Falcão Sobrinho

Universidade Estadual do Vale do Acaraú (UVA), Sobral, CE, Brasil.

E-mail: falcao.sobral@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7399-6502>

Resumo

A crise hídrica global e a centralização hierárquica das políticas públicas revelam limites para a sustentabilidade e a equidade no acesso à água, sobretudo em contextos do Sul Global. Este artigo teve como objetivo mapear a produção científica sobre etnosaberes e gestão hídrica em escala global, identificando padrões temáticos, redes de colaboração e lacunas epistemológicas. A metodologia adotada foi a análise bibliométrica, com base em dados coletados na plataforma Web of Science, utilizando operadores booleanos e critérios PRISMA adaptados. Os dados foram processados no software VOSviewer, permitindo identificar 92 publicações relevantes entre 2007 e 2024, anos completos disponíveis para a chave de busca. Os resultados demonstram forte concentração da produção científica em países do Norte Global, segregação de saberes tradicionais nas redes colaborativas e uma fragmentação temática entre governança e conhecimento local. A análise evidenciou também a ausência de termos como “justiça hídrica” e “saberes territoriais” na literatura indexada. Conclui-se que há urgência em promover a equidade epistêmica, valorizando os etnosaberes como fontes legítimas de conhecimento e ação na formulação de políticas públicas. Recomenda-se ampliar futuras análises para outras bases de dados e incorporar metodologias participativas que coloquem os sujeitos locais no centro das decisões sobre a água.

Palavras-chave: Saberes territoriais, Gestão das águas, Bibliometria crítica.

ETHNOKNOWLEDGE AND WATER MANAGEMENT: GLOBAL BIBLIOMETRIC MAPPING AND FUTURE PERSPECTIVES

Abstract

The global water crisis and the hierarchical centralization of public policies reveal structural limits to sustainability and equitable access to water, especially in Global South contexts. This article aims to map scientific production on ethnoknowledge and water management on a global scale, identifying thematic patterns, collaboration networks, and epistemological gaps. The adopted methodology was bibliometric analysis, based on data collected from the Web of Science platform, using Boolean operators and adapted PRISMA criteria. The data were processed using VOSviewer software, resulting in the identification of 92 relevant publications between 2007 and 2024, representing the complete years available for the search query. The results show a strong concentration of scientific output in Global North countries, the marginalization of traditional knowledge within collaboration networks, and thematic fragmentation between governance and local knowledge. The analysis also revealed the absence of terms such as “water justice” and “territorial knowledge” in the indexed literature. The study concludes that there is an urgent need to promote epistemic equity by recognizing ethnoknowledge as a legitimate source of knowledge and action in water policy-making.

Future research should include additional databases and adopt participatory methodologies that place local communities at the center of water governance decisions.

Keywords: Territorial knowledge; Water governance; Critical bibliometrics.

ETNOSABERES Y GESTIÓN HÍDRICA: MAPEO BIBLIOMÉTRICO GLOBAL Y PERSPECTIVAS FUTURAS

Resumen

La crisis hídrica global y la centralización jerárquica de las políticas públicas revelan límites para la sostenibilidad y la equidad en el acceso al agua, especialmente en contextos del Sur Global. Este artículo tuvo como objetivo mapear la producción científica sobre etnosaberes y gestión hídrica a escala global, identificando patrones temáticos, redes de colaboración y brechas epistemológicas. La metodología adoptada fue el análisis bibliométrico, basado en datos recolectados en la plataforma Web of Science, utilizando operadores booleanos y criterios PRISMA adaptados. Los datos fueron procesados en el software VOSviewer, permitiendo identificar 92 publicaciones relevantes entre 2007 y 2024, años completos disponibles para la clave de búsqueda. Los resultados demuestran una fuerte concentración de la producción científica en países del Norte Global, la segregación de saberes tradicionales en las redes colaborativas y una fragmentación temática entre gobernanza y conocimiento local. El análisis evidenció también la ausencia de términos como “justicia hídrica” y “saberes territoriales” en la literatura indexada. Se concluye que existe una urgencia en promover la equidad epistémica, valorizando los etnosaberes como fuentes legítimas de conocimiento y acción en la formulación de políticas públicas. Se recomienda ampliar futuras investigaciones a otras bases de datos e incorporar metodologías participativas que sitúen a los sujetos locales en el centro de las decisiones sobre el agua.

Palabras-clave: Saberes territoriales; Gestión del agua; Bibliometría crítica.

Introdução

A crise hídrica é uma realidade global incontestável, intensificada por pressões demográficas, modelos de práticas governamentais ineficazes e os impactos do Antropoceno, uma nova era proposta por Crutzen e Stoermer (2000), ainda em discussão pela comunidade científica, marcada pela influência humana como força impactante nos ecossistemas.

Nesse contexto, práticas de exploração dos recursos naturais, muitas vezes extrativistas predatórias, e a aceleração das mudanças climáticas amplificam a escassez de água, expondo contradições e desafios à gestão sustentável da água. Enquanto populações vulneráveis enfrentam limitações ao acesso, por vezes, setores industriais mantêm abastecimento prioritário, reforçando desigualdades socioambientais.

Os modelos postos de gestão das águas, comumente possuem um viés centralizador, baseados em perspectivas técnicas e verticalizadas, mostrando-se insuficientes para garantir equidade e sustentabilidade hídrica. Seja no Semiárido Brasileiro, onde algumas comunidades rurais ainda dependem de caminhões-pipa em períodos de seca, ou mesmo em grandes cidades de países emergentes, do Sul Global, por exemplo, onde bairros periféricos

sofrem racionamento crônico, a falta de conexão entre políticas públicas e realidades locais evidencia uma crise hídrica, uma questão para toda a humanidade.

A perspectiva tecnocrática tem sua importância, entretanto, diante desse cenário, surge a necessidade de resgatar saberes tradicionais, os conhecimentos produzidos de acordo com os mais diversos contextos socioespaciais, como alternativa ao modelo de gestão hídrica centralizadora, hierárquica, e que não dialoga com a realidade e especificidades locais. Para Rattling Leaf (2022), o conhecimento ecológico tradicional integra observações/práticas e crenças transmitidas, que promove o manejo sustentável dos recursos naturais e relações equilibradas entre humanos e ecossistemas, unindo dimensões biológicas, culturais e espirituais em uma perspectiva holística.

Na mesma dimensão, Falcão Sobrinho (2025a) conceitua o etnoconhecimento como o saber coletivo e prioritário que uma comunidade desenvolve sobre a natureza. Esse conjunto de práticas, crenças e tradições é formado e transmitido através da interação direta do grupo com seu ambiente, especialmente no contexto rural. O autor ressalta que tal conhecimento possui raízes profundas nos aspectos culturais, históricos e ecológicos da comunidade, sendo a base para o seu entendimento dos elementos naturais, do relevo ao solo.

A partir desse contexto, este estudo parte do reconhecimento de que é necessário fazer um resgate histórico acerca dos conhecimentos tradicionais, entender e contextualizar os etnosaberes às realidades espaciais e atuais como uma forma alternativa de enfrentar a escassez hídrica. Pois, embora algumas técnicas tradicionais, como as cisternas de placa, barragens subterrâneas no Nordeste brasileiro, ou ainda sistemas andinos de coleta de água em regiões montanhosas, por exemplo, demonstrem eficácia adaptativa, as discussões globais sobre gestão hídrica não costumam priorizar essa relação, reproduzindo lacunas. Como alerta Falcão Sobrinho (2025b, p. 35), “essas tecnologias, como cisternas para captação de água da chuva, biodigestores, mandalas e quintais produtivos, dentre outras, estão profundamente conectadas às dinâmicas ambientais, sociais, culturais e econômicas do território, e oferecem uma rica base para a exploração de conceitos[...]”.

Importante ressaltar que existe uma sub-representação desses saberes em bases indexadas (como a Web of Science - WoS), limitando o debate científico à perspectivas técnicas e promovendo uma desconexão entre inovação e diálogo socioambiental, inviabilizando, inclusive, políticas públicas que dialogam com as diversas culturas em

alinhamento aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, especificamente ao de número 6, Água Potável e Saneamento (ONU, 2015).

Assim, este artigo busca verificar, por meio de um mapeamento bibliométrico global, o desequilíbrio na incorporação dos etnosaberes à produção científica sobre gestão hídrica, identificando disparidades na representação científica de saberes tradicionais e lacunas temáticas.

Nessa perspectiva, foi realizado um mapeamento bibliométrico a partir da plataforma *Web of Science* em um contexto global da produção científica sobre etnosaberes e gestão hídrica. Partiu-se da hipótese de que a literatura internacional, apesar de avanços pontuais, ainda negligência a contribuição de povos tradicionais, saberes locais e mantém assimetrias epistemológicas relativos à temática. Ao analisar redes de colaboração, tendências temáticas e lacunas de pesquisa, buscou-se responder: Como o etnoconhecimento tem sido (ou não) incorporado ao debate científico sobre gestão hídrica? Quais países se destacam nessas discussões? Quais os temas mais recorrentes nesse campo? E quais são as lacunas que dificultam uma maior articulação científica entre os termos “etnoconhecimentos” e “gestão hídrica”?

O artigo estrutura-se em cinco seções. Além desta introdução, a metodologia detalha os critérios de busca na WoS e as ferramentas de análise bibliométrica utilizadas. Os resultados e discussões exploram padrões de produção por países, clusters temáticos e lacunas. As considerações finais destacam as implicações desses achados para a produção científica e para a formulação de políticas públicas mais sensíveis às especificidades socioespaciais/socioculturais dos territórios. Por fim, a seção de referências reúne a base teórica que fundamentou a análise.

Metodologia

Este estudo segue uma abordagem bibliométrica, com foco na análise quantitativa e qualitativa de padrões de produção científica acerca dos etnosaberes e gestão hídrica. A bibliometria foi escolhida por permitir identificar tendências, redes de colaboração entre países e lacunas temáticas, além de oferecer subsídios para discussões sobre questões epistemológicas envolvendo hierarquias do conhecimento, como a valorização de um campo em detrimento de outros.

A declaração PRISMA foi adaptada como forma de sistematizar o processo de seleção e exclusão de artigos, ajustando-se a critérios bibliométricos, como a relevância temática (PAGE et al., 2021)

Levantamento de banco de dados e análise

Quanto ao levantamento do banco de dados, a coleta dos artigos sobre etnosaberes e gestão hídrica foi feita a partir da plataforma de busca Web of Science, escolhida por sua reconhecida credibilidade internacional, alto rigor na indexação de periódicos científicos e compatibilidade com ferramentas de análise bibliométrica. A pesquisa se deu entre os anos de 2007 a 2024, anos completos disponíveis para a chave de busca. Os dados foram encontrados utilizando palavras-chave de busca e operadores booleanos em maio de 2025 na língua inglesa, já que a busca se deu a nível global, conforme listado abaixo:

RECURSOS HÍDRICOS: ("WATER RESOURCES" OR "water availability" OR "water supply" OR "WATER SOURCE") E GESTÃO HÍDRICA: ("water resources management" OR "water management" OR "Water Management" OR "Water Resources Planning and Control") E SABERES TRADICIONAIS: ("TRADITIONAL KNOWLEDGE" OR "ETHNOKNOWLEDGE" OR "COMMUNITY KNOWLEDGE" OR "LOCAL KNOWLEDGE").

Seguindo a declaração PRISMA (Page et al., 2021), foi feita a filtragem dos artigos e a avaliação para a elegibilidade de acordo com o tema, excluindo-se os artigos que não correspondiam ao escopo da pesquisa. A coleção de dados inicialmente correspondia ao número de 102 artigos, após a verificação, o conjunto de dados compreendeu um total de 92 publicações. A figura dois indica a sequência para a elegibilidade dos artigos.

Quadro 1: Sequência PRISMA adaptada para trabalhos bibliométricos.

ETAPA	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE
<i>Identificação</i>	Registros identificados em bancos de dados	102
<i>Triagem</i>	Registros triados	102
	Registros excluídos	10
<i>Elegibilidade</i>	Artigos avaliados para elegibilidade	102
	Artigos excluídos	10
<i>Inclusão</i>	Total de artigos científicos incluídos	92

Fonte: Autoria própria. Adaptado de PRISMA2020: Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises.

Acerca da análise dos dados, as informações foram processadas no software VOSviewer (versão 1.6.20), obtido gratuitamente através do site <https://www.vosviewer.com/download>.

Publicação por países - Redes de colaboração

Para o mapeamento das publicações por países e rede de colaboração, o seguinte mapeamento/parâmetros foi seguido: Co-occurrence (tipo de análise); Countreis (unidades de análise); Full counting (método de análise completo) e Minimum number of documents of a country $n=1$ (número mínimo de documento por país=1), contabilizando um total de 43 países detectados para análise com ao menos 1 publicação acerca da temática que evolva dos etnosaberes e gestão hídrica.

Estrutura e análise de palavras-chave

Para o apontamento da estrutura e análise de palavras-chave, a seguinte sequência foi adotada: Co-occurrence (tipo de análise) para identificação de clusters temático; All keywords (unidades de análise); Full counting (método de análise completo) e Minimum number of occurrences of a keyword $n=4$ (número mínimo de ocorrência da palavras-chave por

trabalho=1). Na ocasião, 627 palavras-chaves foram identificadas, contudo, um total de 32 corresponderam aos critérios estabelecidos.

Identificação de lacunas

A identificação das lacunas temáticas e epistemológicas foi realizada por meio de dois procedimentos complementares. O primeiro consistiu em uma análise qualitativa para verificar a ausência ou baixa frequência de termos-chave no corpus de artigos, termos estes definidos previamente com base no referencial teórico da pesquisa.

O segundo procedimento foi a verificação através dos clusters formados no Software VOSviewer, além da análise visual dos mapas bibliométricos, na qual o distanciamento e a ausência de conexões robustas entre clusters temáticos foram utilizados como indicadores de desarticulação no debate científico.

Resultados e Discussão

Mapeamento Global: Entre a Técnica e a Invisibilidade dos Saberes

Embora a literatura internacional sobre gestão hídrica inclua discussões pontuais sobre etnosaberes, esta análise bibliométrica revela que tais conhecimentos permanecem à margem do debate científico. Os levantamentos revelaram, por exemplo, que apenas 12% dos artigos analisados focam em experiências latino-americanas, embora a região abrigue 40% da biodiversidade global e sistemas ancestrais de manejo hídrico. Essa discrepância reforça a urgência de uma virada decolonial na pesquisa, capaz de ampliar a visibilidade de saberes marginalizados e orientar políticas alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 6 – Água Potável e Saneamento).

A compreensão desse cenário exige uma análise detalhada das assimetrias geopolíticas que moldam a produção científica atual. Ao observar a distribuição geográfica das publicações, nota-se que a centralidade na formulação de conceitos sobre gestão da água ainda está concentrada em centros de pesquisa do Norte Global, o que influencia diretamente os temas priorizados e as redes de colaboração estabelecidas. Esse desequilíbrio não apenas silencia as particularidades do Sul Global, mas também condiciona a forma como os etnosaberes são (ou não) integrados às discussões sobre governança e sustentabilidade,

conforme evidenciado pelos dados de produtividade e conectividade entre os países analisados nesta pesquisa.

Assimetrias Geopolíticas e Redes de Colaboração Científica (Publicações por países – Redes de colaboração)

A análise bibliométrica detalhada por países revela que a produção científica global sobre etnosaberes e gestão hídrica reflete as desigualdades históricas de poder entre o Norte e o Sul Global. Países latino-americanos, como Brasil (3 publicações), Peru (3) e México (3), estão sub-representados na produção científica global sobre etnosaberes e gestão hídrica. Juntos, esses países somam apenas 9 dos 92 artigos analisados (9,8%), percentual que sobe para 16,3% ao incluir outras nações da região, como Equador (3), Guatemala (2) e Suriname (1).

A disparidade torna-se mais evidente ao comparar a produção científica de países do Norte Global. Os Estados Unidos, por exemplo, publicaram 17 trabalhos, enquanto Holanda e Alemanha também dominam o campo, ficando entre os dez primeiros países que mais contribuem o tema (Figura 1 – B). Apesar disso, os dados revelam ainda que, estudos latino-americanos apresentam impacto relevante: o Peru, com apenas 3 publicações, recebeu 419 citações, superando países como Alemanha (13 trabalhos, 163 citações). Nesse sentido, embora em menor quantidade, os trabalhos sobre a região são reconhecidos como contribuições significativas.

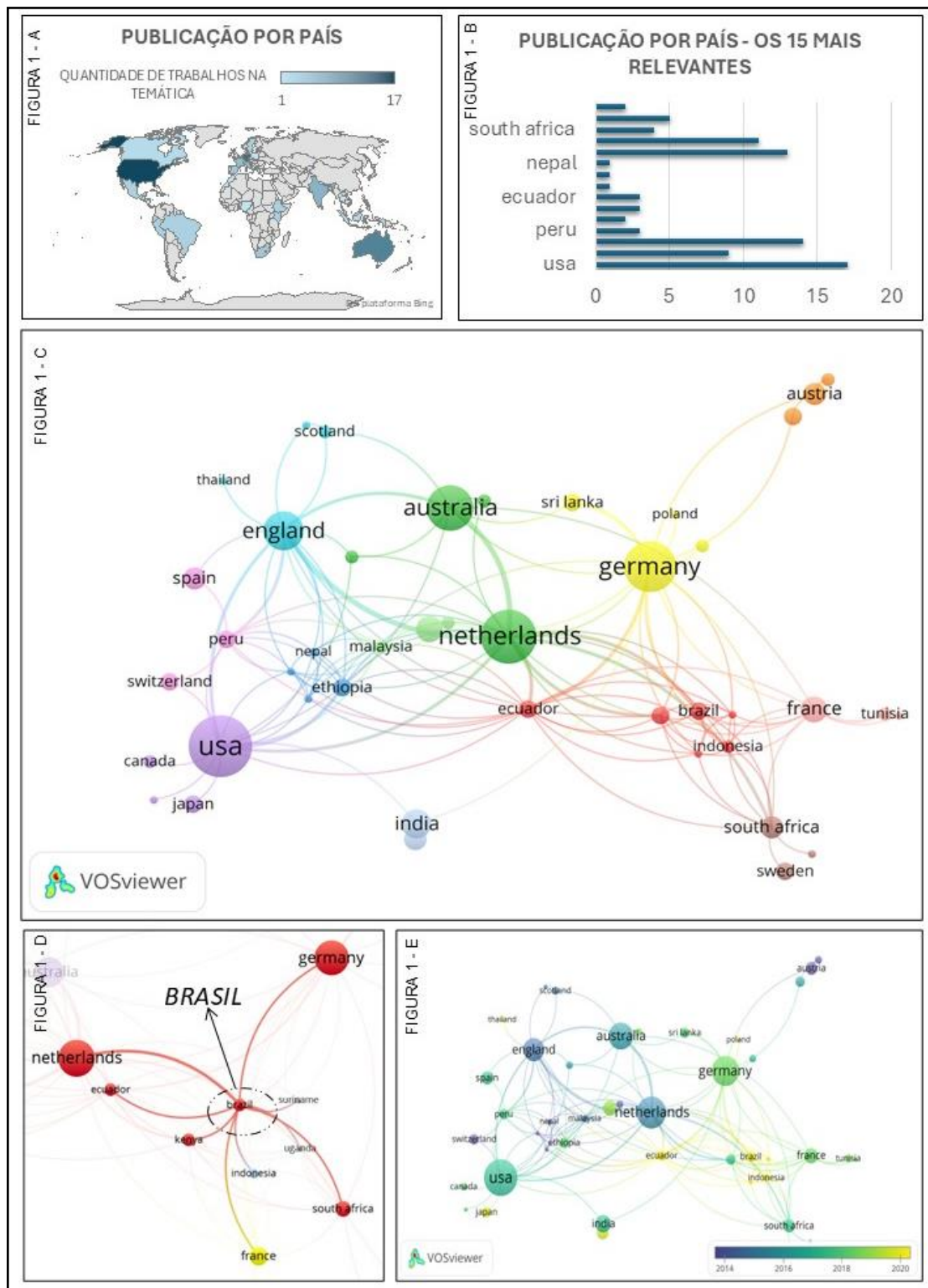
A análise das redes de colaboração científica (Figura 1 – C) evidencia a forte concentração das parcerias em torno de países do Norte Global, como EUA, Alemanha, Holanda e Inglaterra. Esses países atuam como nós centrais, conectando diversos outros países e estabelecendo-se como articuladores do debate internacional sobre a temática em questão.

A análise da rede de colaboração científica (Figura 1 – C) expõe uma marcante assimetria geopolítica. Países do Sul Global aparecem consistentemente nas bordas da rede, com menor densidade de conexões e dependentes da mediação de instituições centrais. O caso do Brasil é ilustrativo: o país possui vínculos esparsos e carece de protagonismo (Figura 1 – D), enquanto as colaborações regionais entre nações latino-americanas e africanas se mostram frágeis. Tal cenário confirma a existência de uma estrutura hierarquizada e excludente na produção científica internacional sobre o tema.

Frente a esta realidade, torna-se necessário fortalecer as redes de colaboração no Sul Global. A promoção de alianças estratégicas que valorizem os etnosaberes no campo da gestão hídrica, a partir de uma perspectiva descolonizadora e intercultural, representa um caminho fundamental para reequilibrar o debate científico e fortalecer as discussões locais.

A análise temporal (Figura 1 – E) das publicações revela que países do Norte Global, como Inglaterra, Alemanha e EUA, dominaram as publicações iniciais sobre etnosaberes e gestão hídrica, entre 2014 e 2016. Esses países atuaram como formadores das redes e pontos iniciais de partida da temática. Por outro lado, países do Sul Global, como Brasil, Equador, Índia e Indonésia, apenas passaram a publicar de forma mais visível a partir de 2019, o que revela uma inserção relativa à temática.

Figura 1: Mosaico de imagens (Publicações por países – Redes de colaboração).



Fonte: Organização própria (2025). Nota: Mosaico composto por: (A) Publicação por países na temática. (B) Publicações dos 15 países mais relevantes na busca. (C) Mapa da correlação/colaboração entre países acerca da temática. (D) Mapa da colaboração/correlação entre países acerca da temática e temporalidade. (E) Situação de correlação de trabalho acerca da temática no Brasil.

Estrutura e Análise de Palavras-Chave: Interconexões e Tendências

A análise bibliométrica realizada no *VOSviewer* revelou cinco clusters temáticos (Figura 2 – A), organizados a partir da coocorrência de palavras-chave em artigos científicos sobre gestão hídrica e etnosaberes. Esses clusters revelam principalmente os principais eixos de pesquisa relacionados à temática encontrado na plataforma *Web of Science*.

Cluster 1 - Cor vermelha (Crise Hídrica frente às Mudanças Climáticas): Apresenta termos como "*climate change research*", "*vulnerability*" e "Adaptation", este cluster concentra-se nos impactos técnicos das mudanças climáticas na disponibilidade hídrica. A literatura reconhece a crise climática, por outro lado, a análise dos dados para esse grupo, mostra que existe pouca conexão entre os termos "water management" e "traditional Knowledge".

Cluster 2 – Cor Verde (Agricultura e Saberes Locais): a presença de "*local knowledge*" associado a "*irrigation*" e "*agriculture*" indica que os saberes tradicionais são valorizados em contextos agrícolas, especialmente no manejo sustentável de água para cultivos. Descarta-se ainda a conexão frágil entre este cluster e políticas de gestão (Cluster 4) revelando um desalinhamento entre práticas locais e escalas decisórias a nível de governo.

Cluster 3 – Cor azul (Conhecimentos tradicionais e Sustentabilidade): este grupo, centrado em "*traditional knowledge*" e "*sustainability systems*", destaca o reconhecimento incipiente dos saberes tradicionais como pilares da conservação hídrica. Contudo, o isolamento deste cluster em relação a termos como "*governance*", do Cluster 4 (Figura 2 - B) evidencia um paradoxo: embora os etnosaberes sejam associados à sustentabilidade, ainda não efetivamente integrados às políticas públicas, não fazendo parte das pautas governamentais.

Cluster 4 – Cor amarelo (Governança e Políticas): focado em "*governance*", "*management*", "*policy*" e "*water resource*", este cluster reflete certa hegemonia de abordagens técnicas e centralizadas na gestão hídrica. A ausência de diálogo com "*traditional knowledge*" (Cluster 3) ou ainda "*local knowledge*" (Cluster 2) é bastante significativa e pode evidenciar que as políticas públicas reproduzem uma lógica na qual decisões são tomadas sem consulta a comunidades tradicionais.

Cluster 5 – Cor Lilás (Gestão Técnica): composto pelos termos "*groundwater*", "*recharge*", "*simulation*", "*system*", e "*water resources management*", reflete uma abordagem técnica voltada para o manejo de águas superficiais e subterrâneas. Agrupando trabalhos que envolvem modelagens de sistemas (sistemas computacionais para

simular o fluxo d'água), gestão de água subterrânea (com a utilização de dados hidrogeológicos)

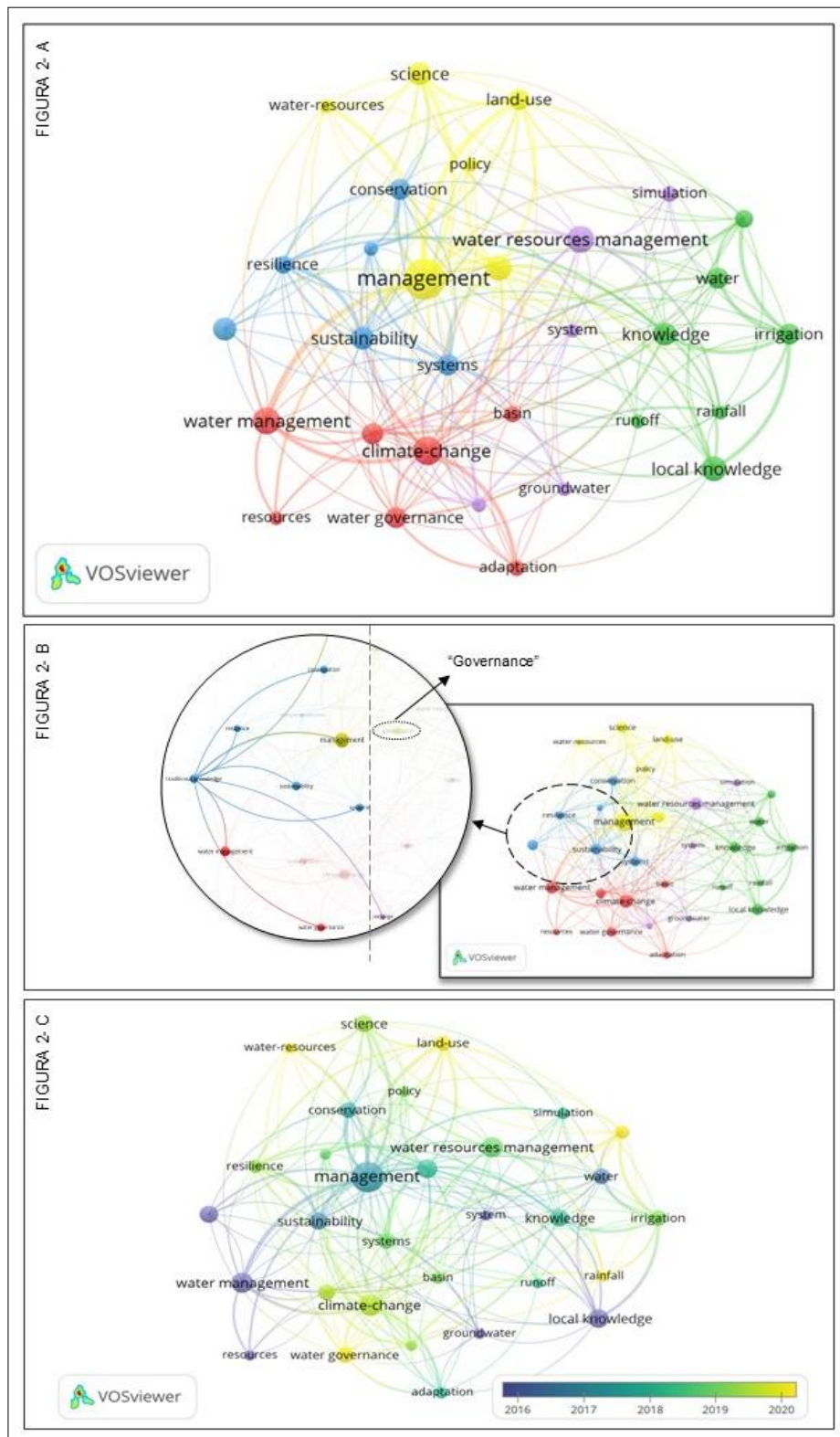
Acerca da temporalidade, a análise das palavras-chave, baseada nos dados e no mapa fornecido pelo *software VOSviewer* (Figura 2C) revela padrões dinâmicos na evolução do debate científico sobre gestão hídrica e etnosaberes, principalmente entre os anos de 2016 e 2020. Observando as palavras-chaves e os anos, é possível segmentar três momentos: fundamentos conceituais, sistematização técnica e aplicações regionais.

Em 2016, os estudos concentraram-se em estabelecer bases teóricas, com termos como *"traditional knowledge"*, *"conservation"*, *"sustainability"*. Observa-se nesta fase que predominaram pesquisas que buscavam validar cientificamente práticas locais, porém, como mostra a figura 2 - C, ainda sem forte vinculação entre a políticas ou modelos de gestão.

A partir de 2017, a literatura apontou mudanças de abordagens técnicas, com termos como *"systems"*, *"policy"* e *"water resources management"*. Em 2018, o termo *"local knowledge"* emergiu, vinculando-se a *"agriculture"* e *"irrigation"*. Essa associação sugere que os saberes tradicionais foram reconhecidos em contextos produtivos, algo relacionado a otimização do uso da água em cultivos. Entretanto, as ligações para *"governance"* são mais “enfraquecidas” sugerindo que os etnosaberes não foram utilizados como subsídio para políticas sociais.

Em 2019–2020, nota-se uma tendência a temas mais específicos e urgentes, como *"land-use"*, *"groundwater"* e *"climate-change"*. Talvez como uma respostas às questões e crises globais como o aquecimento global, ou ainda a crise hídrica, é possível verificar ainda que *"local knowledge"* ganhou relevância em 2020, com trabalhos envolvendo termos como *"adaptation"* ou ainda características naturais como *"runoff"* ou *"rainfall"*, relevando possivelmente, que os etnosaberes são valorizados quando relacionados às variabilidades ambientais, entretanto como se fossem um meio para aprimorar o uso da água, mas não como algo relacionado diretamente às políticas de gestão das águas.

Figura 2: Mosaico de imagens (Estrutura e análise de palavras-chave).



Fonte: Organização própria (2025). Nota: Mosaico composto por: (A) Mapa da correlação entre palavras-chave nos trabalhos analisados. (B) Isolamento dos termos relacionados ao conhecimento tradicional ao tempo "Governance". (C) Mapa da correlação entre palavras-chave e a temporalidade das publicações.

Lacunas Temáticas: Invisibilidade de Saberes e Sujeitos Territoriais

A análise dos dados sobre a temática na produção disponível na *Web of Science* revelou não apenas disparidades colaborativas em um contexto de produção de países, como também lacunas temáticas significativas no campo da gestão hídrica associada aos etnosaberes. Embora algumas palavras-chave apontem para a valorização de conhecimentos tradicionais, especialmente em contextos agrícolas ou adaptativos, nota-se a ausência ou baixa incidência de termos que remetam diretamente aos contextos socioculturais/socioespaciais que produzem esses saberes.

Termos como "comunidades tradicionais", "povos indígenas", "tecnologias sociais", "justiça hídrica", "autonomia hídrica", "ancestralidade" e "saberes territoriais" estão ausentes ou são muito pouco recorrentes nas publicações analisadas, o que indica uma lacuna epistemológica significativa. Isso sugere que, embora os etnosaberes sejam reconhecidos como importantes, ainda são tratados de forma instrumental pouco considerados como componentes centrais de estratégias de gestão hídrica sustentáveis.

Além disso, há uma distância entre os campos da governança hídrica e os saberes locais. Os clusters analisados mostram que termos ligados à gestão pública e à formulação de políticas aparecem isolados dos termos relacionados ao conhecimento tradicional, o que indica uma separação. Essa lacuna limita a formulação de políticas públicas e sociais mais inclusivas, participativas e contextualizadas com as especificidades locais.

Por fim, também se observa uma lacuna metodológica, já que poucos estudos indicam a participação efetiva das comunidades tradicionais nos processos de produção do conhecimento. A predominância de abordagens na pesquisa reforça um modelo de ciência que até fala acerca dos sujeitos e atores sociais, mas não diretamente com eles, reforçando, assim, a lógica verticalizada de produção acadêmica.

No caso específico do Brasil, os dados evidenciam uma sub-representação no panorama global. O país apresenta um baixo impacto, mesmo sendo território de rica diversidade e possuindo experiências em tecnologias sociais de convivência com a seca, especialmente no Semiárido. Esse cenário evidencia uma lacuna temática, assim como uma não valorização científica dos saberes locais, reforçando a necessidade urgente de fortalecer redes de pesquisa e estimular a produção intelectual voltada às características de seus povos.

Estratégias para a Equidade Epistemológica e Justiça Cognitiva

A sub-representação de países do Sul Global e a fragmentação entre saberes tradicionais e políticas técnicas evidenciam a necessidade de estratégias para reverter assimetrias epistêmicas. Uma proposta viável é a criação de redes de pesquisa colaborativas Sul-Sul, focadas em temas como gestão comunitária de água e adaptação climática. Essas redes poderiam ampliar a visibilidade de estudos locais, como os realizados no Semiárido brasileiro, onde tecnologias sociais já demonstram eficácia (Falcão Sobrinho, 2025b), mas carecem de difusão e reconhecimento global.

Além disso, é urgente incorporar critérios de "justiça cognitiva" (termo já implícito na análise) em processos de indexação científica. Plataformas como a *Web of Science* poderiam criar categorias específicas para "saberes territoriais" ou "gestão hídrica comunitária", incentivando a publicação de estudos que integrem dimensões culturais e técnicas. Provavelmente, por serem interdisciplinares e vinculados a contextos socioculturais ou ainda sociambientais, acabam dispersos em diversas áreas genéricas ou dependem de palavras-chave específica para serem identificados. Isso limita a visibilidade de estudos que integram dimensões técnicas e culturais, como os etnosaberes. Isso facilitaria a identificação de trabalhos que destacam a relação entre conhecimento ecológico tradicional e sustentabilidade, mas permanecem marginalizados em clusters temáticos isolados.

Por fim, a academia deve repensar métricas de impacto científico. Países como Peru e Brasil, apesar do baixo volume de publicações, têm estudos altamente citados (ex.: 419 citações para 3 artigos peruanos). Valorizar citações regionais e contextuais, em vez de apenas quantitativas, poderia reequilibrar hierarquias geopolíticas do conhecimento.

Considerações Finais

Este estudo buscou mapear a produção científica global sobre etnosaberes e gestão hídrica a partir de uma análise bibliométrica da base *Web of Science*, identificando padrões de publicação por países, redes de colaboração, temáticas recorrentes e lacunas epistemológicas.

Os resultados confirmam a hipótese inicial: embora existam avanços pontuais, a literatura internacional ainda negligência a contribuição de saberes locais e tradicionais para o campo da gestão hídrica.

As análises revelaram uma forte concentração da produção científica em países do Norte Global, que também ocupam posição central nas redes de colaboração internacional. Em contrapartida, os países do Sul Global aparecem com baixa representatividade e fraca articulação entre si, o que reflete e reforça determinados contextos históricos até mesmo de visibilidade e acesso à produção de conhecimento científico. Além disso, os etnosaberes têm ocupado um lugar secundário, ou até mesmo marginal, quando se trata de governança hídrica, o que acaba dificultando sua integração efetiva às políticas públicas.

As lacunas temáticas identificada evidenciam a urgência de uma mudança de perspectiva na ciência da água. É necessário valorizar os saberes territoriais não apenas como objeto de estudo, mas como fonte legítima de conhecimento e principalmente, ação. Isso implica promover a equidade epistêmica acerca dos termos, ou seja, termos como "ancestralidade", "justiça hídrica", "saberes territoriais" e "etnosaberes" tenham igual importância no debate científico sobre gestão hídrica. Além de incentivar metodologias participativas e fortalecer redes de cooperação entre países do Sul Global. Tais países, em sua maioria, compartilham de um histórico comum de exploração por antigas potências coloniais, e por isso é fundamental que os sujeitos locais sejam colocados no centro das decisões sobre os recursos hídricos.

Em uma perspectiva global, outro ponto que vale destaque é que a segregação dos saberes tradicionais também impacta o cumprimento de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável além do ODS 6. Os etnosaberes são transversais a múltiplas metas globais. A cisterna de placa, por exemplo, não apenas resolve desafios locais de acesso à água (ODS 6), mas também fortalece a resiliência climática de comunidades no Semiárido brasileiro (ODS 13) e reduz desigualdades (ODS 10). Essa multifuncionalidade reforça a necessidade de políticas públicas que reconheçam os saberes tradicionais não como alternativas pontuais, mas como eixos centrais de agendas integradas, capazes de articular justiça hídrica, adaptação climática e equidade socioambiental

Reconhece-se que este estudo adotou, de forma intencional e criteriosa, a base de dados *Web of Science* como fonte principal para a análise bibliométrica, considerando seu amplo reconhecimento internacional e a alta qualidade das publicações. No entanto, destaca-se que essa escolha, embora metodologicamente correta, implica em uma delimitação no

escopo da investigação, uma vez que nem toda a diversidade de produções acadêmicas está representada nessa base. Nesse sentido, como desdobramento metodológico, sugere-se que pesquisas futuras ampliem o escopo das análises e considerem a inclusão de outras bases complementares, como Scopus e Google Acadêmico, com o objetivo de verificar a representatividade espacial e epistemológica da literatura analisada. Ressalta-se, contudo, que tal ampliação deve manter o rigor nos critérios de refinamento, sistematização e elegibilidade, assegurando a consistência e a comparabilidade dos resultados

Por fim, espera-se que este trabalho contribua para ampliar o debate sobre o papel dos etnosaberes na gestão da água e incentive novas pesquisas que rompam com modelos centralizados e excludentes, abrindo espaço para um diálogo mais plural sobre as águas.

Referências

AGENDA 2030. ODS – **Objetivos de desenvolvimento sustentável**. 2015. Disponível em: <http://www.agenda2030.com.br/>. Acesso em: 02 maio 2025.

FALCAO SOBRINHO, J. **Geografia e o Estudo da Natureza: bases teóricas e metodológicas**. Edições UVA, 2005a.

FALCAO SOBRINHO, J. Educação contextualizada com o semiárido e os componentes naturais no ensino da geografia. *International Journal Semiarid*, 8, vol. 2, p. 23–51, 2025b.

RATTLING LEAF SR, J. What is Traditional Ecological Knowledge and why does it matter? *Frontiers in Ecology and the Environment*, v. 20, n. 1, p. 3-3, 2022.

VAN ECK, N.; WALTMAN, L. **Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping**. *Scientometrics*, v. 84, n. 2, p. 523–538, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Text mining and visualization using VOSviewer. *ArXiv*, p. 1–5, 2011.

Agradecimentos

Agradeço à Rede PRODEMA pela oportunidade de cursar o doutorado e aprofundar reflexões em temáticas tão relevantes para a pesquisa socioambiental. À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pelo suporte à pesquisa acadêmica. Manifesto minha gratidão ao professor José Falcão Sobrinho, por me apresentar ao conceito de etnosaberes, campo de importância científica e social. Agradeço ainda à professora Patrícia Verônica Pinheiro Sales Lima, por ter apresentado a metodologia bibliométrica e suas inúmeras possibilidades, isso ampliou significativamente meu olhar sobre a produção do conhecimento.

Por fim, agradeço à organização do VIII Congresso Brasileiro de Educação Ambiental Aplicada e Gestão Ambiental (CBEAAGT) pelo espaço de reflexão científica multidisciplinar, promovendo troca de saberes e contribuindo para o fortalecimento da pesquisa em Educação e Gestão Ambiental.

DISTRIBUIÇÃO BIOGEOGRÁFICA DOS CORAIS QUE OCORREM NO PARQUE ESTADUAL MARINHO DO PARCEL DE MANUEL LUÍS, MARANHÃO, BRASIL

Gabriel Guimarães Alves

Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão

E-mail: gabrielguimarao.alves@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8037-0445>

Deuzanir da Conceição Amorim Lima

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão

E-mail: deuzaniroceano@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8432-5016>

Antonio Carlos Leal de Castro

Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão

E-mail: alec@ufma.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8681-4587>

Flávia Rebelo Mochel

Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão

E-mail: flavia.mochel@ufma.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5911-3171>

Resumo

Os recifes de corais do Atlântico Sul configuram sistemas socioambientais estratégicos, cuja distribuição espacial reflete condicionantes oceanográficos, geomorfológicos e biogeográficos. O Parque Estadual Marinho do Parcel de Manuel Luís (PEMPML), situado na plataforma continental do Maranhão, constitui o recife mais setentrional do Brasil e um importante ponto de transição entre a ecorregião recifal amazônica e os sistemas do Nordeste e Leste brasileiro. Este estudo analisa a distribuição biogeográfica das espécies de corais que ocorrem no PEMPML, a partir da integração de dados de planos de manejo, literatura científica, material biológico de coleção e análise cartográfica em ambiente de Sistema de Informação Geográfica. Os resultados indicam a ocorrência de seis espécies, combinando táxons endêmicos, como *Millepora laboreli*, restrita ao Parcel de Manuel Luís, e espécies amplamente distribuídas ao longo da margem continental brasileira. Essa configuração espacial evidencia o papel do PEMPML como área de conectividade ecológica e biogeográfica, associada à influência da pluma amazônica e a gradientes ambientais regionais. A singularidade territorial do parque, aliada à vulnerabilidade das espécies frente às mudanças climáticas e pressões antrópicas, reforça a necessidade de estratégias de gestão e ordenamento espacial voltadas à conservação dos recifes amazônicos.

Palavras-chave: Biogeografia marinha; Recifes de coral; Conectividade ecológica; Planejamento espacial marinho.

BIOGEOGRAPHICAL DISTRIBUTION OF CORALS OCCURRING IN THE PARCEL DE MANUEL LUÍS MARINE STATE PARK, MARANHÃO, BRAZIL

Abstract

Coral reefs of the South Atlantic constitute strategic socio-environmental systems whose spatial distribution reflects oceanographic, geomorphological, and biogeographical controls. The Parcel de Manuel Luís Marine State Park (PEMPML), located on the continental shelf of Maranhão, represents the northernmost coral reef in Brazil and a key transition zone between the Amazon-influenced reef ecoregion and the reef systems of northeastern and eastern Brazil. This study analyzes the biogeographical distribution of coral species occurring in the PEMPML through the integration of management plans, scientific literature, biological collections, and cartographic analysis using a Geographic Information System. The results indicate the occurrence of six coral species, combining endemic taxa, such as *Millepora laboreli*, which is restricted to the Parcel de Manuel Luís, and species widely distributed along the Brazilian continental margin. This spatial configuration highlights the role of the PEMPML as an area of ecological and biogeographical connectivity, shaped by the influence of the Amazon plume and regional environmental gradients. The territorial singularity of the park, together with the vulnerability of its coral assemblages to climate change and anthropogenic pressures, underscores the need for spatial planning and adaptive management strategies aimed at the conservation of Amazon-influenced coral reefs.

Keywords: Marine biogeography; Coral reefs; Ecological connectivity; Marine spatial planning.

DISTRIBUCIÓN BIOGEOGRÁFICA DE LOS CORALES QUE SE ENCUENTRAN EN EL PARQUE ESTATAL MARINO PARCEL DE MANUEL LUÍS, MARANHÃO, BRASIL

Resumen

Los arrecifes de coral del Atlántico Sur constituyen sistemas socioambientales estratégicos cuya distribución espacial responde a condicionantes oceanográficos, geomorfológicos y biogeográficos. El Parque Estatal Marino del Parcel de Manuel Luís (PEMPML), ubicado en la plataforma continental del estado de Maranhão, corresponde al arrecife de coral más septentrional de Brasil y a una importante zona de transición entre la ecorregión arrecifal bajo influencia amazónica y los sistemas arrecifales del noreste y este brasileño. Este estudio analiza la distribución biogeográfica de las especies de corales presentes en el PEMPML mediante la integración de planes de manejo, literatura científica, colecciones biológicas y análisis cartográfico en un Sistema de Información Geográfica. Los resultados registran la ocurrencia de seis especies de corales, combinando taxones endémicos, como *Millepora laboreli*, restringida al Parcel de Manuel Luís, y especies ampliamente distribuidas a lo largo del margen continental brasileño. Esta configuración espacial evidencia el papel del PEMPML como área de conectividad ecológica y biogeográfica, influenciada por la pluma amazónica y por gradientes ambientales regionales. La singularidad territorial del parque, sumada a la vulnerabilidad de sus arrecifes frente al cambio climático y las presiones antrópicas, refuerza la necesidad de estrategias de ordenamiento espacial y gestión adaptativa orientadas a su conservación. **Palabras-clave:** Biogeografía marina; Arrecifes de coral; Conectividad ecológica; Ordenamiento espacial marino.

Introdução

Os recifes de coral constituem um dos ecossistemas marinhos mais biodiversos do planeta, funcionando como fonte de alimento e abrigo para diversas espécies, além de sustentarem complexas teias alimentares (Zilberberg, 2016). A base ecológica desses

ambientes sustenta-se na relação simbiótica entre corais e algas zooxanteladas (dinoflagelados), na qual o hospedeiro fornece nutrientes inorgânicos e CO₂, enquanto as zooxantelas disponibilizam oxigênio e compostos orgânicos como glicerol, resultando no suprimento energético e no aumento das taxas de calcificação coralínea (Barreira, 2023).

Além do relevante papel ecológico, os recifes prestam importantes serviços ecossistêmicos, como a provisão de alimentos para comunidades costeiras e a proteção da zona costeira contra a ação de ondas e tempestades (Zilberberg, 2016). No litoral brasileiro, ocorrem diferentes tipos de formações recifais (Mies *et.al.*, 2020). Contudo, esses ambientes são frequentemente classificados como recifes marginais, uma vez que se desenvolvem em condições consideradas subótimas, marcadas por elevada turbidez, variações de temperatura, salinidade e exposição ao ar (Alves, 2023).

Os recifes brasileiros representam as únicas formações recifais do Atlântico Sul e, embora exibam menor diversidade biológica quando comparados aos do Caribe ou Indo-Pacífico – em função de condições ambientais menos favoráveis ao desenvolvimento carbonático (Massei *et al.*, 2023; Galvão *et.al.*, 2021) –, abrigam diversas espécies endêmicas, o que lhes confere singular importância biogeográfica (Ferreira, 2025; Castro; Zilberberg, 2016).

Dentre os principais sistemas recifais do Brasil, destacam-se o Banco de Abrolhos, o Arquipélago de Fernando de Noronha, a Costa dos Corais, o Atol das Rocas – único atol do Atlântico Sul – e o Parque Estadual Marinho do Parcel Manuel Luís. As áreas recifais oceânicas se desenvolvem em ambientes ricos em carbonato enquanto os recifes presentes nas áreas costeiras mais internas crescem em ambientes sujeitos à maior carga de sedimentos finos oriundos da drenagem continental (Leão, Kikuchi e Oliveira, 2019).

O Parque Estadual Marinho do Parcel Manuel Luís (PEM Parcel Manuel Luís), localizado no Maranhão, constitui o recife mais setentrional do Brasil, representando uma possível zona de transição entre a província biogeográfica caribenha e a costa brasileira (Cordeiro, 2020). Com aproximadamente 5 km de extensão, o parque caracteriza-se pela presença de grandes pináculos submersos que atingem até 30 m de altura, podendo ficar parcialmente expostos durante a maré baixa (Leão *et. al.*, 2016) e por abrigar um expressivo número de naufrágios, estimado em mais de 200 embarcações (MARANHÃO, 2023).

Apesar de sua relevância ecológica e biogeográfica, o Parcel Manuel Luís figura entre os recifes brasileiros menos estudados, devido principalmente ao seu afastamento da costa e ao regime de correntes vigorosas, que limitam a realização de expedições científicas

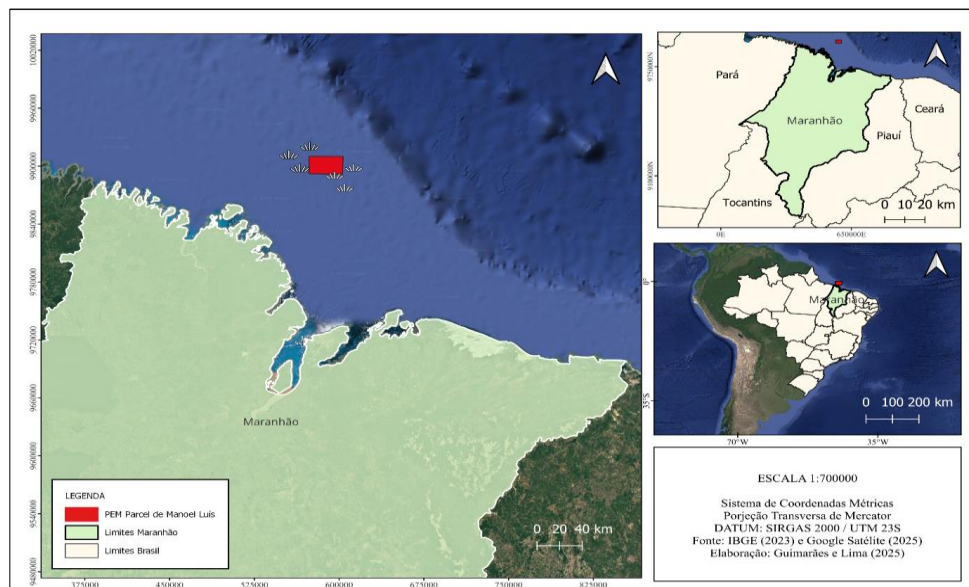
e a coleta sistemática de dados (Rocha; Rosa, 2001; Amaral *et al.*, 2008). Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo caracterizar e analisar a distribuição biogeográfica das seis espécies de corais que ocorrem no PEM Parcel Manuel Luís, incluindo a espécie endêmica *Millepora laboreli*, a fim de contribuir para o conhecimento e a conservação desse importante ecossistema recifal

Material e Métodos

Área de estudo

O Parque Estadual Marinho (PEM) do Parcel Manuel Luís localiza-se a aproximadamente 80 km da costa do Maranhão (Figura 1), representando o recife de coral mais setentrional do Brasil. De acordo com seu Plano de Manejo, a unidade de conservação situa-se sobre a plataforma continental, ocupando uma área de 40 km², com profundidade variando entre 10 e 30 metros (MARANHÃO, 2023). O ambiente caracteriza-se por baixa turbidez da água e substrato composto principalmente por algas calcárias, ascídias, esponjas e corais, além de pináculos rochosos que atingem 30 a 40 metros de altura, com diâmetro entre 15 e 35 metros (MARANHÃO, 2023).

Figura 01. Localização do PEM Parcel de Manuel Luís



Fonte: Autores (2025).

O recife do Parcel Manuel Luís situa-se na Baía do Pará-Maranhão e é constituído por uma base de rodolitos, algas calcárias e organismos sésseis que crescem sobre um afloramento de diabásio na plataforma continental. Segundo Maranhão (2023) a região foi

formada por processos de rifteamento durante o Aptiano e Albiano que, posteriormente, recebeu a deposição de sedimentos terrígenos e o avanço gradual das águas marinhas do oceano.

Coleta e compilação de dados

O trabalho foi desenvolvido a partir da análise das espécies de corais descritas no Plano de Manejo do PEM Manuel Luís (SEMA, 2023) e do material biológico coletado em expedições oceanográficas, depositado no Laboratório de Manguezais e Benthos (LAMA) do Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Maranhão.

Realizou-se levantamento bibliográfico abrangente para obtenção de planos de manejo de unidades de conservação costeiras e literatura científica sobre áreas recifais brasileiras. As bases de dados consultadas incluíram: ICMBio, IBAMA, Periódicos CAPES, SciELO, Scopus, Science Direct, Google Scholar e repositórios institucionais de universidades para teses, dissertações e monografias. Para determinar os padrões de distribuição das espécies de coral, foram utilizados planos de manejo de unidades de conservação costeiras e estudos científicos sobre a ocorrência dessas espécies em diferentes regiões do litoral brasileiro.

Para a elaboração do mapa de localização do PEM Manuel Luís, realizou-se o georreferenciamento de imagem do Google Earth utilizando as coordenadas geográficas disponíveis no plano de manejo da unidade. A imagem foi georreferenciada e os pontos cartografados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) utilizando o software QGIS versão 3.40. Além do Google Earth, utilizou-se a base de dados do IBGE para delimitação do limite estadual do Maranhão e da disposição do PEM em relação à costa. O mapa final foi produzido na escala 1:700.000. Ressalta-se que, por se tratar de área recifal submersa na plataforma continental, imagens de alta resolução e de radar seriam mais indicadas, porém não estavam disponíveis para este estudo.

Resultados e Discussão

De acordo com os Planos de Manejo analisados, as espécies de corais encontradas no Parque Estadual Marinho do Parcel de Manuel Luís (PEMPML) ocorrem predominantemente no nordeste brasileiro até o sul da Bahia, incluindo o arquipélago de São Pedro e São Paulo (Quadro 1).

Quadro 01. Planos de Manejo analisados e suas respectivas áreas recifais no litoral brasileiro

Título do Plano de Manejo	Ano (de Publicação /Revisão)	Região Coberta
Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental (APA) Costa dos Corais	2013	Alagoas e Pernambuco
Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental (APA) Costa dos Corais	2021	Alagoas e Pernambuco
Plano de Manejo para a Reserva Biológica do Atol das Rocas	2007	Atol das Rocas (Rio Grande do Norte)
Plano de Manejo do Parque Estadual Marinho do Parcel de Manuel Luís (PEM do Parcel de Manuel Luís)	2023	Maranhão
Plano de Manejo: Parque Nacional Marinho dos Abrolhos	1991	Litoral sul da Bahia (região dos Abrolhos)
Plano de Uso Público do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos	2003	Parque Nacional Marinho dos Abrolhos (Litoral sul da Bahia)
Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental (APA) de Fernando de Noronha – Rocas – São Pedro e São Paulo	2005	Arquipélagos de Fernando de Noronha, Atol das Rocas e São Pedro e São Paulo (Nordeste do Brasil)
Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental (APA) de Fernando de Noronha – Rocas – São Pedro e São Paulo	2017	Arquipélagos de Fernando de Noronha, Atol das Rocas e São Pedro e São Paulo (Nordeste do Brasil)

Fonte: Autores (2025).

O Quadro 2 apresenta as espécies de corais que habitam o PEMPML. Estudos genéticos demonstraram que as espécies endêmicas brasileiras do gênero *Millepora* ocorrem em províncias biogeográficas distintas, sendo *Millepora laboreli* (Figura 2) restrita ao Parcel de

Manuel Luís. A espécie endêmica brasileira *Millepora brasiliensis* ocorre desde o norte do rio São Francisco até o Parcel Manuel Luís, incluindo o Atol das Rocas, Abrolhos e na costa dos corais, em locais como Tamandaré e no estado de Alagoas (Amaral *et al.*, 2008).

Quadro 02. Distribuição de espécies de coral do Parcel de Manuel Luís.

Espécies	Distribuição geográfica	Nome popular
<i>Millepora laboreli</i> (Amaral, 2008)	Parcel de Manuel Luís	Coral de fogo
<i>Millepora brasiliensis</i> (Verrill, 1868)	Parcel de Manuel Luís, Abrolhos, Atol das Rocas, RN, PB, AL PE, BA, ES	Coral de fogo
<i>Favia gravida</i> (Verrill, 1868)	Parcel de Manuel Luís, Abrolhos, Atol das Rocas, Fernando de Noronha, Trindade, CE, RN, PB, PE, AL, BA, ES	Coral pétreo, bola furado
<i>Mussismilia hispida</i> (Verrill, 1901)	Parcel de Manuel Luís, Abrolhos, Atol das Rocas, Fernando de Noronha, BA, RJ	Coral pétreo, cérebro
<i>Siderastrea stellata</i> (Verrill, 1868)	Parcel de Manuel Luís, Abrolhos, Atol das Rocas, Fernando de Noronha, PE, PB, RN, BA, RJ	Coral pétreo
<i>Phyllogorgia dilatata</i> (Esper, 1806)	Parcel de Manuel Luís, Abrolhos, Atol das Rocas, além dos estados de CE, RN, PE, BA, ES e RJ	Gorgonia orelha de elefante

Fonte: Autoria própria.

Figura 02. *M. Laborelli* – espécie endêmica do PEM Parcel de Manuel Luís



Fonte: Autores (2025).

Além da distribuição restrita, *M. laborelli* apresenta baixa diversidade genética (de Souza *et al.*, 2017), evidenciando sua vulnerabilidade a alterações ambientais locais, regionais e globais, particularmente ao aumento da temperatura e da acidificação da água do mar, bem como ao desmatamento nas bacias hidrográficas com consequente aporte de agrotóxicos, contaminantes e sedimentos em excesso (Figura 2). Dada sua distribuição circunscrita à ecorregião costeira amazônica, *M. laborelli* oferece uma perspectiva singular para o conhecimento das interações entre corais e condições ambientais sazonais intensas, como variações na precipitação pluviométrica, salinidade, aportes terrígenos e a influência da Pluma do Amazonas-Orinoco. A possibilidade de perfuração de poços de petróleo e gás na Margem Equatorial Brasileira acrescenta um considerável risco de devastação dos recifes de Manuel Luís e de seus serviços ecossistêmicos. A perda de áreas recifais no Brasil e no mundo representa um prejuízo inestimável em termos de contribuições ecológicas, econômicas, sociais e culturais (Zilberberg, 2016).

Figura 03. Principais impactos ambientais em recifes de corais



Fonte: Autores (2025).

As espécies *Favia gravida*, *Mussismilia hispida* e *Siderastrea stellata* tiveram suas presenças confirmadas no arquipélago de Abrolhos, Fernando de Noronha e no Atol das Rocas, de acordo com seus planos de manejo. *Favia gravida* possui colônias com considerável polimorfismo e ampla plasticidade morfológica, conferindo-lhe a possibilidade de adaptação a diferentes condições ambientais, incluindo poças de maré (Amaral; Ramos, 2007). Essa espécie é considerada uma hospedeira generalista em relação à diversidade de algas simbiotes, e a reprodução por autofecundação favorece seu grau de endemismo (Teschima *et al.*, 2022; Teschima *et al.*, 2019). *S. stellata*, espécie dominante na Reserva Biológica do Atol das Rocas, é considerada uma das construtoras de recifes brasileiros, sendo resistente à elevada turbidez e ao assoreamento presentes nos recifes rasos costeiros (Pacheco, 2022; Nascimento, 2019).

Mussismilia hispida apresenta ampla distribuição ao longo da costa brasileira, sendo encontrada desde o Parcel Manuel Luís até o litoral norte do estado de São Paulo (Mariano,

2024). Como outras espécies recifais, *M. hispida* atua como berçário, refúgio e zona de alimentação para inúmeras espécies da fauna bentônica (Nogueira, 2020; Nogueira, 2003). Sua ampla distribuição parece estar relacionada com a tolerância de suas colônias tanto a variações sazonais na radiação solar e turbidez, quanto a variações climáticas de ciclo mais longo, como alterações nos padrões térmicos e de precipitação pluviométrica (Silva *et al.*, 2019). A abundância de *M. hispida* em recifes subtropicais é uma evidência de sua tolerância e pode ser um indicador para o acompanhamento dos aumentos de temperatura ao sul das áreas tropicais (Grillo *et al.*, 2021).

O octocoral *Phyllogorgia dilatata* apresentou a distribuição mais ampla dentre todas as espécies que habitam o PEMPML, ocorrendo nas unidades de conservação de Abrolhos e Atol das Rocas, mas também com registros nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro. Essa espécie tem sido estudada por produzir substâncias com diversos princípios ativos, inclusive com propriedade anticorrosiva, despontando como alternativa para o uso de substâncias naturais renováveis (Fernandes *et al.*, 2020). No Quadro 3 são apresentadas algumas características bioecológicas das espécies encontradas no Parcel de Manuel Luís, de acordo com a literatura analisada

Quadro 03. Características bioecológicas das espécies encontradas no Parcel de Manuel Luís, de acordo com a literatura analisada.

Espécies	Forma do corpo e coloração	Tamanho	Temperatura	Profundidade	Substrato
<i>Millepora laboreli</i>	Pilares, crescimento colunar, textura mais lisa. Marrom	Altura 16cm-40 cm (*esse estudo)	25,0°C	30m à 32m	Calcário
<i>Millepora brasiliensis</i>	Colônias alveolares, ramificadas, colunares, laminadas. Marrom	Até 3m de diâmetro	25,0°C-27,6°C	5m à 50m	Calcário/rochoso/vulcânico
<i>Favia graxida</i>	Esférica, hemisféricas ou incrustante. Tons verde, marrom e amarelo	Geralmente 10cm de diâmetro	25,0°C-28,0°C	5m à 60m	Calcário / rochoso/vulcânico/

<i>Mussismilia hispida</i>	Hemisférica. Tons de cinza, verde e azul	No máximo 40cm de diâmetro	25,0°C-28,0°C	5m à 60m	Calcário / rochoso/ vulcânico/
<i>Siderastrea stellata</i>	Esférica. Tons de marrom e vermelho	15cm de diâmetro no máximo	25,0°C-28,0°C	5m à 60m	Calcário / rochoso/ vulcânico
<i>Phyllogorgia dilatata</i>	Forma de folha, seus eixos anastomosam e formam um retículo. Branco e amarelo claro	Entre 21 a 25cm	25,0°C-28,0°C	5m à 60m	Calcário / rochoso/ vulcânico/

Fonte: Autores (2025)

Essa distribuição combina táxons endêmicos do Atlântico Sudoeste (*M. hispida*, *F. gravida*, *S. stellata*) com hidrocorais do gênero *Millepora* reforçando o papel do PEMPML como "ponto de conexão" entre o sistema recifal sob influência amazônica e os bancos do Nordeste e Leste brasileiro. A presença de *M. laboreli* apoia a hipótese de singularidade biogeográfica do PEMPML, enquanto a ampla ocorrência de *M. hispida* e *S. stellata* em outros bancos sugere continuidade faunística ao longo da margem continental brasileira (Kikuchi *et al.*, 2024).

Cordeiro *et al.* apontam que o Parque Estadual Marinho do Parcel Manuel Luís constitui o extremo sul do sistema recifal amazônico e combina alta cobertura de hidrocorais com pressões de conservação específicas, ressaltando seu valor de conectividade e a necessidade de gestão focada (Cordeiro *et al.*, 2021).

O branqueamento tem sido observado em diversas áreas recifais brasileiras e ocorre em praticamente todas as espécies (Mies *et al.*, 2020), embora algumas sejam mais resistentes. No litoral norte de São Paulo, *M. hispida* apresenta indícios de branqueamento nas áreas de turismo frequente, especialmente nos meses mais quentes do ano (Mariano, 2024). *S. stellata*, em alguns locais, apresenta sinais de branqueamento e doenças, indicando a presença de tensores ambientais, apesar de sua resistência a estresses térmicos (Gurgel, 2024; Massei *et al.*, 2023). No Atol das Rocas, essa espécie apresentou um aumento de colônias branqueadas com o passar dos anos (Gaspar, 2022). Todas as espécies encontradas em Porto de Galinhas mostraram branqueamento, porém *F. gravida* foi a espécie com maior percentual de branqueamento (Barradas *et al.*, 2010). No Parcel Manuel Luís, o branqueamento foi verificado em *M. laboreli* que também apresentou algas incrustadas (Amaral *et al.*, 2002). Um

estudo de modelagem biogeográfica e oceanográfica sugere que a conectividade larval entre ecorregiões brasileiras pode modular fronteiras térmicas locais (variação $\pm 0,3$ °C), aproximando predições de branqueamento das observações, um mecanismo plausível para explicar tanto a presença de espécies endêmicas quanto as de espécies amplamente distribuídas detectadas nos Planos de Manejo (Silva; Kampel, 2022).

O aumento do branqueamento nos recifes brasileiros alerta para o limite de sua capacidade em atuar como refúgio climático, sugerindo que a intensidade dos aumentos térmicos possa superar a atenuação conferida por águas mais turvas (Gaspar, 2022; Mies *et al.*, 2020). A espécie *M. hispida* mostrou elevada resiliência, apresentando-se reprodutivamente viável mesmo em colônias totalmente branqueadas (Godoi *et al.*, 2021). Apesar da grande tolerância a variações ambientais como temperatura, salinidade, concentração de oxigênio e velocidade de correntes, a extinção local de *Phyllogorgia dilatata* reportada para a Ilha da Trindade parece estar relacionada com seu isolamento geográfico associado à crescente poluição e atividades pesqueiras, além das mudanças climáticas (Anderson *et al.*, 2025).

Outro impacto observado em alguns recifes brasileiros é a crescente expansão de espécies invasoras exóticas, como o coral-sol (*Tubastraea* spp.), que mostra vantagem competitiva sobre espécies nativas, como *M. hispida* e *S. stellata*, reduzindo o número de suas colônias (ICMBio, 2018).

Com base no atual cenário de mudança climática para o Atlântico, que prevê deslocamentos de nicho, concentrações e expansões de distribuição para recifes, cientistas já recomendam integrar aos Planos de Manejo uma vigilância adaptativa baseada em conectividade, séries térmicas e protocolos padronizados de monitoramento (Perry *et al.*, 2021; Donovan *et al.*, 2025)

Conclusões

Os resultados obtidos reforçam a singularidade biogeográfica do Parque Estadual Marinho do Parcel de Manuel Luís (PEMPL), que atua como um ponto de conexão ecológica entre a província recifal sob influência amazônica e os bancos recifais do Nordeste e Sudeste brasileiro. A presença de espécies endêmicas com distribuição restrita, como *Millepora laboreli*, associada à ocorrência de espécies amplamente distribuídas, como *Mussismilia hispida* e *Siderastrea stellata*, evidencia ao mesmo tempo a singularidade local e a continuidade faunística ao longo da costa. No entanto, a concentração de espécies com baixa

diversidade genética e alta sensibilidade a perturbações ambientais – somada às pressões antrópicas locais e à ameaça de atividades petrolíferas na Margem Equatorial – coloca em risco a integridade desse ecossistema e seus serviços associados.

Diante do cenário atual de mudanças climáticas e do aumento na frequência de eventos de branqueamento em recifes brasileiros, torna-se urgente a adoção de estratégias de gestão adaptativa. Urge a necessidade de estudos de campo e laboratório com as espécies que se encontram no PEM Parcel de Manuel Luís

A implementação de protocolos padronizados de monitoramento, baseados em séries térmicas, conectividade larval e vigilância de espécies invasoras, é essencial para orientar a conservação do PEMPML e de outras áreas recifais sob influência de mudanças globais. A manutenção desses ambientes é crucial não apenas para a preservação da biodiversidade endêmica, mas também para a sustentabilidade ecológica, econômica e cultural das regiões costeiras do Brasil.

Referências

- AMARAL, F.D. *et al.* Uma visão geral dos hidróides calcificados de águas rasas do Brasil (Hydrozoa: Cnidaria), incluindo a descrição de uma nova espécie. **Zootaxa**, 2008.
- AMARAL, F.D., RAMOS, C.A.C. (2007) Skeletal variability of the coral *Favia gravida* (Verrill, 1868) from Brazil. *Biota Neotropica*, 7, 245–251.
- AMARAL, F.D. *et al.* Skeletal morphometry of *Millepora* occurring in Brazil, including a previously undescribed species. **Proceedings-biological society of washington**, v. 115, n. 3, p. 681-695, 2002.
- ANDERSON, A.B., GOUVÊA, L., ASSIS, J., SERRÃO, E., PINHEIRO, H.T., VILAR, C., FRANCINI-FILHO, R.B., HORTA, P.A., BERNARDINO, A.F., CORDEIRO, C.A.M.M., GOMES, L.E.O., JOYEUX, J.-C., FERREIRA, C.E.L. . Extinction risk of the endemic soft coral *Phyllogorgia dilatata* (Esper, 1806) in a remote island of the Brazilian coast, **Marine Pollution Bulletin**, v.216, 2025, 118006,ISSN 0025-326X,https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.118006.
- BARRADAS, J.I., AMARAL, F.D., HERNÁNDEZ, M.I.M, FLORES-MONTES, M.J., STEINER, A.Q. Spatial distribution of benthic macroorganisms on reef flats at Porto de Galinhas Beach (northeastern Brazil), with special analysis in corals and calcified hydroids. **Biotemas**, 23 (2): 61-67, junho de 2010
- CASTRO, C.B.; ZILBERG, C. Recifes brasileiros, sua importância e conservação. In: BIANCHINI, A. et. al. Conhecendo os recifes brasileiros: Rede de pesquisas Coral Vivo.Rio de Janeiro: Museu Nacional, UFRJ, 2016. cap.1, p.

CORDEIRO, C. A. M. M. *et al.* Conservation status of the southernmost reef of the Amazon Reef System: The Parcel de Manuel Luís. **Coral Reefs**, v. 40, p. 165-185, 2021.

de SOUZA, J.N., NUNES, F.L.D., ZILBERBERG, C., SANCHEZ, J.A., MIGOTTO, A.E., HOEKSEMA, B.W., SERRANO, X.M., BAKER, A. & LINDNER, A. Contrasting patterns of connectivity among endemic and widespread fire coral species (*Millepora* spp.) in the tropical Southwestern Atlantic. **Coral Reefs** 36, 701–716 (2017). <https://doi.org/10.1007/s00338-017-1562-0>

DONOVAN, M. K.; VAN WOESIK, R.; GROTTOLI, A. G. *et al.* Six decades of global coral bleaching monitoring: a review of methods and call for enhanced standardization and coordination. **Frontiers in Marine Science**, v. 12, 2025. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2025.1547870/full>. Acesso em: 15 ago. 2025.

FERNANDES, C. M., S. F. FAGUNDES, T. D., E. DOS SANTOS, N., DO AMARAL, B. S., B. CASS, Q., L. VALVERDE, A., M. SILVA, J. C., C. ALVES, O., A. PONZIO, E. Marine Octocoral *Phyllogorgia dilatata*: Identification of Sesquiterpenes and Activity as a Natural and Renewable Corrosion Inhibitor **Analytical and Bioanalytical Electrochemistry**, 12(4), 437-457, 2020.

FERREIRA, N.P. Conservação das espécies endêmicas de corais escleractíneos no Brasil através da efetividade das unidades de conservação. **Revista Aracê**, São José dos Pinhais, v.7, n.3, p.14018-14029, 2025

GALVÃO, D.B., LOEBENS, S.C., VILA-NOVA, D., MALLMANN, D.L.B., TELES, A.M.S., FERREIRA, B.P. Ambientes recifais da região nordeste: um olhar para a influência da atividade humana. Ciências do mar: dos oceanos do mundo ao Nordeste do Brasil: oceano, clima, ambientes e conservação. Ed: Danielle de Lima Viana; Jorge Eduardo Lins Oliveira; Fábio Hissa Vieira Hazin; Marco Antonio Carvalho de Souza. Via Design Publicações, Olinda, 2021, p.240-267.

GASPAR, T.L. Eventos de branqueamento de corais no Atlântico Sul: recifes marginais são possíveis refúgios climáticos? Dissertação (Mestrado em Ecologia), Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022

GODOY, L., MIES, M., ZILBERBERG, C. *et al.* Southwestern Atlantic reef-building corals *Mussismilia* spp. are able to spawn while fully bleached. **Mar Biol** 168, 15, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00227-021-03824-z>

GRILLO, A.C., CANDIDO, C.F., GIGLIO, V.J., LONGO, G.O. Unusual high coral cover in a Southwestern Atlantic subtropical reef. **Mar. Biodivers.** 51, 77, 2021. <https://doi.org/10.1007/s12526-021-01221-9>

ICMBio. Plano nacional de prevenção, controle e monitoramento do coral-sol (*Tubastraea* spp.) no Brasil. Junho, 2018

KIKUCHI, R. K. P., LEÃO, Z. M. A. N., de ARAUJO, M. E., & LOTUFO, T. M. C. Brazilian Coral Reefs: A Multidisciplinary Approach. Springer Nature, Cham, 2024.

LEÃO, Z.M.A.N., KIKUCHI, R.K.P., OLIVEIRA, M.D.M. **Chapter 35 - The Coral Reef Province of Brazil**. Editor(s): Charles Sheppard, **World Seas: an Environmental Evaluation** (Second Edition), Academic Press, 2019, p. 813-833.

LEÃO, Z. M., KIKUCHI, R. K. P. d., FERREIRA, B. P., NEVES, E., SOVIERZOSKI, H. H., OLIVEIRA, M. D. M., MAIDA, M., CORREA, M.D. & JOHNSSON, R. Brazilian coral reefs in a period of global change: a synthesis. **Brazilian Journal of Oceanography**, 64 (spe2), 97-116, 2016. <https://doi.org/10.1590/s1679-875920160916064sp2>

MARANHÃO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais. **Plano de Manejo do PEM do Parcel de Manuel Luís**. São Luís: SEMA, 2023. 111 p. Disponível em: <https://www.sema.ma.gov.br>. Acesso em: 02 de fev de 2025.

MARIANO, A. E. B. Efeitos do turismo no branqueamento de *Palythoa caribaeorum* e *Mussismilia hispida* (Cnidaria, Anthozoa) em recifes rochosos do Litoral Norte de São Paulo. 2024. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade de Ambientes Costeiros) - Instituto de Biociências do Campus do Litoral Paulista, Universidade Estadual Paulista, São Vicente, 2024.

MASSEI, Karina, *et al.* Multi-proxy assessment of coral reef formation and biotic-abiotic diversity in an urban coastal reef ecosystem in northeastern Brazil. **Science of The Total Environment**, 2023, 891: 164487.

MIES M, FRANCINI-FILHO, R.B., ZILBERBERG, C., GARRIDO, A.G., LONGO, G.O., ÇAURENTINO, E., GÜTH, A.Z., SUMIDA, P.Y.G. and BANDA, T.N.S. South Atlantic Coral Reefs Are Major Global Warming Refugia and Less Susceptible to Bleaching. **Front. Mar. Sci.** 7:514., 2020. doi: 10.3389/fmars.2020.00514

NASCIMENTO, W.F.do. Saúde do coral *Siderastrea stellata* e sua relação com variáveis ambientais em poças de maré do Rio Grande do Norte. 2019. 30 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2019.

NOGUEIRA, M.M., NEVES, E.; QUEIROZ, V., JOHNSSON, R. Does coral morphology influence the richness and abundance of associated ophiuroids? An evaluation of differences in habitat structure provided by *Mussismilia* corals. **Cahiers de Biologie Marine**; v. 61, n. 2, p. 219-227, 2020.

NOGUEIRA, J.M.M. Fauna living in colonies of *Mussismilia hispida* (Verrill) (Cnidaria: Scleractinia) in four South-eastern Brazil islands. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v, 46, p. 421-431, 2003

PACHECO, M. C. de O. Saúde dos corais *Siderastrea stellata* e *Montastraea cavernosa* e seus preditores ambientais em recifes tropicais costeiros e oceânicos. 2022. 34 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022

PERRY, C. T.; ALVAREZ-FILIP, L.; MUMBY, P. J. *et al.* Predicted shifts in the distributions of Atlantic reef-building corals in the face of climate change. **Frontiers in Marine Science**, v. 8, 2021. Disponível em:

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2021.707590/full>. Acesso em: 15 ago. 2025.

ROCHA LA, ROSA IL. Baseline assessment of reef fish assemblages of Parcel Manuel Luiz Marine State Park, Maranhão, north-east Brazil. 2001.

SABADINI, S. da C. Suscetibilidade dos recifes de Abrolhos aos eventos de branqueamento de corais. 2017.

SILVA, G. L. X.; KAMPEL, M. Connectivity patterns of Brazilian coral reefs associated with potential variation on thermal stress tolerance. **Frontiers in Marine Science**, v. 9, 2022. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2022.1001185/full>. Acesso em: 15 ago. 2025.

SILVA, I.C.B.S. , LIPARINI, A., PEREIRA, N.S., BRAGA, B.L.S.S, SIAL, A.N., LIU, S.C., SHEN,C.C, KIKUCHI, R.K.P. Assessing the growth rate of the South Atlantic coral species *Mussismilia hispida* (Verrill, 1902) using carbon and oxygen stable isotopes. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 96, 2019,102346,ISSN 0895 9811,<https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.102346>.

TESCHIMA, M.M., ZILBERBERG, C., NUNES, F.L.D. Strong genetic differentiation demarks populations of *Favia* across biogeographic regions of the Atlantic Ocean. **Coral Reefs** 41, 523–534 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00338-021-02203-w>

TESCHIMA, M.M., GARRIDO, A., PARIS, A., NUNES, F.L.D., ZILBERBERG, C. Biogeography of the endosymbiotic dinoflagellates (Symbiodiniaceae) community associated with the brooding coral *Favia gravida* in the Atlantic Ocean. PLoS ONE 14 (3): e0213519, 2019 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213519>

ZILBERBERG, C.; ABRANTES, D. P.; MARQUES, J.A.; MACHADO, L.F.; MARANGONI, L. F. de B. **Conhecendo os Recifes Brasileiros: Rede de Pesquisas Coral Vivo**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, UFRJ, 2016. 360 p. ISBN 978-85-7427-057-9. Disponível em: https://coralvivo.org.br/wp-content/uploads/2022/07/Conhecendo-os-Recifes-Brasileiros_V2.pdf. Acesso em: 15 ago. 2025.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (FUNBIO) que através do Projeto Re-MARE suportaram financeiramente a publicação da presente pesquisa.

FITOECOLOGIA DOS MANGUEZAIS DO LITORAL SETENTRIONAL BRASILEIRO: MUDANÇAS CLIMÁTICAS E MONITORAMENTO AMBIENTAL NO SETOR COSTEIRO SEMIÁRIDO

Larissa de Pinho Aragão¹

Universidade Federal do Ceará

E-mail: larissaaragao@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3276-4278>

Edson Vicente da Silva²

Universidade Federal do Ceará

E-mail: cacauceara@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5688-750X>

Jurandir Rodrigues de Mendonça Júnior³

Universidade Federal do Ceará

E-mail: jurandir.rodriquesmjr@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2319-3752>

Khokhy Barros Sefo⁴

Universidade Federal do Ceará

E-mail: sefobarros@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7487-9631>

Flavia Rebelo Mochel⁵

Universidade Federal do Maranhão

E-mail: flavia.mochel@ufma.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5911-3171>

Resumo

Manguezais são ecossistemas essenciais para a regulação das dinâmicas climáticas, físicas e ecológicas das zonas costeiras, bem como para o provimento de bens e serviços às populações humanas. A sua distribuição e caracterização no Litoral Setentrional Brasileiro são diversificadas em função das diferentes condições físico-geográficas, especialmente na Região Semiárida Nordestina, com destaque para a costa cearense. O objetivo deste estudo foi discutir a necessidade de planos de monitoramento ambiental voltados à conservação e preservação dos ecossistemas manguezais, em decorrência do atual contexto de mudanças climáticas e da intensa pressão humana sobre essas áreas. Inicialmente, realizou-se uma análise geoambiental e fitoecológica dos manguezais distribuídos na Margem Atlântica Setentrional, com ênfase no litoral do Ceará, por meio de uma abordagem ecológica, com o uso de fotografias aéreas, imagens de satélites e dados quantitativos, referenciados pela literatura específica. Por fim, discute-se as possibilidades de implementação de planos de monitoramento ambiental desses ecossistemas na zona costeira cearense.

Palavras-chave: manguezais; mudanças climáticas; litoral setentrional semiárido; métricas da paisagem; planos de monitoramento.

¹ Doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará.

² Professor Titular no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará.

³ Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará.

⁴ Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará.

⁵ Professora Associada da Universidade Federal do Maranhão.

PHYTOECOLOGY OF THE MANGROVES OF THE NORTHERN BRAZILIAN COAST: CLIMATE CHANGE AND ENVIRONMENTAL MONITORING IN ITS SEMI-ARID SECTOR

Abstract

Mangroves are ecosystems that are essential for regulating the climatic, physical, and ecological dynamics of coastal areas, as well as for providing goods and services to human populations. Their distribution and characteristics along the northern coast of Brazil are diverse due to different physical and geographical conditions, especially in the semi-arid region, particularly along the coast of Ceará. The objective of this study was to discuss the need for environmental monitoring plans aimed at the conservation and preservation of mangrove ecosystems, due to the current context of climate change and intense human pressure on these areas. Initially, a geo-environmental and phytoecological analysis of the mangroves distributed along the northern Atlantic coast was carried out, with an emphasis on the coast of Ceará, using an ecological approach, with the use of aerial photographs, satellite images, and quantitative data, referenced by specific literature. Finally, the possibilities for implementing environmental monitoring plans for these ecosystems in the coastal zone of Ceará are discussed.

Keywords: mangroves; climate change; semi-arid northern coast; landscape metrics; monitoring plans.

FITOECOLOGIA DE LOS MANGLARES DE LA COSTA NORTE BRASILEÑA: CAMBIO CLIMÁTICO Y VIGILANCIA AMBIENTAL EN SU SECTOR SEMIÁRIDO

Resumen

Los manglares son ecosistemas esenciales para la regulación de las dinámicas climáticas, físicas y ecológicas de las zonas costeras, así como para el suministro de bienes y servicios a las poblaciones humanas. Su distribución y caracterización en el litoral norte de Brasil son diversas debido a las diferentes condiciones físico-geográficas, especialmente en la región semiárida, con destaque para la costa de Ceará. El objetivo de este estudio fue discutir la necesidad de planes de monitoreo ambiental orientados a la conservación y preservación de los ecosistemas de manglares, debido al contexto actual de cambio climático y la intensa presión humana sobre estas áreas. Inicialmente, se realizó un análisis geoambiental y fitoecológico de los manglares distribuidos en la costa atlántica septentrional, con énfasis en el litoral de Ceará, mediante un enfoque ecológico, con el uso de fotografías aéreas, imágenes de satélite y datos cuantitativos, referenciados por la literatura específica. Por último, se discuten las posibilidades de implementación de planes de monitoreo ambiental de estos ecosistemas en la zona costera de Ceará.

Palabras clave: manglares; cambio climático; litoral septentrional semiárido; métricas del paisaje; planes de monitoreo.

Introdução

Manguezais são ecossistemas situados nas regiões tropicais e subtropicais, principalmente em ambientes estuarinos, onde ocorre o encontro das águas salgadas dos oceanos e mares com os aportes fluviais provenientes das bacias de drenagens (Alongi, 2002). São constituídos por uma flora ecologicamente adaptada às diferentes sazonalidades dos fluxos hídricos, com inundações constantes e uma grande variação em seus gradientes de

oxigênio no substrato e de salinidade hídrica (Macnae, 1968; Duke *et al.*, 1998; K *et al.*, 2024). Representam um dos sistemas costeiros com maior produtividade primária, além de acumularem elevados estoques de carbono em seus sedimentos e na biomassa vegetal (Howard *et al.*, 2017).

Os ecossistemas manguezais apresentam importância ecológica e econômica em função da sua elevada produtividade e capacidade de estabilização e regulação dos processos físicos costeiros (Huxham *et al.*, 2017; Queiroz *et al.*, 2017; Owuor *et al.*, 2024). Predominantemente, estão localizados na Ásia (especialmente na Malásia e na Índia), na África Atlântica (sobretudo na Nigéria e no Senegal) e na América Atlântica (particularmente no Brasil e na Venezuela). Estima-se que existam aproximadamente 14,8 milhões de hectares de manguezais distribuídos pelo mundo (FAO, 2023).

Sob o ponto de vista ecológico, os manguezais possuem funções relacionadas à habitat, alimentação e reprodução de diferentes espécies da fauna marinha, fluvial, terrestre e do próprio estuário, compreendendo moluscos, crustáceos, peixes, répteis, aves e mamíferos. Configura-se como uma importante fonte de recursos naturais para as comunidades litorâneas tradicionais, como grupos indígenas, quilombolas, marisqueiros e pescadores (Owuor *et al.*, 2024). No litoral brasileiro, a sua distribuição espacial estende-se do Cabo Orange, no Amapá, até o município de Laguna, em Santa Catarina, totalizando uma área estimada de 14.000 km² (Brasil, 2018).

O termo manguezal é utilizado para designar o respectivo ecossistema, enquanto a palavra mangue refere-se à vegetação arbórea-arbustiva desse ambiente estuarino (Macnae, 1968). Apicum corresponde às feições gramíneo-herbáceas situadas em ambientes abertos, no interior e nas bordas dos manguezais, enquanto os salgados são afloramentos de sedimentos salinizados, desprovidos de qualquer tipo de vegetação, no interior da planície fluviomarina (Albuquerque *et al.*, 2014). A Vegetação Paludosa Marítima de Mangue (Gomes F. C.; Bezerra F., 1990) é formada por uma densa cobertura vegetal arbórea, onde predominam cinco principais espécies: mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*), mangue-branco (*Laguncularia racemosa*), mangue-preto (*Avicennia schaueriana*; *A. germinans*) e o mangue botão (*Conocarpus erectus*).

Segundo Silva e Rodriguez (2011), o litoral brasileiro possui uma extensão longitudinal aproximada de 7.400 km, subdividida em dois grandes conjuntos: o Litoral Oriental, que se estende do Arroyo do Chuí (Rio Grande do Sul) ao Cabo do Calcanhar (Rio Grande do Norte); e o Litoral Setentrional, que se prolonga do Cabo do Calcanhar até o

Oiapoque (Amapá). O Litoral Setentrional Brasileiro apresenta ótimas condições ambientais, para o desenvolvimento de um ecossistema manguezal em seu estágio de clímax ecológico, que são favorecidas pelo clima mais úmido e pela presença de extensas zonas intertidais, com fluxos hídricos fluviais permanentes e intensa deposição sedimentar.

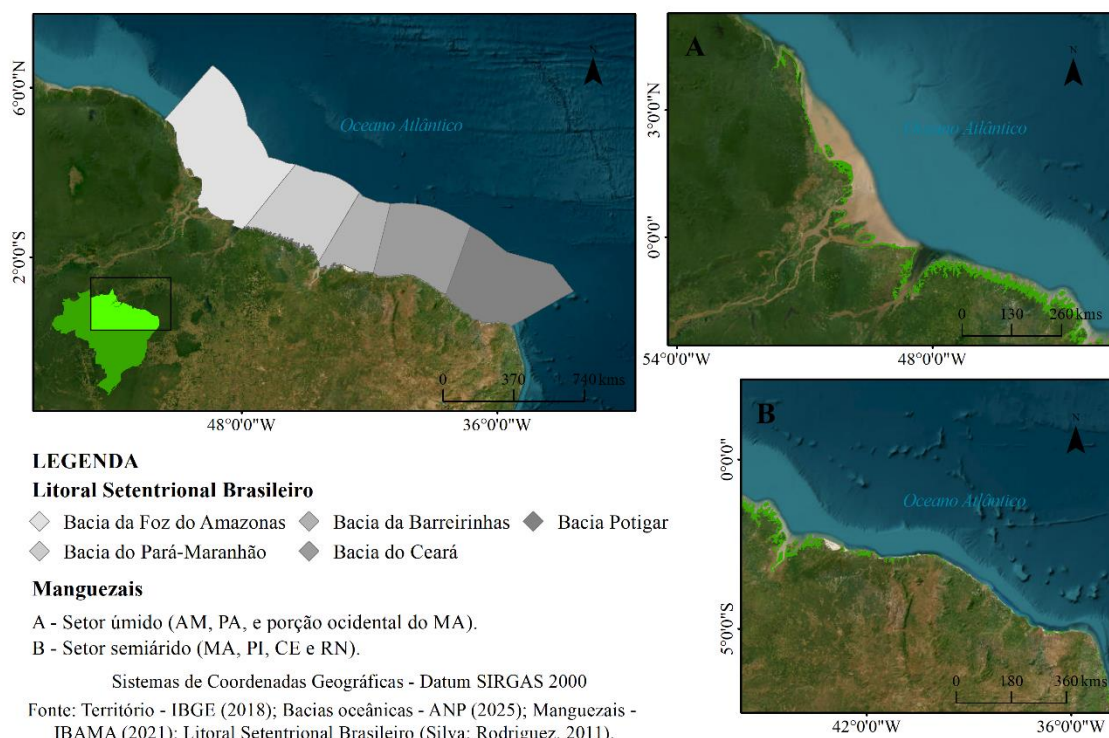
O Litoral Setentrional Brasileiro corresponde a uma extensa faixa costeira com cerca de 3.000 km de extensão linear, apresentando elevado grau de conservação ambiental quando comparado a outros setores do litoral nacional. Esse segmento reúne dois contextos físico-geográficos distintos: um associado à Região Amazônica, marcado por forte influência fluviomarina e elevada disponibilidade hídrica, e outro inserido no Nordeste, caracterizado por condições climáticas predominantemente semiáridas, que condicionam dinâmicas costeiras e ecológicas diferenciadas.

A compartimentação do litoral brasileiro em grandes setores físico-geográficos constitui um instrumento fundamental para a compreensão da organização espacial dos ambientes costeiros e de seus controles climáticos, oceanográficos e morfoestruturais, especialmente no Nordeste. Nesse sentido, a orientação da linha de costa e os condicionantes estruturais explicam contrastes ambientais expressivos entre os setores setentrional e oriental, conforme evidenciado nas propostas clássicas de regionalização costeira e em revisões mais recentes (Silveira, 1964; Muehe, 2006).

O Litoral Setentrional apresenta uma orientação predominante W–E e NW–SE, fortemente influenciada por processos fluviomarinhos, responsáveis pela formação de extensas áreas estuarinas e de ambientes de baixa energia hidrodinâmica. Essa configuração geomorfológica favorece a instalação e a manutenção dos ecossistemas manguezais, ao ampliar a disponibilidade de sedimentos finos, matéria orgânica e zonas de intermaré, elementos essenciais ao funcionamento ecológico desses sistemas (Muehe, 2006; Diniz; Oliveira, 2016).

No contexto da fitoecologia dos manguezais do Litoral Setentrional Brasileiro (Figura 1), essa compartimentação assume papel central na interpretação dos padrões estruturais e funcionais da vegetação. A interação entre condições climáticas contrastantes, regimes de marés, aporte fluvial e geometria costeira influencia diretamente a conectividade estuarina, a salinidade e a estabilidade dos substratos, refletindo-se na composição florística, na estrutura e no vigor fisionômico dos manguezais ao longo desse setor costeiro (Silveira, 1964; Muehe, 2006; Diniz; Oliveira, 2016).

Figura 1. Litoral Setentrional Brasileiro e seus setores



Fonte: Elaboração própria (2025)

Os estados do Amapá, Pará, Maranhão e Piauí possuem, em seus estuários e reentrâncias, uma vegetação de mangue com um maior porte arbóreo e desenvolvimento ecológico, em razão do clima úmido equatorial. Os biomas da Floresta Amazônica e do Cerrado são os ambientes contíguos ao litoral dos estuários do Amazonas, do Pará e Maranhão, onde a drenagem fluvial apresenta um sistema perene que aporta grandes volumes de água doce e sedimentos durante todos os períodos sazonais do ano. Possuem paisagens naturais associadas a extensas planícies fluviomarinhas, pequenos trechos com praias arenosas e tabuleiros suavemente ondulados.

Os litorais do Ceará e do Rio Grande do Norte estão sob influência de um clima tropical semiárido, fazendo com que seus manguezais sejam mais vulneráveis às mudanças climáticas. Os setores sub-regionais que correspondem aos dois estados recebem cursos fluviais de regime intermitente, afluindo grandes volumes hídricos apenas nos períodos chuvosos. As feições paisagísticas predominantes relacionam-se a extensos campos de dunas, faixas de praia bem desenvolvidas, planícies de marés, pontas, falésias e tabuleiros costeiros planos e pouco recortados. Os manguezais desses dois setores sub-regionais estão em permanente estado de estresse hídrico, não permitindo um pleno desenvolvimento da sua cobertura vegetal.

A distribuição espacial da vegetação de mangue no Brasil, expressa em área e percentual por unidade federativa (Brasil, 2018), revela uma forte concentração no Litoral Setentrional Brasileiro, com uma maior ocorrência nos ambientes estuarinos e costeiros do Maranhão (36%), Pará (28%) e Amapá (16%), os quais juntos concentram cerca de 80% dos manguezais existentes no país. Em contraste, o Extremo Litoral Oriental apresenta baixa representatividade, com valores reduzidos no Piauí (0,40%), Rio Grande do Norte (1,0%) e Ceará (1,4%), resultado sobretudo das condições climáticas de semiaridez e da predominância de sistemas fluviais intermitentes, os quais limitam a expansão desses ecossistemas.

A problemática deste estudo insere-se no contexto da crescente pressão antrópica sobre os ecossistemas de manguezais no litoral cearense, em que a limitada extensão dessas formações naturais contrasta com a intensidade dos processos de ocupação urbana, expansão econômica e uso inadequado do solo. A ausência de planejamento territorial integrado tem favorecido a degradação ambiental, a fragmentação da paisagem e a perda de funções ecológicas essenciais, ampliando a vulnerabilidade desses sistemas costeiros. Esse cenário compromete não apenas a integridade ambiental, mas também as atividades socioeconômicas diretamente dependentes dos manguezais.

Associado a esse quadro de ocupação espacial, as mudanças climáticas intensificam os riscos ambientais, por meio da elevação do nível do mar, da alteração do regime hidrosedimentar e do aumento da frequência de eventos extremos. Tais processos atuam de forma sinérgica com as pressões humanas, agravando os desequilíbrios ecológicos e dificultando a capacidade de resiliência dos manguezais cearenses. A falta de informações sistematizadas e de instrumentos contínuos de monitoramento limita a compreensão dessas dinâmicas e enfraquece as ações de gestão ambiental.

O objetivo deste estudo é discutir a necessidade de implementação de planos de monitoramento ambiental voltados aos ecossistemas de manguezais, considerando o contexto das mudanças climáticas e da intensificação das ações antrópicas no litoral do Ceará. Busca-se, de forma específica, analisar as principais pressões ambientais, compreender as interações entre os componentes físicos, biológicos e antrópicos da paisagem e subsidiar estratégias de planejamento e gestão que contribuam para a conservação e o uso sustentável desses ecossistemas costeiros.

Metodologia

Delineamento metodológico

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza qualitativa e quantitativa, com abordagem descritiva, analítica e interpretativa, fundamentada nos pressupostos teóricos da Geoecologia da Paisagem e da Fitoecologia, aplicada aos manguezais do litoral do estado do Ceará. A metodologia adotada buscou compreender as funções ecológicas desses ecossistemas, bem como suas relações com os condicionantes físico-naturais e as pressões antrópicas, com vistas a subsidiar propostas de monitoramento ambiental frente ao atual contexto de mudanças climáticas.

Trata-se de um estudo de base documental, cartográfica e espacial, desenvolvido sem a realização de trabalho de campo, em que se priorizou a integração de dados secundários, análise de imagens de satélite e revisão da literatura científica especializada. Essa abordagem é amplamente empregada em estudos costeiros e ambientais, especialmente quando o objetivo é analisar padrões espaciais, dinâmicas da paisagem e funções ecológicas em escala regional e sub-regional (Silveira, 1964; Muehe, 2006; Diniz; Oliveira, 2016).

Área de estudo

A área de estudo compreende os manguezais distribuídos ao longo do litoral do estado do Ceará, inseridos no setor semiárido do Litoral Setentrional Brasileiro. Esse segmento costeiro distingue-se por apresentar elevada sazonalidade climática, drenagens fluviais predominantemente intermitentes, variações acentuadas de salinidade e regimes de mesomarés, fatores que condicionam diretamente a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas manguezais (Silva; Rodriguez, 2011; Diniz; Oliveira, 2016).

A escolha do litoral cearense justifica-se pela baixa representatividade espacial dos manguezais, associada à intensa pressão antrópica decorrente da expansão urbana, do turismo costeiro e da modificação dos sistemas estuarinos. A localização geográfica desses manguezais em um contexto climático semiárido, os torna particularmente vulneráveis às mudanças climáticas, reforçando a necessidade de análises voltadas à compreensão de suas funções ecológicas e à proposição de estratégias de monitoramento ambiental (Silva, 2024).

Base de dados e fontes de informação

A base de dados utilizada no estudo foi composta por informações secundárias provenientes de fontes institucionais, literatura científica e imagens de satélite. Foram utilizados dados sobre a distribuição espacial e a extensão dos manguezais disponibilizados pelo Centro Nacional de Monitoramento e Informações Ambientais (CENIMA/IBAMA) e adotados pelo Ministério do Meio Ambiente, além de informações quantitativas e qualitativas apresentadas em estudos prévios sobre manguezais brasileiros e nordestinos.

Complementarmente, foram consultados trabalhos clássicos e atuais sobre compartimentação costeira, geomorfologia litorânea e fitoecologia de manguezais, que serviram de base conceitual e interpretativa para a análise das funções ecológicas desses ecossistemas (Silveira, 1964; Muehe, 2006; Diniz; Oliveira, 2016; Silva, 2024).

Uso e interpretação de imagens de satélite

A análise espacial dos manguezais do litoral cearense foi realizada com o uso de imagens de satélite de alta resolução, obtidas por meio da plataforma *Google Earth*, amplamente utilizada em estudos ambientais e costeiros. Essas imagens permitiram a visualização detalhada da linha de costa, dos sistemas estuarinos, das áreas ocupadas por manguezais e das principais formas de uso e ocupação do solo em seu entorno imediato.

As imagens de satélite foram empregadas para identificar feições geomorfológicas relevantes, como planícies de maré, canais estuarinos, áreas de deposição sedimentar e setores sujeitos à fragmentação da vegetação. Esse procedimento possibilitou reconhecer padrões espaciais de conservação e degradação dos manguezais, bem como alterações associadas às pressões antrópicas e às limitações impostas pelo clima semiárido (Scheffers; Scheffers; Kelletat, 2012; Diniz; Oliveira, 2016).

Procedimentos de análise das funções ecológicas dos manguezais

A análise das funções ecológicas dos manguezais do litoral do Ceará foi conduzida a partir de uma abordagem integrada da paisagem, considerando a interação entre os componentes físicos, biológicos e antrópicos. Foram analisadas funções, como a estabilização geomorfológica, a retenção e redistribuição de sedimentos, a regulação hidrológica, o suporte à biodiversidade e a conectividade entre os sistemas terrestre, estuarino e marinho, conforme proposto por Tricart (1977), Gomes F. A. e Bezerra P. (1990), Rodriguez, Silva e Cavalcante (2022) e Silva (2024).

A interpretação das imagens de satélite, associada aos dados secundários e à literatura científica, permitiu avaliar como fatores, como a intermitência fluvial, a elevada salinidade e a pressão antrópica, interferem no desempenho ecológico dos manguezais cearenses. Essa análise possibilitou identificar setores mais vulneráveis e áreas com maior potencial de manutenção das funções ecológicas, mesmo em condições ambientais adversas.

Com base na integração das análises fitoecológicas, espaciais e geoambientais, foi elaborada uma síntese interpretativa voltada a subsidiar a discussão de planos de monitoramento ambiental para os manguezais do litoral do Ceará. Essa síntese considerou indicadores relacionados à integridade da vegetação, à conectividade paisagística, à estabilidade dos ambientes estuarinos e à intensidade das pressões humanas.

A metodologia adotada demonstra que o uso de imagens de satélite, aliado à abordagem integrada da paisagem, constitui um instrumento eficiente para o acompanhamento das dinâmicas ambientais dos manguezais, reforçando sua aplicabilidade em ações de planejamento, gestão e conservação desses ecossistemas costeiros frente aos cenários atuais e futuros de mudanças climáticas (Muehe, 2006; Diniz; Oliveira, 2016; Silva, 2024).

Resultados e Discussão

Os manguezais do litoral do estado do Ceará e suas funções ecológicas

Os manguezais localizados no Ceará são espacialmente pouco frequentes e a sua ocorrência está relacionada à foz dos rios, com estuários geralmente planos, sujeitos à penetração da água do mar e à dissolução gradual pela água do rio (Alcântara Filho, 1978). Lugo e Snedaker (1974) classificou os manguezais de acordo com a topografia de suas bacias e a sua localização em relação às trocas de águas fluviais e marítimas. Caracterizam-se por ser um ecossistema com alto poder de fixação de energia, apresentando um nível de produtividade apenas superado pelos recifes de coral. A elevada produtividade dos manguezais está vinculada aos aportes de nutrientes inorgânicos oriundos das águas dos rios, que são transformados em materiais orgânicos e exportados para os ecossistemas vizinhos. Alterações na estrutura ou nos fluxos de matéria e energia dos manguezais causam repercussões imediatas nas unidades ecossistêmicas próximas, comprometendo todo o funcionamento do conjunto paisagístico costeiro.

No seu papel ecológico entre os sistemas terrestres e marítimos costeiros, o manguezal possui funções específicas que contribuem para a manutenção do equilíbrio desses ambientes, sistematizadas a seguir:

Estabilização Geomorfológica

O manguezal atua na bioestabilização (Tricart, 1977) da matéria orgânica, contribuindo para uma melhor conservação da paisagem. Os efeitos de estabilização geomorfológica proporcionados pelo manguezal são realizados por meio da: (i) proteção contra cheias, devido à diminuição da força das correntes e ao avanço das marés; (ii) fixação de solos instáveis, favorecendo a redução da erosão das margens de canais e estuários; (iii) deposição de sedimentos fluviais na planície fluviomarinha; (iv) conservação no equilíbrio dos processos geomorfológicos dos ecossistemas costeiros, regulando os mecanismos de intemperismo e atenuando a ação do transporte de sedimentos eólicos; e (v) contribuição para a manutenção do litoral e da faixa de praia.

Conservação dos recursos hídricos superficiais

A conservação dos recursos hídricos superficiais no setor semiárido do litoral setentrional brasileiro, em grande parte, depende da conservação dos manguezais. Os principais efeitos desses ecossistemas para a manutenção dos recursos hídricos são: (i) amenidade microclimática por meio da vegetação, reduzindo as taxas de evaporação das águas superficiais; (ii) regularização da qualidade das águas, devido à assimilação de nutrientes e à deposição de partículas nos solos dos manguezais; e (iii) redução de inundações dos canais de drenagem, em virtude da proteção das margens com a vegetação.

Fertilização

Os manguezais auxiliam na fertilização dos ambientes estuarinos e marinhos, em função da constante produção de biomassa, ocasionada pela disponibilidade de energia solar para a realização da fotossíntese e pelo fornecimento de nutrientes dissolvidos e particulados provenientes das águas. A eficiente reciclagem de matéria e energia nessas áreas auxilia a produção e a conservação de recursos biogeoquímicos, contribuindo também para a fertilização do ambiente marinho. Sobre a importância do poder de fertilização do manguezal, pode-se citar: (i) o enriquecimento de nutrientes no ecossistema marinho, devido aos aportes de água que compreendem detritos orgânicos, nitratos e fosfatos; e (ii) a

exportação de matéria orgânica para o mar, contribuindo para o desenvolvimento do plâncton, que serve de base às cadeias alimentares costeiras e à promoção da produtividade marinha.

Função como habitat e produção biológica

O manguezal possui importância ecológica como habitat de diversas espécies da fauna terrestre, marinha e estuarina, além de atuar como um excelente produtor biológico. Segundo Mc Hugh (1989), o ecossistema manguezal é responsável pela sobrevivência de 2/3 da população piscícola mundial, podendo, em algumas regiões, atingir o nível de 97%. Esse fato se deve, principalmente, ao seu papel de habitat para a reprodução e o desenvolvimento larval de grande parte das espécies marinhas (Aguaiza *et al.*, 2024). Entre as funções biológicas e de produtividade do habitat do manguezal, destacam-se: (i) a elevada produtividade primária, incluindo a vegetação de mangue, algas e fitoplâncton; (ii) o desenvolvimento de uma cadeia tropical complexa, composta por espécies diversificadas e abundantes; (iii) o fornecimento de substrato para espécies bentônicas, escavadoras e aquáticas, com uma diversidade de espécies de peixes, crustáceos e moluscos; (iv) servir de habitat para uma variedade de aves migratórias e outras espécies que o ocupam constantemente; e (v) contribuir como um ambiente temporário para um vasto número de espécies, as quais declinam noutros ecossistemas, como dunas ou praias.

Importância econômica dos manguezais

Devido ao baixo nível de utilização agrícola da zona costeira contígua ao mar, os manguezais adquirem grande relevância como fonte de recursos utilizados pelas populações locais (Owuor *et al.*, 2024). O manguezal contribui substancialmente para a complementação alimentar das comunidades litorâneas, desempenhando também funções que estimulam o desenvolvimento socioeconômico regional, tais como: (i) redução do avanço de dunas móveis sobre áreas aráveis e cursos d'água, passíveis de exploração econômica; (ii) fonte de recursos vegetais utilizados predominantemente na extração de madeira para a construção e como combustível; (iii) fonte de recursos animais explorados por meio da pesca (peixes, crustáceos e moluscos); (iv) área de reprodução de peixes marinhos de grande valor econômico para a região; e (v) enriquecimento da beleza paisagística costeira que impulsiona a exploração turística.

Considerações sobre a importância ecológica e econômica dos manguezais são decisivas na avaliação da sua capacidade de uso e preservação. Entende-se que os manguezais, com suas funções de produção, construção e proteção são essenciais para a preservação da paisagem costeira. Alterações na estrutura dos manguezais, além de causar prejuízos ambientais, têm um impacto negativo nas condições socioeconômicas da população que se beneficia dos seus recursos naturais.

Flora e vegetação do manguezal

O ecossistema manguezal apresenta uma vegetação do tipo halófito, classificada como Vegetação Paludosa Marítima de Mangue por Gomes F. C. e Bezerra F. H. R. (1990). Mundialmente, a flora dos mangues reúne 13 famílias, com cerca de vinte gêneros, enquanto a América do Sul, incluída no reino Fitogeográfico Neotropical, possui apenas três famílias, com quatro gêneros: *Rhizophoraceae* (*Rhizophora*), *Verbenaceae* (*Avicennia*) e *Combretaceae* (*Laguncularia* e *Conocarpus*), que são as denominadas espécies obrigatórias do mangue. As espécies facultativas, como bugi (*Dalbergia hecastophyllum*), samambaia do mangue (*Acrostichum aureum*), tububa (*Thypha domingensis*), gramíneas e ciperáceas, ocupam as áreas mais externas do mangue. A vassoura do mangue (*Batis maritima*) é outra espécie facultativa que ocorre com frequência no interior dos manguezais estudados no litoral cearense.

Alguns autores admitem que o mangue botão (*Conocarpus erectus*) é membro da vegetação marginal, contudo, Pannier e Pannier (1980) consideram-no como parte integrante da vegetação do mangue. Avaliando a sua presença frequente nos manguezais da região, o mangue botão (*Conocarpus erectus*) sem dúvida deve ser considerado como membro dos componentes florísticos obrigatórios desse ecossistema no litoral cearense.

A maior parte das espécies vegetais obrigatórias desenvolve-se nas áreas atingidas pela maré, onde predominam os solos de mangue, enquanto as espécies facultativas ocupam regiões influenciadas pelas marés de maior amplitude e em solos mais arenosos. Todos os componentes florísticos obrigatórios da Vegetação Paludosa Marítima de Mangue apresentam adaptações morfológicas e fisiológicas específicas às condições ambientais existentes, necessárias para o pleno desenvolvimento das espécies, determinadas, principalmente, pelos componentes hídricos e edáficos. As particularidades de cada espécie são descritas separadamente abaixo, destacando as suas principais adaptações.

Família Rhizophoraceae

Rhizophora mangle – mangue sapateiro, vermelho ou verdadeiro

Árvore de copa bastante dispersa, que atinge alturas de até dezesseis metros na área de estudo, em ambientes que apresentam melhores níveis de conservação da cobertura vegetal. Essa espécie ocupa as margens dos canais, próximos às águas do manguezal, onde existem solos com maiores percentuais de argila e silte. Também demonstram uma maior adaptabilidade às condições de baixa salinidade, embora seu desenvolvimento seja menor.

Suas folhas são cobertas por camadas de cera e tanino, o que retarda o processo de decomposição. É, no entanto, o seu sistema radicular aéreo, o qual se origina nos troncos e ramos que se estendem até o solo, que constitui a principal característica de *Rhizophora mangle*. Essas raízes aéreas ajudam a sustentar a árvore no solo solto, contribuem para a assimilação de nutrientes e a respiração por meio de suas lenticelas. Essa espécie também possui um sistema fisiológico que permite a filtragem da água salgada a partir da absorção de sais pelas raízes, permitindo que os níveis de concentração interna de sais permaneçam constantes.

O manguezal (*Rhizophora mangle*) é uma espécie vivípara, pois seu fruto só sai da árvore quando atinge o nível de desenvolvimento de uma muda já germinada. As mudas apresentam elevada capacidade de flutuabilidade e poder de permanência no ambiente aquático, geralmente com elevados níveis de salinidade. Seu sistema de dispersão de mudas é realizado por meio de hidrocoria, sendo de grande importância a intensidade do fluxo de água. Geralmente, os locais ideais para a fixação das mudas são sempre abaixo das árvores adultas, que constituem ambientes mais protegidos.

Família Combretaceae

Laguncularia racemosa – mangue manso, rajado ou branco

Espécie arbórea, atingindo alturas superiores a quinze metros nas áreas de mangue pesquisadas. Ocupa áreas de mangue indistintamente após a faixa de dominância de *Rhizophora mangle* às margens dos canais, tendo preferência por solos mais arenosos. Suas folhas, por terem uma decomposição mais rápida no meio aquático, são rapidamente digeridas por microrganismos. Não contribui, portanto, com maiores aportes de matéria orgânica para os sedimentos do manguezal.

Cobrindo a base do tronco da *Laguncularia racemosa* estão as lenticelas, agrupamentos de estruturas celulares que facilitam as trocas gasosas entre a planta e a atmosfera. Possui

também sistema radicular pouco profundo, o qual contém raízes respiratórias (pneumatóforos) que se projetam para cima, com geotropismo negativo.

É considerada uma planta semivivípara, pois seus frutos germinam ao entrar em contato com a água, que também é o seu meio de dispersão. Após a queda e germinação, os frutos podem permanecer flutuando por cerca de um mês e, em razão do seu pequeno porte, são capazes de alcançar maiores extensões em sua distribuição. Em condições desfavoráveis à frutificação ou à dispersão de sementes, a *Laguncularia racemosa* pode brotar pelos galhos.

Família Verbenaceae

Avicennia germinans (*Avicennia schaueriana*; *A. germinans*) – mangue canoé, preto ou siriba

As espécies *Avicennia schaueriana* e *A. germinans* apresentam semelhanças significativas, distinguindo-se pela morfologia de suas folhas e flores. Caracterizam-se pelo aspecto arbóreo e pela coloração mais escura das folhas, atingindo alturas de até dezesseis metros nos manguezais locais. Dentre as demais espécies da vegetação de mangue, são as que demonstram uma maior tolerância às condições edafoclimáticas adversas. Desenvolvem-se em áreas com solos com altas concentrações de sais, adaptando-se a um ambiente mais arenoso.

A *Avicennia* possui glândulas nas folhas que excretam o excesso de sais absorvidos pela planta. Em seu sistema radicular, possui um grande número de pneumatóforos, cuja função é auxiliar nas trocas gasosas, já que os solos de mangue são pobres em O₂. Essa espécie também apresenta dispersão dos frutos por hidrocoria, é semivivípara e o embrião pode flutuar apoiado em cotilédones por períodos de muitas semanas antes de se fixar ao solo. Com adaptações semelhantes às de *Laguncularia racemosa*, o gênero *Avicennia* pode brotar em galhos e troncos, quando as condições ecológicas se tornam mais críticas para a reprodução normal.

Família Combretaceae

Conocarpus erectus – mangue botão ou ratinho

Conocarpus erectus ocorre em áreas mais externas do mangue, onde predomina um substrato mais arenoso, margeando quase toda a planície fluviomarinha local. Não apresenta viviparidade em seu sistema reprodutivo, com frutos dispersos pela ação da gravidade, dos ventos ou pela zoocoria. Possui um alto poder de brotação a partir dos troncos e galhos, evidência confirmada pelas cercas construídas com estacas de troncos dessa espécie.

Diversos fatores favoreceram a atual formação de associações dessa vegetação às condições ecológicas naturais, tais como, a estrutura e a composição do solo; e as variações nos fluxos de água doce e salina no interior do mangue.

Possui o dossel arbóreo em suas áreas mais conservadas, com alturas entre quinze e dezessete metros (*Avicennia*, *Laguncularia* e *Rhizophora*), enquanto a *Conocarpus erectus*, que compõe o estrato arbóreo, consorte com *Dalbergia hecastophyllum*, mantém-se em altura média de cinco a seis metros. Nas margens do mangue, próximo aos canais, existem plantas como a samambaia de mangue (*Acrostichum aureum*) e a tabuba (*Thypha domingensis*). A proliferação dessas espécies indica que há uma diminuição progressiva da intrusão das águas marinhas, o que favorece a sua expansão espacial no interior da zona estuarina.

A ação humana sobre os recursos vegetais dos manguezais influencia por meio da exploração seletiva de determinadas espécies, assim como pela alteração das condições ambientais naturais. A degradação e a redução da superfície dos manguezais, resultantes da ação conjunta de processos naturais e humanos, estão relacionadas à: (i) diminuição da qualidade ambiental, com a exposição de impactos negativos; (ii) redução da produtividade biológica e consequente diminuição do potencial dos recursos naturais do mangue, com impactos ambientais causando efeitos negativos nas condições socioeconômicas da população local; (iii) contaminação das águas subterrâneas causada pelo aumento gradativo de fossas em áreas residenciais e pela falta de saneamento básico; (iv) transformação substancial da paisagem, com alteração da integridade dos componentes ambientais, como água, vegetação, solo, fauna etc.; e (v) deficiências da administração pública no controle das condições ambientais dos ecossistemas locais e de toda a paisagem.

Monitoramento ambiental frente às mudanças climáticas

No Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro do Ceará, realizado pela Sema (2023), foram identificadas 15 grandes zonas estuarinas com manguezais, presentes em 18 municípios Chaval, Barroquinha, Camocim, Acaraú, Itarema, Itapipoca, Trairi, Paracuru, Paraipaba, São Gonçalo, Caucaia, Fortaleza, Aquiraz, Cascavel, Beberibe, Fortim, Aracati e Icapuí.

A elaboração da pesquisa realizada por Godoy (2015) oferece um maior detalhamento da dinâmica espacial sobre 12 das áreas estruturais com maior superfície de mangues conservados. Dos estuários estudados com as maiores extensões de cobertura vegetal, destacam-se os dos rios Timonha no extremo Oeste do Litoral cearense, com um

total de 42,78 km²; Coreaú, com 30,61 km²; Jaguaribe, com 7,29 km²; Ceará, com 7,36 km²; Cocó, com 4,52 km²; Aracatiçu, com 4,75% e o Tapiú, com 4,9 km². Dentre essas áreas de manguezais, as dos rios Aracatiçu e Timonha apresentaram um maior decréscimo da sua vegetação, com 14,3 % e 4,4%, respectivamente. O estuário com as reduções mais amplas de seus manguezais foi o do Pirangi, com 77,6% (Figura 2, Quadro 1).

A redução das áreas de manguezais dos estuários em questão aponta a carcinicultura como a principal causa. Por outro lado, a conservação com a instituição de áreas de proteção ambiental e parques ecológicos favoreceu um maior controle dos desmatamentos e impedimentos de instalação de energia eólica, constatando-se que os estuários dos rios Ceará (+28,3%), Cocó (+23,8 %) e Pacoti (+47,8 %) obtiveram um aumento substancial das suas coberturas vegetais por serem instituídos como unidades de conservação (UC). Esse fato corrobora a eficiência do estabelecimento de UCs nas zonas estuarinas do estado do Ceará e o papel do Estado na fiscalização e no monitoramento ambiental.

Apesar de legislações específicas, como o Código Florestal, as superfícies de manguezais dos estuários cearenses precisam continuamente ser monitoradas quanto aos seus estados de conservação. Em Godoy (2015), são discutidos importantes registros e subsídios para que se possam estabelecer projeções de cenários quanto às zonas estuarinas cearenses.

Por meio do sensoriamento remoto, do uso de fotografias aéreas e de veículos aéreos não tripulados (VANT), é possível implantar projetos para o estabelecimento de métricas da paisagem voltados para o controle da redução dos manguezais, assim como para a restauração e a ampliação dessas áreas. Ademais, as instituições de pesquisa devem formular parcerias com órgãos de planejamento, monitoramento e de controle de mudanças climáticas.

Figura 2. Áreas de manguezais distribuídas na zona costeira cearense



Fonte: Adaptado de Godoy (2015)

Quadro 1. Quantitativo de áreas de manguezais no estado do Ceará em 2011

Estuário	Área (km ²)	Varição
(1) Timonha	42,78	-4,4
(2) Tapuio	4,9	+9,1
(3) Coreaú	30,61	+8,7
(4) Aracati Mirim	0,86	+437,5
(5) Aracatiaçu	4,75	-14,3
(6) Lagamar do Sal	0,53	+47,2
(7) Rio Ceará	7,26	+28,3
(8) Rio Cocó	4,52	+22,8
(9) Rio Pacoti	3,4	+47,8
(10) Choró	0,7	+40,0
(11) Pirangi	0,3	-77,6
(12) Jaguaribe	7,29	+4,1

Fonte: Adaptado de Godoy (2015)

A interpretação de médias, máximas e mínimas de dados pluviiais e térmicos permite a organização de informações sobre as mudanças ambientais presentes nos manguezais. Ou seja, o monitoramento das condições meteorológicas e climáticas torna-se essencial para o acompanhamento da evolução espaço-temporal dos ecossistemas manguezais.

Os resultados espacialmente cartográficos, somados aos dados quantitativos e qualitativos, devem ser publicitados em plataformas que divulguem os diagnósticos e possam estar acessíveis à população. A partir dos resultados obtidos, será possível a formulação de medidas preventivas de controle e manejo dos manguezais.

A fitoecologia dos manguezais assume uma grande importância ecológica para a dinâmica e o funcionamento de uma rede trófica presente no litoral cearense, com reflexos associados às condições socioambientais do território, a saber: (i) otimizar os usos e a preservação dos recursos naturais e paisagísticos; (ii) reduzir os efeitos negativos dos impactos ambientais; (iii) proteger espécies ameaçadas de extinção ou redução populacional; (iv) ampliar o conhecimento sobre o litoral do estado do Ceará, especialmente dos manguezais; (v) manter o controle sobre a qualidade ambiental dos ecossistemas locais; e (vi) auxiliar a administração pública no planejamento regional.

No litoral cearense existem 5 grandes unidades de conservação com presença de manguezais, sendo eles: (i) Parque Estadual do Cocó; (ii) Área de Proteção Ambiental do Rio Pacoti; (iii) Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Ceará – Rio Maranguapinho; (iv) Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Curu; e (v) Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Mundaú. Ficam de fora desse acautelamento ambiental zonas estuarinas importantes, como as do rio Timonha, Coreá, Jaguaribe, Aracatiaçu e Tapuio, as quais devem ser protegidas de forma emergencial, por meio da instituição de parques e/ou áreas de proteção ambiental.

A implementação de novas unidades de conservação é uma forma eficiente de controle das pressões relacionadas aos diferentes tipos de uso e ocupação territorial que se implementam sobre áreas de manguezais em toda área do Litoral Setentrional Brasileiro e, sobretudo, no estado do Ceará. Destacando a necessidade de uma maior eficiência e controle na conservação nos interiores dos ecossistemas manguezais, principalmente em razão das expansões residenciais, da carcinicultura, da instalação de parque eólicos e de outros empreendimentos, o manejo e a fiscalização sobre os manguezais devem envolver, além da esfera estadual, as de ordem municipal e local, em busca de uma melhor participação comunitária.

Instituições de controle e monitoramento climático, como a FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos), a SEMA (Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Infraestrutura), o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) e o ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade), devem unir esforços com instituições científicas, como universidades e institutos tecnológicos, no sentido de organizarem grupos de pesquisa de caráter regional, estadual, no âmbito de bacias hidrográficas e de escala local. O investimento de recursos para a promoção de planos de manejo para os manguezais deve incluir medidas de monitoramento ambiental permanentes, frente às possibilidades de cenários mais críticos em relação às mudanças climáticas.

Considerações Finais

Os manguezais associados ao setor costeiro cearense do Litoral Setentrional Brasileiro, assumem uma importância ecológica fundamental para a biodiversidade e o controle da acentuada dinâmica da linha de costa. Economicamente, influem diretamente sobre a abundância dos recursos piscícolas, por serem áreas de reprodução e de desenvolvimento de diferentes espécies fluviomarinhas e marinhas, tendo a pesca artesanal como um dos pilares socioeconômicos de maior relevância para o desenvolvimento local.

As mudanças climáticas manifestam-se com maior intensidade no setor semiárido costeiro do litoral nordestino, onde o estresse ambiental sobre os manguezais ocorre, sobretudo, pela redução dos aportes de água pelas bacias hidrográficas nos períodos de estiagem. Isso acelera o processo de sedimentação eólica das bordas e dos leitos das planícies fluviomarinhas, reduz o processo de hidrocoria na dispersão de sementes e plântulas de mangues, provoca limitações ambientais para o pleno desenvolvimento da biota, estimula o assoreamento de barras e reduz o potencial de atividades, como a pesca e a mariscagem.

O monitoramento dos manguezais deve ser realizado a partir da delimitação de seus limites espaciais, por meio de imagens de satélite de alta resolução e do emprego de drones. Recomenda-se o estabelecimento de parcerias com entidades de gestão e monitoramento das condições climáticas, como a FUNCEME, para a análise das variações de precipitação e de temperatura ao longo dos últimos 50 anos, bem como a COGERH (Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos), para a obtenção de dados sobre os fluxos e volumes hidrográficos estuarinos. Adicionalmente, faz-se necessária a identificação de áreas de regeneração natural

e dos ambientes deposicionais e erosivos, a fim de subsidiar medidas adequadas de gestão das feições fitoecológicas dos manguezais.

Acredita-se que a implementação de um sistema de monitoramento ambiental desses ambientes proporcionará melhores informações, de forma constante e atualizadas, frente às ações humanas e às mudanças climáticas, permitindo a instituição de planos de manejo ambiental de caráter eficiente e participativo.

Referências

ALBUQUERQUE, A. G.; FERREIRA, T. O.; CABRAL, R. L.; NOBREGA, G. N.; ROMERO, R. E.; MEIRELES, A. J.; OTERO, X. L. Hypersaline tidal flats (apicum ecosystems): the weak link in the tropical wetlands chain. **Environmental Reviews**, v. 22, p. 99-109, 2014.

AGUAIZA, C.; MUMBY, P. J.; RASTOIN-LAPLANE, E.; ABURTO-OROPEZA, O.; SALINAS-DE-LEÓN, P. Mangroves as nursery habitats for Galapagos reef fishes. **Marine Ecology Progress Series**, Oldendorf, v. 747, p. 99-115, 2024. Disponível em: <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v747/p99-115>. Acesso em: 10 jul. 2025.

ALCANTARA FILHO, P. de. **Contribuição para o conhecimento da biologia e ecologia do caranguejo-uça, Ucides cordatus no manguezal do Rio Ceará**. São Paulo: USP, 1978.

ALONGI, D. M. Present state and future of the world's mangrove forests. **Environmental Conservation**, Cambridge, v. 29, p. 331-349, 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Atlas dos manguezais do Brasil**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomas-1/manguezal>. Acesso em: 3 jul. 2025.

DINIZ, M. T. M.; OLIVEIRA, G. P. Proposta de compartimentação em mesoescala para o litoral do Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 565–590, 2016.

DUKE, N. C.; BALL, M. C.; ELLISON, J. C. Factors influencing biodiversity and distributional gradients in mangroves. **Global Ecology and Biogeography Letters**, Oxford, v. 7, p. 27–47, 1998.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The world's mangroves 2000–2020**. Rome: FAO, 2023. 72 p. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/7f15adf1-2756-4e86-a6dd-77d0fc26d97c/content>. Acesso em: 19 dez. 2025.

GODOY, M. D. P. **Alteração nas áreas de mangue em estuários no estado do Ceará devido a mudanças nos usos do solo e mudanças climáticas**. 2015. 96f. Tese

(Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

GOMES, F. A.; BEZERRA, P. **Estudo Fitogeográfico do Brasil**. Fortaleza: Stylus Comunicação Ltda, 1990.

GOMES, F. C.; BEZERRA, F. H. R. Vegetação paludosa marítima de mangue do litoral brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 2, p. 85–102, 1990.

HOWARD, J.; SUTTON-GRIER, A.; HERR, D.; KLEYPAS, J.; LANDIS, E.; MCLEOD, E.; PIDGEON, E.; SIMPSON, S. Clarifying the role of coastal and marine systems in climate mitigation. **Frontiers in Ecology and the Environment**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 42-50, fev. 2017.

HUXHAM, M.; DENCER-BROWN, A.; DIELE, K.; KATHIRESAN, K.; NAGELKERKEN, I.; WANJIRU, C. Mangroves and people: local ecosystem services in a changing climate. In: RIVERA-MONROY, V.; LEE, S.; KRISTENSEN, E.; TWILLEY, R. (eds.). **Mangrove ecosystems: a global biogeographic perspective**. Cham: Springer, 2017. p. 245-274.

K, A.; PARVEEN; K. H., SNEHA V. K.; BUSHEERA, P.; MUHAMMED, J.; AUGUSTINE, A. Mangroves in environmental engineering: harnessing the multifunctional potential of nature's coastal architects for sustainable ecosystem management. **Results in Engineering**, [S. l.], v. 21, p. 101765, mar. 2024. Elsevier BV.

LUGO, A. E.; SNEDAKER, S. C. The ecology of mangroves. **Annual review of ecology and systematics**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 39-64, 1974.

MACNAE, W. A general account of the fauna and flora of mangrove swamps and forests in the Indo-West-Pacific region. In: RUSSELL, Frederick S.; YONGE, Maurice (ed.). **Advances in Marine Biology**. London: Academic Press, 1968. v. 6, p. 73–270.

MC HUGH, J. B., HOPKINS, R. T., O’LEARY, R. M.; MILLER, W. R.; RYTUBA, J. J. Analytical results of vein rock, stream-sediment, mangrove-sediment, sinter, and heavy-mineral concentrate samples from Yap and Truk, Federated States of Micronesia. **U.S. Geological Survey**, Open-File Report 89-170, 1989.

MUEHE, D. Geomorfologia costeira. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. p. 253–308.

OWUOR, M.; SANTOS, T. M. T.; OTIENO, P.; MAZZUCO, A. C. A.; IHEATURU, C.; BERNARDINO, A. F. Flow of mangrove ecosystem services to coastal communities in the Brazilian Amazon. **Frontiers in Environmental Science**, [S. l.], v. 12, p. 1-18, fev. 2024.

PANNIER, R.; PANNIER, F. Estructura y dinámica del ecosistema de manglares: un enfoque global de la problemática. In; Estudio científico e impacto humano em el ecosistema del manglares. Cali, Colombia, 1978. Memorias de seminário. Montevideo,

Uruguai, oficina regional de ciência y tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe, 1980. p.47-55.

QUEIROZ, L. de S.; ROSSI, S.; CALVET-MIR, L.; RUIZ-MALLÉN, I.; GARCÍA-BETORZ, S.; SALVÀ-PRAT, J.; MEIRELES, A. J. de A. Neglected ecosystem services: highlighting the socio-cultural perception of mangroves in decision-making processes. **Ecosystem Services**, Amsterdam, v. 26, p. 137–145, 2017.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da; CAVALCANTI, A. de P. B. **Geocologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2022.

SCHEFFERS, A.; SCHEFFERS, S.; KELLETAT, D. The use of Google Earth imagery for coastal geomorphological mapping. **Geomorphology**, Amsterdam, v. 145–146, p. 1–10, 2012.

SEMA. Secretaria do Meio Ambiente do estado do Ceará. **Zoneamento Ecológico-Econômico da Zona Costeira do Ceará – ZEEC: diagnóstico do meio físico**. Fortaleza, Governo do estado do Ceará, 2023.

SILVA, E. V. da; RODRIGUEZ, J. M. M. Geocologia da paisagem: zoneamento e gestão ambiental em ambientes úmidos e sub-úmidos. **Revista Geográfica de América Central**, San José, n. esp. EGAL, p. 1–12, 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4517/451744820666.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2025.

SILVA, E. V. **Fitoecologia dos manguezais do litoral setentrional brasileiro: mudanças climáticas e monitoramento ambiental no setor semiárido**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2024. Manuscrito.

SILVA, E. V.; RODRIGUEZ, J. M. R. **Geocologia da paisagem: fundamentos teóricos e aplicações ambientais**. Fortaleza: Edições UFC, 2011.

SILVEIRA, J. D. Morfologia do litoral brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 2, p. 3–47, 1964.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE, 1977.

A EDUCAÇÃO SOCIOAMBIENTAL NA EMERGÊNCIA CLIMÁTICA NA PERSPECTIVA DO CARBONO NO PANTANAL

Víncler Fernandes Ribeiro de Oliveira

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Três Lagoas, MS, Brasil

E-mail: vincler.fernandes@ufms.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0099-0991>

Flávio Cabreira dos Santos

Secretaria de Estado de Educação do Mato Grosso do Sul, Aquidauana, MS, Brasil

E-mail: flavio.125608@edutec.sed.ms.gov.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2288-8825>

Vicentina Socorro da Anunciação

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, MS, Brasil

E-mail: vicentina.anunciacao@academico.ufpb.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8571-5109>

RESUMO

Este estudo propõe uma conexão dialógica entre o trabalho pedagógico, a prática docente e a produção do conhecimento pelos alunos, com ênfase na educação socioambiental no Pantanal. A sequência didática proposta, que integra ciências humanas e ciências da natureza, visa uma abordagem crítica e contínua sobre questões ambientais, rompendo com abordagens tradicionais e engajando a comunidade escolar no enfrentamento da emergência climática. A temática central é a emergência climática, abordando o estoque e sequestro de carbono, conceitos interligados que sensibilizam os alunos para a importância de suas ações no enfrentamento dessas questões. Além disso, a proposta visa tornar os conteúdos acessíveis, promovendo a popularização da ciência e a inclusão social, com foco na formação de cidadãos críticos e ativos na sociedade. A metodologia estimula a reflexão sobre causas, efeitos e decisões individuais e coletivas, com atenção especial às práticas de manejo ambiental no Pantanal. A educação socioambiental se configura como uma ferramenta para a conscientização local, incentivando práticas sustentáveis, como o plantio e a preservação das terras, além de iniciativas de formação, como a rede de apoio aos produtores pantaneiros. A troca de experiências entre teoria e prática fortalece o aprendizado significativo e o engajamento dos participantes.

Palavras-chave: carbono; mudanças climáticas; educação socioambiental; Pantanal.

SOCIO-ENVIRONMENTAL EDUCATION IN THE CLIMATE EMERGENCY FROM THE PERSPECTIVE OF CARBON IN THE PANTANAL

ABSTRACT

This study proposes a dialogical connection between pedagogical work, teaching practice, and students' knowledge production, with an emphasis on socio-environmental education in the Pantanal. The proposed didactic sequence, which integrates the humanities and the natural sciences, aims to promote a critical and continuous approach to environmental issues, breaking away from traditional frameworks and engaging the school community in addressing the climate emergency. The central theme is the climate emergency, approached through the concepts of carbon stock and carbon sequestration, which are interconnected and help raise students' awareness of the importance of their actions in confronting these challenges. In addition, the proposal seeks to make scientific content

more accessible by promoting the popularization of science and social inclusion, with a focus on educating critical and active citizens. The methodology encourages reflection on the causes, effects, and individual and collective decision-making processes related to environmental issues, with particular attention to environmental management practices in the Pantanal. Socio-environmental education is framed as a tool for local awareness, fostering sustainable practices such as planting and land conservation, as well as training initiatives, including support networks for Pantanal producers. The exchange of experiences between theory and practice strengthens meaningful learning and enhances participant engagement.

Keywords: carbon; climate change; socio-environmental education; Pantanal.

EDUCACIÓN SOCIOAMBIENTAL EN LA EMERGENCIA CLIMÁTICA DESDE LA PERSPECTIVA DEL CARBONO EN EL PANTANAL

RESUMEN

Este estudio propone una conexión dialógica entre el trabajo pedagógico, la práctica docente y la producción de conocimientos por parte de los estudiantes, con énfasis en la educación socioambiental en el Pantanal. La secuencia didáctica propuesta, que integra las ciencias humanas y las ciencias naturales, apunta a un abordaje crítico y continuo de las problemáticas ambientales, rompiendo con los enfoques tradicionales y comprometiendo a la comunidad escolar en el abordaje de la emergencia climática. El tema central es la emergencia climática, abordando el almacenamiento y secuestro de carbono, conceptos interconectados que aumentan la conciencia de los estudiantes sobre la importancia de sus acciones para abordar estos problemas. Además, la propuesta pretende hacer accesibles los contenidos, promoviendo la divulgación científica y la inclusión social, con foco en la formación de ciudadanos críticos y activos en la sociedad. La metodología fomenta la reflexión sobre causas, efectos y decisiones individuales y colectivas, con especial atención a las prácticas de gestión ambiental en el Pantanal. La educación socioambiental es una herramienta para la sensibilización local, el fomento de prácticas sostenibles, como la plantación y la preservación de tierras, además de iniciativas de capacitación, como la red de apoyo a los productores del Pantanal. El intercambio de experiencias entre la teoría y la práctica fortalece el aprendizaje significativo y el compromiso de los participantes.

Palabras-clave: Carbono, cambio climático, educación socioambiental, Pantanal.

Introdução

A emergência climática, na contemporaneidade, configura-se numa temática socioambiental complexa e de extrema relevância sendo imperativa na promoção de reflexão e ação relacionadas à tomada de decisão nas pautas ambientais, elemento crucial na sensibilização social a respeito da importância do cuidado com o planeta.

O relatório anual da Organização Meteorológica Mundial (OMM) "Estado do Clima Global" (2024) traça uma análise abrangente das condições climáticas globais alertando sobre recordes históricos dos principais indicadores das mudanças climáticas, destacando dentre outros elementos a temperatura média global, o aumento da emissão dos gases de efeito estufa, ocorrência de eventos climáticos extremos. Assim, torna-se referência com base na ciência, uma vez que congrega dados de uma rede global de estações meteorológicas,

satélites e fontes científicas confiáveis, na promoção do entendimento do avanço e o impacto das mudanças climáticas.

Neste cenário, acredita-se que a educação socioambiental torna um viés de mobilização de instituições escolares no desenvolvimento de jornada pedagógica que associe pesquisa, produção de informação, disseminação e transferência de conhecimento e popularização da ciência na perspectiva de contribuir com o território local de sua abrangência no enfrentamento da emergência climática.

Considerando que a pauta climática engloba absolutamente todas as formas de vida do planeta, as instituições de ensino e os agentes sociais diretamente envolvidos com esse universo, converge para a função social de informar, formar e estimular o desenvolvimento de ações de enfrentamento a essa realidade. Tal ideário é destacado por (Saviani, 2013, p.14), ao enfatizar “Que a função social da escola é a de propiciar a aquisição dos instrumentos que possibilitam o acesso ao saber elaborado (ciência), bem como o próprio acesso aos rudimentos desse saber. As atividades da escola devem organizar-se a partir dessa questão”.

Assim, potencializa e instrumentaliza a formação e informação dos sujeitos, instigando e aproximando sinergicamente os saberes no viés interdisciplinar e contínuo, estimulando o senso crítico e materializando a ação individual e coletiva direcionada às diversas temáticas ambientais, como o ciclo biogeoquímico do carbono, conhecido na atualidade como estudo da dinâmica do carbono, um dos principais gases responsáveis pelo aumento o aquecimento global, foco do presente estudo. Cabe destacar que tal frente de estratégia pedagógica foi referendada por (Freire, 1996, p.12) ao pontuar que “A reflexão crítica sobre a prática se torna uma exigência da relação Teoria/Prática sem a qual a teoria pode ir virando blábláblá e a prática, ativismo”

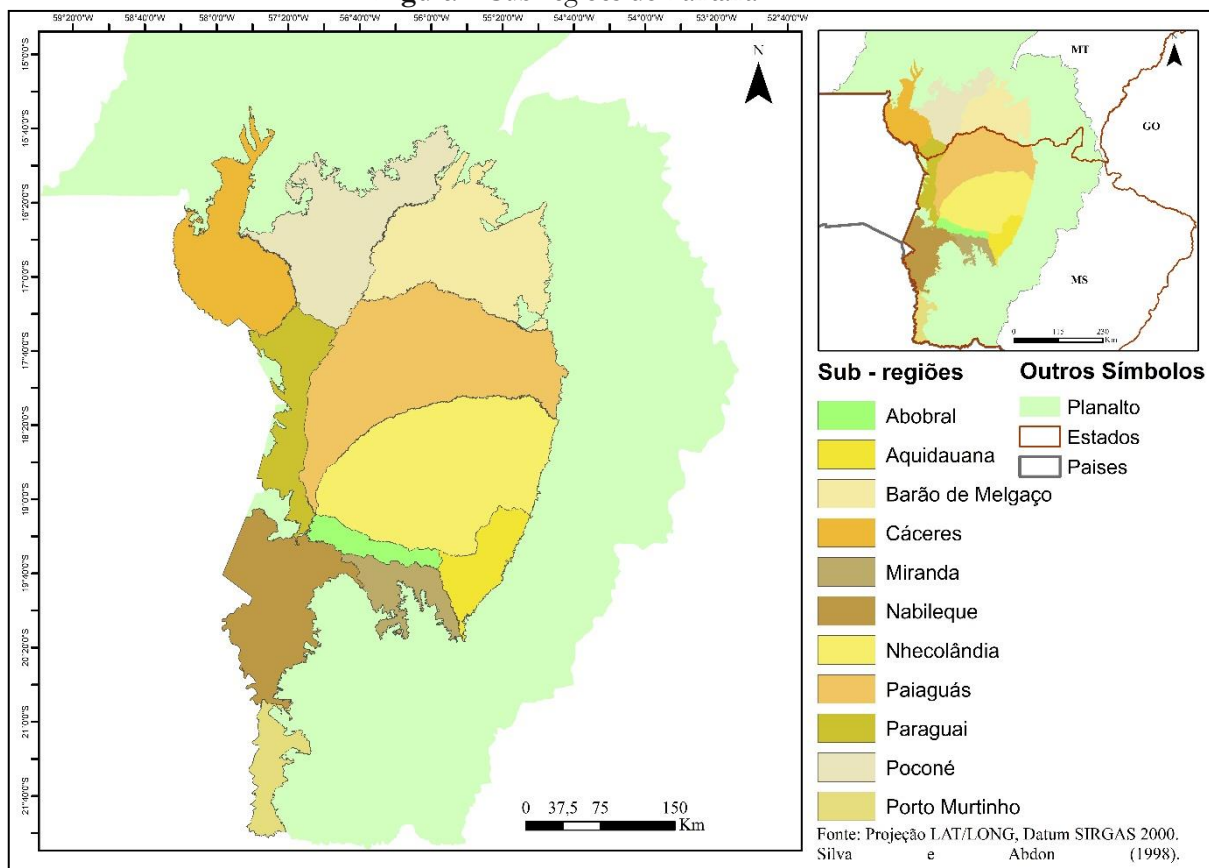
Nesse sentido, ao fortalecer ações formativas no campo da educação ambiental, as escolas se constituem em espaços de educadores sustentáveis, uma vez que a emergência climática é um "Novo Regime Climático" e este traz à tona uma novo fazer político (Latour, 2022). Neste novo regime, transcorre uma nova luta de classes pois as desigualdades econômicas e ambientais estão cada vez mais evidenciadas. Dessa forma, se converte em um espaço formativo que agrega um conjunto de iniciativas, no intuito de estimular práticas educativas, com o desafio de elencar a emergência climática como uma de suas temáticas prioritárias.

O recorte espacial eleito para o estudo é o bioma Pantanal, os sujeitos da pesquisa são alunos e professores da área de conhecimento ciências humanas e ciências da natureza (Figura 1).

O bioma Pantanal em território brasileiro possui uma área de 138.183 Km², abrangendo 38,21% da área da bacia do Alto Paraguai e abrange os Estados de Mato Grosso (35%) e Mato Grosso do Sul (65%), dividido em onze sub-regiões: Cáceres, Poconé, Barão de Melgaço, Paiaguás, Paraguai, Nhecolândia, Abobral, Aquidauana, Miranda, Nabileque e Porto Murtinho (Silva e Abdon, 1998).

Assim, ancorado nestes amálgamas contribuir com reflexões e ações em consonância aos desafios na compreensão acerca da emergência climática no contexto da realidade local, face as interferências na dinâmica natural do bioma Pantanal. Nesse sentido, pensar novas ações a partir dos saberes e fazeres discentes e docentes inerentes a realidade dos atores sociais diretamente envolvidos no processo, depreendendo o sistema terra-oceano-atmosfera um fenômeno complexo e assim observar a fundamentação de discursos políticos e econômicos que busca soluções ambientais e econômicas para minimizar os impactos.

Figura 1: Sub-regiões do Pantanal.



Fonte: Adaptado de Silva e Abdon (1998).

A Política Nacional de Educação Ambiental, instituída pela Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, evidencia que “A educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal” (Brasil, 1999). Isso se justifica porque, ao integrar a educação ambiental à realidade concreta e ao cotidiano escolar, evita-se que ela se torne apenas mais um elemento idealizado em meio às rotinas já sobrecarregadas de trabalho. Também se impede que fique restrita a planejamentos baseados na "salvação pela educação" ou na mera normatização de comportamentos "ecologicamente corretos". Assim, a educação ambiental passa a ser um componente e uma perspectiva intrínsecos à prática pedagógica, fortalecendo a busca por novas formas de relação social com a natureza (Loureiro, 2007).

Nesse sentido, este estudo fundamenta-se na hipótese de que a conexão interdisciplinar estabelecida nas áreas de conhecimento das ciências humanas e ciências da natureza em instituição escolar associado à educação socioambiental aproxima sinergicamente o aluno, dos saberes na perspectiva transversal e contínua, potencializando o

desenvolvimento do senso crítico na promoção de ação individual e coletiva no enfrentamento da emergência climática no Pantanal.

Dessa forma este excerto é norteado pelas indagações: como implementar estratégias para enfrentar a emergência climática no bioma Pantanal? O desencadeamento de reflexões em ambiente escolar, sobre a dinâmica do carbono no bioma Pantanal, sensibiliza os atores sociais sobre os efeitos diretos e indiretos das emergências climáticas, estimulando incorporar estratégias de ações pautadas pelo reconhecimento dos riscos híbridos materializados no espaço?

Partindo destes ideários objetiva-se com este estudo refletir sobre a educação socioambiental na hodiernidade, numa perspectiva crítica, dialógica e participativa, relacionando-a com os diversos âmbitos de atuação ambiental e problemáticas socioambientais no bioma Pantanal. Busca-se, ainda, estimular/instigar (alguém - a população, a sociedade, os discentes) acerca das habilidades, conhecimentos, atitudes e valores essenciais no enfrentamento dos desafios socioambientais do século XXI. Além disso, enfatizar a abordagem sobre o estoque e sequestro de carbono no fazer docente em sala de aula a partir da imersão de alunos e professores na produção do conhecimento multidisciplinar no bioma Pantanal.

Metodologia

O estudo propõe desenvolver práticas pedagógicas voltadas à emergência climática por meio da educação socioambiental, estimulando a reflexão sobre estoque e sequestro de carbono com estudantes da educação básica no bioma Pantanal, visando a construção de novos conhecimentos e ações transformadoras a partir da realidade vivida.

O método utilizado no estudo abrange o hipotético-dedutivo (Karl Popper, 1975). Esse método parte de um problema de pesquisa e oferece uma solução provisória que é então criticada, gerando novos problemas. Através da discussão em relação aos resultados alcançados, busca através de hipóteses levantadas, chegar à compreensão do que factualmente ocorre dentro de uma realidade.

Assim, fundamenta-se nas observações e experiências ressaltadas sobre as emergências climáticas, buscando compreender no contexto do bioma Pantanal potencializando a construção de ações práticas, exitosas para estruturar as bases de uma

sociedade sustentável, o fortalecimento de comunidades e popularização da ciência na aprendizagem social.

A análise consiste em abordagem de cunho qualitativo, de natureza descritiva interpretativa, pois “trabalha com o universo dos significados, dos motivos, das aspirações, das crenças, dos valores e das atitudes” (Minayo, 2008, p. 32). Ao explorar a análise qualitativa, aprimora as ideias, a descoberta e intuições proporcionando maior familiaridade dos docentes e discentes com o problema analisado, incentivando o aluno a uma aprendizagem de forma autônoma e participativa, a partir da realidade local.

A abordagem interdisciplinar no estudo emerge sob o ponto de vista da reflexão e interpretação da complexidade de análise, incorporando teorias relativas aos campos do conhecimento da área de ciências humanas e ciências da natureza.

A pesquisa bibliográfica para compor o aporte teórico e conceitual do estudo, transcorreu através de busca por palavras-chave no acervo virtual de conteúdos científicos no Periódico Capes direcionada à literatura versando sobre os temas emergência climática, educação ambiental, ensino interdisciplinar, estratégias dinâmicas de ensino, estoque e sequestro de carbono, bioma Pantanal selecionando corpora textuais.

Dessa forma, partindo do tema gerador: Emergência climática no bioma Pantanal - pensar o futuro e agir agora, o estudo aproxima dos alunos com a finalidade de somar forças e esforços contemplando a Coalização Brasileira por Educação Climática, 2023, uma vez que para o enfrentamento da emergência climática, fenômeno complexo, transcorre respostas intersetoriais.

Nesse contexto, as ações são desenvolvidas a partir de sequência didática pedagógica, estabelecendo uma relação entre o concebido e o vivido no bioma Pantanal, seguindo o que preconiza Zabala (1998) que para as dimensões do conteúdo na construção da sequência didática envolve conceito, procedimento e atitude e ancorado na Pedagogia Problematizadora Freiriana (1979), professor e alunos compartilham a aprendizagem numa relação dinâmica uma vez que a prática é orientada pela teoria, provocando a reflexão crítica do estudante e instrumentalizando-o de autonomia para intervir sobre a realidade vivida, congregando um processo de ensino e de aprendizagem inerente a problematização, sistematização e síntese.

Assim, a intencionalidade é, por meio de uma sequência didática, formar sujeitos conscientes das questões ambientais, promovendo a interpretação e reflexão interdisciplinar e transdisciplinar em espaços formais e não formais de aprendizagem sobre a emergência

climática. De acordo com Bazhuni et al. (2021) a sequência didática corrobora com os alunos nas ações pedagógicas propostas, pois ao ser utilizada de forma lúdica pode contribuir significativamente para o aprendizado discente.

Desta forma, sequência didática pedagógica fortalece a prática docente e a aprendizagem ao promover o diálogo reflexivo em sala de aula, permitindo que o estudante desenvolva habilidades e competências ao construir conhecimento sobre temas complexos.

O fazer docente na emergência climática no Pantanal

A educação climática torna-se elemento preponderante no enfrentamento à magnitude dos riscos híbridos presentes na pauta ambiental sobretudo relacionado a emergência climática no momento contemporâneo, potencializando a redução da suscetibilidade, vulnerabilidade e perigo a que estão expostos diferentes estratos sociais, minimizando a intensidade da materialização de ocorrências funestas que interagem de forma sistêmica com uma variedade de aspectos socioambientais e singularidades escalares no espaço e no tempo (Grandisoli, 2021).

Para a eficácia das estratégias de ações, cabe enfatizar que a popularização da informação e do conhecimento acerca das ações do estado de emergência do clima, ancorado na educação socioambiental nos espaços escolares, potencializa o engajamento dos estudantes e a gênese de multiplicadores de gestão ambiental. Somado a isso, diálogos interdisciplinares entre saber erudito e empírico, congrega distintos atores sociais, na apropriação de elementos de inter-relações temáticas, promovendo a aprendizagem social para mitigação e adaptação à mudança do clima. Assim, o conceito que viabiliza a aprendizagem social é o das práticas relacionais, baseadas em tarefas compartilhadas entre diversos atores, promovendo a interação recíproca e a reflexão sobre essas interações (Jacobi, 2023).

Sobre as instituições formais de ensino, cada vez mais recai o compromisso na intensificação do trabalho abordando as questões ambientais sobretudo versando sobre a emergência climática, na perspectiva de instigar os atores sociais atuar de modo incisivo em prol da coletividade. Tanto que em 2022, na Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP-27/Egito), por meio da agência dedicada à Educação, Ciência e Cultura (UNESCO), foi lançado a parceria internacional focada na chamada educação climática: a Greening Education Partnership (GEP).

No contexto nacional, aviltar-se a partir desta conferência de líderes mundiais o estabelecimento de profícuo diálogo com o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), através do programa CEMADEN Educação, inerente ao Ministério de Ciências, Tecnologia e Inovações (MCTI) dando ênfase sobretudo ao conceito de escolas sustentáveis e resilientes, associando assim abordagens referentes as quatro frentes prioritárias de ações, sistematizada por grupos de trabalho da Greening Education Partnership: 1) infraestrutura das escolas (espaço educador sustentável), 2) currículo; 3) formação de educadores e capacidades de gestão dos sistemas educativos (gestão participativa e fortalecimento de políticas públicas), e 4) comunidades (perspectiva da educação integral, que transborde os muros das escolas).

Acrescenta-se a este debate a abordagem da transversalidade ambiental e climática presente no governo federal brasileiro. Por meio de Nota Técnica nº 13/2023-MMA, publicada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), foi preconizado integração de considerações ambientais e climáticas em todas as políticas, programas e projetos do governo, na perspectiva de promover uma abordagem mais abrangente e sustentável.

Assim, observa-se que as recomendações preconizadas no âmbito federal, reforça ações práticas advindas de espaços formais e informais de educação, fundamentado em reflexões, estratégias de intervenções direcionadas à emergência climática, potencializando a informação e o conhecimento temático, possibilitando sua apropriação na perspectiva crítica e inovadora pelos atores sociais, convergindo para atos concretos do local ao global. Percebe-se que, ao incorporar a educação climática ao cotidiano escolar, pode-se estimular práticas criativas, fomentar o engajamento diante das mudanças do clima e favorecer aprendizagens com sentido coletivo, ético e transformador nas dimensões individual, comunitária e política (Grandisoli, 2021).

A partir deste ideário conjectura-se tornar plausível e pertinente, acompanhar, apreciar considerações, em torno da cooperação e atenção plena referente às políticas públicas de educação ambiental sobretudo àquelas que versam sobre o enfrentamento das emergências climáticas em uma perspectiva continuada e de inovação, abrangendo a pluralidade escolar. Estabelecendo um processo de governança em conexão com instituições públicas e terceiro setor nas esferas federal, estadual e municipal associado às Comissões Estaduais Interinstitucionais de Educação Ambiental (CIEAs) converte-se em uma tomada de decisão para tornar efetiva a educação ambiental à serviço da sociedade no enfrentamento das pautas ambientais na contemporaneidade, as alterações climáticas, bem como dos

impactos socioespaciais e ambientais materializados no território sobretudo na singularidade do bioma Pantanal.

Nesse sentido, destacam-se atenção às iniciativas da Coalizão Brasileira pela Educação Climática (CBEC) 2023, na perspectiva de promover ações sociais de engajamento climático. Assim, medidas governamentais passam a ser incorporadas para concretizar protocolos e acordos estabelecidos, uma vez que o governo brasileiro se compromete com os pilares da agenda internacional denominada Action for Climate Empowerment (ACE), contemplando seis eixos: 1) Educação; 2) Capacitação; 3) Conscientização pública; 4) Transparência e acesso à informação; 5) Participação pública e democracia; 6) Cooperação internacional.

Fazendo inferência a este cenário, a partir dos aspectos *sui generis* do bioma Pantanal, infere-se que a emergência climática vem permeada por uma gestão ambiental ineficaz que não garante sua sustentabilidade. Diversas ações vêm sendo realizadas tanto na planície quanto nos planaltos adjacentes, tornando-se fatores determinantes na intensificação dos impactos, com consequências em riscos híbridos, variações climáticas e no agravamento da fragilização das políticas ambientais, consolidando-se na realidade local e afetando profundamente o ecossistema

Dessa forma, refletir a perspectiva do carbono no bioma Pantanal com a educação básica, configura-se uma estratégia de educação socioambiental na ação presente oportunizando o desenvolvimento integral dos participantes, associando conhecimentos, habilidades e atitudes, incursões essenciais à educadores da educação ambiental crítica. Nesse sentido, partindo da realidade local, o meio de vivência do aluno, desenvolver reflexões e ações sobre os fatores relacionados à produção e organização do espaço e suas repercussões na emergência climática.

Ao proporcionar formação de equipe instrumentalizada para atuação na gestão participativa, os sujeitos ecológicos são capazes de contribuir enquanto cidadão ou profissionais na gestão ambiental local, insurgindo contra a ruptura social com a dinâmica natural do bioma, evidenciando os fatores que contribuem para o desencadeamento e potencialização da emergência climática, enfatizando a construção social do clima na compreensão dos processos e dos fenômenos relacionados, estabelecendo as estratégias de ações para reverter o quadro materializado. Na verdade, talvez o maior desafio seja descobrir como agir para promover mudanças e como lidar com uma transformação tão importante e complexa quanto o aquecimento global. Não se busca apenas 'sensibilizar' os jovens quanto

às mudanças climáticas, suas causas e consequências, mas principalmente levá-los à conscientização por meio de ações em seu dia a dia (Pena-Vega, 2023).

No espaço geográfico está contida diversidade de variáveis que envolve uma conjuntura social, física, aglutinando as relações socioambientais e materiais. Neste contexto no domínio das ciências e das tecnologias, ancora vasta sobreposição de informações abrangendo a economia, política, ciência, cultura, religião, entre outras. Nesse sentido, cabe destacar que a pauta ambiental requer uma abordagem transdisciplinar, sobretudo quando considera a singularidade envolvente, o que é denominado de “híbridos” (Latour, 1994, p. 9).

Considerando a produção social do clima, como destacado por Sant'Anna Neto (2021) que além de ser um fenômeno natural resultante de processos físicos e químicos na atmosfera, também é moldado pelas interações sociais, econômicas e políticas, perpassa pela abordagem com estudantes da educação básica, refletir numa perspectiva crítica, sobre o papel do clima na emergência climática, uma vez que as desigualdades sociais e a vulnerabilidade da população vêm se agravando drasticamente com fortes repercussões na qualidade de vida e, até mesmo, a sobrevivência humana na Terra.

Neste sentido, é urgente refletir sobre o funcionamento dos sistemas ambientais no Pantanal, pois as intervenções que desconsideram a dinâmica natural do ecossistema aumentam os riscos e a vulnerabilidade socioambiental diante da emergência climática, um processo complexo e socialmente produzido.

Ao longo de quatro décadas, o Pantanal tem sido impactado por forças visíveis e invisíveis que afetam a planície. Ações desordenadas interferem na vida local, na fauna, flora, hidrologia e pedologia. Isso inclui a expansão do agronegócio, uso excessivo de agroquímicos e agrotóxicos, exploração de recursos minerais e a intensiva utilização de metais, além da contaminação de corpos d'água. Focos de calor, queimadas, incêndios, seca, inundações, desmatamento e outros efeitos adversos agravam ainda mais a situação (Tomas et al., 2019).

Destaca-se que a pauta ambiental no bioma Pantanal, a qual a sociedade planetária, está frequente e continuamente suscetível é ampla. As repercussões vêm alcançando cada vez mais pessoas, áreas do bioma e até escala global, sendo os acontecimentos inter-relacionados, exigindo múltiplas e heterogêneas análises, constituindo em premissas fundamentais à permanência das espécies no habitat.

Sensibilizar a sociedade para a emergência climática, na perspectiva do estoque e sequestro de carbono no Pantanal, torna-se primordial para atenuar as problemáticas

emergenciais, elucidar a relevância da percepção desses problemas e estabelecer estratégias de ações. Nesse sentido, estratégia educativa socioambiental vem contribuir com a sociedade, que carece de propostas que auxiliem na compreensão dos eventos adversos, porém, o que fortalece a atuação de um sujeito ativo, ancorado na ética humana na coesão social com o ambiente, observando o espaço com os aspectos naturais e humanos nele sedimentados, considerando o processo dinâmico associado à totalidade.

Conexões que envolve práticas sociais estabelecidas entre as áreas do conhecimento ciências humanas e ciências da natureza, sensibiliza os atores sociais a imergirem no contexto estudado, percebendo que fazem parte das transformações do espaço no qual estão inseridos e agir nos aspectos que abrange a emergência climática.

Os procedimentos de interpretação intencionados na sequência didática pedagógica apresentada neste estudo, possibilita aos docentes das áreas do conhecimento às quais interessar, seja na diferentes subáreas do bioma como também em espaços externos a ele, enfim das escalas local ao global, somar forças e esforços interdisciplinares na perspectiva de produzir e internalizar conhecimentos que congrega a pauta ambiental, oportunizando a popularização da ciência para a compreensão sobre o estoque e sequestro de carbono (ciclo biogeoquímico do carbono), as relações socioeconômicas e ambientais sedimentadas no espaço, promovendo o ensino, a geração de conhecimento e estratégias de ações.

O termo Sequência Didática, na perspectiva da educação, é um vocábulo que traz em seu bojo, expressões e movimentos teórico, conceitual, metodológico e prático. Assim, constitui etapas contínuas, congregando um conjunto de ações abordando um tema, cuja finalidade se destina a ensinar um conteúdo, conectando etapas, em torno de um problema eleito para análise. A sequência didática é definida como “Um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos (Zabala, 1998 p.18) ”.

Nesta hierarquia de construção da informação e conhecimento com o estudante, a dimensão conceitual, relaciona a construção de conceitos, fatos e princípios, à obtenção de conhecimentos, potencializando experimentar situações, adquirir e formar conceitos geral e elaborado entendendo os princípios específicos. Já a dimensão procedimental expressa o “saber fazer”, direcionando fases e etapas de ações para a conclusão de uma sequência de atos de forma ordenada, potencializando a tomada de decisões, que congrega o alcance dos objetivos traçados, criação de mecanismos de gestão e gerenciamento de todo processo

planejado com resultados, avanços e conquistas; ao passo que a dimensão atitudinal envolve o sociocognitivo, uma vez que introduz valores, normas e regras. Nas ações encontra-se inculcida cognição, afetos e condutas. As condutas e regras regem as atitudes e valores que direcionam o agir possibilitando a análise, avaliação e interpretação da informação, fato de forma objetiva e imparcial.

A Sequência Didática na promoção do ensino e da aprendizagem consiste em valiosa ferramenta metodológica, ao potencializar reflexões sobre um problema e fixação do conteúdo, desencadeando tomada de decisão no próprio local do estudo (Bazhuni et al., 2023).

Dessa forma as ações podem ser desenvolvidas conforme o plano de atividades no quadro 1.

Quadro 1: Plano de ação pedagógica

Título	Educação climática engajadora no bioma Pantanal para ações e decisões transformadoras
Conteúdo	Atmosfera; Composição do ar; Fenômenos naturais e antrópicos que alteram sua composição; Efeito estufa; Ciclo biogeoquímico do carbono; O bioma Pantanal; Atividade econômica, desmatamento, queimadas, incêndios; Emergência climática; Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa A importância da dinâmica do carbono (estoque e sequestro) na pauta emergência climática.
Série	Educação Básica II e III ou a escolher.
Habilidades da BNCC	EF05CI05: Desenvolver a consciência sobre o consumo e o descarte de materiais, promovendo a criação de soluções sustentáveis. EF07CI12: Demonstrar que o ar é uma mistura de gases, identificando sua composição, e discutir fenômenos naturais ou antrópicos que podem alterar essa composição. EF07CI13: Descrever o mecanismo natural do efeito estufa, seu papel fundamental para o desenvolvimento da vida na Terra, discutir as ações humanas responsáveis pelo seu aumento artificial (emissão de carbono.) e selecionar e implementar propostas para a reversão ou controle desse quadro. EF08CI16: Discutir iniciativas que contribuam para restabelecer o equilíbrio ambiental a partir da identificação de alterações climáticas regionais e globais provocadas pela intervenção humana.
	Identificar os componentes do ar.

Objetivos	Compreender a importância dos principais componentes do ar para a vida no planeta. Refletir sobre as ameaças socioespaciais que interferem em toda forma de vida no bioma Pantanal. Conceituar estoque e sequestro de carbono. Analisar a dinâmica do carbono.
Tempo Estimado	20 horas.
Material Necessário	Papel, papelão, computador, Datashow, celular, livro, revista, vela, copo, água, fósforo
Desenvolvimento	Roda de conversa. Espaço de diálogo e debate reflexivo. Praticando a pesquisa. Júri simulado. Sessão cinema. Representação sócio espacial. Ciclo do carbono. Estimular a curiosidade. Estratégia de ação.
Avaliação	Mostra de pesquisa

Fonte: Autoria própria.

A partir de estratégias pedagógicas, associando aporte teórico e prática, pode-se promover uma participação ativa do aluno, relacionado a uma realidade não compreendida, porém vivida por ele, e que conclama intervenções. Assim a operacionalização prática parte do tema gerador e lema associado, a ação pode ser segmentada em dez fases consecutivas que envolve abordagem teórica conceitual com espaço de diálogo e debate; roda de conversa; representação da área estudada, imersão em conhecimento no recorte espacial analisado, práxis sociais; proposição de soluções; construção de estratégia aplicada à realidade local.

1ª fase-Espaço de diálogo - Com aula expositiva dialogada, o professor indaga aos alunos sobre a composição da atmosfera, o que é o ar e quais componentes que ele possui. Solicitar aos estudantes que sintetize a ideia em três vocábulos. Nesse momento, o docente acessa o aplicativo wordClouds.com e digita os verbetes expressados, em seguida escolhe a modelo nuvem, gerando uma nuvem temática de palavras destacadas pelos alunos. Associado a isso, complementar as falas, ressaltando a produção e consumo dos gases, a mistura, citando os principais com suas respectivas porcentagens de composição, enfatizar a intensidade da emissão do Gás carbônico – CO₂ e do Ozônio - O₃. Destacar que o ar é uma mistura de

gases e que o volume desses gases varia com a temperatura e que fenômenos naturais, antrópicos podem alterar a composição.

Em seguida, em grupos fracionados, distribuir aos alunos, uma folha de papel com a lista dos componentes do ar e suas respectivas porcentagens. Associado, entregar um conjunto de cartões com números que representam a porcentagem de cada gás na atmosfera. Utilizando os cartões de números, os integrantes montarão a composição do ar, calculando quantos cartões são necessários para representar a porcentagem de cada gás na lista. Em seguida os grupos apresentam em sala como chegaram à conclusão, o professor estimula a discussão na vertente ambiental.

2ª fase-Praticar - Fornecer aos grupos, copos transparentes cheios de água e velas. Os alunos devem colocar a vela acesa no copo e observar o que acontece quando a vela é submersa na água. Reforçar que ela se apaga pela falta de oxigênio no ar, um dos principais componentes essenciais para a combustão. Destacar aspectos referentes a qualidade do ar, enfatizando a poluição, origem e consequências à vida e ao ambiente. Explorar análise sobre os reflexos da quantidade de existência e uso do oxigênio e o aumento significativo de gás carbônico na atmosfera. Estimular a reflexão para o contexto do bioma Pantanal

3ª fase-Eu cientista - O professor designa um componente do ar a cada grupo fracionado, disponibiliza fontes de consultas como sites, livros e periódicos e convida os estudantes a realizar uma pesquisa sobre a importância dos componentes do ar para a manutenção da vida na Terra. Cada grupo deve preparar um painel (pode usar o programa padlet.com e escolher o modelo painel) compondo informações referentes a função, como é produzido e consumido, as consequências se a quantidade desse componente na atmosfera for alterada, dinâmicas naturais e antrópicas que interferem na composição, ações que podem ser desenvolvidas para reverter o quadro e compartilhar o painel apresentando para a turma.

4ª fase-Tribunal do júri - Promover um espaço de diálogo partindo dos temas abordados em aula nas etapas anteriores e averiguando como a temática tem se configurado no bioma Pantanal, (formando 2 grupos com personagens a caráter que compõem a simulação de júri) um fazendo defesa da importância de ações para melhorar a qualidade ambiental do espaço, e outro que argumenta contra.

5ª fase-Cinema na sala de aula - Organizar o ambiente com características específicas e assistir propagandas que envolva as mudanças climática, queima de combustíveis fósseis e desmatamento. Por exemplo o filme “Efeito estufa: esquentando a Terra”. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=WRJXjzX_TX4 (duração 2’

38”). Após, dialogar estabelecendo conexão entre os temas tratados nas aulas anteriores e enfatizando a temática do filme, efeito estufa.

6ª-Imersão na área que eu vivo - Utilizar o recurso maquete com os materiais de massa de modelar produzida a partir dos seguintes ingredientes: 2 copos de farinha de trigo; 1/2 copo de água; 2 dedos de óleo de cozinha; 2 dedos de vinagre; corante alimentício nas diferentes cores que julgar necessário. Em um recipiente misturar os ingredientes e amassar até ficar em condições apropriadas para modelar. Uma vez não atingido o ponto ideal, recomenda-se acrescentar, gradativamente, mais farinha de trigo. Dividir a massa em quantas partes for usar na representação e aplicar o corante nas cores escolhidas.

Usando um papelão reforçado como suporte para a base no tamanho desejado, envolvê-la com papel de sua preferência e colar. Em seguida, demarcar nesse suporte, pontilhando com caneta, o contorno do mapa do bioma Pantanal (Figura 1), total ou a subárea que deseja explorar a análise. Em seguida, cobrir o molde com massa nas devidas cores escolhidas para representar a divisão. Pressionar bem a massa sobre a base, respeitando os limites demarcados. Inserir marco de localização, utilizando palito de madeira com um papel colado escrito o nome das sub-regiões do Pantanal fixar no lugar determinado.

Outra sugestão de massa refere-se ao pó de serra (marcenaria) peneirado, cola, água e vinagre. Misture todos os ingredientes até tomar consistência de uma massa de pão (para limpar os resíduos na mão, usar borra de pó de café) modelar a área do Pantanal com as subdivisões. Após secagem, pintar com tinta à base de água. Ambas representações possibilitam escolher parte ou área total para aprofundar análise dos riscos híbridos materializados no espaço, destacando desmatamento, queimadas e incêndios.

Escrever na maquete título, legenda e escala. Após consolidar a representação das linhas fronteiriças no bioma Pantanal, fazer a mediação de uma roda de conversa e problematizar questões relacionadas as atividades econômicas desenvolvidas na região, desmatamento, queimadas, incêndio. Explorar a temática enfatizando questões de causa e efeito, utilizando símbolos, imagens para representar os fatos e popularizar o conhecimento. Assim aluno e demais atores sociais conseguirão ler o espaço do bioma. Associar à análise, leitura e interpretação de imagem de satélite de uma área selecionada para estudo a partir dos dados do MapBiomas (Souza Junior et al., 2020) acessado pela plataforma do Google Earth Engine (Gorelick et al., 2017).

7ª fase-Ciclo biogeoquímico do carbono - Estabelecer um diálogo com os alunos a partir de um fluxograma versando sobre o tema, destacar (biosfera, atmosfera, hidrosfera e

litosfera), trazer exemplos das aulas anteriores, projetar o gráfico que demonstra informações atualizadas sobre o aumento na concentração de dióxido de carbono na atmosfera ao longo dos anos, o sequestro e estoque de carbono realizado pela vegetação, explorar a análise destacando gênese e estado de preocupações com esses dados.

8ª fase-*Provocação*- estimular a curiosidade dos alunos com o lançamento de uma questão norteadora: como aumentar o estoque e o sequestro de carbono? Promover o diálogo e realizar escuta. Explorar o significado da denominação estoque e sequestro de carbono, enfatizando o processo de remoção do carbono, o papel dos oceanos, florestas e outros organismos que através da fotossíntese, capturam o carbono e lançam oxigênio na atmosfera. Destacar a função da preservação ambiental, o combate ao desmatamento e as queimadas e a necessidade do reflorestamento.

9ª fase-*Ação transformadora* - elaborar projetos sob orientação do professor com destaque para duas temáticas: aumento do estoque e do sequestro de carbono ou diminuição da liberação de carbono na atmosfera. (Título, justificativa, público alvo, metodologia, cronograma, orçamento), realizar apresentação em sala e orientar o cadastro dos projetos em órgãos e editais financiadores.

10ª fase-*Avaliação continuada* - planejamento, organização, execução e apresentação de uma mostra de pesquisa na escola. Apresentar os resultados, produtos gerados em todas fases e etapas das atividades realizadas. Utilizar todo o processo envolvido no estudo como um sistema cuja a avaliação se processa no aspecto formativa e somativo.

Fundamentado neste intento com seus estágios e respectivas etapas, disponibilizar ao público alvo estratégias educativas que possam imergir na temática emergência climática, estoque e sequestro de carbono. De acordo com a realidade da instituição, o professor pode fazer a opção por desenvolver a sequência didática integral ou parcialmente, por exemplo abordado somente o ciclo biogeoquímico do carbono.

Neste sentido fluem todos os estágios a serem realizados no estudo sobre a perspectiva do carbono, através da participação engajada de todos os sujeitos estimulando a autoaprendizagem numa diversidade de olhares críticos e investigativos sobre o Pantanal. Mediante esta estratégia de ensino, tencionar o debate de um tema controvertido e que divide opiniões, possibilitando que sejam discutidos vários pontos de vista sobre uma mesma temática, auxiliando no processo de construção e desconstrução de conceitos. Além disso, instigar o senso crítico, a participação e a reflexão além de ser um convite à interdisciplinaridade na produção e popularização do conhecimento.

Considerações finais

A proposição deste estudo procura estabelecer conexão dialógica entre a organização do trabalho pedagógico, o fazer docente, a produção e internalização do conhecimento pelo aluno. A dinamicidade contida no processo construtivo de ensino e aprendizagem exige uma escalada de ações que se converte em socialização de informações, onde atores sociais tomam posse utilizando para construir suas fundamentações argumentativas.

A proposta de sequência didática pedagógica idealizada na abordagem da pauta ambiental no viés da educação socioambiental na singularidade do Pantanal, associando as áreas de conhecimento ciências humanas e ciências da natureza, possibilita transitar por todas as fases da educação que compõem uma instituição formal de ensino, oferecendo múltiplas práticas, reflexão crítica do tema, rompendo com limitações de abordagem rotineiras dos conteúdos, sobretudo a ênfase em datas específicas. Além de abrir vertentes de ingresso e engajamento da instituição e atores em movimentos pontuais como “A marcha pelo clima”, “Movimento Escolas pelo clima” que fazem diferença no estabelecimento de estratégias de ações.

A questão ambiental exige abordagem em todos os âmbitos de ensino. A pauta das emergências climáticas, com destaque para o estoque e sequestro de carbono, é complexa e apresenta termos e conceitos que se inter-relacionam. Nesta perspectiva envolver os alunos, estimulando-os a pensar e refletir sobre este objeto de estudo, os aproxima e sensibiliza sobre a real importância e responsabilidade das suas ações.

Somado a isso, tornar os conteúdos que versam sobre a temática ambiental, em linguagem acessível, é de extrema importância para que todos os agentes sociais, apodere de informações de qualidade e construa o conhecimento das causas e consequências das transformações que materializam no espaço no percurso e decurso do tempo. Promover a popularização da ciência, a inclusão, a inserção e a participação do indivíduo na sociedade, torna-se um viés de atuação cidadã ativa nas questões ambientais emergenciais, formando multiplicadores de informação, compartilhadores de conhecimentos no seu cotidiano.

A inserção da educação climática na sala de aula, a partir da educação socioambiental na perspectiva multidisciplinar, viabiliza o engajamento da comunidade escolar na construção de uma compreensão crítica no viés científico, promovendo a sensibilização ambiental, numa construção de aprendizagem de forma contínua,

reverberando em atuações positivas na sociedade, sendo crítico e questionador do que muitas vezes é considerado incontestável, instigando usufruir do bioma Pantanal de maneira mais responsável.

A sequência didática pedagógica, instiga o professor partir do conhecimento prévio do aluno acerca da química ambiental, percorrendo o desempenho deste, vislumbrando tópicos de aprofundamento, concretizando a aprendizagem sobre o estoque e sequestro de carbono, bem como a repercussão da emergência climática observando causas, efeitos e tomadas de decisões individual e coletiva.

Cabe pontuar que muitos pantaneiros já executam intuitivamente um papel importante para o equilíbrio ambiental, que é manter os estoque e sequestro de carbono através dos plantios ou preservação do que cobrem as suas terras. Contudo, transacionar créditos de carbono, converte-se em alternativa de renda como também promover a mentalidade antiequívocas, antidesmatamento. Assim, a criação de uma rede de apoio aos produtores pantaneiros se faz necessária. Assistência visando a implantação de projetos com este fim configura-se importante para coordenar o trabalho técnico, promover ciclo de palestras, workshop, uma rede de formação, estudos, esclarecimentos versando sobre a padronização, organização do mercado de créditos de carbono, certificação, instrumentos legais como o Decreto 11.045 de 19 de maio de 2022, além de promover uma educação socioambiental.

A abordagem da emergência climática, ancorada na educação socioambiental, com estudantes e atores sociais pantaneiros em ambiente formal e informal de educação, converte-se em oportunidade de troca experiências e reflexões a respeito do que é abordado na teoria e o que se observa na prática, a realidade materializada no bioma. Todos vivenciam momentos e experiências particulares, desencadeando aprendizagem significativa, unindo teoria, prática, conhecimentos prévios, memória afetiva, participação ativa no processo de construção de conhecimento. Ao elaborar novas hipóteses a partir do tema refletido, os participantes se inserem no centro do processo de ensino e aprendizagem, ultrapassando o nível da informação alcançando o intelecto dos atores sociais.

Referências

BAZHUNI, Rosayna Frota; ALMEIDA, Tharcila de Abreu; PEDRETTI, Soyane De Sant'anna; Legey, Ana Paula; COTELLI, André Do Espírito Santo; MÓL, Antonio Carlos de Abreu; SILVA, Marcos Antonio. Sequências didáticas permeadas por tecnologias digitais:

uma proposta inovadora para a educação infantil. **Revista Carioca de Ciência, Tecnologia e Educação**, v. 6, n. 1, p. 53-65, 2021. <https://doi.org/10.17648/2596-058X-recite-v6n1-4>

BAZHUNI, Rosayna Frota; PINHEIRO LIMA, Jacqueline de Cassia; SILVA, Marcos Antonio; OLIVEIRA, Eloiza da Silva Gomes de. A Formação Continuada de Professores e o uso das Novas Tecnologias Digitais para o Ensino da Matemática na Educação Infantil. **Revista Educação e Cultura Contemporânea**, v. 20, p. 10648-10648, 2023. <https://doi.org/10.5935/2238-1279.20230033>

BRASIL. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm. Acesso em: 12 mar. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 11.045, de 19 de maio de 2022**. Estabelece os procedimentos para a elaboração dos Planos Setoriais de Mitigação das Mudanças Climáticas, institui o Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D11075.htm. Acesso em: mar. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Nota técnica nº 13/2023-MMA** - Transversalidade ambiental e climática no governo federal. Brasília: MMA, 2023.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. Editora Paz e terra, 1996.

GORELICK, Noel; HANCHER, Matt; DIXON, Mike; ILYUSHCHENKO, Simon; THAU, David; MOORE, Rebecca. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote sensing of environment**, v. 202, p. 18-27, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>

GRANDISOLI, E. **Educação climática: respostas para o presente e futuro**. 2021. Disponível em: <https://porvir.org/educacao-climatica-respostas-para-o-presente-e-futuro/>. Acesso em: 10 mar. 2025.

JACOBI, P. R. Prefácio. In: **Emergência climática: reflexões e práticas de educação ambiental**. Curitiba: Universidade Tuiuti do Paraná, 2023. p. 9-13.

LATOUR, Bruno. **Jamais fomos modernos**. Editora 34, 1994.

LATOUR, B. **O novo regime climático impõe uma nova forma de fazer política**. Entrevista concedida a Barnabé Binctin, 2022.

LOUREIRO, C. F. B. (Org.). **A questão ambiental no pensamento crítico: natureza, trabalho e educação**. Rio de Janeiro: Quartet, 2007.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. O desafio da pesquisa social [The challenge of social research]. **Pesquisa social: Teoria, método e criatividade [Social research: theory, method and creativity]**, p. 9-29, 2009.

PENA-VEGA, Alfredo. **Os sete saberes necessários à educação sobre as mudanças climáticas**. Cortez Editora, 2023.

POPPER, Karl R. **A lógica da pesquisa científica**. Editora Cultrix, 2004.

SANT’ANNA NETO, J. L. **Clima, sociedade e território**. São Paulo: Paco Editorial, 2021. (Volume 88).

SAVIANI, Dermeval. **Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações**. Autores associados, 2025.

SILVA, João dos Santos Vila; DE MOURA ABDON, Myrian. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa agropecuária brasileira**, p. 1703-1711, 1998.

SOUZA JR, Carlos M. et al. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine. **Remote sensing**, v. 12, n. 17, p. 2735, 2020. <https://doi.org/10.3390/rs12172735>

TOMAS, Walfrido M.; ROQUE, Fabio de Oliveira; JUNK, Wolfgang J. Sustainability agenda for the Pantanal wetland: perspectives on a collaborative interface for science, policy, and decision-making. **Tropical Conservation Science**, v. 12, p. 1940082919872634, 2019. <https://doi.org/10.1177/19400829198726>

UNESCO. **Climate-Education Declaration at COP2-28**. Dubai: UNESCO, 2023. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000388670>. Acesso em: 15 mar. 2025.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar**. Penso Editora, 2015.

Agradecimentos

A CAPES pelo financiamento da pesquisa processo número 88881.704998/2022-01.