



CIGEPPAM

CONGRESSO INTERNACIONAL DE GEOECOLOGIA
DA PAISAGEM E PLANEJAMENTO AMBIENTAL
v. 13, n. 2, 2024, edição especial



UFC
PPgGEO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia da
Universidade Federal do Piauí



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia da
Universidade Federal do Piauí

Revista Ecuador. Universidade Federal do Piauí, Teresina, v.13, n.2, Edição Especial, 2024.

EDITORA
Bartira Araújo da Silva Viana (UFPI)

CONSELHO CIENTÍFICO

Sergio Cláudio Loureiro Nunes, Professor Auxiliar com nomeação por tempo indeterminado do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa (IGOT-UL), Lisboa, Portugal.
Fabio de Oliveira Sanches, Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF, MG, Brasil.
Jorge Martins Filho, Universidade Estadual do Piauí - UESPI
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, Brasil.
Giovanni Farias Seabra, Universidade Federal da Paraíba, PB, Brasil.
Carlos Alexandre Leão Bordalo, Faculdade de Geografia e Cartografia; Programa de Pós Graduação em Geografia Universidade Federal do Pará, PA, Brasil.
Celia Alves Souza, Departamento de Geografia Universidade do Estado de Mato Grosso, MT, Brasil.
Charlei Aparecido da Silva, Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso
Messias Messias Modesto Passos, UNESP - Rio Claro – SP.
Lana Cavalcante, Universidade Federal de Goiás, GO, Brasil.
Maria Maria Del Carmem Huertas Calvente, Universidade Estadual de Londrina, PR, Brasil.
Façanha Antonio Cardoso Façanha, Universidade Federal do Piauí, PI, Brasil.
Jorn Seeman, Universidade Regional do Cariri, CE, Brasil.
Ana Paula Paula Tureta, Embrapa Solos, Brasil.
André Luiz Lopes Faria, Universidade Federal de Viçosa, CE, Brasil.
César Silva Chagas, Embrapa Solos
Edson Vicente Silva, Universidade Federal do Ceará, CE, Brasil.
Eugenio Pereira Carvalho Carvalho, Brasil.
Flávio Rodrigues Nascimento, Universidade Federal Fluminense, RJ, Brasil.
Francisco Gomes Ribeiro, Universidade Estadual do Piauí; Instituto Federal do Piauí, PI, Brasil.
Gustavo Souza Valladares, Universidade Federal do Piauí, PI, Brasil.
José Antônio Pacheco Almeida, Universidade Federal de Sergipe, SE, Brasil.
José Gerardo Beserra Oliveira, Universidade Federal do Ceará, CE, Brasil.
Lucivânia Jatobá, Universidade Federal de Pernambuco, PE, Brasil
Maria Luzineide Gomes, Universidade Estadual do Piauí, PI, Brasil.
Marta Linhares Sales, Universidade Federal do Ceará, CE, Brasil.
Rosemeri Melo e Souza, Universidade Federal de Sergipe, SE, Brasil.
Maria Tereza Alencar, Universidade Estadual do Piauí, PI, Brasil.

CONSELHO EDITORIAL

Célia Alves Souza, Departamento de Geografia Universidade do Estado de Mato Grosso, MT, Brasil.
Carlos Alexandre Leão Bordalo, Faculdade de Geografia e Cartografia; Programa de Pós Graduação em Geografia Universidade Federal do Pará, PA, Brasil.
Sergio Cláudio Loureiro Nunes, Professor Auxiliar com nomeação por tempo indeterminado do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa (IGOT-UL), Lisboa, Portugal.
Mára Celeiro Chaple, Professor Dra. Sc. La Habana - Cuba Geógrafa, pesquisadora do Instituto de Geografia Tropical de La Habana, Cuba.
Lúcio Cunha, Departamento de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, Portugal.
Jörn Seemann, Ball State University Assistant Professor Department of Geography Cooper Life Science Building 425 Muncie, IN 47306.
Fabio de Oliveira Sanches, Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF, MG, Brasil.
Ana Paula Paula Tureta, Embrapa Solos, Brasil.
Charlei Aparecido da Silva, Universidade Federal da Grande Dourados, MS, Brasil.
Lana Cavalcante, Universidade Federal de Goiás, Goiás, Brasil.

G344

Revista Ecuador [recurso eletrônico]. / Universidade Federal do Piauí.
– vol. 13, n. 2 (Edição Especial, 2024). – Teresina, PI: Universidade Federal do Piauí, 2024-.
226 p.

Semestral.

Domínio: <revistas.ufpi.br/index.php/equador/geografia>.

ISSN: 2317-3491

1. Geografia Física. 2. Geografia Humana. 3. Ensino de Geografia. I. Universidade Federal do Piauí.

CDD 910

Revista Ecuador. Universidade Federal do Piauí, Teresina, v.13, n.2, Edição Especial, 2024.

NOTA EDITORIAL

Os artigos apresentados para a Revista Ecuador do Programa de Pós-graduação em Geografia, da Universidade Federal do Piauí (UFPI), correspondem a uma coletânea devidamente selecionada entre os trabalhos inscritos no CIGEPPAM – Congresso Internacional de Geoecologia das Paisagens e Planejamento Ambiental. Este evento foi realizado no mês de maio de 2024, em formato *online*, sediado pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

Ambas as instituições de pesquisa e ensino superior, a UFPI e a UFC, apresentam um histórico comum no desenvolvimento de programas de pós-graduação em Geografia e em Desenvolvimento e Meio Ambiente, no qual estudos voltados para a análise das paisagens e sua aplicabilidade no planejamento e gestão ambiental têm primado como resultados de suas teses e dissertações em uma ótica sistêmica e interdisciplinar.

Assim, essa publicação conduzida pela Revista Ecuador abre um importante espaço de divulgação de resultados de pesquisas, promovendo assim os conhecimentos científicos da Geoecologia das Paisagem e Planejamento Ambiental tanto no âmbito regional e nacional, como na esfera internacional.

Coordenadores do CIGEPPAM

*Edson Vicente da Silva
Larissa de Pinho Aragão
Maria Rita Vidal*

ANÁLISE GEOECOLÓGICA DA PAISAGEM DA BACIA DO RIO GRANDE COM INTERFACE NO PARQUE NACIONAL DOS LENÇÓIS MARANHENSES, MARANHÃO, BRASIL

Jordane de Oliveira **BORGES**

Aluna do Doutorado em Geografia do Programa de Pós-Graduação em Geografia da
Universidade Federal do Ceará
E-mail: jordane.o.borges@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2313-7670>

Edson Vicente da **SILVA**

Docente do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará
E-mail: cacauceara@gmail.com
Orcid: <http://orcid.org/0000-0001-5688-750X>

Leonardo Silva **SOARES**

Docente do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão.
E-mail: leonardo.soares@ufma.br
Orcid: <http://orcid.org/0000-0003-0373-2971>

*Recebido
Julho de 2024*

*Aceito
Dezembro de 2024*

*Publicado
Janeiro de 2025*

Resumo: A Bacia hidrográfica do Rio Grande (BHRG) é uma das bacias que constitui o sistema de bacias hidrográficas do Litoral Oriental do Maranhão, estudar as relações dinâmicas dessa bacia tem sido crucial para adotar medidas contra as pressões sofridas nestes ambientes. Diante disso o objetivo deste estudo é analisar a dinâmica da paisagem da BHRG em uma perspectiva interdisciplinar a partir da abordagem da Geoecologia das Paisagens. Todos os elementos que compõe os geossistemas da BHRG integraram-se permitindo a análise paisagística de maneira a compor paisagens únicas, uma vez associadas a ação antrópica que pode potencialmente modificar a paisagem em determinada unidade e partir da análise da interação entre os elementos da paisagem, elaborou-se o zoneamento através das unidades geoecológicas dessa área. Na BHRG as unidades geoecológicas ainda mantêm seu valor específico para o equilíbrio

e funcionamento do sistema, entretanto é necessário a elaboração de propostas para a diminuição dos efeitos das pressões antrópicas sobre essas unidades.

Palavras-chave: bacia hidrográfica; condicionantes paisagísticos; Geoecologia das Paisagens; Gestão Ambiental; Unidade de Conservação; Unidades Geoecológicas.

GEOECOLOGICAL ANALYSIS OF THE LANDSCAPE OF THE RIO GRANDE BASIN WITH INTERFACE IN THE LENÇÓIS MARANHENSES NATIONAL PARK, MARANHÃO, BRAZIL

Abstract: The Rio Grande River Basin (RGRB) is one of the basins that constitutes the hydrographic basin system of the Eastern Coast of Maranhão, studying the dynamic relationships of this basin has been crucial to adopt measures against the pressures suffered in these environments. Therefore, the objective of this study is to analyze the dynamics of the RGRB landscape from an interdisciplinary perspective from the Geoecology of Landscapes approach. All the elements that make up the RGRB geosystems were integrated, allowing the landscape analysis in order to compose unique landscapes, once associated with anthropic action that can potentially modify the landscape in a given unit and from the analysis of the interaction between the elements of the landscape, the zoning was elaborated through the geoecological units of this area. In the RGRB, the geoecological units still maintain their specific value for the balance and functioning of the system, however it is necessary to prepare proposals to reduce the effects of anthropogenic pressures on these units.

Keywords: conservation unit; environmental management; Geoecology of Landscapes; Geoecological Units; Hydrographic Basin; Landscape Constraints.

ANÁLISIS GEOECOLÓGICO DEL PAISAJE DE LA CUENCA DEL RÍO GRANDE CON INTERFAZ EN EL PARQUE NACIONAL LENÇÓIS MARANHENSES, MARANHÃO, BRASIL

Resumen La Cuenca del Río Grande (CHRG) es una de las cuencas que constituye el sistema hidrográfico de cuencas de la Costa Oriental de Maranhão, el estudio de las relaciones dinámicas de esta cuenca ha sido crucial para adoptar medidas contra las presiones sufridas en estos ambientes. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es analizar la dinámica del paisaje de la CHRG en una perspectiva interdisciplinaria desde el enfoque de la Geoecología del Paisaje. Se integraron todos los elementos que conforman los geosistemas del BHRG, permitiendo el análisis del paisaje con el fin de componer paisajes únicos, una vez asociados a la acción antrópica que potencialmente puede modificar el paisaje en una unidad determinada y a partir del análisis de la interacción entre los elementos del paisaje, se elaboró la zonificación a través de las unidades geoecológicas de esta área. En el CHRG, las unidades geoecológicas aún mantienen su valor específico para el equilibrio y funcionamiento del sistema, sin embargo, es necesario desarrollar propuestas para reducir los efectos de las presiones antropogénicas sobre estas unidades.

Palabras clave: cuenca hidrográfica; geoecología de paisajes; Gestión Ambiental; Restricciones paisagísticas; Unidad de Conservación; Unidades Geoecológicas.

INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da humanidade e sua constituição enquanto sociedade, sempre houve uma intrínseca relação com a natureza, podendo ser entendida como a causa da organização social, na qual o ser humano tem possibilidades de transformação da natureza a partir do seu desenvolvimento técnico, transformando o meio natural e utilizando deste para o seu desenvolvimento.

Essa relação entre sociedade e natureza, passou a ser analisados de forma conjunta como dimensões integrais, pois ao tratar o meio ambiente não se pode ignorar os elementos técnicos de natureza antrópica, priorizando a junção entre elementos naturais e humanos, dessa forma constituindo o termo meio ambiente.

Essa relação tem sido na maioria das vezes prejudicial ao ambiente, pois a população mundial cresceu aproximadamente sete vezes - de 1 para 7 bilhões de habitantes em pouco mais de 200 anos (Alves, 2019). A partir das discussões sobre o crescimento populacional e escassez de recursos, surge o conceito de conservação, que surgiu como forma de proteger a vida selvagem do intenso crescimento industrial ocorrido no século XIX e seu consequente crescimento populacional (Nash, 2014).

No Brasil essas áreas protegidas ganham respaldo a partir da criação das leis presentes no “Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC e a instituição da Unidades de conservação pelo SNUC, identificou-se nos biomas brasileiros muitas áreas com paisagens e dinâmicas singulares, no qual foram criadas nos termos do art. 22 da Lei n.º 9.985/00 (Lei do Sistema Nacional das Unidades de Conservação), criadas por ato do Poder Público” (art. 22) (Brasil, 2023). Acompanhando os Biomas do Brasil, o sistema costeiro maranhense também possui muitas áreas contempladas com a proteção ambiental do SNUC.

Muitas Unidades de Conservação localizam-se em áreas de bacias hidrográficas, sobretudo no Estado Maranhão, onde a maioria dessas Unidades abrangem áreas de nascentes, cursos e foz dos rios e os comitês de Bacias hidrográficas desempenham importante papel na articulação entre os usuários, construção de consensos e ainda na definição do conjunto de regras para melhor alocação da água, o que corresponde à essência do sistema de gestão de recursos hídricos, porém atualmente a gestão ambiental em bacias hidrográficas não possuem prioridade em políticas públicas setoriais do Estado (Brasil *et al.*, 2017).

O Estado do Maranhão é dividido em 12 bacias hidrográficas, delimitação realizada em 2009 pelo Núcleo Geoambiental da Universidade Estadual do Maranhão (NUGEO/UEMA) essa divisão foi formalizada por meio do Decreto Estadual 27.845 de 18 de novembro de 2011. Entretanto, devido as escalas trabalhadas no Litoral Oriental do Maranhão as bacias

hidrográficas não tiveram escalas de detalhes, sendo delimitada apenas as bacias do rio Preguiças e Sistema Periá, sendo assim as Bacias Hidrográficas do Litoral Oriental do Maranhão possuem carência de estudos acerca dos recursos hídricos e dinâmica socioambiental, sobretudo em um contexto da geoecologia e do planejamento e gestão (Machado *et al.*, 2023).

A Bacia hidrográfica do rio Grande é uma das bacias que constitui o sistema de bacias hidrográficas do Litoral Oriental do Maranhão, no qual segundo Machado *et al.* (2013) esta região possui um elevado potencial socioeconômico e ambiental, pois estabelece interface com o Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses e com a zona costeira adjacente, tornando a região um polo turístico fundamental para o processo de desenvolvimento social e econômico das comunidades que integram as bacias.

Então o estudo da paisagem desta bacia com enfoque na configuração geossistêmica e geoecologia, sobre tudo por ser uma bacia que está sob pressões, devido ao aumento populacional, perda de cobertura florestal para outros usos não florestais, agricultura itinerante, degradação causada por desmatamento ilegal entre outros, precisando assim de políticas de conservação dos recursos hídricos, torna-se uma ferramenta na melhoria da gestão dessa bacia e de outras que fazem parte das bacias do Litoral oriental do Maranhão.

O presente artigo busca trazer o enfoque funcional para o estudo da Paisagem da Bacia hidrográfica do Rio Grande (BHRG), uma vez que tem o objetivo de esclarecer como é organizado a estrutura da paisagem através dos condicionantes paisagísticos e a correlação entre seus elementos e componentes. Onde de acordo com Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022) ao se realizar o estudo de unidades geoecológicas territoriais existentes, caracteriza-se a homogeneidade das condições naturais em cada nível taxonômico, pois o caráter da estrutura e o funcionamento, constituem a base das propriedades espaço-temporais dos complexos, são essenciais na análise paisagística regional e amplamente necessários para a avaliação quanti-qualitativa no processo de planejamento ambiental.

Diante disso o principal objetivo deste estudo é analisar a dinâmica da paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Grande (BHRG) em uma perspectiva interdisciplinar a partir da abordagem da Geoecologia das Paisagens, destacando os potenciais fisiográficos, as Unidades geoecológica e diagnóstico da situação geoecológica da paisagem de cada unidade presente na bacia.

METODOLOGIA

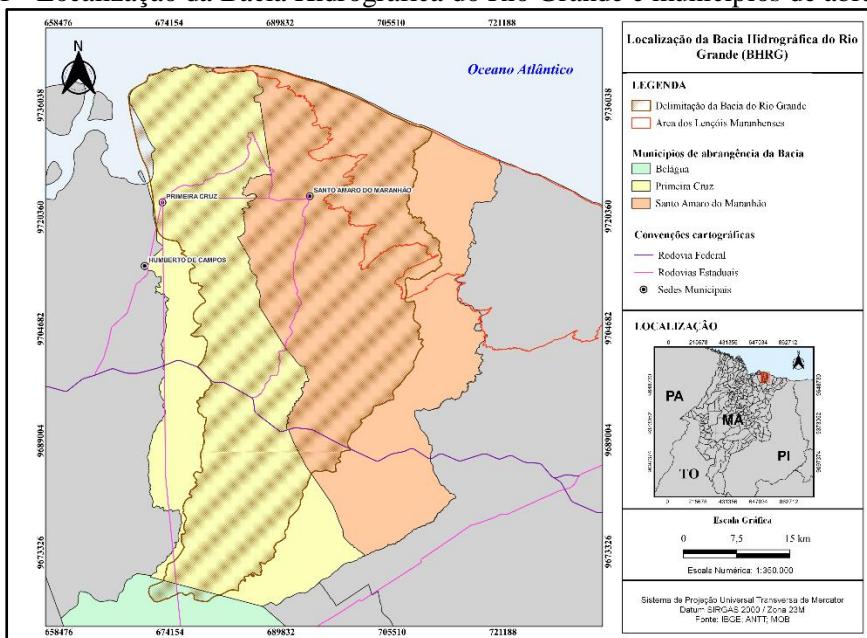
A abordagem metodológica utilizada neste trabalho foi realizada a partir do método quantitativo e qualitativo, tendo a Bacia Hidrográfica do Rio Grande (BHRG) como uma unidade territorial, baseada na proposta de Rodriguez; Silva e Cavalcanti (2022), com base na análise sistêmica, fundamentada em uma análise integrada dos componentes antrópicos e naturais, a partir de caracterização geoecológica que considera também como parte do sistema, as relações socioeconômicas.

As fases metodológicas que nortearam este artigo são baseadas de acordo com o proposto por Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022) através da análise histórico natural, sendo compostas pelas seguintes etapas: organização, inventário, análises e diagnóstico, no qual dentro dessas fases é fundamental o mapeamento das paisagens naturais e antrópicas existentes, onde se integram informações temáticas sobre os elementos que estruturam a paisagem, necessários para a caracterização geral do território.

Área de Estudo

A BHRG é uma unidade territorial que se localiza nos limites dos municípios de Santo Amaro do Maranhão, Primeira Cruz e norte do Município de Belágua, na porção Leste do Estado do Maranhão com a área 2.016,05 km² e perímetro de aproximadamente 232,64 km (IBGE, 2022) (Figura 1).

Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Grande e municípios de abrangência



Essa Bacia hidrográfica faz parte do Sistema de Bacias hidrográficas do Litoral Oriental do Maranhão que abrangem uma área aproximada de 10.238,90 km² e um perímetro de aproximadamente 1.597,12 km (Machado *et al.*, 2023). Essa Bacia possui interface com o Parque Nacional dos lençóis Maranhenses que foi criado em 02 de junho de 1981, com base em uma proposta apresentada pelo projeto RADAMBRASIL1 na década de 1970, para preencher lacunas existentes no então Sistema de Unidades de Conservação (IBAMA, 2004).

Devido a esta Unidade de conservação as atividades de turismo têm se intensificado, tendo como consequência as pressões sobre a Bacia do rio Grande, que também tem grande importância para a economia dos municípios vigentes. Os municípios mais dependentes da BHRN são Santo Amaro do Maranhão, possui uma população de 13.949 pessoas, com um PIB *per capita* de 5.916,27 e o Município de Primeira Cruz com uma população residente de 13.614 pessoas e 5.732,25 de PIB *per capita* (IBGE, 2022).

Organização e Inventário

Para que fosse necessário a compreensão da BHRG como um sistema integrado que dispõe de inter-relações entre os seus componentes, foi necessário compartimentar o sistema em divisões importantes para a análise. Esta área de estudo foi analisada como um sistema ambiental que se inter-relaciona, influenciando a dinâmica paisagística local, assim, denominou-se os tipos de sistemas ambientais: marinhos, litorâneos, fluvial e terrestre.

Para isso na fase de organização delinearam-se os elementos fundamentais que definiram os objetivos e o desenho do trabalho, com a determinação das categorias de planejamento que se utilizaram para a delimitação da área de pesquisa, elaboração das justificativas e das escalas de estudo.

A definição da escala também foi necessária para que fosse determinado os elementos de dominância em determinada paisagem, tendo em vista que este fator é decisivo para desenvolver o trabalho a partir das escalas cartográficas escolhida, sendo está em escala local, entretanto por ser analisado toda a extensão de um município foi feito em escala de 1:350.000, compreendendo todo a área e perímetro da BHRG, localizada no litoral oriental do Maranhão.

Na fase de Inventário foi realizado o levantamento cartográfico dos elementos e condicionantes da paisagem, ou seja, levamentos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, pedológicos e de cobertura vegetal que foram necessários para caracterização geral do território, assim como o levantamento bibliográfico para obtenção de dados secundários e fundamentação teórica sobre a geoecologia das paisagens na BHRG.

As fontes bibliográficas e cartográficas utilizadas para os limites regional, local e tipológico do Município foram fornecidas por variadas instituições públicas. O software QGIS 3.22.4 LTR, será utilizado na criação e modelagem do banco de dados, ou seja, na definição de categorias (tipos de dados). Foi utilizado a projeção SIRGAS 2000. Os limites municipais do Brasil em uma escala de 1:2.500.000, obtidos no site do IBGE. Os dados de vegetação, em uma escala de 1:200.000, serão obtidos no site do ICMBio (icmbio.gov.br/ran/downloads.html), assim como os dados referentes a unidades de conservação que foram obtidos através dos dados do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) (<https://antigo.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/sistema-nacional-de-ucs-snuc.html>).

Os dados vetoriais de geologia e mapas geológicos foram obtidos do projeto RADAMBRASIL do Serviço Geológico do Brasil (CPRM). A tipologia geomorfológica será obtida através das curvas de nível mediante modelo digital de elevação (MDE) da base TOPODATA (dsr.inpe.br/topodata) e os dados litológicos e estruturas de drenagem serão obtidos no site do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), GEOBANK, enquanto os de solos foram obtidos nos sistemas do IBGE e feito a comparação com os dados de solos da EMBRAPA e os dados pluviométricos foram obtidos pelo sistema Terraclimate no site ClimateEngine.

Os dados para a análise de uso e ocupação do Município foram obtidos através dos dados do Zoneamento Ecológico Econômico do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro do Maranhão realizado pelo Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos (IMESC), no qual foram adaptadas as escalas a nível local.

Segundo Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022) estas análises são fundamentais em estudos geoecológicos, uma vez que as influências nos ambientes naturais desenvolvem um papel transformador nas unidades de paisagem naturais, de acordo com os fatores culturais, econômicos, políticos, sociais, com variação dependendo da escala espacial e temporal.

Análise e delimitação de Unidades Geoecológicas (UG)

Na presente etapa as análises foram feitas com base nos dados coletados na fase de inventário, destinando-se a analisar e interpretar todos os dados referentes à interação entre os componentes naturais, sociais e econômicos. Assim como, a análise das propriedades das unidades naturais para a determinação da estrutura espacial e funcionamento, dinâmica e evolução.

A primeira parte foi a delimitação da BHRG com base nos dados topográfico obtidos, realizada de forma manual, de acordo com a metodologia de Strahler (1958), no qual utilizou-se MDE dos dados SRTM/TOPODATA, as cartas topográficas da Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) em uma escala de 1:100.000, assim o como as imagens de satélite da ESRI. o detalhamento e densidade da rede de drenagem desta bacia também foram feitos manualmente, seguindo a mesma metodologia da delimitação, pois a densidade de drenagem é um indicador do grau de desenvolvimento do sistema fluvial, por isso é importante que seu mapeamento seja feito de forma detalhada (Machado *et al.*, 2023).

O segundo passo foi a interpretação de todos os dados obtidos na fase de organização e inventário, onde foram observados a interação entre os componentes naturais, sociais e econômicos e segundo a interpretação obtida foi realizada a delimitação de unidades geoecológicas na BHRG para facilitar a determinação da estrutura espacial e dinâmica.

As Unidades Geoecológicas (UG) foram delimitadas a partir da interação das unidades geomorfológicas, com a cobertura vegetal e o uso antrópico previamente destinado a estas unidades geomorfológicas, constituindo assim, seguindo-se a metodologia de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022).

O funcionamento e evolução da paisagem da BHRG foram obtidos através do mapeamento dessas unidades geoecológicas, utilizando análises integradas dos dados referentes aos aspectos físicos, socioeconômicos e as características decorrentes do uso e cobertura da terra, a partir das análises dos mapas temáticos.

As análises tiveram como objetivo esclarecer a organização da paisagem (geossistema) e de qual maneira esta funciona e as comparações realizadas acerca da estrutura da paisagem foram feitas a partir da associação do mapa de UG. Pôde-se, enfim, caracterizar, delimitar e visualizar os componentes da paisagem da área de estudo.

Diagnóstico da situação geoecológica da Bacia

Na fase de diagnóstico foi realizado a interpretação da configuração geoambiental e Unidades Geoecológicas nas fases anteriores, descrevendo os principais problemas e potencialidades em Santo Amaro do Maranhão. Para a elaboração do diagnóstico da área, foram tomadas como base fundamental as unidades geoecológicas, identificadas, caracterizadas e delimitadas na fase de campo e análise.

O objetivo do diagnóstico pauta-se em esclarecer o estado em que se encontram as paisagens como resultado do uso e exploração de seus recursos e serviços ambientais. Para

determinação do diagnóstico foram realizadas a avaliação do estado geoecológico das paisagens e a determinação da degradação e situação ambiental das paisagens, identificando os principais problemas ambientais registrados na área pesquisada que pode ser utilizado para fins de planejamento ambiental.

Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022) revelam que os processos geoecológicos naturais como erosão, deflação, perda da biodiversidade, degradação do solo etc e entre os processos geoecológicos de interação (formados pela influência decisiva da ação antrópica) como contaminação (do solo, atmosférica e da água), alteração dos recursos hídricos etc.

No presente estudo para a determinação da situação geoecológica da paisagem da BHRG foi utilizado duas classes de impacto: Natural (erosão, deflação, perca da biodiversidade, redução do nível de água subterrânea, laterização, inundações, salinização, etc) e de Interação (contaminação do solo, água, atmosfera, alteração dos recursos hídricos, perda da qualidade visual da paisagem, degradação da vegetação dos solos e pastos).

A partir da análise dessas classes em campo foi considerado a situação geoecológica de cada unidade da paisagem, determinada pelo nível de impacto observado e categorizado de acordo com a metodologia determinada por Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022), considerando-se nesta pesquisa os seguintes parâmetros:

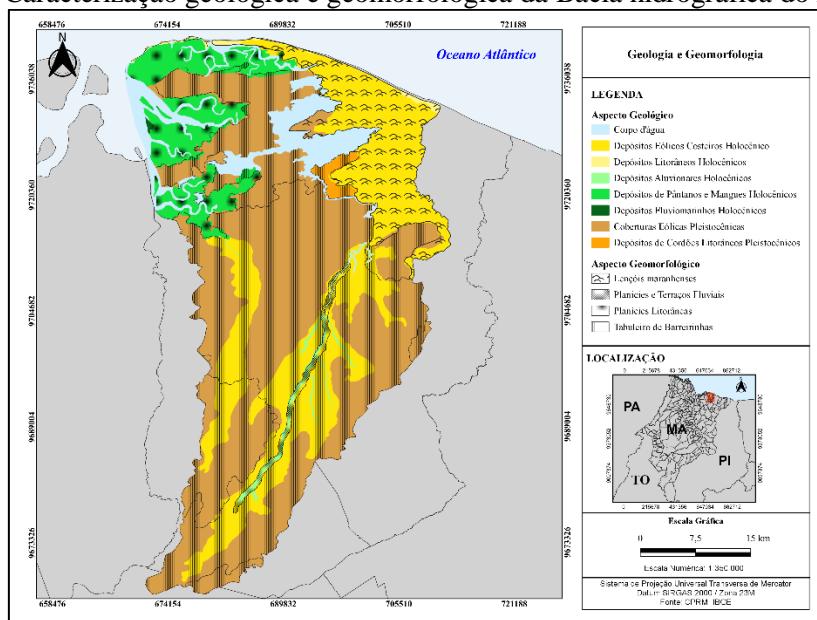
- Estável ou não alterado: conserva-se a estrutura original, não havendo problemas ambientais significativos que deteriorem a paisagem, uma vez que o nível dos processos geoecológicos tem um caráter natural.
- Medianamente estável (sustentável): refletem poucas mudanças na estrutura, incidindo alguns problemas de intensidade leve a moderada, que não alteram o potencial natural e a integridade do geossistema.
- Instável (insustentável): fortes mudanças da estrutura espacial e funcional, de tal maneira que não consegue cumprir as funções ecológicas, porém parte do geossistema, mesmo assim conserva a integridade, mesmo com um declínio na produtividade e que esta provavelmente se perca no curso de uma geração;
- Crítico: perda parcial da estrutura espacial e funcional com eliminação paulatina das funções ecológicas, manifestando-se um número significativo de problemas ambientais de forte intensidade.
- Muito crítico: perda e alteração generalizada da estrutura espacial e funcional. O geossistema não está em condições de cumprir as funções geoecológicas, no qual foi perdido qualquer potencial de recurso, não sendo adequadas atualmente para nenhum uso humano.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Condicionantes da paisagem

A composição geológica visível na área de estudo, está quantificada em sua maioria no período quaternário, basicamente no Holoceno, composta principalmente por depósitos litorâneos, pântanos, aluvionares e eólicos, este último compõe a área do campo de dunas sobre o tabuleiro e avança sobre a planície fluvial do rio Grande. A formação do tabuleiro predomina-se o aspecto litoestratográfico da formação Barreiras ainda no terciário e coberturas, tornam-se o principal componente formador do tabuleiro, podendo ser observado cordões litorâneos pleistocênicos e depósitos eólicos pleistocênicos (Lima *et al.*, 2024). A base litoestratográfica presente na BHRG e no seu entorno está associada às unidades geomorfológicas como pode-se observar na Figura 2.

Figura 2 - Caracterização geológica e geomorfológica da Bacia hidrográfica do Rio Grande



Fonte: CPRM; IBGE (2022). Dados da pesquisa (2024).

Segundo Vasconcelos *et al.* (2004); Gastão e Maia (2010) na costa leste maranhense os depósitos sedimentares quaternários sobrepõe-se a sul à Formação Itapecuru, datado em idade cretácea e a leste à Formação Barreiras, atribuídas ao Neógeno e à Bacia sedimentar de Barreirinhas, da qual teve a evolução tectônica apresentando reflexos em reativações neotectônicas durante o quaternário.

Geologicamente, a bacia sedimentar Cretácea de Barreirinhas, conta com a presença de duas unidades estratigráficas bem definidas: a formação Barreiras e os Depósitos Aluvionares.

Na porção leste da cidade são encontrados correspondentes a depósitos eólicos a porção a leste da cidade de Barreirinhas corresponderia a depósitos eólicos, sem morfologia preservada, do Pós-Barreiras, mais antigos que os depósitos com feições eólicas preservadas no sudeste da área como pertencem a Formação Barreiras (Almeida-Filho *et al.*, 2009; Gastão; Maia, 2010).

Os depósitos quartzosos litorâneos marinhos e eólicos estão presentes por toda a extensão da costa, são preenchidos por sedimentos compostos por areias quatzosas finas e muito finas, modeladas pela ação eólica. O campo de dunas ativas do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses (PNLM) é formado por esse depósito litorâneos e com ação eólica, resultado de um processo de sedimentação ocorrido no quaternário, estabilizados uma grande área de dunas ativas (dunas móveis) e um campo de paleodunas circundantes com sua formação advinda a partir da formação barreiras, no qual os eventos de tectônica sedimentar ocorridos no plio-pleistoceno (Suguio, 2017).

As unidades geomorfológicas associadas a formação geológica presente na BHRG podemos observar a planície fluvial do rio Grande, a planície litorânea e o tabuleiro de Barreirinhas (Figura 2). As planícies fluviais e terraços fluviais associadas principalmente aos depósitos aluvionares, formados por depósitos do rio principal (rio Grande).

As planícies fluviais são formadas pela ação das águas doces confinadas nos canais dos rios e por fluxos contínuos, descontínuos e intermitentes, a planície fluvial pode ser caracterizada como área formada pela planície de inundação, terraços, encostas, podendo aparecer diques marginais (Magalhães Jr; Barros, 2020).

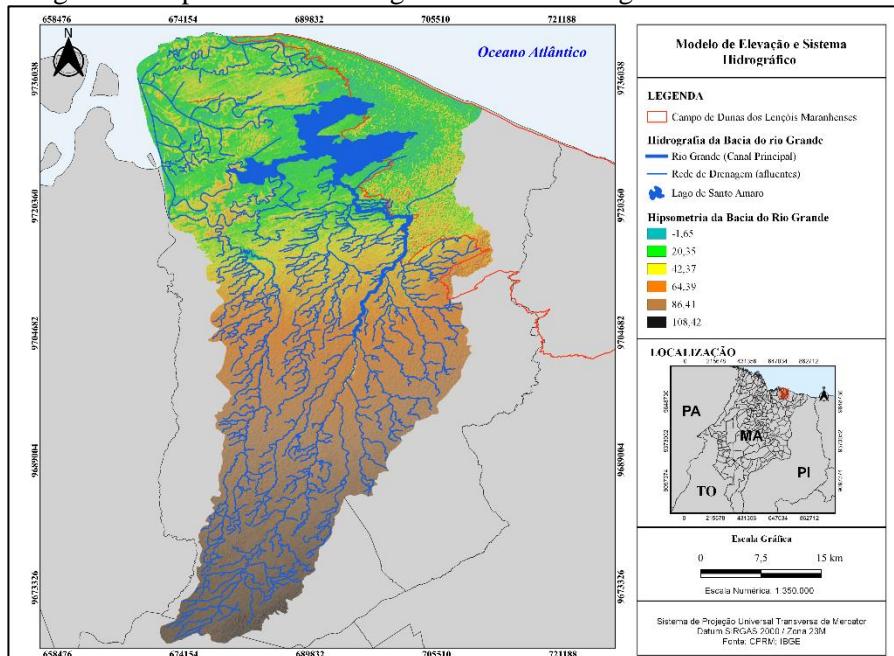
Enquanto a planície litorânea encontrada na BHRG é modelada por agentes e processos marinhos e fluviomarinhos que dão origem às praias, mangues, vasas, pântanos, apicuns e lagunas, essas características são visíveis em todo o litoral oriental do Maranhão.

O Tabuleiro de Barreirinhas (Tabuleiro litorâneo) presente na área de estudo constitui a maior unidade litoestratigráfica da BHRN. Esse tabuleiro possui grande parte sustentada por rochas sedimentares pouco litificadas do Grupo Barreiras, abrangendo diversificado conjunto de padrões de relevo deposicionais de origem eólica e representa a mais extensa área de sedimentação eólica de idade quaternária no Brasil. Geralmente sustentados por rochas sedimentares com pouca litificação e caracterizados por formas de relevo tabular com extensos topos planos, com predominância de processos de pedogênese e formação de solos espessos, bem drenados e com pouca tendência a processos erosivos. Este cenário foi propício a formação dos imensos campos de dunas situados em grande parte acima deste tabuleiro e se estendem por 50 a 120 km para o interior (Soares; Santos; Szlafsztein, 2020).

As modificações progressivas durante o período Pleistoceno-Holoceno recente foram influenciadas pelas flutuações do nível do mar, no qual podem ser também encontradas paleodunas a uma distância de aproximadamente 160km da costa com deslocamento preferencial NE/SW e áreas de vegetação bem desenvolvida que atenuam o impacto do vento e o fluxo de sedimentos (Gorayeb *et al.*, 2020).

A BHRG, seu rio principal nasce entre 84 e 100m de altitude, com a junção do rio Alegre e Rio das pedras, suas drenagens são internas e não possuem escoamento até o mar, desembocando no Lago de Santo Amaro. O rio Grande possui como afluentes o rio Queixada, rio Alegre, rio das Pedras, rio Bacabinha entre outros, representados na Figura 3.

Figura 3 - Hipsometria e drenagem da Bacia hidrográfica do Rio Grande



Fonte: CPRM; IBGE (2022). Dados da pesquisa (2024).

Na BHRG, o terreno possui características distintas, no qual no baixo curso da bacia, o relevo apresenta baixa declividade, com características hídricas bastante heterogêneas e drenagem de canais efêmeros e intermitentes devido à tipologia sedimentar porosa (areia), no médio e alto curso do rio Grande. Nas áreas úmidas adjacentes ao Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, os canais de drenagem de médio porte são principalmente perenes, com vales rasos de drenagem interdunares (Machado *et al.*, 2023).

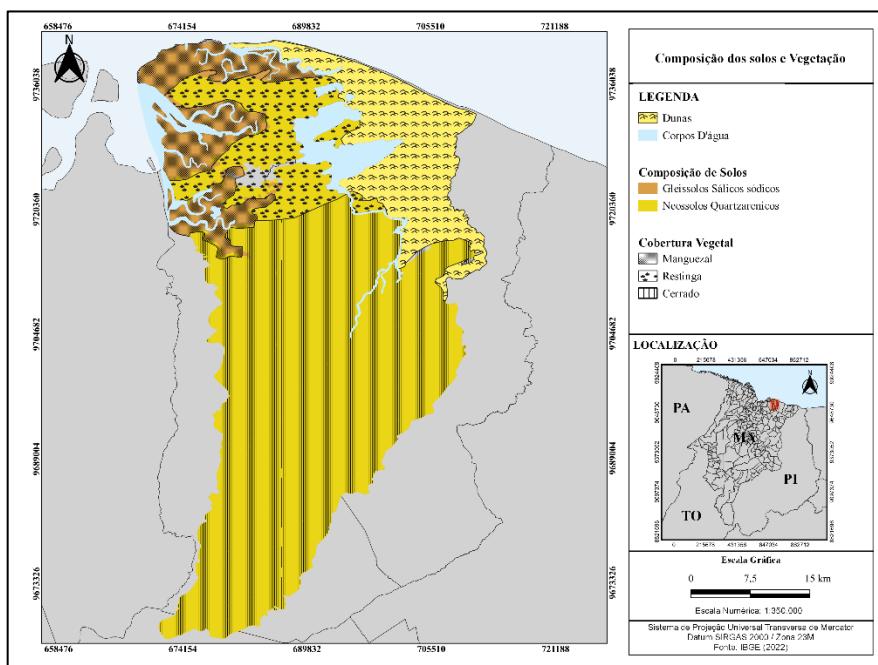
A Pluviometria dessa bacia, nos últimos 40 anos variou entre 421.000 mm e 543.000 mm entre os anos de 1981 – 2023, de acordo com os dados do TerraClimate. Pode-se observar que as áreas de nascentes dos rios principais das bacias hidrográficas, a pluviosidade foi mais

intensa e na área do campo de dunas do parque, diminuiu. Entretanto, pode ser considerada uma área com bastante humidade, fugindo totalmente da característica de deserto, apesar da aparência arenosa.

Segundo o Inmet (2020), a precipitação média anual na região é de 2.000 mm, sendo que os dois períodos distintos são uma estação chuvosa, que normalmente ocorre entre janeiro e junho, e uma estação seca entre agosto e dezembro.

As classes de solo encontradas na BHRG são os Neossolos Quartzarênicos que compõe a maior parte da área de estudo e Gleissolos sálicos sódicos na área das planícies litorâneas, estando amplamente vinculados ao tipo de cobertura vegetal, como pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 - Composição dos solos e cobertura vegetal da Bacia hidrográfica do Rio Grande.



Fonte: IBGE (2022). Dados da pesquisa (2024).

O Neossolo Quartzarênico Órtico, ocorre em relevo plano ou suave ondulado, apresentando textura arenosa ao longo do perfil e cor amarela uniforme abaixo do horizonte A, que é ligeiramente escuro. Pelo relevo característico não há uma ocorrência muito alta de processos erosivos devido à textura ser essencialmente arenosa. Segundo a Santos (2018) neste tipo de solo não pode ser considerado sensato o desenvolvimento de qualquer atividade agrícola. Por serem áreas muito arenosas e de fácil mobilização de sedimentos, é salutar que sejam destinadas à proteção ambiental, porém como se trata do perfil órtico não apresentam restrição ao uso e manejo.

O campo de dunas do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses formou-se inicialmente acima deste tipo de solo, sendo resultado de um processo de sedimentação ocorrido no quaternário, estabilizados uma grande área de dunas ativas (dunas móveis) e um campo de paleodunas circundantes com sua formação advinda a partir da formação barreiras, no qual os eventos de tectônica sedimentar ocorridos no plio-pleistoceno; que ocasionaram o soerguimento da faixa litorânea e consequentemente a modelagem da rede de drenagem e erosão da Formação Barreiras, bem como o aprofundamento dos vales e mais recentemente, no período Quaternário, os eventos de transgressão marinha e o aporte de sedimento para a formação de dunas; são os responsáveis pela formação do atual cenário da zona costeira da região (Gastão; Maia, 2010).

A cobertura vegetal para esse solo na área de estudo é o Cerrado, sendo definido paisagisticamente de várias formas fitogeográficas, variando dos campos limpos (vegetação herbácea) até o cerradão (porte florestal). Nas formas savânicas, expõem-se num arranjo de campo sujo, campo cerrado, cerrado sensu stricto, que representam incontestáveis ecótonos nas suas formas vegetacionais (IMESC, 2021).

Outra composição de vegetação presente em Neossolos Quartzarênicos órticos no tabuleiro e acima de áreas paleodunares em áreas que sofrem influência marinha, são as restingas, denominada restinga arbustiva, que ocorre em baixas densidades em forma de arbustos dispersos devido ao baixo teor de umidade do solo e baixa disponibilidade de nutrientes, possuindo espécies como *Humiria balsamifera* (“umiri”) e *Byrsonima* sp (“murici”) ocorrem nesta região (Amaral *et al.*, 2019).

A cobertura vegetal acima dos Gleissolos sálicos sódicos a noroeste da bacia, são os manguezais, esta tipologia de solo possui cobertura vegetal de influência fluvio-marinha, caracterizada como manguezais. Esta vegetação está localizada na planície litorânea principalmente no rio da Baleia e uma pequena parte na foz do rio Alegre, localizados na BHRG, entre a área de campos de dunas dos lençóis maranhenses e as paleodunas cobertas por restingas.

Na BHRG pode-se encontrar formas de ocupação e uso da terra com potencial para modificação da paisagem, uma vez que, ao modificar a superfície da terra insere-se um novo condicionante paisagístico que auxilia na composição das unidades geoecológicas (Figura 5).

Ao norte da BHRG tem-se a vasta área pertencente a Unidade de Conservação de proteção Integral, que é o Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, prezando a integridade de sua conservação, conforme a delimitação cartográfica instituída por esferas federais e

estaduais, tanto em ambientes florestais quanto em ambientes campestres dos quais independem dos tipos de fitofisionomias presentes, bem como em ambientes costeiros (ICMBIO, 2018).

Outro destaque na área da bacia é a área urbana que compreende as sedes dos municípios de Santo Amaro do Maranhão e Primeira Cruz define como área de uso intensivo, estruturada por edificações e sistemas viários, com a predominância de superfícies artificiais não agrícolas, entre as sedes podemos encontrar as áreas urbanizadas mais extrativismo vegetal, no qualdefinem-se as áreas não localizadas no perímetro urbano municipal. Segundo o IMESC (2021) quanto mais distantes do núcleo urbanizado maior a presença de áreas de cultivo. Assim, nesta classe de uso estão presentes: as comunidades rurais, os povoados, os assentamentos rurais (federal e/ou estadual) e as comunidades quilombolas.

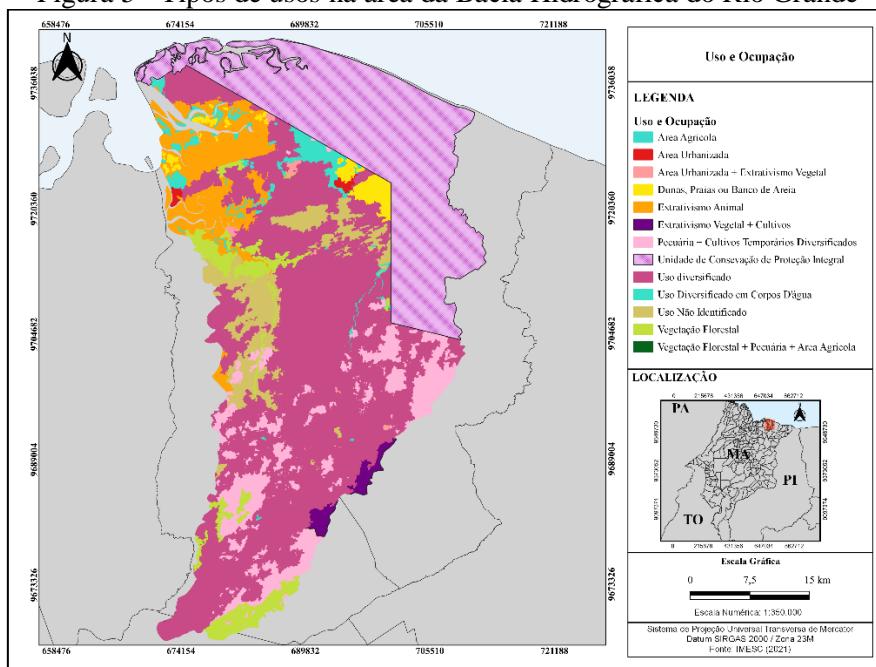
A área da bacia que corresponde ao Tabuleiro de Barreirinhas prevalece os usos diversificados, totalizando a maior parte de acordo com o IMESC (2021) o uso diversificado em área campestre, compreendido pela tipologia de ocupação e de uso do solo diversificado, com atividade rural consolidada incluindo em alguns casos pequenos núcleos reconhecidos como agrovilas que apresenta diversificação de sistemas de produção que inclui: agroindustriais, atividades agrosilvipastoris, extrativismo, turismo rural e de subsistência em pequenas áreas com baixo nível tecnológico de produção e investimento e exploração vegetal.

Outros tipos de uso diversificado, corresponde às áreas descobertas que apresentam mais de três usos e estão em áreas próximas de usos consolidados e uso diversificado em corpo d'água continental que compreende à diversificação de atividades em corpo d'água continental tanto para uso consuntivo quanto para uso não consuntivo.

Nas áreas de manguezais identificamos extrativismo animal (atividades de pesca e coleta de caranguejos), ao leste e sul da BHRG há variadas tipologias de ocupação como cultivos temporários diversificados, pecuária mais extrativismo vegetal que caracteriza-se pela multiplicidade de usos da terra envolvendo diversos tipos de atividades agropecuárias, com predominância de cultivos temporários com a presença da pecuária de diversos portes e extrativismo vegetal, geralmente ocorrendo em pequenas propriedades rurais de produção familiar, cultivos permanentes diversificados que consiste na multiplicidade de uso agrícola

Todas as classes de uso e ocupação da terra no limite da Bacia Hidrográfica do Rio Grande pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 - Tipos de usos na área da Bacia Hidrográfica do Rio Grande



Fonte: IMESC (2021). Dados da pesquisa (2024).

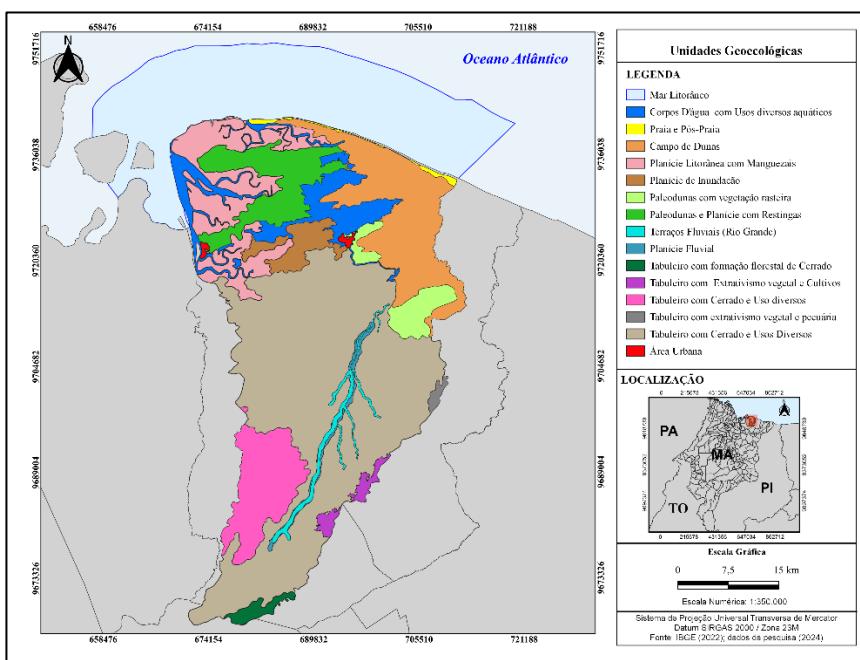
Todos os elementos que compõe os geossistemas da BHRG integraram-se permitindo a análise paisagística de maneira a compor paisagens únicas, uma vez associadas a ação antrópica que pode potencialmente modificar a paisagem em determinada unidade.

A partir da análise da interação entre os elementos da paisagem dentro do enfoque geossistêmico, elaborou-se o zoneamento geoecológico, demonstrado através das unidades geoecológicas da área de estudo.

Diagnóstico ambiental das unidades geoecológicas

As UG's identificadas na BHRG foram o mar litorâneo, Praia e pós praia, Campo de Dunas, Corpos d'água continental, Planície litorânea com manguezais, Planície de inundação, Paleodunas com vegetação rasteira, Planície com paleodunas e vegetação de restinga, Terraços fluviais, Tabuleiro com formação florestal de cerrado, Tabuleiro com extrativismo vegetal e cultivos, Tabuleiro com Cerrado e usos diversos, Tabuleiro com extrativismo vegetal e pecuária e Área urbanizada (Figura 6).

Figura 6 - Unidades geoecológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Grande



Fonte: IBGE (2022); Dados da pesquisa (2024).

A UG mar litorâneo foi pré-determinada no plano de manejo do Parque nacional dos Lençóis Maranhenses, sendo medida toda a área oceânica que exerce influência na costa do litoral oriental do Maranhão. Na área correspondente a planície litorânea foi dividida em três UG's, Praia e pós-praia, Campo de dunas e planície recoberta com manguezais (fluviomarinha). A planície Litorânea na área da BHRG inicia sua formação no rio da Baleia, componente da Bacia do rio Grande, a partir de processos combinatórios entre os agentes fluviais e marinhos, caracterizando-se por feições de acumulação, com formas de relevo plano, constituída por trechos de um rio que estão sujeitos às variações decorrentes de maré, denominando-se estuários.

A UG planície de inundação, localiza-se entre o rio Alegre e o Lago do Santo Amaro no qual desagua o rio Grande, sendo recoberta por restingas e faz interface com a planície fluviomarinha, em época chuvosa, é uma área sujeita a inundações pelos rios Alegre e Grande, e que recebe certa salinidade advinda dos fluxos de marés. Devido as suas características não possui ocupação, apenas algumas atividades de uso diversificado em área campestre e aquática.

A unidade Planície e Terraço fluvial localizada no vale do rio Grande, formada a partir das antigas planícies de inundação que foram abandonadas, constituindo a forma mais comum de sedimentação fluvial, encontrada ao longo do canal principal do Rio Grande. Nessa UG se insere os elementos morfológicos do vale internamente, em direção ao canal fluvial, limitando-

se por uma escarpa. Do lado externo, por uma topografia mais elevada, representada por escarpas de terraços mais altos ou pela vertente do vale.

As UG's Paleodunas com vegetação rasteira, Planície com paleodunas e vegetação de restinga são recobertos por vegetação de influência marinha ao leste e oeste do Lago de Santo Amaro, essa unidade faz interface com o campo de dunas, planície fluvio-marinha e planície de inundação, estando localizadas sete comunidades nesta unidade, incluindo a comunidade de Travosa que possui um grande potencial turístico. A cidade de Santo Amaro do Maranhão, está situada nesta unidade geoecológica, inclusive com grande fluxo de atividades turísticas, pois funciona como um portal para o Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses e a cada ano vem crescendo em população e especulação imobiliária.

A unidade Tabuleiro recoberto por Cerrado e Usos em Área Campestre, é considerado a área que apresenta características paisagística em áreas de cobertura vegetal de estrato herbáceo ou arbustivo, com atividade rural consolidada incluindo em alguns casos pequenos núcleos reconhecidos como agrovilas que apresenta diversificação de sistemas de produção como atividades agrosilvopastoris, extrativismo, turismo rural entre outros. Enquanto a UG de Tabuleiro recoberto por Cerrado e Usos Diversos, constitui a maior UG da área de estudo apresentando ocupações pontuais com poucas residências, pequenos povoados e a maior parte das comunidades tradicionais, totalizando treze, no qual fazem um uso diversificado entre pecuária e cultivos em propriedade familiar no contexto atual. A vegetação representada por espécies arbustivas e arbóreas em áreas mais dispersas e em outras mais conservadas dentro do espectro do cerrado maranhense.

A UG Tabuleiro com Formação Florestal de Cerrado, fica no extremo sul da BHRG e corresponde a parte do tabuleiro que é recoberta por cerradão e matas, localiza-se na área com grandes quantidades e nascente de rios afluentes do rio Grande. As últimas UG's no tabuleiro são tabuleiro com extrativismo vegetal e cultivo, tabuleiro com extrativismo vegetal e pecuária e o tabuleiro com cerrado e uso diverso em área campestre. Estas UG's se assemelham por ainda estarem recoberta com cerrados, porém com atividades de coletas ou agricultura familiar, assim como criação extensiva ou semi-intensiva de animais de pequeno porte.

Para realizar o planejamento ambiental de determinada área de estudo, inicialmente deve-se ter um diagnóstico sobre a situação atual da paisagem e se ainda conservam sua capacidade de funcionamento ou se perderam sua capacidade de autorregulação. Na BHRG pode-se perceber que as UG's ainda mantêm sua capacidade de funcionamento, apesar de algumas intervenções antrópicas (Quadro 1).

Quadro 1 - Diagnóstico ambiental das unidades geoecológicas das paisagens da Bacia Hidrográfica do Rio Grande

Unidade geoecológica da paisagem	Tipo de paisagem	Situação geoecológica da paisagem	Descrição do estado
Mar Litorâneo	Marinha Litorânea	Estável	Ausência de atividades antrópicas
Praia e Pós-praia		Estável	Ausência de atividades antrópicas
Campo de dunas		Estável	Atividades de turismo
Planície litorânea com Manguezais		Estável	Presença de comunidade tradicional
Planície Fluviomarinha		Estável	Ausência de atividades antrópicas
Planície com Paleodunas e Restingas		Estável	Poucas atividades antrópicas
Planície e terraços Fluviais	Fluvial	Estável	Poucas atividades antrópicas
Planície de inundação		Estável	Poucas atividades antrópicas
Paleodunas com vegetação rasteira	Continental	Estável	Presença de comunidades tradicionais
Tabuleiro com Cerrado e usos diversos (Medianamente estável	Uso antrópico para atividades agropecuárias
Tabuleiro com extrativismo vegetal		Medianamente estável	Uso antrópico para atividades agropecuárias
Tabuleiro com formação Florestal		Estável	Ausência de atividades antrópicas
Área Urbana		Instável	Atividades e predominância de superfícies artificiais não agrícolas

Fonte: Autoria própria (2024).

As paisagens marinhas e litorâneas podem ser consideradas em situação estável, devido a pouca alteração no fluxo dinâmico dessas UG's, no qual a maioria possuem ausência ou pouca atividade antrópica, com exceção de áreas pontuais na UG Campo de Dunas do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, onde há considerável ação antrópica voltada ao turismo, principalmente na área das lagoas. Essa UG possui a tendência de modificação devido a intensa ação de ventos sobre as dunas móveis (natural), podendo ser acelerado o transporte com a ação antrópica (interação). Entretanto em áreas do campo de dunas pode ser considerado medianamente estável, pois a intensa ação turística ocorre só em determinada época do ano, considerando-se então atividades de baixo risco para o fluxo dinâmico da paisagem.

A paisagem fluvial na área de estudo é considerada estável principalmente devido as suas características do relevo e a possibilidade de inundação em períodos chuvosos, podendo apenas ser utilizado para alguma finalidade agrícola, mas que não interfere nos serviços ecossistêmicos ou a dinâmica agroambiental destas unidades.

Em contra partida, a paisagem continental pode ser considerada medianamente estável por interação, com exceção da UG Tabuleiro com formação Florestal, considerada estável por apresentar características ambientais com a composição original. As demais unidades do tabuleiro possuem atividades que podem potencialmente interferir no estado funcional dessas unidades, devido as atividades agropecuárias e cultivos diversificados, uma vez que a forma de cultivo é a roça de toco, que realiza queimadas para a limpeza da área. Entretanto, até os momentos atuais não foram constatadas grandes alterações na paisagem de forma que comprometa sua manutenção, devido a este fato, são consideradas apenas medianamente estável.

Foi observado a classificação de “instável” apenas na UG área urbana que corresponde as sedes de Santo Amaro e Primeira Cruz, significando que essas já possuem alterações no funcionamento e equilíbrio do sistema, apesar de ainda não o comprometer totalmente. Em relação a unidade de conservação presente no município ainda é preciso considerar as ações modificadoras ocorridas no entorno da zona de amortecimento, tendo em vista as atividades que ocorrem no entorno têm influência direta na dinâmica e modificação dos aspectos naturais e sociais. O crescimento das cidades de Santo Amaro do Maranhão e Primeira Cruz, que avança para o entorno desses núcleos urbanos, ocorre devido intenso crescimento de especulação imobiliária voltada ao turismo, entretanto as atividades desenvolvidas nas sedes ainda não são consideradas conflitantes por não estarem alocadas dentro da zona de amortecimento do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses e devido ao fato de conseguir licenciamento para as construções, entretanto esta atividade pode ocasionar interrupção da dinâmica geoambiental podendo afetar a unidade de conservação.

Segundo o ICMbio (2018), a implantação do Pólo Ecoturístico dos Lençóis Maranhenses tem gerado especulação imobiliária na região do parque e na área de amortecimento, com tendências de expansão turística e construção de casas de veraneio e complexos turísticos em zonas de criticidade ambiental constituídas por dunas, praias e restingas, com expropriação da população nativa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O equilíbrio de uma paisagem é dependente da realização das suas funcionalidades e relação direta entre a interação dos elementos que o constitui, como a geologia, geomorfologia, solos, cobertura vegetal, hidrografia e condições climáticas e atualmente outro elemento determinante nesta relação são os fatores antrópicos, como o uso e ocupação. Estas bases são

fundamentais para a elaboração de propostas de planejamento ambiental, respeitando o funcionamento e manutenção de cada sistema ecológico e sociocultural.

Na BHRG as unidades geoecológicas ainda mantém seu valor específico para o equilíbrio e funcionamento do sistema, entretanto é necessário a elaboração de propostas para a diminuição dos efeitos das pressões antrópicas sobre essas unidades, visando a melhoria das ações de desenvolvimento regional e local de forma participativa, principalmente tratando-se da especulação imobiliária, turismo e atividades agropecuárias, que se demonstraram grandes potencialidades da área de estudo, devendo ser regulados por meio da aplicação das estratégias de gestão, que abrange a qualidade ambiental, aliada a qualidade de vida e atividades humanas.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. Contribuição à geomorfologia do Estado do Maranhão. **Notícia Geomorfológica**. Campinas, v. 3, n.5, p. 35-45, abr. 1960.
- AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil:** potencialidades paisagísticas. 7. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2012, p. 159.
- ALMEIDA-FILHO, R.; ROSSETTI, D.; MIRANDA, F. P.; FERREIRA, F. J. F.; SILVA, C.; BEISL, C. H. Quaternary reactivation of a basement structure in the Barreirinhas Basin, Brazilian Equatorial Margin. **Quaternary Research**, v. 72, p. 103-110, 2009.
- ALVES, J. E. D. População, desenvolvimento e sustentabilidade: perspectivas para a CIPD pós-2014. **Revista Brasileira de Estudos de População**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 1, p. 219-230, jan./jun. 2019.
- BRASIL. **Lei n.º 9.985, de 18 de julho de 2000.** Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF. 19 jul. 2000. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 28 jun. 2023.
- BRASIL, G. V. D. S. BEZERRA, D. D. S. JANSEN, T. R. S. SILVA, T. D. D. MENDES, K. C. (2017). Análise da evolução legal da proteção dos recursos hídricos no estado do Maranhão. **Revista Uningá**, [S.I.], v. 51, n. 3, 2017.
- FEITOSA, A. C. Relevo do Estado do Maranhão: uma nova proposta de classificação topomorfológica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6.; REGIONAL CONFERENCE ON GEOMORPHOLOGY. 2006, Goiânia. **Anais** [...]. Goiânia, Go: UFG, 2006. p. 1-11.
- GASTÃO, F. G. C.; MAIA, L. P. O uso de dados da missão SRTM e sedimentológicos nos estudos de geomorfologia e padrões de drenagem na região dos Lençóis Maranhenses. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S.I.], v. 62, n. 2, 2011. DOI: 10.14393/rbcv62n2-43676.

Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43676>. Acesso em: 29 dez. 2024.

GORAYEB, A.; SILVA, E. V. da.; SOARES, L. S.; CARVALHO, R.G. de; RABELO, F. D. B.; LANDIM NETO, F. O.; FARIAS, J. F.; SOPCHAKI, C. H. Planning and Management of the Estuarine Zones of the Coastal Regions of Northern-Northeastern Brazil: An Approach Based on Landscape Geoecology. **Journal of Coastal Research**, [S.l.], v. 95, p. 814-818, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. @Cidades, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 23 mar. 2024.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBIO. **Unidades de Conservação**, 2018. Disponível em: www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/unidades-de-conservacao/biomas-brasileiros.html. Acesso em: 09 mar. 2024.

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS - IMESC. **Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico-Econômico do Maranhão (ZEE-MA)**: meio físico-biótico – etapa Bioma Cerrado e Sistema Costeiro. 2. ed. v.1. São Luís: IMESC, 2021.

JESUS, V. C.; BARRETO, H. N. Padrão de Drenagem, um Resgate Conceitual como Subsídio à Classificação da Bacia do Rio Preguiças–MA. **Ciência Geográfica**, Bauru, v. 25, n. 4, 2021.

LIMA, C. G.; FRANÇA, D. V. B.; SILVA, Q. D. da; SANTANA, R. G.; MACIEL, D. S. Mapeamento dos níveis taxonômicos das unidades de relevo na Bacia Hidrográfica do Rio Pimenta, Ilha do Maranhão–MA (Brasil). **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, [S.l.], v. 5, n. 1, 2024.

MACHADO, A. M. B.; SILVA, E. V.; SOARES, L. S.; BANDEIRA, A. M.; CASTRO, A. C. L.; BORGES, J. O.; SERRA, L. A.; SOARES, L. A.; SANTIAGO, D. R. Geo-environmental Analysis of Watersheds on the Eastern Coast of the State of Maranhão, Brazil and Interface with Lençóis Maranhenses National Park. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v. 16, n. 01, p. 227-250, 2023.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. DE PAULA; BARROS, L. F. B. **Hidrogeomorfologia**: formas, processos e registros sedimentares fluviais. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020.

NASH, R. F. **Wilderness and the American Mind**, 5 ed. New Haven: Yale University Press, 2014.

PINTO, R. S.; REGO, M. M. C.; ALBUQUERQUE, P. M. C. Honey pollen spectra of two species of stingless bee (Apidae: Meliponini) in Lençóis Maranhenses National Park, Brazil. **Grana**, [S.l.], v. 60, n. 3, p. 217-230, 2020.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. D.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das Paisagens**: uma visão geossistêmica da análise ambiental. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2022.

SANTOS, J. H. S.; SILVA, J. X. Datação e evolução dos campos de dunas eólicas inativas dos Lençóis Maranhenses. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13., 2009, Viçosa-MG. **Anais** [...], Viçosa-MG, 2009, v. 1. p. 1-17.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SOARES, I. G.; SANTOS, L. C. A.; SZLAFSZTEIN, C. F. Aspectos fisiográficos da bacia hidrográfica do Rio Preto-MA: uma ferramenta para a gestão ambiental. **Ciência Geográfica**, v. 24, n. 3, p. 1105-1128, 2020.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: Oficina de textos, 2017.

VASCONCELOS, A. M.; VEIGA JÚNIOR, J.; COLARES, J. Q. S.; RIBEIRO, J. A. P.; GOMES, I. P.; MEDEIROS, M. F.; FORGIARINI, L. L., Folha SA.23-São Luís. In: SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J. H.; SANTOS, J. O. S.; ABRAM, M. B.; LEÃO NETO, R.; MATOS, G. M. M.; VIDOTTI, R. M.; RAMOS, M. A. B.; JESUS, J.D.A. (ed.). Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas. **Programa Geologia do Brasil**. CPRM, Brasília. CD-ROM, 2004.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao financiamento da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP: Bolsa de Formação Acadêmica - Doutorado.

O QUE É GEOECOLOGIA DAS PAISAGENS?

Maria Rita VIDAL

Professora da Faculdade de Geografia, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará,
Marabá, Pará, Brasil

E-mail: ritavidal@unifesspa.edu.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3392-3624>

*Recebido
Julho de 2024*

*Aceito
Dezembro de 2024*

*Publicado
Janeiro de 2025*

Resumo: Estudar a dinâmica e a organização espacial constitui um dos objetivos da Ciência Geográfica utilizando diferentes métodos e variadas concepções teóricas. A Geoecologia da Paisagem constitui um novo olhar para a análise ambiental, sendo uma metalinguagem composta por arcabouço teórico e metodológico assentada na Ciência da Paisagem. A Geoecologia é orientada aos estudos dos geossistemas, dedicando-se aos processos dialético natureza-sociedade. É marcada pela existência em conjunto de duas abordagens – uma espacial (geográfica) e outra funcional (ecológica). Deve-se assumir que a Geoecologia se orienta para o entendimento de cinco enfoques: estruturo-funcional (estrutura e funcionamento); estabilidade/instabilidade das paisagens (dinâmico evolutivo); grau de modificações antropogênica (histórico antropogênico) e, resistência e/ou restabelecimento do seu funcionamento (integrativo). Por ser relativamente nova no Brasil, a geoecologia necessita de um longo caminho para consolidar a aplicação do método e dirimir confusões teóricas e metodológicas. Objetiva-se apresentar uma síntese dos conceitos básicos da Geoecologia pois, apontar direções e caminhos metodológicos para o emprego da geoecologia nos estudos ambientais nos parece um caminho interessante para encurtar os ruídos existentes na aplicação do método.

Palavras-chave: Geoecologia; paisagem; sistemas ambientais.

WHAT IS LANDSCAPE GEOECOLOGY?

Abstract: Studying the dynamics and spacial organization constitutes one of the objectives of Geographic Science using different methods and varied theoretical conceptions. Landscape Geoecology constitutes a new perspective on environmental analysis, being a metalanguage composed of a theoretical and methodological framework based on Landscape Science.

Geoecology is oriented towards the study of geosystems, dedicating itself to nature-society dialectical processes. It is marked by the joint existence of two approaches – one spatial (geographic) and the other functional (ecological). It must be assumed that Geoecology is oriented towards understanding five approaches: structural – funcional (structure and functioning); stability/instability of landscape (evolutionary dynamics); degree of anthropogenic modifications (anthropogenic history) and, resistance and/or reestablishment of its functioning (integrative). As it is relatively new in Brazil, geoecology needs a long way to consolidate the application of the method and resolve theoretical and methodological confusion. The aim is to present a synthesis of the basic concepts of Geoecology, as pointing out directions and methodological paths for the use of geoecology in environmental studies seems to us to be an interesting way to reduce the existing noise in the application of the method.

Keywords: Geoecology; landscape; environmental systems.

¿QUÉ ES LA GEOECOLOGÍA DEL PAISAJE?

Abstract: Estudiar la dinámica y organización espacial constituye uno de los objetivos de la Ciencia Geográfica utilizando diferentes métodos y variadas concepciones teóricas. La Geoecología del Paisaje constituye una nueva perspectiva del análisis ambiental, siendo un metalenguaje compuesto por un marco teórico y metodológico basado en la Ciencia del Paisaje. La geoecología se orienta al estudio de los geosistemas, dedicándose a los procesos dialécticos naturaleza-sociedad. Está marcado por la existencia conjunta de dos enfoques – uno espacial (geográfico) y otro funcional (ecológico). Se debe asumir que la Geoecología se orienta a comprender cinco enfoques: estructural-funcional (estructura y funcionamiento); estabilidad/inestabilidad de paisajes (dinámica evolutiva); grado de modificaciones antropogénicas (historia antropogénica) y, resistencia y/o restablecimiento de su funcionamiento (integrativa). Por ser relativamente nueva en Brasil, la geoecología necesita un largo camino para consolidar la aplicación del método y resolver confusiones teóricas y metodológicas. El objetivo es presentar una síntesis de los conceptos básicos de la Geoecología, ya que señalar direcciones y caminos metodológicos para el uso de la geoecología en los estudios ambientales nos parece una forma interesante de reducir el ruido existente en la aplicación del método.

Palabras claves: Geoecología; paisaje; sistemas ambientales.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento teórico da Geografia Física Complexa como ciência foi estruturado na antiga União Soviética pelos discípulos de Dokuchaev, continuando até os dias atuais. A Geografia Física Complexa considera que o globo é constituído por corpos individuais que atuam como componentes de um sistema complexo (Rodriguez; Silva, 2002). De acordo com Rodriguez (1984), daí derivam dois conceitos básicos: o envoltório geográfico e o complexo territorial natural. O primeiro refere-se a toda a superfície do planeta, e o segundo, às suas unidades inferiores – conceitos que vão embasar a ciência geoecológica.

A Geoecologia ganhou força em seu termo quando foi interpretada como sinônimo de

“ecologia da paisagem” rapidamente, foi disseminada não apenas entre geógrafos, mas, ecólogos, biólogos, e até geólogos. Como resultante, várias publicações apresentam o conteúdo da Geoecologia de maneiras diferentes, o termo "Geoecologia" perdeu seu significado original. Os estudos geoecológicos podem ser analíticos (analisando um fator), complexos (analisando mais de um fator) e sintéticos (avaliação múltipla combinada) com base no grau de integração das informações (Mezosi, 1993).

No Brasil, a geoecologia tem se disseminado de maneira multifacetada na qual pesquisadores atribuem diferentes aplicações, gerando visões distintas da Geoecologia. Devemos enfatizar que problemas teóricos da geoecologia, via de regra, não são discutidos em congressos e raramente são considerados em publicações no Brasil. Isso explica os paradoxos de Geoecologia moderna, descrita por Trofimov (2009) – onde o termo de uso livre e a forma multifacetada de compreensão dos conteúdos da geoecologia é característica das ciências ainda em desenvolvimento.

Geoecologia é uma ciência ambiental, de caráter multidisciplinar e sistêmico, orientada para as questões dos padrões e funções ambientais, formulada pela inter-relação de componentes e elementos naturais (Rodriguez; Silva; Cavalcanti, 2022). Ela concentra sua análise nas mudanças ambientais, respondendo como as paisagens interagem com os processos físicos naturais e as ações humanas.

Um dos conceitos fundamentais da Geoecologia é a explicação da gênese, estrutura, evolução e dinâmica de paisagens como base para sua avaliação, uso e proteção. Deve-se admitir que existe, atualmente, uma excessiva simplificação dos estudos das paisagens na geografia brasileira, limitando-os a uma única dimensão: a dimensão horizontal. No entanto, deve-se tomar como estudo as outras dimensões na ciência geoecológica, sobretudo a dimensão vertical e as relações de fluxos.

GEOGRAFIA E ECOLOGIA: DUAS CIÊNCIAS E UMA INTEGRAÇÃO NO CAMINHO DA GÊNESE DA GEOECOLOGIA DAS PAISAGENS

Sendo a Geoecologia marcada pela existência em conjunto de duas abordagens – uma espacial/corológica (geográfica) e outra funcional (ecológica) –, cabe aqui diferenciar as duas ciências. Aponta-se que a Ecologia da Paisagem não é Geoecologia das Paisagens; ambas são ramos da ciência ambiental com abordagens distintas e, apesar de próximas, divergem para lados diferentes. Já em relação à Geoecologia das Paisagens, há questões mais prementes aos iniciantes na Geoecologia, tais como: O que é Geoecologia? Qual é a diferença entre Ecologia

da Paisagem e Geoecologia das Paisagens?

Tansley, em 1935, introduziu o conceito de ecossistema – ou seja, a visão vertical, o balanço do fluxo de energia e matéria, a busca da síntese em que pudesse considerar o meio físico natural, o ser humano e a sociedade como um conjunto – e, em 1939, por meio do biogeógrafo Carl Troll, surgiu o termo “Ecologia da Paisagem”. Posteriormente, Troll chamou o termo “Ecologia de Paisagem” de “Geoecologia”, descrevendo-a como uma “entidade espacial e visual total do espaço em que o ser humano vive, integrando geosfera, litosfera, hidrosfera, biosfera e noosfera” – ou seja Troll usou o termo Geoecologia para dar uma direção ecológica à ciência da paisagem terrestre. O conteúdo da Geoecologia difere principalmente daquele introduzido por Troll e o termo sofreu variações até chegar à conceituação atual (Baryshev; Shmakova; Yakshina, 2019).

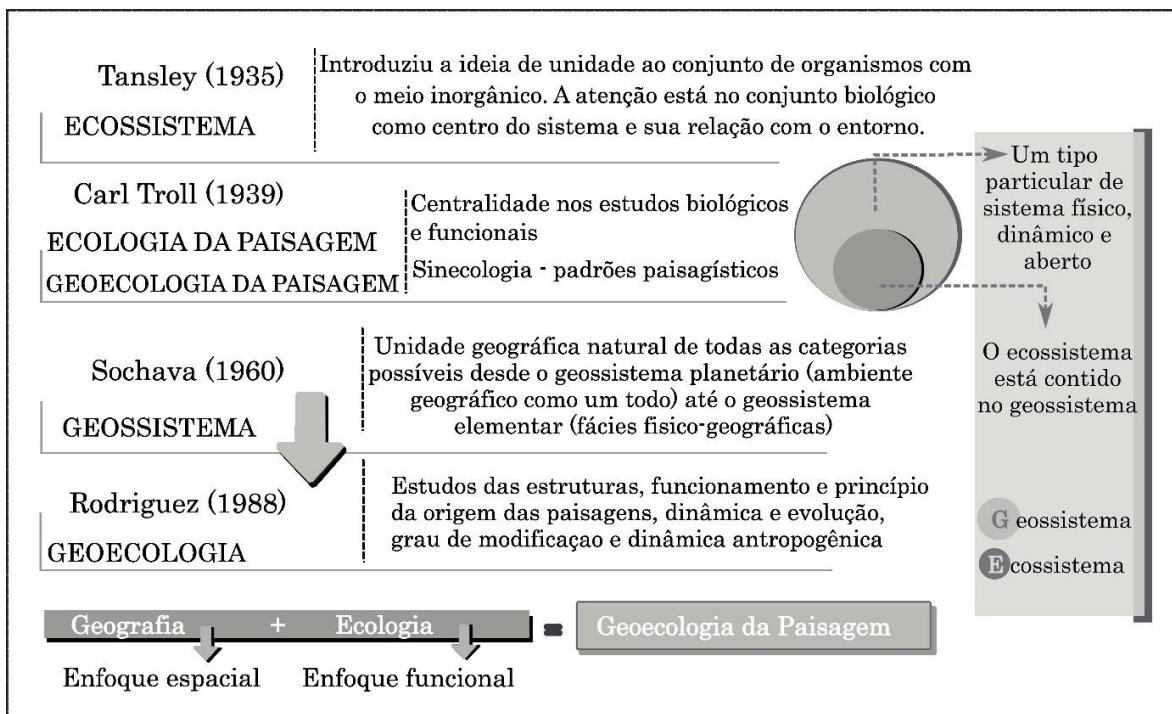
Com forte aplicação voltada para a geologia difundida pelo conceito elaborado por Sochava (1978), a Geoecologia foi ganhando aplicação em quase todas as ciências naturais, perdendo sua clareza de definição e tornando o termo de uso livre (Trofimov, 2009).

O termo “Geoecologia” foi claramente introduzido na literatura russa por Sochava (1963; 1978) que definiu a Geoecologia como uma “ciência que lida com o estado do ambiente geológico e todos os seus componentes, com os processos que nele ocorrem, cuja intensificação pode afetar o estado de outras geosferas da Terra”.

Como visto, Sochava deu um significado de cunho geológico à Geoecologia, mas, também não podemos desconsiderar as relações da gênese da Geoecologia com a tríade ecologia-ecossistema-geossistema advindo da Teoria dos Geossistemas de Sochava (Figura 1).

Sochava (1978) também se debruçou sobre o conceito de ecossistema de Tansley (1935) com o objetivo de pensar as bases da sua Teoria dos Geossistemas. Assim, a Teoria dos Geossistemas de Sochava (1978) é a base teórica e metodológica para as concepções iniciais da Geoecologia que conhecemos atualmente.

Figura 1 – Geografia e Ecologia, duas ciências e uma integração para a Gênese da Geoecologia das Paisagens



Fonte: Organização: A autora (2024).

Pelo emaranhado tronco que envolve pensadores, teorias e conceitos na gênese da Geoecologia, não é de se estranhar que o termo tenha definições bem distintas, o Quadro 1, contém diferentes conceitos da Geoecologia descritas a partir das bases de Trofimov (2009).

Quadro 1 – Distintos conceitos para a Ciência Geoecológica

Autores	Definições da Geoecologia
Troll 1939	Entidade espacial e visual total do espaço em que o ser humano vive, integrando geosfera, litosfera, hidrosfera, biosfera e noosfera.
Sochava 1978	Ciência que lida com o estado do ambiente geológico e todos os seus componentes, com os processos que nele ocorrem, cuja intensificação pode afetar o estado de outras geosferas da Terra.
Koff (1996)	A Geoecologia é a nova metaciência do conjunto de sistemas ecológicos de diferentes níveis e interações entre a natureza e as comunidades.
Klubov; Prozorov (1993)	Ciência das interações entre a litosfera e a biosfera usada para resolver problemas ecológicos relacionados ao uso da primeira ou à interação entre a litosfera e o interior mais profundo.
Golubev (1999)	Direção científica multidisciplinar que estuda a ecosfera como um sistema inter-relacionado de geosferas no processo de sua integração com a sociedade
Trofimov (2005)	Ciência multidisciplinar que estuda as funções ecológicas das esferas abióticas da Terra, os padrões de sua formação e as mudanças temporais sob os efeitos de forças naturais e tecnogênicas no contexto da vida e das atividades da biota e, em primeiro lugar, da humanidade.
Kurilenko (2004)	Ciência interdisciplinar que estuda os padrões de formação das funções ecológicas dos meios geosféricos da Terra sob os efeitos de processos naturais e naturais-tecnogênicos no contexto das atividades vitais da humanidade e da biota, orientada para a justificação de mecanismos socioeconômicos e jurídicos padrão de gestão racional da natureza.
Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004)	Ciência ambiental, de caráter multidisciplinar e sistêmico, orientada para as questões dos padrões e funções ambientais, formulada pela inter-relação de componentes e elementos naturais.

Fonte: Elaborado a partir de Trofimov (2009, p.205); Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004).

O arcabouço teórico e metodológico da Geoecologia praticada no Brasil, foi descrito nas composições do pensamento de Mateo Rodriguez a partir do seu pós-doutorado em Geoecologia das Paisagens pela Universidade Estatal de Moscou (1988) e sistematizado através da publicação, em 2004, do livro: “*Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental*”. Trata-se de uma obra que agrupa conhecimentos teóricos e metodológicos exemplificados em experiências práticas das últimas décadas de pesquisas desenvolvidas na América Latina, sobretudo no Brasil e em Cuba (Vidal, 2014). Portanto, considero inevitável afirmar que, na obra “*Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental*”, estão contidos os princípios teóricos e metodológicos da Geoecologia, e esta é alicerçada na análise sistêmica.

ECOLOGIA E GEOECOLOGIA

A Ecologia da Paisagem busca entender a heterogeneidade espacial, as relações horizontais (Metzger, 2001). A principal problemática nessa abordagem é o estudo dos efeitos da estrutura espacial da paisagem sobre os processos ecológicos (Turner, 1989). Para Formam e Godron (1986), a Ecologia de Paisagem é entendida como “o estudo da estrutura, função e dinâmica de áreas heterogêneas compostas por ecossistemas interativos”. Na Ecologia, a paisagem é analisada a partir de uma visão sistêmica, destacando-se as inter-relações entre os elementos e os processos ecológicos que constituem os ecossistemas vinculados a determinada unidade paisagística.

A Ecologia de Paisagem tem seus enfoques primordiais: 1) no estudo das relações entre flora e fauna; 2) em suas formas de vida; 3) na estrutura e dinâmica das biocenoses e bioformações; 4) em sucessões; 5) na gênese; e 6) nos biótipos (Odum; Barret, 2011).

A Geoecologia volta-se para a delimitação, caracterização e análise das unidades de paisagens, com a identificação dos limites, potencialidades e usos voltados para as bases do planejamento e gestão ambiental e territorial; é, assim, menos centrada nos estudos bioecológicos. Ademais, a Geoecologia realiza a abstração do biocentrismo característico dos estudos ecológicos tradicionais, tendendo a uma generalização e articulação espacial das análises funcionais e relações entre os fenômenos bióticos e abióticos (Vidal; Mascarenhas, 2019). A necessidade de integrar os enfoques geográficos e biológicos nos estudos da natureza resultou na formação da Geoecologia das Paisagens como disciplina integradora. Assim, na Geoecologia, evidencia-se a necessidade de incorporar os fundamentos teóricos que agregam aspectos da:

- Ciência da Paisagem, por meio dos padrões ecológicos;
- Ciência Ecológica, com aspectos assentados nos fluxos;
- Ciência Geográfica, eminentemente espacial, analisando padrões das paisagens;
- Ciência Cartográfica por meio dos mapas;
- Ciência da Informação Geográfica.

Na Geoecologia, aponta-se para as relações de fluxos de matéria e energia, com destaque para a interferência, de maneira positiva ou negativa, do homem, por meio de suas ações, conforme a variação das escalas espaciais, hierarquicamente na esfera planetária, regional ou topológica (Vidal; Silva, 2021) – essas ações antrópicas têm graus de intensidade (fraca, média, forte), e conforme a forma de intervenção como desflorestamentos, poluições, represamentos, barramentos etc.

O OBJETO DA GEOECOLOGIA E SUAS CINCO ABORDAGENS

Delimitar o objeto da Geoecologia como ciência multidisciplinar também varia de acordo com as áreas dos pesquisadores que a estão aplicando. Variando em uma faixa ampla entre: ecossistema-geossistema-morfologia-paisagem, na maioria das vezes, as unidades morfológicas (relevo) são interpretadas como objeto da geoecologia, o que considero um erro.

A Geoecologia tem caráter sistêmico com uso dos enfoques estrutural, funcional, dinâmico-evolutivo e integrativo, orientada aos padrões e funções da paisagem para análise e ordenamento do território. A Geoecologia é voltada aos estudos dos geossistemas entre os objetivos da análise geoecológica é busca entender as alterações nos processos e padrões espaço-temporais da paisagem para apoiar o ordenamento funcional e ambiental (Vidal; Silva; Rodríguez; Mascarenhas, 2014). Assim, dependendo de um sistema de conhecimento sobre a estrutura, dinâmica e o funcionamento do estado da paisagem (geossistema) e suas repostas aos impactos e mudanças naturais e/ou antrópicas, considero que o objeto de estudo da geoecologia é o sistema geoecológico.

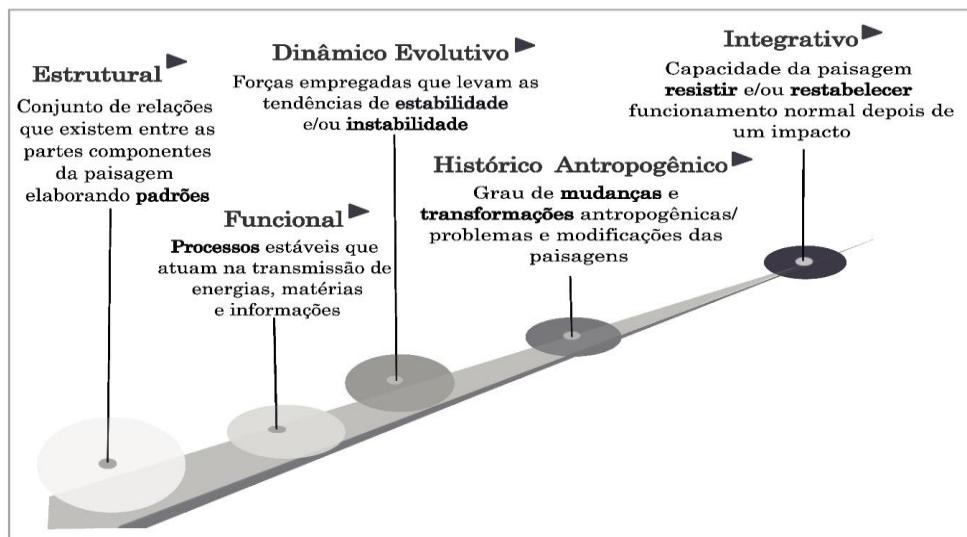
O sistema geoecológico pode ser interpretado como o conjunto das esferas naturais e de influência humana compostas por geossistemas organizados em diferentes níveis, a principal tarefa é avaliar as mudanças na paisagem como resultado dos processos naturais e das atividades humanas. O estudo dos processos naturais e fenômenos que afetam a biosfera, são estudados igualmente com as mudanças antrópicas.

Para Rodriguez (1984), a análise sistêmica baseia-se no conceito de paisagem, em que se combinam natureza, sociedade, cultura e economia. Para tanto, os sistemas formadores da paisagem são complexos e, para compreendê-los, deve-se levar em consideração os seguintes estudos: estrutura das paisagens; funcionamento e princípios de origem das paisagens; análise da dinâmica temporal e evolução das paisagens; grau de modificação e transformação antropogênica; capacidade da paisagem em resistir e/ou restabelecer seu funcionamento após um impacto. Deve-se assumir que a Geoecologia se fundamenta nas seguintes premissas básicas:

- Considerar os geossistemas como uma manifestação clara dos sistemas ambientais, como um fio condutor no momento de associar e articular as diversas unidades que utilizam as análises de paisagens (estudos de bacias hidrográficas, espaços, territórios, unidades de conservação etc.);
- Assumir que as características do entorno das unidades devem ser levadas em consideração para a manutenção da sustentabilidade ecológica, cultural e socioeconômica.

Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022) abordam que os enfoques a serem levados em consideração pelo pesquisador nos estudos da paisagem e os ensinamentos da Geoecologia a serem considerados orientam a análise da paisagem pelas partes componentes, nas características da transmissão de fluxos que comandam tendências de estabilidade/instabilidade energéticas, além das ações humanas nas transformações e das possibilidades de homeostasia/resiliência das paisagens (Figura 2).

Figura 2 – Distintos enfoques que integram os estudos da Geoecologia das Paisagens



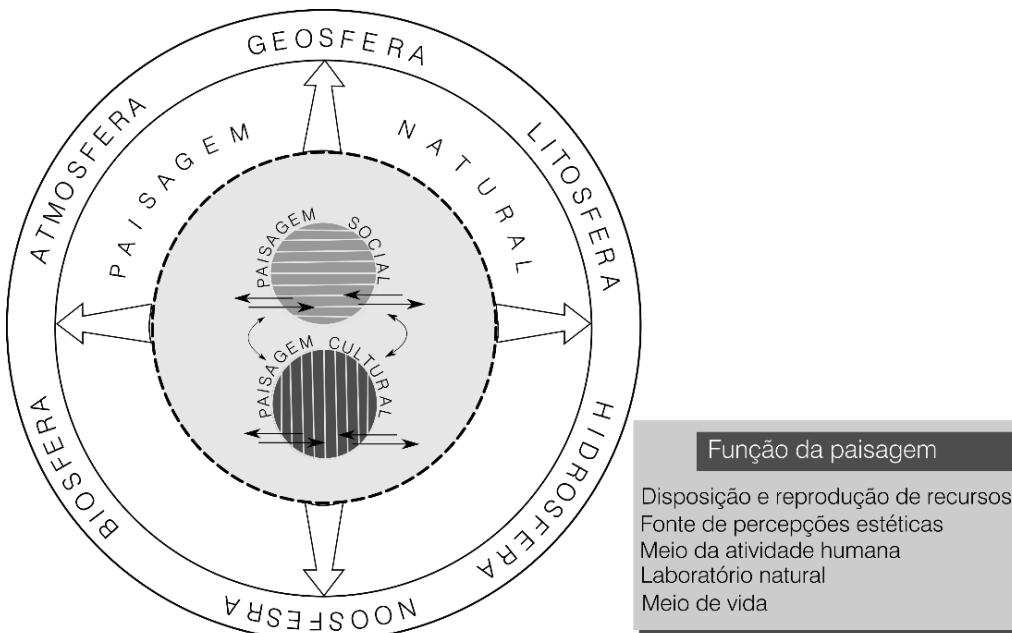
Fonte: Organização: A autora (2024).

- O enfoque estrutural da paisagem é caracterizado pelo conjunto de relações que existem entre as partes componentes da paisagem. Para esse enfoque, deve-se considerar: a forma de sua organização interior, as relações entre os componentes e as relações entre as subunidades que compõem o todo;
- O enfoque funcional tem o objetivo de esclarecer como a paisagem está estruturada, quais as relações funcionais entre seus elementos e componentes;
- O enfoque dinâmico-evolutivo caracteriza-se pela mudança habitual que acontece por meio de séries recorrentes, ou seja, permanentes movimentos, que ocorrem sem modificar nem transformar o sistema através do processo de autorregulação. A variação de matéria e energia (entradas ou saídas) e a maneira como reage o sistema podem levá-lo a três possibilidades: dinâmica, evolução e transformação;
- O enfoque histórico antropogênico configura-se como a modificação e transformação da paisagem pelas atividades humanas, quando a sociedade e a natureza se integram na construção do espaço, atuando dialeticamente. O homem não modifica as leis da natureza, mas transforma de maneira significativa as condições de manifestação delas. O enfoque histórico antropogênico classifica as paisagens de acordo com seu grau de hemerobia. Conceitua-se hemerobia como as mudanças ocorridas na estrutura e funcionamento das paisagens devido à ação humana, e é classificada em cinco graus de acordo com a intensidade da modificação imposta: Oligo, Meso, Eu, Poli e Meta. Para Troppmair (2000), hemerobia pode ser entendida como a totalidade de alterações nas paisagens, classificadas conforme o grau de dependência tecnológica e energética para a manutenção das paisagens;
- O enfoque integrativo da estabilidade e sustentabilidade da paisagem. A estabilidade é um conceito fundamental que reflete elementos do funcionamento e da estrutura, da evolução e grau de modificação antrópica. Através da estabilidade, pode-se estimar de maneira teórica a resposta do sistema frente a uma perturbação qualquer. Ao analisar a função e a estrutura da paisagem, agregando as ações humanas na modificação destas, pode-se chegar à noção de estabilidade. A estabilidade leva o sistema a dois caminhos distintos: a resistência – o sistema resiste e mantém suas características; e a resiliência – mesmo sofrendo perturbações fortes, o sistema retorna às suas características originais.

EM QUAL BASE ESTÁ ASSENTADA A GEOECOLOGIA DAS PAISAGENS?

A paisagem natural é o conceito operativo básico da Geoecologia, entendido como o espaço físico que compõe um sistema dinâmico e aberto ao qual se integra o binômio sociedade-natureza. A visão é compreender como as paisagens primitivas estruturam e regulam padrões espaciais em diversas escalas hierárquicas por meio de fluxos de matéria e energia, permitindo, assim, abranger aspectos biogeográficos, climatoedáficos e geomorfológicos que animam processos interativos (Figura 3).

Figura 3 – Concepção da paisagem pela perspectiva da Geoecologia



Fonte: Organização: A autora (2024).

A paisagem é assim definida por Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022, p. 20) como: “Conjunto inter-relacionado de formações naturais e antroponaturais, podendo-se considerá-la como uma disposição e reprodução de recursos, um meio de vida e da atividade humana e um laboratório natural e fonte de percepções estéticas”.

- **Paisagem natural:** considera-se o conjunto de componentes naturais (geologia, relevo, clima, águas, solos, vegetação e fauna) que se inter-relacionam de forma dialética em determinada porção do espaço da superfície terrestre;

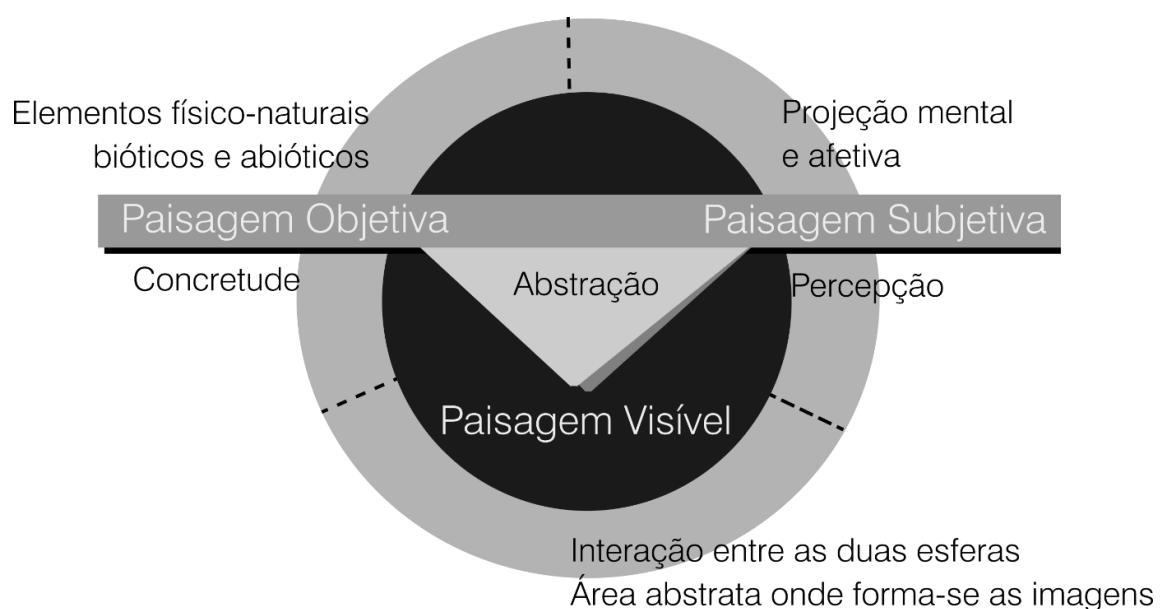
- **Paisagem antroponatural:** considera-se a morfologia que reflete a forma como as ações humanas modificadas, transformadas e construídas manifestam não apenas as características naturais, mas sobretudo as que são modificadas pela ação humana;
- **Paisagem como disposição e reprodução de recursos:** as formas econômicas se relacionam com a paisagem como fonte de produção de recursos naturais, água, ar, vento, biomassa, solo etc.;
- **Paisagem como um meio de vida:** a paisagem é considerada como um meio de vida e das diversas atividades do homem. Encontra-se no solo a situação produtiva e social, sendo também as propriedades das paisagens. Necessita-se conservar uma propriedade essencial da paisagem como um sistema de reprodução do meio, e a reprodução permanente das condições necessárias para a vida. Em muitos casos, não se pode prever as propriedades úteis das espécies individuais das plantas e animais e dos microrganismos, por essa razão deve-se conservar o fundo genético existente nas paisagens para o futuro;
- **Paisagem como laboratório natural:** pode-se estudar as regularidades e interações entre os componentes naturais e antropogênicos. Pode-se conhecer as regularidades das paisagens como um sistema em seu conjunto, obtendo dados necessários para o ordenamento territorial e ambiental.

Surgindo como sinônimo de pintura no século XVII, a paisagem era mediada pela arte e o belo, o que levou a um novo interesse pela natureza, libertando-a do concurso divino dominado pelas explicações teológicas. A paisagem ocupa diversas conceituações e, enquanto herança estética naturalista, foi interpretada por muito tempo como “a porção da superfície terrestre”, referindo-se a aspectos visíveis. Com pouco interesse no positivismo, o conceito ganhou força e interesse no final do século XX em associação às correntes críticas ao positivismo (Salgueiro, 2001).

O conceito de paisagem, atualmente, assume diversas posições filosóficas e diferentes interpretações científicas. Inicialmente, detinha um conceito muito aproximado à “porção da superfície do globo”, como a fisionomia de dada área, levando em consideração sua expressão visível. Aos estudos da paisagem enfocados na descrição das formas físicas (método morfológico) foram progressivamente sendo incorporados dados da transformação humana, surgindo, assim, a distinção entre paisagens naturais e paisagens culturais (método corológico).

A paisagem evoluiu do conceito de aspectos físicos, considerando os aspectos econômicos e culturais, tentando abarcar a totalidade dos fenômenos (Salgueiro, 2001). É preciso ponderar que a paisagem apresenta aspectos objetivos, uma realidade material com características próprias, expressos pela concretude dos elementos físicos, e aspectos subjetivos, através da representação dos fenômenos, seja por sua percepção ou projeção afetiva. Ambas (objetiva e subjetiva) se expressam na paisagem visível, constituída por um leque de imagens que desenha uma rede de informações e interações perceptíveis por intermédio do modo de ver a relação sujeito-objeto (Figura 4).

Figura 4 – Esferas que a paisagem apresenta na perspectiva objetiva, subjetiva e visível



Fonte: Organização: A autora (2024).

Rougerie e Beroutchachivili (1991, p. 359) afirmam que, ao contrário da natureza, a paisagem só existe na medida e segundo o modo como o homem a percebe. A interpretação sobre uma paisagem nem sempre é coincidente, pois é necessário considerar seu contato espaço-temporal, bem como as diferenças culturais dos sujeitos sociais que intervêm nessa paisagem (Urquijo; Bocco, 2011, p. 39). Dessa feita, uma leitura adequada da paisagem é aquela que permite entender as distintas formas de percepção e apropriação dos diferentes níveis de negociação implícitos na transformação do meio (Urquijo; Bocco, 2011, p. 39).

No final da década de 1960, com as discussões cada vez mais prementes sobre as questões ambientais, emergiu a necessidade de integrar a corrente geográfica e ecológica nos estudos das paisagens. Consequentemente, houve o desenvolvimento de formas de

representação através de modelos que traduziam as funções estruturais e funcionais de uma paisagem, expressos pelos geossistemas, em que os aspectos funcionais e espaciais, como localização e distribuição dos fenômenos, representavam um papel fundamental.

Nessa integração da dimensão espacial e funcional, os estudos desenvolvidos por Sochava, no final da década de 1970, têm grande importância, com a introdução do conceito de geossistema, que absorveu as concepções da escola russa da paisagem, representada por Anuchin e Dokuchaiev, que propuseram métodos concretos de investigação e tomaram a paisagem como objeto integrador da geografia (Frovola, 2001).

A Geoecologia é uma ciência orientada para as questões dos padrões e funções ambientais. As alterações nos sistemas ambientais levam a mudanças irreversíveis na estrutura física e nos processos de funcionamento do estado de equilíbrio das paisagens, colocando em risco a sustentabilidade social, econômica e ambiental, bem como provocando na paisagem natural intensos processos de artificialização. Um dos principais objetivos da análise geoecológica é entender alterações nos processos e padrões espaço-temporais na paisagem para apoiar o ordenamento funcional e ambiental, incorporando o pensamento da ciência da complexidade e dos sistemas emergentes.

ONDE ESTÃO OS SISTEMAS NA GEOGRAFIA?

O conceito de sistema já desenvolvido por Newton (sistema solar) e por Lavoisier (sistema respiratório, digestivo, circulação) permaneceu à margem do interesse científico até o biólogo Bertalanffy, por volta de 1928, ampliar a Teoria do Holismo de Smuts (1926), no qual o universo seria composto por estruturas de complexidade crescente (átomos, moléculas, células, indivíduos, sociedades e ecossistemas, biocenoses).

Christian Smuts foi o precursor do paradigma holístico, em sua obra *Holism and Evolution*, em 1926. Ele postulava um princípio organizador de totalidade, foi o criador do termo “holismo” e sustentou a existência de uma continuidade evolutiva entre matéria, mente e vida. Seu conceito avançou para uma visão sintética do universo, propondo a totalidade em oposição à fragmentação.

Para Bertalanffy (1975), a teoria geral dos sistemas se presta a identificar as leis, propriedades e princípios dos sistemas de forma geral. Para o referido autor, “os sistemas estão em toda a parte”.

Para Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004, p. 42), “sistema é o conjunto de elementos que estejam em relação entre si, e que formam uma determinada unidade e integridade”.

Segundo Christofeletti (1999, p. 4), é o “conjunto de elementos e das relações entre eles e seus atributos”. Já Hall e Fagen (1956, p. 18) definiram sistema como o “conjunto de elementos e das relações entre eles e seus atributos”.

Um sistema é, assim, um conjunto de elementos que estão em relação, que possuem ligações entre seus componentes e formam uma certa unidade e integridade. É um conjunto de energias-substâncias de componentes relacionados, agrupados de acordo com as relações diretas e inversas em certa unidade.

Contribuição significativa da Teoria dos Sistemas é afirmar que todos os organismos vivos (incluindo a terra) têm uma organização hierárquica, significando que os sistemas são compostos por subsistemas. Esse reconhecimento leva à conclusão de que a ênfase se deve dar em relação às conexões dos elementos que constituem os sistemas e subsistemas, e não em suas partes separadas.

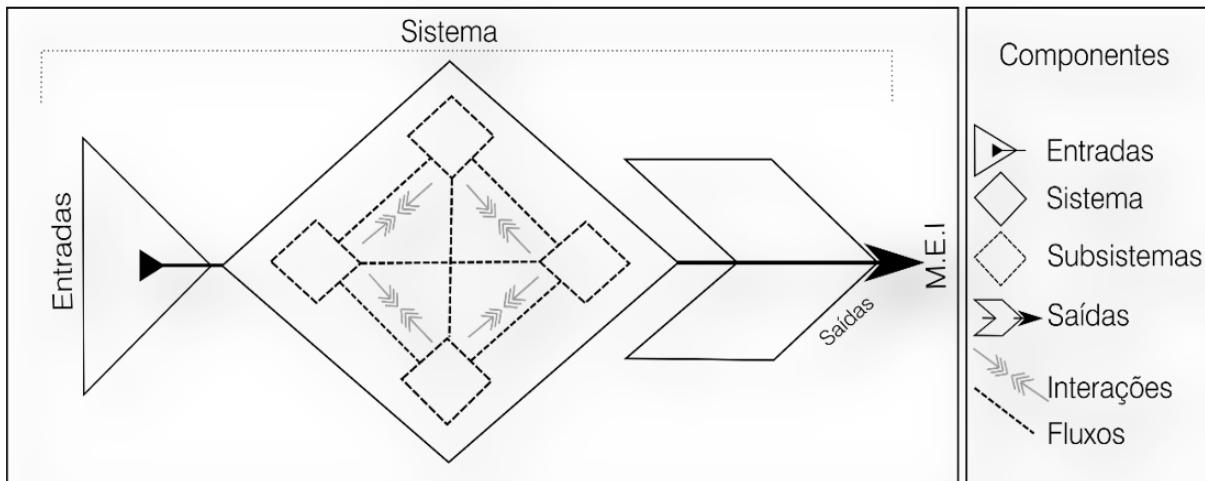
De acordo com Gallopin (1986), sistema é uma formação integral que deve possuir as seguintes propriedades:

- Composto por uma multiplicidade de elementos;
- Subordinação dos elementos (como sistema de nível inferior) ao nível superior;
- Existência de um conjunto múltiplo de inter-relações entre os índices ou elementos que formam o sistema e entre o objeto dado e o meio exterior;
- Propriedades que não podem ser descritas em elementos separados; sua compreensão exige a análise global, incluindo a interdependência de todos os elementos.

Chorley e Kennedy, em 1971, enfatizaram o aspecto da conectividade do conjunto que forma uma unidade, conceituando que um sistema é um conjunto estruturado de objetos e/ou atributos. Esses objetos e atributos consistem em componentes ou variáveis (ou seja, fenômenos que podem assumir magnitudes variáveis) que exibem relações discerníveis entre si e operam juntos como um todo complexo de acordo com determinado padrão.

Mais recentemente, fazendo uma breve revisão da Teoria dos Sistemas, Haigh, em 1985, apontou que “o sistema é uma totalidade que é criada pela integração de um conjunto estruturado de partes componentes cujas inter-relações estruturais e funcionais criam algo que não existe e encontra-se implicado por essas partes constituintes quando são destacadas”. Um sistema é um conjunto de elementos que estão em relação, que possuem ligações entre seus componentes e formam uma certa unidade e integridade, e recebe entradas e transforma em saídas (Figura 5).

Figura 5 – Representação dos elementos constituintes de um sistema, entradas; interações; saídas e canais de fluxos que levam as interações nos sistemas



Fonte: Organizado a partir de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004).

Assim, os sistemas são compostos por partes elementares como:

- Entradas - energia e matéria que o sistema recebe;
- Atributos - qualidades atribuídas aos elementos do sistema a fim de caracterizá-lo: altura, largura, volume, comprimento etc.;
- Relações - ligações em forma de fluxos que permitem a interação dos componentes;
- Saídas - energia e matéria que o sistema fornece após sofrer modificação dentro do sistema.

Os sistemas não são constantes, e sim dinamicamente variáveis, ou seja, modificam-se em função da dinâmica da estrutura interna e da tendência de adaptação às interferências a eles impostas. Para Alaiev (1983), os sistemas devem possuir características fundamentais:

- Estabilidade;
- Autorregulação;
- Homeostase;
- Auto-organização.

Esses são mecanismos de defesas contra as interferências no sistema, podendo este sistema se desenvolver de acordo com três formas de mudanças:

- Dinâmica por meio do funcionamento;
- Evolução;
- Transformação.

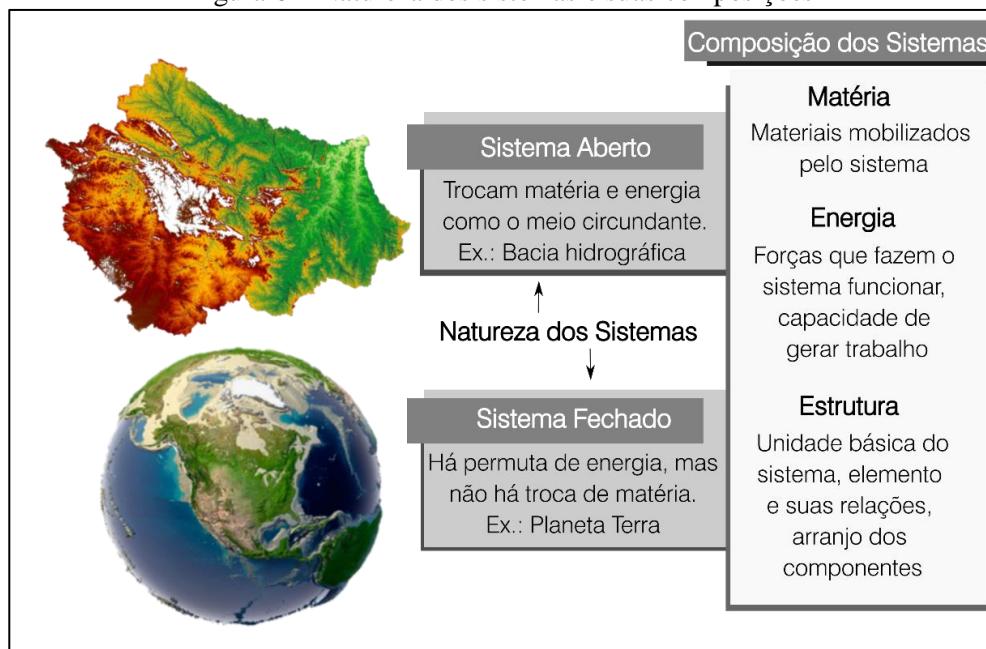
Christofoletti (1979, p. 14) coloca que, levando em consideração os critérios de classificação funcional e a complexidade estrutural importante para a análise geográfica, de forma geral os sistemas são classificados em:

- Sistemas abertos: trocam matéria e energia com o ambiente circundante. Ex.: uma bacia hidrográfica que participa de trocas de fluxos com seu entorno;
- Sistemas fechados: quando há a permuta de energia, mas não há trocas de matéria. Ex.: planeta Terra libera e recebe energia para o espaço, mas não cede massa.

Existem diferentes tipos de sistemas, que podem ser classificados quanto à sua constituição – físicos: máquinas, objetos, equipamentos etc.; abstratos: ideias, conceitos, hipóteses, planos e filosofias, política da empresa etc. – e à sua natureza – abertos: interagem com o ambiente, trocam energia e matéria; fechados: não apresentam intercâmbio com o meio ambiente que os circunda (Christofoletti, 1979).

O arcabouço da teoria sistêmica acoplada aos métodos ecológicos e geográficos constroem uma sólida Teoria da Geoecologia das Paisagens, cimentada pelos seus instrumentos cartográficos que permitem olhar a complexa teia de relações com estruturas verticais e horizontais, seus processos, dinâmicas de geofluxos que conformam os espaços passivos de ordenação territorial. A paisagem como complexo natural territorial e/ou como geossistema é a dimensão físico-geográfica capaz de ser analisada em seus componentes, da qual são revelados diferentes sistemas que interagem por meio de matérias, energia e informação (Figura 6).

Figura 6 – Natureza dos sistemas e suas composições



Fonte: Organização: A autora (2024). Ilustração: Vidal (2024).

A partir das premissas levantadas, e considerando o estágio atual da evolução da sociedade que exige a aplicação do conhecimento na dimensão ambiental, a Geoecologia das Paisagens deve enfrentar as seguintes questões:

- Aperfeiçoar e estabelecer um sistema de distinção, caracterização e mapeamento de paisagens como unidades geoecológicas;
- Aprofundar a aplicação de métodos de análise sistemática de propriedades e atributos das paisagens;
- Estabelecer critérios sólidos e coerentes fundamentados na teoria geoecológica das paisagens, aplicáveis no planejamento ambiental e territorial;
- Desenvolver os conceitos e procedimentos para medir a sustentabilidade ambiental (situação e estado geoecológico) como saída para a adequação das paisagens sustentáveis;
- Avançar para além da delimitação das unidades geoecológicas, agregando estudos de estrutura e funcionamento das paisagens;
- Aceitar que a complexidade é um atributo intrínseco da paisagem; que a esfera da paisagem pode ser considerada como um sistema complexo de alto nível de relações e conexões.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao lançar luz sobre as nuances da abordagem feita pela Ecologia das Paisagens e a Geoecologia das Paisagens, permite-se recolocar a visão espacial/geográfica no centro das discussões da Geoecologia, tendo o complexo territorial natural como horizonte temporal e espacial da análise da paisagem. O fio condutor da Teoria dos Sistemas é, sem dúvida, o apporte metodológico para compreensão das estruturas, processos, funções em interação e interseção dos elementos que constituem a paisagem por meio dos padrões ambientais. Olhando por outro prisma, a análise geoecológica, por intermédio da ciência da complexidade e dos sistemas emergentes, é a grande contribuição para a gestão e ordenamento ambiental.

Em tempo de mudanças ambientais, a Geoecologia das Paisagens pode contribuir com as discussões sobre intercâmbio de fluxos e emergências ambientais, sendo que a paisagem como fonte de recurso só é potencializada como recurso econômico mediante os estudos dos geofluxos e subsistemas climáticos, edáficos, hidrológicos e biogeográficos. Encontrar e justificar a homogeneidade espacial é um dos problemas fundamentais da Geoecologia.

REFERÊNCIAS

- ALAIEV, E. B. **Geografía Económica y Social.** Diccionario terminológico conceptual. Editorial Misl, 1983.
- BARYSHEV, E.; SHMAKOVA, K.; YAKSHINA, N. Types of geoecological research and areas of their application. **IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.** 2019. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/572/1/012090>.
- BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas.** 2 ed. Brasília: Petrópolis: Vozes, 1975.
- CHORLEY, R.; KENNEDY, B. A. **Physical geography:** a systems approach. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1971
- CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia.** São Paulo: Hucitec, 1979.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais.** São Paulo: Blücher, 1999.
- FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology.** Wiley e Sons Ed., New York. 1986.
- FROVOLA, M. Los orígenes de la Ciencia del Paisaje en la Geografía rusa. **Scripta Nova: Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**, v, 102, 2001.
- GALLOPIN, G. Ecología y Ambiente In: **Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo.** México D. F.: Siglo XXI Editores, p. 126-172, 1986.
- GOLUBEV, G. N. **Geoekologiya (Geoecology),** Moscow: GEOS, 1999.
- HAIGH, M. J. Geography and general systems theory, philosophical homologies and current practice; **Geoforum**, [S.l.], v. 16, n. 2, p. 191-203, 1985. [https://doi.org/10.1016/0016-7185\(85\)90028-4](https://doi.org/10.1016/0016-7185(85)90028-4).
- HALL, A. D; FAGEN, R. E. Definition of systems. **General Systems.** Yearbook, v. 1, 1956.
- KOFF, G. L. **Geoecology and Ecological Orientation of Traditional Sciences of the Geological Cycle, in Inzhenernaya geologiya segodnya i zavtra:** Tr. Mezhdunar, Konf. Engineering Geology Today and Tomorrow: Proc. of Intern. Conf., Moscow: Mosk. Gos. Univ., 1996, p. 131-132.
- KLUBOV, S. V.; PROZOROV, L. L. **Geoekologiya:** istoriya, ponyatiya, sovremen noe sostoyanie Geoecology: History, Concepts, and Current State, Moscow: VNIIzarubezh geologiya, Department of Geoecology, 1993.
- KURILENKO, V. V. **Ecologic Geology:** its role in earth sciences and its position in the structure of ecological knowledge. School of ecologic geology and rational land use, University Youth Sci. Conf., St. Petersburg, p. 45-61, 2004.
- METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, Campinas, SP, v. 1, n. 1/2, p. 1-9, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032001000100006>.

MEZOSI, G.; KEVEI, I. B.; MUCSI, L.; VALGO, I. First results of GIS based geo-ecological mapping. *Acta Geographica Szegediensis*, [S.l.], v. 31, p. 71-82, 1993.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina; 2006.

NOGUERA DE ECHEVERRI, A. P. **El Reencantamiento del mundo**. v. 11. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Oficina Regional para América Latina y el Caribe, 2004.

ODUM, E. P.; BARRET, G. W. **Fundamentos de ecología**. 5. ed., São Paulo: Cengage Learning, 2011.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 6. ed., Fortaleza: Edições UFC, 2022.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: Editora UFC, 2004.

RODRIGUEZ, J. M. M. **Apuntes de Geografía de los Paisajes**. La Habana: Ed. André Voisin. 1984.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. A Classificação das Paisagens a partir de uma visão geossistêmica. **Mercator**, Fortaleza, v. 1, n. 1, p. 95-112. 2002.

RODRIGUEZ, J. M. M. Análise e síntese de abordagem geográfica de pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 9, 1994

ROUGERIE, G.; BEROUTCHACHVILI, N. **Géosystèmes et Paisages: bilan et méthodes**. Paris: Armand Colins, 1991.

SALGUEIRO, T. B. Paisagem Geografia. **Finisterra**, Portugal, v. 36 n. 72, p. 37-53, 2001. DOI: <https://doi.org/10.18055/Finis1620>.

SMUTS, J. C. **Holism and Evolution**. Mcmillan Company, New York, 1926.

SOCHAVAL, V. B. Definición de algunos conceptos y términos de la Geografía Física. **Trabajos del Instituto de Geografía de Siberia**, n. 3, 1963.

SOCHAVAL, V. B. **Introducción a la Teoría de los Geosistemas**. Novosibirsk: Editorial Nauka, 1978.

TANSLEY, A. G. The use and abuse of vegetational concepts and terms. **Ecology**, [S.l.], n. 16, p. 284-307, 1935.

TROFIMOV, V. T. Geoecology: present state, causes of many sided nature, and postulates of formation of its new theoretical content, Izv. sektsii nauk o zemle, **RAEN**, [S.l.], n. 13. 2005.

TROFIMOV, V. T. Paradoxes of Modern Geoecology. **Moscow University Geology Bulletin**, v. 64, n. 4, p. 203–213. 2009.

TROLL, C. Landscape ecology (geo-ecology) and biogeocenology: a terminological study. **Geoforum**, [S.l.], v. 2, n. 4, p. 43-46. 1971. DOI: [https://doi.org/10.1016/0016-7185\(71\)90029-7](https://doi.org/10.1016/0016-7185(71)90029-7).

TROPPMAIR, H. **Geossistemas e Geossistemas Paulistas**. Rio Claro: IGCE, UNESP, 2000.

TURNER M. G. Landscape ecology: the effect of pattern on process. **Annual Review of Ecology and Systematic**, [S.l.], n. 20, p. 171-197. 1989.

URQUIJO, P. S.; BOCCO, G. Los estudios de paisaje y su importancia en México, 1970-2010. **Journal of Latin American Geography**, [S.l.], v. 10 n. 2, p. 37-63, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1353/lag.2011.0025>.

VIDAL, M. R.; SILVA, E. V. Enfoque estrutural e funcional da Geoecologia das paisagens: modelos e aplicações em ambientes tropicais. **Geofronter**, [S.l.], n. 7, v. 1. 2021.

VIDAL, M. R.; MASCARENHAS, A. L. S. Estrutura e funcionamento das paisagens da área de proteção ambiental do estuário do rio Curu/CE. **Confins**, [S.l.], v. 43, p. 1-12, 2019. DOI : <https://doi.org/10.4000/confins.24800>.

VIDAL, M. R.; SILVA, E. V.; RODRÍGUEZ, J. M. M.; MASCARENHAS, A. L. S. Análise de modelos funcionais em paisagens litorâneas. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Pará**, Belém, v. 1, n. 1, p. 103-116, 2014. DOI:10.17553/2359-0831/ihgp.n1v1p107-122.

VIDAL, M. R. **Geoecologia das paisagens:** fundamentos e aplicabilidades para o planejamento ambiental no baixo curso do rio Curu-Ceará-Brasil. 2014. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

ESTIAGEM PROLONGADA E O COLAPSO DE ABASTECIMENTO HÍDRICO EM CURRAIS NOVOS – RIO GRANDE DO NORTE

Jurandir Rodrigues de Mendonça **JÚNIOR**

Doutorando do programa de pós-graduação em geografia da Universidade Federal do Ceará
Fortaleza, Ceará, Brasil

E-mail: jurandir.rodriguesmjr@gmail.com

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

Juliana Felipe **FARIAS**

Professora do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Natal, Rio Grande do Norte, Brasil
E-mail: juliana.farias@ufrn.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0185-2411>

Maria da Conceição de Souza **MENDONÇA**

Professora EBTT do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Ceará
Ubajara, Ceará, Brasil
E-mail: conceicao.souza@ifce.edu.br
Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-6949-1877>

Joana Darc **MEDEIROS**

Professora do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Natal, Rio Grande do Norte, Brasil
E-mail: joanadarc.medeiros@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7497-3698>

*Recebido
Julho de 2024*

*Aceito
Novembro de 2024*

*Publicado
Janeiro de 2025*

Resumo: Longos períodos de estiagem podem trazer desafios para a gestão dos recursos hídricos, sobretudo em regiões semiáridas. O período de seca aliado à poluição hídrica pode desencadear a eutrofização, reduzindo a qualidade da água e alterando o metabolismo do ecossistema, além de comprometer o abastecimento público e outras demandas. O objetivo do presente trabalho foi avaliar os impactos ambientais e sociais causados por um longo período de estiagem (2011-2021) no município de Currais Novos, no estado do Rio Grande do Norte. Dados de volume, precipitação e dados da literatura retratam o cenário ambiental de seca do

reservatório que abastece a cidade. Além disso, dados do total populacional, volume consumido per capita durante o período de estudo nos oferece o panorama de como se deu o serviço de abastecimento de água no município. Os resultados mostram que a seca severa impactou na qualidade da água em função do baixo volume, alto nível de eutrofização e assoreamento. Consequentemente, este cenário trouxe colapso no abastecimento público, já que o desenvolvimento populacional não acompanhou a disponibilidade de água do reservatório. Alerta-se para a necessidade de estudos integrados que possam avaliar os aspectos ambientais e sociais para auxiliar na melhor gestão dos recursos hídricos.

Palavras-chave: estiagem; recursos hídricos; abastecimento de água.

PROLONGED DROUGHT AND THE COLLAPSE OF WATER SUPPLY IN CURRAIS NOVOS - RIO GRANDE DO NORTE

Abstract: Prolonged droughts can pose a challenge to water resource management, particularly in semi-arid regions. Drought combined with water pollution can trigger eutrophication, which reduces water quality, alters ecosystem metabolism, and affects public water supply and other demands. The objective of this study was to assess the environmental and social impacts of a prolonged drought (2011-2021) in the municipality of Currais Novos, in the state of Rio Grande do Norte. Data on volume, rainfall and literature describe the environmental scenario of the drought in the reservoir that supplies the city. In addition, data on the total population and per capita consumption during the study period provide an overview of the functioning of the water supply service in the municipality. The results show that the severe drought had an impact on water quality due to low volumes, high levels of eutrophication and siltation. As a result, this scenario has led to a collapse in public water supply, as population growth has not kept pace with the availability of water from the reservoir. We highlight the need for integrated studies that can assess environmental and social aspects to improve water resources management.

Keywords: drought; water resources; water supply.

SEQUÍA PROLONGADA Y COLAPSO DEL SUMINISTRO DE AGUA EN CURRAIS NOVOS - RIO GRANDE DO NORTE

Resumen: Las sequías prolongadas pueden suponer un reto para la gestión de los recursos hídricos, sobre todo en las regiones semiáridas. La combinación de sequía y contaminación del agua puede desencadenar la eutrofización, que reduce la calidad del agua, altera el metabolismo de los ecosistemas y afecta al abastecimiento público y otras demandas. El objetivo de este estudio fue evaluar los impactos ambientales y sociales de una sequía prolongada (2011-2021) en el municipio de Currais Novos, en el estado de Rio Grande do Norte. Los datos sobre el volumen, las precipitaciones y la literatura describen el escenario ambiental de la sequía en el embalse que abastece a la ciudad. Además, los datos sobre la población total y el consumo per cápita durante el período de estudio proporcionan una visión general del funcionamiento del servicio de abastecimiento de agua en el municipio. Los resultados muestran que la grave sequía repercutió en la calidad del agua debido a los bajos volúmenes, los altos niveles de eutrofización y la sedimentación. Como resultado, este escenario ha provocado un colapso en el suministro público, ya que el crecimiento de la población no ha seguido el ritmo de la disponibilidad de agua del embalse. Se destaca la necesidad de realizar estudios integrados que permitan evaluar los aspectos ambientales y sociales para mejorar la gestión de los recursos hídricos.

Palabras clave: sequía; recursos hídricos; abastecimiento de agua.

INTRODUÇÃO

As atividades antrópicas sobre a água é um problema global (Bijay-Singh; Craswell, 2021; Blöschl; Chaffe, 2023). Os recursos hídricos possuem papel fundamental na manutenção da vida, além de impactar os processos econômicos e sociais (Sander; Zhao, 2015). Porém, tais recursos merecem atenção nos esforços de sustentabilidade no mundo todo (Engel *et al.* 2013), uma vez que grande parte da população mundial vive sob a escassez de água (Oki *et al.*, 2006).

Como estratégia de gestão e para assegurar que as demandas hídricas sejam atendidas diante das mudanças climáticas e a escassez de água, a construção de reservatórios artificiais se faz necessária. Esses sistemas são gerados pelo impedimento do fluxo de águas correntes, especialmente em regiões semiáridas pelo fato de que em tais regiões existe um regime de secas e cheias de rios intermitentes. Tais reservatórios podem ser usados para geração de energia, bem como para a agricultura e abastecimento. No Brasil, os reservatórios e poços do nordeste brasileiro foram construídos visando principalmente o abastecimento das populações e dos rebanhos (Rebouças, 1997). Para melhor uso e adequação das demandas hídricas, é necessário entender o contexto regional no qual esses sistemas se encontram. Portanto, a nível regional é importante analisar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento ambiental (Bernardi *et al.*, 2013; Carvalho, 2014) a fim de determinar medidas de monitoramento e ações de mitigação de impactos (Kennedy *et al.*, 2016). O crescimento populacional tende a aumentar as demandas pelos recursos hídricos, o que reflete na necessidade de construir mais reservatórios (Chen *et al.*, 2016). Dados revelam que, entre 1960 e 2010, o crescimento da população global provocou aumento expressivo no número de barragens, na capacidade de suporte dos reservatórios, nos consumos de água, alimento e de energia (Chen *et al.*, 2016).

Em consequência da construção desses reservatórios, diversos problemas ambientais são deflagrados aliados ao longo período de estiagem em função das mudanças climáticas, o que pode gerar problemas no abastecimento público. Além disso, as condições climáticas ambientais e a poluição hídrica podem levar ao processo de eutrofização (Moal *et al.*, 2019; Vitousek *et al.*, 1997), o qual pode trazer consequências para a saúde pública. Em um sistema eutrofizado é comum o surgimento de plantas e microalgas oportunistas, organismos adaptados a ambientes em estresse ambiental. Essa comunidade de organismos é capaz de alterar toda a estrutura da cadeia alimentar, colaborando para a diminuição de oxigênio na coluna d'água (hipoxia ou anoxia), além de haver o potencial aumento de toxinas por cianobactérias (Moal *et al.*, 2019). As cianotoxinas podem desestruturar não só a comunidade aquática, bem como a

população humana, gerando graves problemas de saúde pública (Eskinazi *et al.*, 2006; Sanches *et al.*, 2012; Grandíssimo *et al.*, 2020; Jesus *et al.*, 2016; Siqueira; Oliveira-Filho, 2008; Cheung *et al.*, 2013). Além disso, contribui para problemas de ordem social e demanda hídrica, o que necessariamente envolve tomadores de decisão no cenário político com diferentes interesses.

O semiárido brasileiro é caracterizado por um regime hidrológico único, apresentando longos períodos de estiagem, velocidade do vento relativamente baixa a moderada, elevada evaporação e, consequentemente, tempo de retenção hidráulica longo (Chellappa *et al.*, 2009; Barbosa *et al.*, 2012), o que também favorece às condições de eutrofização nos reservatórios. Além disso, nos períodos de secas há significativas perdas de água por evaporação, tornando a disponibilidade hídrica um fator crítico para o desenvolvimento econômico da região (Freitas *et al.*, 2011).

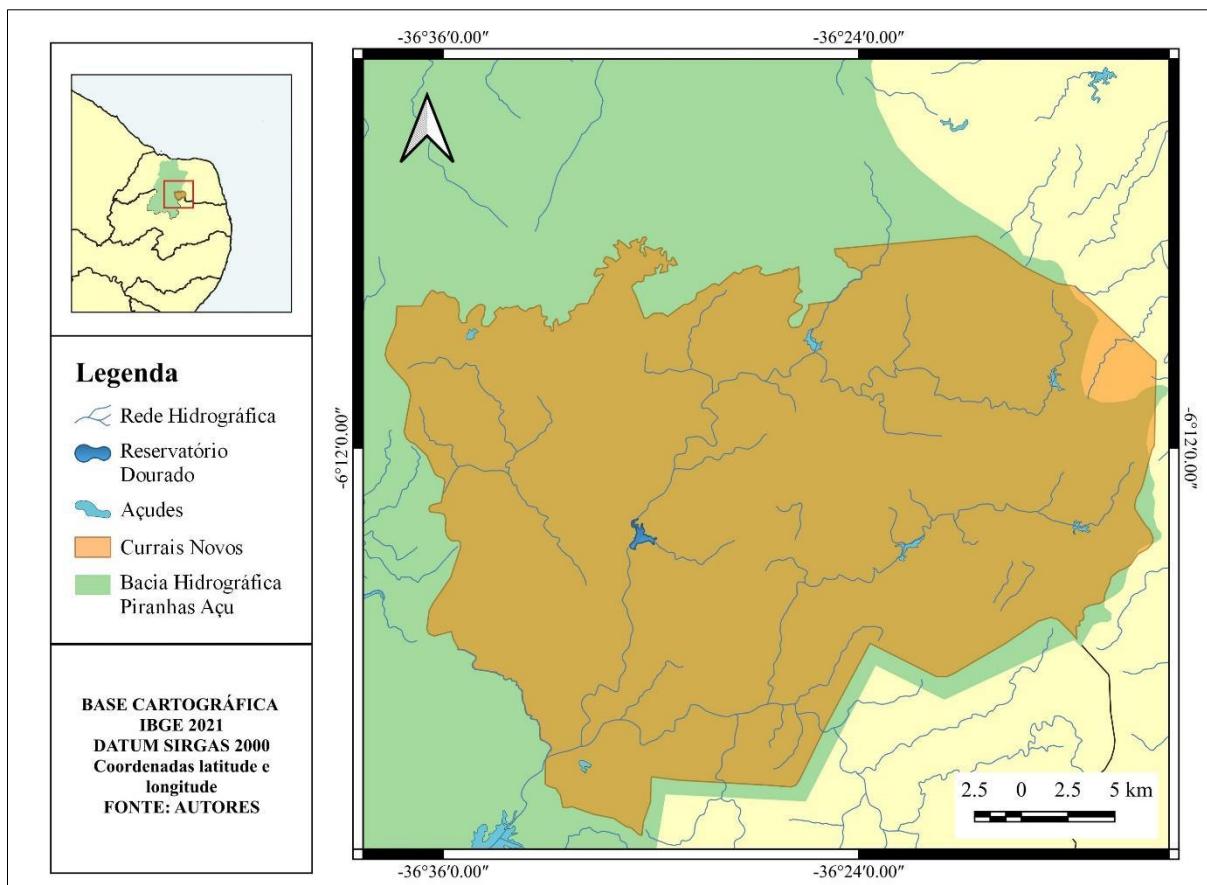
A região semiárida sofre com períodos de seca prolongados, e vários reservatórios, além de apresentarem níveis elevados de eutrofização, chegaram ao colapso de abastecimento nos últimos anos. A questão hídrica nessa região levanta questionamentos importantes sobre a interação da distribuição e demandas hídricas, construção de reservatórios, crescimento populacional e o desenvolvimento socioeconômico das cidades. Diante da problemática, faz-se necessário o manejo eficiente dos recursos hídricos por parte do poder público e da população, sobretudo quem está inserido no semiárido. A gestão envolve o processo de distribuição de água nas residências e nas economias locais.

O objetivo da presente pesquisa foi avaliar o colapso de abastecimento em um período de estiagem de 10 anos (2011-2021) no município de Currais Novos. Tal pesquisa visa alertar as autoridades e a sociedade sobre as condições de manejo e gestão que os recursos hídricos enfrentam, indicando medidas mitigadoras para contornar as questões ambientais.

METODOLOGIA

O estudo considerou o município de Currais Novos, localizado na região semiárida do estado do Rio Grande do Norte. O município possui um reservatório de abastecimento monitorado pela Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte (SEMARH) (Figura 1).

Figura 1 - Mapa de localização do município de Currais Novos - Rio Grande do Norte



Fonte: IBGE (2021). Organização: Os autores (2023). Elaboração: Jurandir Rodrigues de Mendonça Júnior (2023).

O clima é predominantemente muito quente e semiárido, com período chuvoso tipo BSw'h' (Kottek, 2006), concentrando-se em um período curto de 3 a 5 meses, logo, a região caracteriza-se por um balanço hídrico negativo (Sampaio, 1995). A região apresenta rochas metamórficas e ígneas do embasamento cristalino, solos rasos e medianamente profundos, rochosos e pedregosos com presença de vegetação Caatinga em relevo ondulado e de superfície inclinada (Oliveira, 2012). Esses elementos caracterizam o ambiente de semiaridez e estão suscetíveis às ações de erosão e intemperismo.

Os corpos hídricos presentes no semiárido são intermitentes, ou seja, em períodos de estiagem perdem vazão e somem na paisagem. Como estratégia de fornecer água para a população residente na bacia é necessário o barramento dos rios.

O reservatório Dourado encontra-se na microbacia do rio Seridó, situado na bacia do rio Piranhas-Açu (Figura 1). Tal bacia compreende uma superfície de 17.498,5 Km², cerca de 32,8% do território do estado. O reservatório foi primeiramente construído em 1982 pelo Departamento Nacional de Obras contra a Seca (DNOCS). O rio barrado é o Currais Novos,

cujos reservatórios localizam-se a 1 km ao norte do centro administrativo do município de Currais Novos. O reservatório apresenta volume máximo de 10.321,600 m³, com profundidade máxima de 10 m e área superficial de 3,16 km² e destina-se a múltiplos usos, desde a pesca local, agricultura, recreação e abastecimento público (SEMARH, 2015). Dados quantitativos de volume do reservatório foram obtidos a partir do relatório de monitoramento hídrico do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu e da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH). Para esta pesquisa considerou-se os dados registrados de volume do reservatório a partir do ano de 2011 até 2021. A precipitação média mensal foi adquirida a partir dos dados da Empresa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), para facilitar o entendimento sobre o comportamento da pluviosidade mensal entre os períodos de 2011 a 2021. Para apontar a eutrofização no reservatório Dourado durante o período de estudo, consultou-se dados da literatura em Braga *et al.* (2015), Mendonça-Júnior *et al.* (2018) e Leite e Becker (2019).

Para entender o atendimento às demandas hídricas, discutiu-se os dados do Instituto Água e Saneamento, considerando o período de 2011-2021 para apresentar o retrato do volume consumido nas residências por ano e o volume consumido *per capita*, bem como o índice de perda na distribuição de água. A partir dessa avaliação, é possível compreender o cenário tanto de déficit hídrico no reservatório que abastece a cidade, como as consequências para a população no consumo de água.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ambientes aquáticos no semiárido sofrem com períodos de seca ou período de estiagem prolongado e a persistente taxa de evapotranspiração elevada. Esses fatores favorecem o estresse hídrico, diminuindo, dessa forma, o volume de água em reservatórios de abastecimento. O baixo volume, por consequência, afeta a qualidade da água, aumentando a sua turbidez e a concentração de matéria orgânica (Braga *et al.*, 2015). Aliado a isso, as demandas para abastecimento humano colaboraram para o colapso do sistema em períodos de seca. Dados mostram que ambientes como o reservatório Dourado são suscetíveis a uma maior concentração de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, o que proporciona a sua má qualidade da água (Naselli-Flores, 2003; Braga *et al.*, 2015).

Considerando a evolução volumétrica do período de estudo, identificou-se que o reservatório apresentou estresse hídrico considerável (Figura 2). O período de seca prolongado tem início em 2011 com perda significativa de volume (Figura 2a). Os dados dos anos de 2015

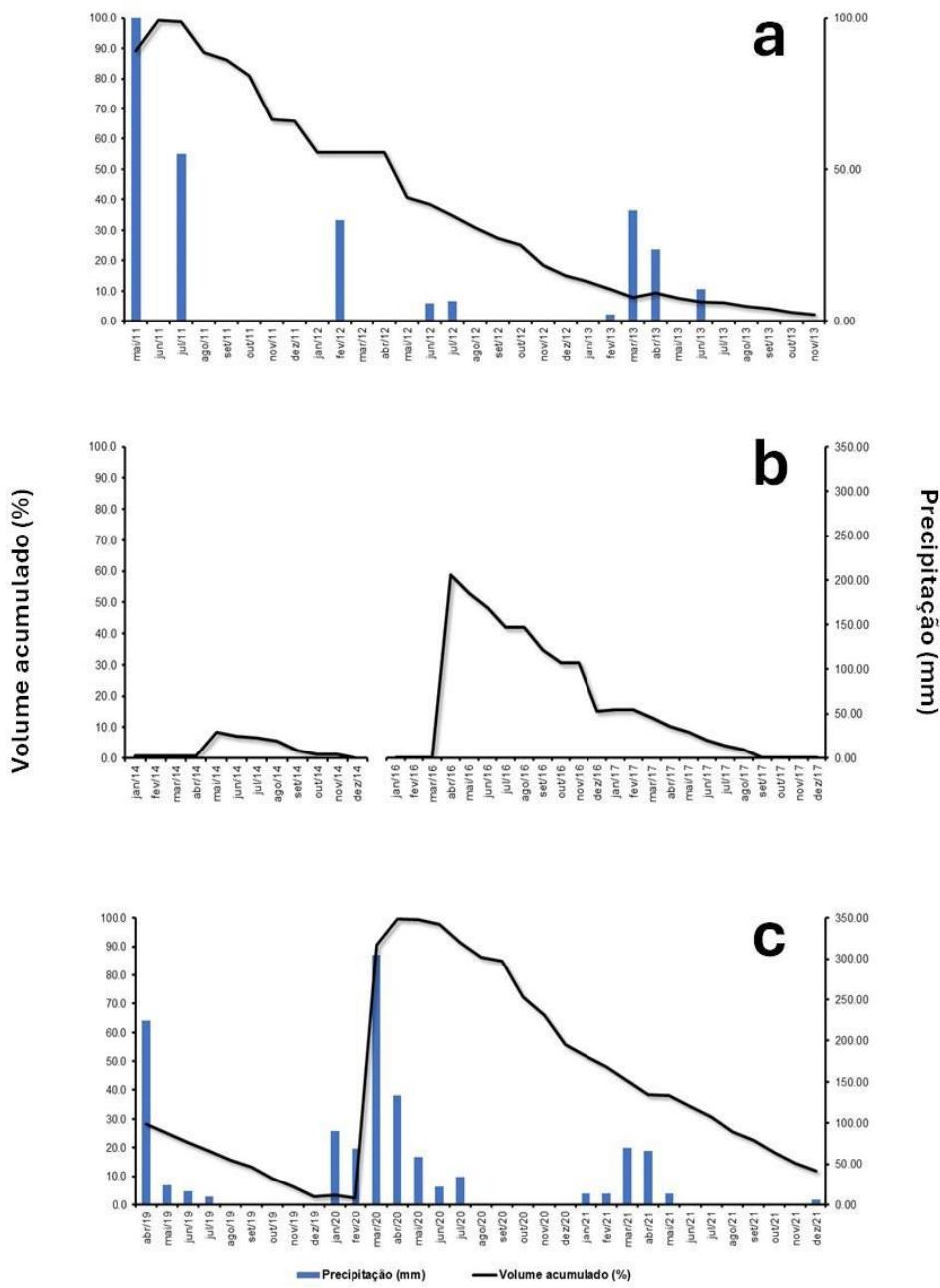
e 2018 não foram fornecidos/coletados pelas agências responsáveis. A ausência de chuvas e as altas taxas de evapotranspiração características da região semiárida colaboram para tal cenário. Os primeiros meses do ano de 2011 foi marcado pelo intenso regime de chuva nos meses de maio, junho e julho seguido por uma estiagem. Em 2013, os dados mostram que a seca prevaleceu e o volume do reservatório diminuiu drasticamente apresentando volume hídrico de menos de 20% da capacidade do reservatório.

No período entre 2014 e 2017 (Figura 2b) verifica-se a continuação do estresse hídrico em 2014 e em 2016 há aumento de volume, chegando a aproximadamente 60% do volume acumulado. Logo em seguida, houve uma drástica diminuição deste quantitativo, o que definiu a um aumento no estresse hídrico local. Em 2015 não houve dados de volume monitorado. Esse cenário exprime a prevalência da seca nos anos de 2013 e 2014. Nestes anos, o reservatório secou quase completamente e o colapso de abastecimento foi deflagrado e as consequências para a população local foram críticas. Diante da natureza de baixa profundidade do reservatório, o tempo de residência da água pode intensificar o processo de eutrofização. Anos posteriores mostram episódios de chuva, e o reservatório alcança quase 70% da sua capacidade, porém, o período de seca permanece ao ponto de o reservatório apresentar sua capacidade volumétrica abaixo de 20% em 2017.

Em um terceiro momento (Figura 2c), em 2019, verificou-se que houve pouco aumento do volume, chegando a aproximadamente 30% do acumulado. Em 2020, com a incidência de chuvas, há contribuição para o aumento do volume do reservatório, alcançando sua capacidade máxima no primeiro trimestre do ano. Em março de 2020, o estado do Rio Grande do Norte registrou 28,2% de chuvas acima do esperado, sendo que o município de Currais Novos registrou 304 mm de chuva acumulados (SEMARH, 2020). Considerando o período de análise, em 2021 o volume começa a diminuir, chegando a aproximadamente 50% de volume acumulado.

A região semiárida, marcada por longos períodos de estiagem, destaca um desafio para a gestão desses sistemas, bem como o atendimento de demandas. Alguns estudos apontam outras problemáticas relacionadas ao estresse hídrico deflagrado no reservatório Dourado, como a concentração de sedimentos, eutrofização e a vulnerabilidade a eventos extremos devido à baixa profundidade do sistema (Braga *et al.*, 2015; Mendonça-Júnior *et al.*, 2018; Leite; Becker, 2019).

Figura 2 - Evolução volumétrica do reservatório Dourado a partir de dados da literatura



a) 2011-2013; b) 2014, 2016-2017; c) 2019-2021.

Fonte: a) Braga *et al.* (2015); b) Mendonça-Júnior *et al.*, (2018); c) Leite e Becker (2019).

No registro fotográfico realizado durante o período de estudo, o reservatório apresenta baixo volume (Figura 3a) já inserido em momento de estiagem em 2013. Deflagra-se o processo de eutrofização em função do baixo volume e concentração de microalgas, o que determina a coloração verde da água (Figura 3b) no mesmo ano. Com a diminuição progressiva do volume d'água, o município de Currais Novos chega ao colapso de abastecimento em 2014 (Figura 3c). Em 2016, um breve período chuvoso é presenciado, o que leva a uma quantidade significativa de sedimentos (Figura 3d) para o reservatório.

Figura 3 - Registro fotográfico do reservatório Dourado em diferentes anos: a e b) 2013; c) 2014; d) 2016



Fonte: Mendonça Júnior (2013; 2014; 2016).

Os impactos causados por um longo período de estiagem têm impacto significativo na disponibilização de recursos a nível de bacia. Considerando o planejamento regional, várias cidades dependem de recursos naturais que promovem o desenvolvimento de atividades na agricultura, o que na região semiárida corresponde a uma das principais atividades econômicas para o desenvolvimento humano.

O baixo volume do reservatório Dourado, durante o período de estudo, favoreceu o processo de eutrofização (Braga *et al.*, 2015; Mendonça-Júnior *et al.*, 2018; Leite; Becker, 2019) e acompanhou o período de estiagem, apresentando má qualidade da água no sistema. Para classificar o reservatório Dourado como ambiente aquático eutrofizado, os estudos consideram a metodologia de Torton e Rast (1993) que avalia o nível de trofa de ambientes aquáticos inseridos nas regiões semiáridas. Os valores usados para categorizar os ambientes são principalmente as concentrações de clorofila-a (Chl-a) e fósforo total (PT): ambientes mesotróficos ($PT < 50 \mu\text{g.L}^{-1}$ e $\text{Chl}-a < 15 \mu\text{g.L}^{-1}$) e ambientes eutrofizados ($TP > 50 \mu\text{g.L}^{-1}$ e $\text{Chl}-a > 15 \mu\text{g.L}^{-1}$). As concentrações de clorofila-a e fósforo total permaneceram elevadas no

maior tempo do estudo, o que caracterizou o reservatório Dourado como eutrofizado (Braga *et al.*, 2015; Mendonça-Júnior *et al.*, 2018; Leite; Becker, 2019).

Além do baixo volume do reservatório, a má qualidade da água apresentada em todo esse período comprometeu a distribuição do uso, principalmente para consumo humano.

O impacto sobre os recursos ambientais é notável e reflete no sistema econômico. Reservatórios que sofrem altos níveis de eutrofização podem causar colapso no abastecimento por vários dias. Em regiões semiáridas o volume de água é muito reduzido em épocas de secas prolongadas, o que direciona para altos níveis de eutrofização, contribuindo para a interrupção do abastecimento por tempo indeterminado (Romstad, 2014; Smith *et al.*, 2015).

Com o crescimento populacional e o desenvolvimento urbano, o aumento nas concentrações de nutrientes também tendem a aumentar (Smith; Schindler, 2009). Estudos mostram que a agricultura corresponde à maior fonte de nutrientes, com aumento de 20% a 50% de nitrogênio e de 35% a 55% de fósforo (Beusen *et al.*, 2016). Em países industrializados, o nitrogênio corresponde ao nutriente com maior liberação advindo da agricultura (Dupas *et al.*, 2015; Garnier *et al.*, 2015).

As condições ambientais aliadas ao processo de estresse hídrico têm profundas mudanças na dinâmica social e econômica de diversas cidades que se encontram em regiões semiáridas. O município de Currais Novos, por exemplo, apresenta um problema comum sobre a gestão hídrica, uma vez que o reservatório Dourado mostrou no período estudado mais uma evolução hídrica negativa. Portanto, é importante a tomada de decisões que direcione a segurança hídrica para que haja abastecimento adequado em cenários de longa estiagem.

Segundo Oliveira e Cestaro (2018), o reservatório Dourado possui diversidade paisagística considerável e diversas atividades econômicas como pecuária, agricultura de subsistência, extração de lenha como matriz energética, extração de solos para a construção civil e mineração associada à exploração da scheelita, ouro e pegmatitos.

Essas atividades impactam o meio de forma significativa, e pelo fato do município estar inserido no bioma caatinga, a exploração da vegetação e dos recursos minerais podem, por consequência, gerar erosão do solo, acarretando na poluição hídrica através do carreamento de sedimentos para os mananciais, como o reservatório Dourado que é monitorado e tem por principal finalidade o abastecimento humano.

Trabalhos mostram que o entorno do reservatório Dourado tem diversas contribuições de atividades agropastoris (Oliveira; Mattos, 2014). O estudo sobre uso e ocupação do solo classificou áreas de mata degradada, produção agrícola, pastagem, indústria e mata nativa.

Além disso, 71,77% da área comprehende mata degradada, corroborando para processos erosivos, como o transporte de sedimentos (Oliveira; Mattos, 2014). Assim, ao diagnosticar a saúde do reservatório, é importante considerar o seu entorno, monitorar as atividades que ali ocorrem e tomar medidas protetivas, como implantar sistema de tratamento de esgoto domésticos e industriais; proteger a mata ciliar, considerando a distância entre a margem do reservatório e as atividades em seu entorno, bem como a urbanização, como previsto no Código Florestal. Medidas protetivas com relação à vegetação são desafiadoras, porém, necessárias para a conservação dos recursos naturais, cuidado esse muitas vezes ignorado pela própria população. A importância da aplicação do Código Florestal deve buscar a participação dos pequenos produtores rurais, bem como de toda a comunidade local. No caso dos pequenos produtores, incentivos financeiros podem reforçar a importância da proteção da mata nativa (Soares-Filho *et al.*, 2014).

Além disso, sugere-se também a gestão integrada como outra forma de aliar os recursos naturais e as atividades socioeconômicas de forma equilibrada. Nesse contexto, sugere-se algumas atividades importantes, tais como: manutenção de reservas hídricas, sobretudo em períodos prolongados de estiagem; reflorestamento auxiliando na restauração de ecossistemas com o solo exposto; melhor manejo do solo para não comprometer a sua fertilidade; introdução de sistemas agroflorestais que combinam práticas agrícolas e agropecuárias sustentáveis; produção agroecológica; delimitação de Áreas de Preservação Permanente; fortalecimento da sociedade civil através de campanhas educativas sobre os sistemas ambientais e proteção do meio ambiente.

Quanto ao colapso do abastecimento, discutiu-se aqui a configuração da população de Currais Novos. Conforme os dados do IBGE (IBGE, 2021), o município comprehende um total populacional de 45.022 habitantes, sendo 39.876 (88.57%) habitantes em área urbana e 5.146 (11.43%) habitantes em área rural. Quanto ao acesso aos serviços de abastecimento público de água (Saneamento, 2024), 77,21% da população total do município tem acesso a esses serviços, correspondendo a um total de 34.761 habitantes. Considerando apenas a população residente na área urbana, 88,19% é atendida (34.371 habitantes), enquanto 7,58% da população rural tem acesso a água (390 habitantes). Por outro lado, do total populacional, 10.261 pessoas não têm acesso a água, o que equivale a 22,79%.

Dados atuais mostram que o município de Currais Novos possui consumo médio de água per capita de 86,5 L.hab⁻¹.dia⁻¹. Essa média é menor que o consumo médio do país de

98,32 L.hab⁻¹.dia⁻¹ (Saneamento, 2024). Quanto à eficiência, destaca-se que há 44,92% de perdas na distribuição e o índice de hidrometração é de 96,87%.

Considerando o período de estudo de 2011-2021, é possível ver o comportamento do abastecimento para a população por ano, bem como o volume distribuído e o coeficiente de perdas na distribuição (Tabela 1).

Tabela 1 - Dados de volume consumido pela população total anual e o volume consumido (m³) per capita (L.hab-1.dia⁻¹) no período de 2011-2021 no município de Currais Novos -RN

Ano	População total atendida com abastecimento de água (habitantes)	Volume consumido (1000 m ³ .ano ⁻¹)	Volume consumido per capita (L.hab ⁻¹ .dia ⁻¹)	Índice de perdas na distribuição (%)
2011	34.788	1.147,55	90,5	54,82
2012	36.380	1.258,86	96,9	30,80
2013	38.448	1.362,54	99,8	35,38
2014	38.759	1.242,40	88,2	34,71
2015	37.929	923,09	66,0	20,52
2016	35.126	716,36	53,7	29,91
2017	29.482	861,18	73,0	24,12
2018	32.817	657,68	57,9	24,07
2019	33.003	793,25	66,0	35,20
2020	34.124	995,76	81,3	47,65
2021	34.761	1.087,09	86,5	44,92

Fonte: Saneamento (2024). Adaptado pelos autores (2024).

De acordo com os dados da Tabela 1, é possível observar que entre 2011 até 2014, nos anos iniciais do período de estiagem o número de habitantes aumenta, levando a um consequente aumento no volume consumido per capita. Esse dado contrasta com o fato de que no ano de 2014 o reservatório secou completamente. Essa foi a fase mais crítica do abastecimento público do município de Currais Novos, pois necessitou de novas estratégias para garantir a segurança hídrica da população. Somente em 2015, um ano após o total colapso do sistema do reservatório de Dourado, que o número de habitantes atendidos com abastecimento de água começa a dar sinais de queda.

Os dados mostram ainda que em 2016 houve o volume consumido per capita mais baixo ($53,7 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) em função das questões ambientais da estiagem que reflete no colapso de abastecimento. Nesse momento, 35.126 pessoas são atendidas pelo abastecimento de água, porém, com 29,91% de perda de distribuição. Em 2017, o total da população atendida pelo abastecimento foi menor (29.482 habitantes), com volume consumido per capita de $73,0 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$.

No ano de 2021, a população total atendida com abastecimento de água e o volume consumido apresenta valores próximos aos de 2011, mas o índice de perdas na distribuição ainda mantém valores abaixo do início do estudo, possivelmente em função de investimentos para evitar o desperdício de água.

Considerando o cenário de 2011 a 2021 do abastecimento público do município de Currais Novos, o que se conclui é que o acompanhamento dos índices de número de habitantes, volume de água consumido, volume *per capita* e índices de perdas na distribuição, associados a evolução do volume acumulado do reservatório, são dados importantes para o monitoramento do abastecimento público e relevantes para auxiliar as questões de planejamento urbano e ambiental de uma região.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa mostra as consequências profundas do longo período de estiagem sobre os recursos hídricos. Entender os sistemas ambientais torna-se premissa para uma gestão efetiva desses recursos, sobretudo em períodos desfavoráveis para que as demandas sejam atendidas.

Os estudos ambientais na região semiárida apontam que o fenômeno da eutrofização antrópica precisa ser avaliado e remediado para garantir melhor qualidade e distribuição da água, sobretudo para o abastecimento da população que vive nesse contexto dramático do semiárido. Trata-se de estudos com complexidade única, pois não só devem envolver o reservatório de abastecimento em si, mas as atividades que se encontram no seu entorno e que também contribuem significativamente para a sua qualidade.

Sugerimos aqui algumas medidas protetivas que envolvem políticas públicas e estratégias de monitoramento e gestão, como o levantamento das potencialidades no entorno do reservatório, da gestão e das atividades antrópicas que influenciam o manancial.

Para uma gestão efetiva dos recursos hídricos da região, é necessário entender o sistema da bacia hidrográfica no qual o reservatório está inserido, conhecer e simular a disponibilidade

hídrica e aplicar alternativas emergenciais de distribuição e disponibilidade para o abastecimento como a ligação de adutoras.

O presente estudo demonstra que a crise e a qualidade hídrica no longo prazo têm fortes impactos sobre a população local. Considerando os dados levantados e os direcionamentos brevemente colocados, é possível aplicar a mesma avaliação em outros reservatórios de abastecimento. No contexto do semiárido aliado às mudanças climáticas, nossos resultados tornam-se ainda mais relevantes para que haja interesse na construção de reservatórios e a proteção do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, J. E. de L.; MEDEIROS, E. S. F.; BRASIL, J.; CORDEIRO, R. da S.; CRISPIM, M. C. B.; SILVA, G. H. G. da. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. *Acta Limnologica Brasiliensis*, [S.I.], v. 24, n. 1, p. 103-118, 4 set. 2012. FapUNIFESP (SciELO). DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s2179-975x2012005000030>.
- BERNARDI, E. C. S. [et al.] Bacia hidrográfica como unidade de gestão ambiental. *Disciplinarum Scientia*, Santa Maria, v. 13, n. 2, p.159-168, 25 set. 2013.
- BEUSEN, A. H.; BOUWMAN, A. F.; VAN BEEK, L. P.; MOGOLLÓN, J. M.; MIDDELBURG, J. J. Global riverine N and P transport to ocean increased during the 20th century despite increased retention along the aquatic continuum. *Biogeosciences*, [S.I.], v.13, n. 8, p. 2441-2451, abr. 2016.
- BIJAY-SINGH; CRASWELL, E. Fertilizers and nitrate pollution of surface and ground water: an increasingly pervasive global problem. *Sn Applied Sciences*, [S.I.], v. 3, n. 4, p. 1-24, mar. 2021. Springer Science and Business Media LLC. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s42452-021-04521-8>.
- BLÖSCHL, G.; CHAFFE, P.L. B. Water scarcity is exacerbated in the south. *Science*, American Association for the Advancement of Science (AAAS), [S.I.], v. 382, n. 6670, p. 512-513, nov. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.adk8164>.
- BRAGA, G. G.; BECKER, V.; OLIVEIRA, J. N. P. de; MENDONÇA JUNIOR, J. R. de; BEZERRA, A. F. de M.; TORRES, L. M.; GALVÃO, Â. M. F.; MATTOS, A. Influence of extended drought on water quality in tropical reservoirs in a semiarid region. *Acta Limnologica Brasiliensis*, FapUNIFESP (SciELO), [S.I.], v. 27, n. 1, p. 15-23, mar. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s2179-975x2214>.
- BRASIL. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL [SNSA]. SNIS - Série Histórica Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. 2024. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 23 abr. 2024.

CARPENTER, S. R., CARACO, N. E., CORREL, D. L., HOWARTH, R. W., SHARPLEY, A. N.; SMITH, V. H. Nonpoint Pollution of Surface Waters with Phosphorus and Nitrogen. **Ecological Applications**, [S.I.], v. 8, n. 3, p. 559-568, jan. 1998.

CARVALHO, R. G. de. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. 1 , n. 36, p.26-43, 2014.

CHELLAPPA, N. T.; CHELLAPPA, T.; CÂMARA, F. R.A.; ROCHA, O.; CHELLAPPA, S. Impact of stress and disturbance factors on the phytoplankton communities in Northeastern Brazil reservoir. **Limnologica**, Elsevier BV, [S.I.], v. 39, n. 4, p. 273-282, dez. 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.limno.2009.06.006>.

CHEN, J. [et al.] Population, water, food, energy and dams. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, Elsevier BV. [S.I.], v. 56, p.18-28, abr. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.11.043>.

CHEUNG, M. Y.; LIANG, S.; LEE, J. Toxin-producing cyanobacteria in freshwater: a review of the problems, impact on drinking water safety, and efforts for protecting public health. **Journal Of Microbiology**, Springer Science and Business Media LLC, [S.I.], v. 51, n. 1, p. 1-10, fev. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12275-013-2549-3>.

DUPAS, R.; DELMAS, M.; DORIOZ, J.; GARNIER, J.; MOATAR, F.a; GASCUEL-ODOUX, C. Assessing the impact of agricultural pressures on N and P loads and eutrophication risk. **Ecological Indicators**, Elsevier BV, [S.I.], v. 48, p. 396-407, jan. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.08.007>.

ENGEL, S.; SCHAEFER, M. Ecosystem services—a useful concept for addressing water challenges? **Current Opinion In Environmental Sustainability**, Elsevier BV, [S.I.], v. 5, n. 6, p. 696-707, dez. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2013.11.010>.

ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M. [et al.]. Águas potiguares: oásis ameaçados. **Ciência Hoje**. v. 39, n. 233, p. 68-71, dez. 2006.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos em Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciênciac, 1998.

FOLEY, J. A. Global Consequences of Land Use. **Science**, American Association for the Advancement of Science (AAAS), [S.I.], v. 309, n. 5734, p. 570-574, 22 jul. 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.1111772>.

FREITAS, F. R. S.; RIGHETTO, A. M.; ATTAYDE, J. L. Cargas de Fósforo Total e Material em Suspensão em um Reservatório do Semi-Árido Brasileiro. **Oecologia Australis**, [S.I.], v. 15, n. 3, p. 655-665, set. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2011.1503.16>.

GARNIER, J.; LASSALETTA, L.; BILLEN, G.; ROMERO, E.; GRIZZETTI, B.; NÉMERY, J.; LE, T. P. Q.; PISTOCCHI, C.; AISSA-GROUZ, N.; LUU, T. N. M. Phosphorus budget in the water-agro-food system at nested scales in two contrasted regions of the world (ASEAN-8 and EU-27). **Global Biogeochemical Cycles**, American Geophysical Union (AGU), [S.I.], v. 29, n. 9, p. 1348-1368, set. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/2015gb005147>.

GRADÍSSIMO, D. G.; MOURÃO, M. M.; SANTOS, A. V. Importância do Monitoramento de Cianobactérias e Suas Toxinas em Águas Para Consumo Humano. **Revista Brasileira de Criminalística**, Associação Brasileira de Criminalística – ABC, [S.I.], v. 9, n. 2, p. 15-21, 8 jul. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.15260/rbc.v9i2.276>.

GRIMM, N. B.; FAETH, S. H.; GOLUBIEWSKI, N. E.; REDMAN, C. L.; WU, J.; BAI, X.; BRIGGS, J. M. Global Change and the Ecology of Cities. **Science**, American Association for the Advancement of Science (AAAS), [S.I.], v. 319, n. 5864, p. 756-760, 8 fev. 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.1150195>.

HADDAD, N. M.; BRUDVIG, L. A.; CLOBERT, J.; DAVIES, K. i F.; GONZALEZ, A.; HOLT, R. D.; LOVEJOY, T. E.; SEXTON, J. O.; AUSTIN, M. P.; COLLINS, C. D. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. **Science Advances**, American Association for the Advancement of Science (AAAS), [S.I.], v. 1, n. 2, p. 1-9, mar. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/sciadv.1500052>.

JESUS, G. P. de *et al.* Principais problemas gerados durante a terapia de hemodiálise associados à qualidade da água. **Rev. Eletrônica Atualiza Saúde**, Salvador, v. 3, n. 3, p. 41-52, jul. 2016.

KENNEDY, C. M.; MITEVA, D. A.; BAUMGARTEN, L.; HAWTHORNE, P. L.; SOCHI, K.; POLASKY, S.; OAKLEAF, J. R.; UHLHORN, E. M.; KIESECKER, J. Bigger is better: improved nature conservation and economic returns from landscape-level mitigation. **Science Advances**, American Association for the Advancement of Science (AAAS), [S.I.], v. 2, n. 7, p. 1-9, jul. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/sciadv.1501021>.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, Schweizerbart, [S.I.], v. 15, n. 3, p. 259-263, 10 jul. 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>.

LEITE, J. N. de C.; BECKER, V.. Impacts of drying and reflooding on water quality of a tropical semi-arid reservoir during an extended drought event. **Acta Limnologica Brasiliensis**, FapUNIFESP (SciELO), [S.I.], v. 31, n. 15, p. 1-9, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s2179-975x6918>.

MENDONÇA JÚNIOR, J. R. de; AMADO, A. M.; VIDAL, L. de O.; MATTOS, A.; BECKER, V. Extreme droughts drive tropical semi-arid eutrophic reservoirs towards CO₂ subsaturation. **Acta Limnologica Brasiliensis**, FapUNIFESP (SciELO), [S.I.], v. 30, p. 1-11, 5 abr. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s2179-975x1517>.

MOAL, M. L.; GASCUEL-ODOUX, C.; MÉNESGUEN, A.; SOUCHON, Y.; ÉTRILLARD, C.; LEVAIN, A.; MOATAR, F.; PANNARD, A.; SOUCHU, P.; LEFEBVRE, A. Eutrophication: a new wine in an old bottle? **Science Of the Total Environment**, Elsevier BV, [S.I.], v. 651, p. 1-11, fev. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.139>.

NASELLI-FLORES, L. Man-made lakes in Mediterranean semi-arid climate: the strange case of dr deep lake and mr shallow lake. **Hydrobiologia**, Springer Science and Business Media LLC, [S.I.], v. 506-509, n. 1-3, p. 13-21, 2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/b:hydr.0000008550.34409.06>.

OKI, T. Global Hydrological Cycles and World Water Resources. **Science**, American Association for the Advancement of Science (AAAS), [S.I.], v. 313, n. 5790, p. 1068-1072, 25 ago. 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.1128845>.

OLIVEIRA, A. V. L. C. de; CESTARO, L. A. Caracterização do meio físico para subsidiar um zoneamento geoambiental do município de Currais Novos – RN - Brasil. **Revista Geonorte**, [S.I.], v. 3, n. 4, Edição Especial, p. 1419-1432, 2012.

OLIVEIRA, A. V. L. C. de; CESTARO, L. A. Proposta de zoneamento geoambiental do município de Currais Novos/RN - Brasil. **Geoambiente On-Line: Revista Eletrônica do Curso de Geografia - UFG/REJ**, Jataí, n. 32, p. 38-56, dez. 2018.

OLIVEIRA, H. A. de; MATTOS, A. Caracterização do uso do solo das margens de um reservatório tropical. In: MATTOS, Arthur. **Projeto MEVEMUC**: monitoramento da evaporação e as mudanças climáticas. João Pessoa: Moura Ramos, 2014. p. 341-360.

REBOUÇAS, A. da C. Água na Região Nordeste: desperdício e escassez. **Estudos Avançados**, v. 11, n. 29, 1997.

ROMSTAD, E. The economics of eutrophication. **Eutrophication: Causes, Consequences and Control**. Springer, p. 45–53, 2014.

SAMPAIO, E. V. S. B. Overview of the Brazilian caatinga. **Seasonally Dry Tropical Forests**, Cambridge University Press, [S.I.], p. 35-63, nov. 1995. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/cbo9780511753398.003>.

SANEAMENTO, Instituto Água e Saneamento. **Municípios e Saneamento**, 2024. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/rn/currais-novos>. Acesso em: 23 abr. 2024.

SANDER, H. A.; ZHAO, C. Urban green and blue: who values what and where? Who values what and where?. **Land Use Policy**, Elsevier BV, [S.I.], v. 42, p. 194-209, jan. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.07.021>.

SANCHES, S. M.; PRADO, E. L.; FERREIRA, I. M.; BRAGA, H. F.; VIEIRA, E. M. Presença da toxina microcistina em água, impactos na saúde pública e medidas de controle. **Rev Ciênc Farm Básica Apl**, [S.I.], v. 33, n. 2, p. 181-187, 2012.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS - SEMARH. **Monitoramento**, 2021. Disponível em: <http://www.semarh.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=17381&ACT=&PAGE=0&PARM=&LBL=Servi%E7os>. Acesso em: 04 abr. 2021.

SIQUEIRA, D. B.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. Cianobactérias de água doce e saúde pública: uma revisão. **Universitas: Ciências da Saúde**, Centro de Ensino Unificado de Brasília, [S.I.], v. 3, n. 1, p. 109-128, 1 abr. 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.5102/ucs.v3i1.549>.

SMITH, V. H., SCHINDLER, D. W. Eutrophication science: where do we go from here? **Trends Ecology and Evolution**, v. 24, n. 4, p. 201–207, 2009.

SMITH, D. R.; KING, K. W.; WILLIAMS, M. R. What is causing the harmful algal blooms in Lake Erie? **Journal Of Soil and Water Conservation**, Soil and Water Conservation Society, [S.I.], v. 70, n. 2, p. 27-29, mar. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.2489/jswc.70.2.27a>.

SOARES-FILHO, B.; RAJÃO, R.; MACEDO, M.; CARNEIRO, A.; COSTA, W.; COE, M.; RODRIGUES, H.; ALENCAR, A. Cracking Brazil's Forest Code. **Science**, American Association for the Advancement of Science (AAAS), [S.I.], v. 344, n. 6182, p. 363-364, 25 abr. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.1246663>.

THORNTON, J. A.; RAST, W. A test of hypothesis relating to the comparative limnology and assessment of eutrophication in semi-arid manmade lakes. In: STRASKRABA, M.; TUNDISI, J. G.; DUNCAN, A. (ed.). **Comparative reservoir limnology and water quality management**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993, p. 1-24. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-94-017-1096-1_1.

VITOUSEK, P. M. Human Domination of Earth's Ecosystems. **Science**, American Association for the Advancement of Science (AAAS), [S.I.], v. 277, n. 5325, p. 494-499, jul. 1997. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.277.5325.494>

SISTEMAS NATURAIS DO MUNICÍPIO DE IPIAÚ, ESTADO DA BAHIA, BRASIL: BASES PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL MUNICIPAL SOB A PERSPECTIVA DA GEOECOLOGIA DAS PAISAGENS

Sarah Andrade **SAMPAIO**

Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências,
Universidade Estadual de Campinas
Campinas, São Paulo, Brasil
E-mail: sarahandradegeo@gmail.com
Orcid: http://orcid.org/0000-0002-1302-7064

Sirius Oliveira **SOUZA**

Professor Adjunto do Colegiado de Geografia da Universidade Federal do Vale do São
Francisco
Senhor do Bonfim, Bahia, Brasil,
E-mail: sirius.souza@univasf.edu.br
Orcid: http://orcid.org/0000-0001-8831-5709

Regina Célia de **OLIVEIRA**

Professora do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Universidade
Estadual de Campinas
Campinas, São Paulo, Brasil
E-mail: regina5@unicamp.br
Orcid: http://orcid.org/0000-0002-3506-5723

*Recebido
Julho de 2024*

*Aceito
Dezembro de 2024*

*Publicado
Janeiro de 2025*

Resumo: O enfoque da abordagem sistêmica na análise ambiental baseia-se na necessidade de compreender as partes e processos de forma integrada, assim como identificar e solucionar os problemas relacionados. Considerando-se a insuficiência de dados e informações de cunho ambiental, os quais são essenciais para subsidiar ações de gestão pública eficientes, o presente trabalho objetiva apresentar uma caracterização dos sistemas naturais, considerando os aspectos climáticos, geológicos, pedológicos, clinográficos, hidrográficos e fitogeográficos do

município de Ipiaú, Estado da Bahia, Brasil. Os resultados apontam dez sistemas naturais no município, tendo como fator delimitador os atributos do relevo, considerando seus processos morfogenéticos atuantes e o tipo de cobertura vegetal e uso das terras. Em suma, Ipiaú é representado por sistemas naturais complexos com dinâmicas erosivas nos ambientes com terrenos mais movimentados no centro-norte do território municipal, afim como funcionamentos deposicionais nos ambientes de planícies fluviais, e de transição, como nos morros baixos, cujos processos estão estritamente relacionados aos tipos de ocupação, por vezes incompatíveis com o funcionamento natural da paisagem.

Palavras-chave: Cartografia síntese; análise ambiental; sul da Bahia; aspectos físicos; planejamento ambiental.

NATURAL SYSTEMS OF THE MUNICIPALITY OF IPIAÚ, STATE OF BAHIA, BRAZIL: BASES FOR MUNICIPAL ENVIRONMENTAL PLANNING FROM THE PERSPECTIVE OF LANDSCAPE GEOECOLOGY

Abstract: The systemic approach focus on environmental analysis is based on the need to understand the parts and processes in an integrated way, as well as identify and solve related problems. Considering the insufficiency of environmental data and information, which are essential to support efficient public management actions, the present work aims to present a characterization of natural systems, considering the climatic, geological, pedological, clinographic, hydrographic and phytogeographic aspects from the municipality of Ipiaú, State of Bahia, Brazil. The results point to ten natural systems in the municipality, with the relief attributes as a delimiting factor, considering their active morphogenetic processes and the type of vegetation cover and land use. In short, Ipiaú is represented by complex natural systems with erosional dynamics in environments with busier terrain in the center-north of the municipal territory, as well as depositional functioning in river plain environments, and transition environments, such as in low hills, whose processes are strictly related to types of occupation, sometimes incompatible with the natural functioning of the landscape.

Keywords: Synthetic cartography; environmental analysis; south of Bahia; physical aspects; environmental planning.

SISTEMAS NATURALES DEL MUNICIPIO DE IPIAÚ, ESTADO DE BAHÍA, BRASIL: BASES PARA LA PLANIFICACIÓN AMBIENTAL MUNICIPAL DESDE LA PERSPECTIVA DE LA GEOECOLOGÍA DEL PAISAJE

Resumen: El enfoque sistemático centrado en el análisis ambiental se basa en la necesidad de comprender las partes y procesos de forma integrada, así como identificar y resolver problemas relacionados. Considerando la insuficiencia de datos e informaciones ambientales, esenciales para sustentar acciones eficientes de gestión pública, el presente trabajo tiene como objetivo presentar una caracterización de los sistemas naturales, considerando los aspectos climáticos, geológicos, edafológicos, clinográficos, hidrográficos y fitogeográficos del municipio de Ipiaú, Estado de Bahía, Brasil. Los resultados señalan diez sistemas naturales en el municipio,

teniendo como factor delimitador los atributos del relieve, considerando sus procesos morfogenéticos activos y el tipo de cobertura vegetal y uso del suelo. En síntesis, Ipiaú está representado por sistemas naturales complejos con dinámicas erosivas en ambientes con terrenos más transitados en el centro-norte del territorio municipal, además de funcionamiento depositacional en ambientes de llanura fluvial y ambientes de transición, como en cerros bajos, cuyos procesos están estrechamente relacionados con tipos de ocupación, a veces incompatibles con el funcionamiento natural del paisaje.

Palabras clave: Cartografía sintética; análisis ambiental; al sur de Bahía; aspectos físicos; planificación ambiental.

INTRODUÇÃO

A introdução da perspectiva sistêmica como premissa básica dos estudos ambientais impulsionou a consolidação da Ciência das Paisagens e o estabelecimento de metodologias que podem ser aplicadas em distintas escalas de análise. Uma das possibilidades de entendimento da base natural do meio ambiente, em funcionamento e estrutura, considerando seus elementos conceituais, teóricos, metodológicos e práticos é o ramo da ciência da Geocologia das Paisagens, cuja gênese está nos trabalhos realizados no século XIX por Humboldt, Lomonosov e Dokuchaev.

Os autores partiram da análise das fontes que deram origem à Teoria da Paisagem, ao mesmo tempo em que foram aplicados seus fundamentos em estudos de campo e análises concretas em diversos ambientes, voltados em grande medida, ao planejamento ambiental integrado. Proposta por Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2002; 2022), é utilizada enquanto base teórica diante da possibilidade de leitura metodológica da paisagem, independente na escala de abordagem. Tal abordagem tem suas origens nos conceitos centrais da Ecologia, incorporadas às dimensões espaciais da Ecologia da Paisagem, cujas bases remontam ao final do século XIX (Rodriguez; Silva; Cavalcanti, 2022). Na década de 1950, Carl Troll propôs a criação da ciência da Geocologia das Paisagens, enquanto sistema de métodos, procedimentos e técnicas de investigação, com enfoque nos aspectos espaço-funcionais das paisagens (Troll, 1950).

O enfoque da abordagem sistêmica baseia-se na necessidade de compreender as partes e processos de forma integrada, assim como identificar e solucionar os problemas envolvendo a organização e a ordem resultante da dinâmica entre os elementos constituintes (Bertalanffy, 1973). Acerca do conceito básico, Bertalanffy (1968, p. 55) afirma que “Um sistema pode ser definido como um complexo de elementos em interação”, e a depender as relações que se estabelecem entre eles, um sistema pode ser classificado em aberto ou fechado.

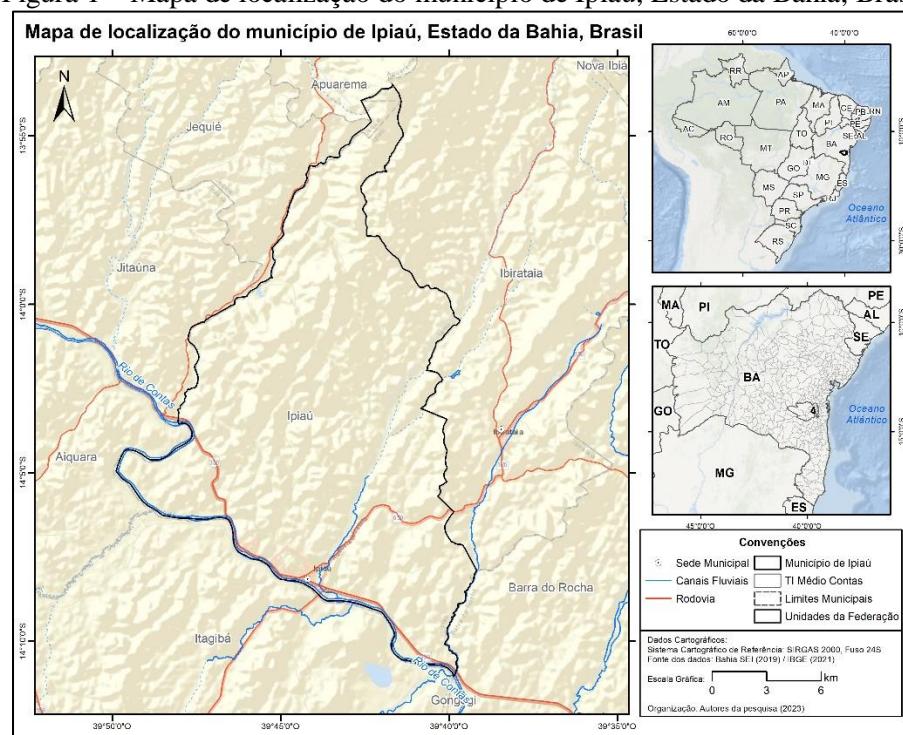
Vicente e Perez Filho (2003), ao considerar, através de um enfoque cronológico, as bases conceituais da abordagem sistêmica, apontam que após a disseminação das ideias de Bertalanffy às diversas vertentes das ciências, a função dos fenômenos que envolvem o “observador/observado” ganha novas conotações e a própria realidade começa a ser revista, enquanto expressão de pequenas e relativas verdades dinâmicas, aleatórias e casuais. Um Sistema Natural é considerado uma unidade de análise espacial e pode ser definido como o resultado da combinação de: um potencial ecológico, a exemplo dos aspectos geomorfológicos, climáticos, hidrológicos; uma exploração biológica, como a vegetação, solo e fauna; e uma ação antrópica (Bertrand, 1972; Christofeletti, 1999; Guerra; Marçal, 2011).

Com vistas ao estudo sobre o comportamento dos sistemas, sendo essenciais os parâmetros espaciais e temporais, esta pesquisa está amparada na abordagem do relevo, considerando o nível de diferenciação da paisagem, os aspectos geomorfológicos possuem especial importância. No mesmo sentido, Christofeletti (1999) afirma que em estudos ambientais sistêmicos, os efeitos ocasionados pelas atividades humanas sobre o relevo, devem ser considerados enquanto determinantes das condições ambientais ao analisar as interferências decorrentes das atividades de urbanização, industrialização, exploração mineral, de usos agrícolas do solo ou da construção de vias de transporte, nos fluxos de matéria e energia, além de possibilitar a representação das dinâmica e da morfologia resultante.

Considerando-se a insuficiência de dados e informações de cunho ambiental, os quais são essenciais para subsidiar ações de gestão pública eficientes, o presente trabalho se justifica por apresentar uma breve caracterização dos sistemas naturais, sob a ótica de uma caracterização dos aspectos climáticos, geológicos, pedológicos, clinográficos, hidrográficos e fitogeográficos do município de Ipiaú, Estado da Bahia, Brasil. Ao reconhecer tais características básicas, faz-se possível o estabelecimento de ações mais assertivas ao planejamento ambiental, o qual estabelece as regras de uso e ocupação da terra, define as principais estratégias e políticas do município, assim como permite reconhecer e localizar as tendências e propensões naturais - locais e regionais - para o desenvolvimento (Duarte, 2009).

Situada no Sul do Estado da Bahia, no Território de Identidade do Médio Rio de Contas, entre os municípios de Jequié, Aiquara, Jitaúna, Itagibá, Barra do Rocha, Ibirataia e Apuarema. O município de Ipiaú (Figura 1) dista cerca de 355 km da capital do Estado, possui uma extensão territorial de 267 km² e uma população de 40.706 habitantes, com mais de 91 % desta habitando áreas urbanas (IBGE, 2022).

Figura 1 – Mapa de localização do município de Ipiaú, Estado da Bahia, Brasil



Fonte: Bahia SEI (2019); IBGE (2021). Organização: Os autores da pesquisa (2023).

METODOLOGIA

Como facilitador do planejamento são utilizadas diversas ferramentas, a exemplo dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs). A partir de instrumentos destinados ao gerenciamento de dados espaciais, os SIGs dão suporte ao Planejamento Ambiental, pelos quais derivam novas informações através da análise integrada das informações (Novo, 1989). Essas informações por sua vez, auxiliam nos estudos dos aspectos físicos enquanto suporte no estabelecimento das populações, por exemplo. Para a elaboração dos mapas nesta pesquisa, utilizou-se o software *ArcGIS 10.3* através do aplicativo *ArcMap*, visto que esse software apresenta ferramentas mais completas para as análises aplicadas para dados espaciais, além de proporcionar um excelente padrão na propriedade de exportação dos produtos gerados.

A cartografia básica foi produzida na escala de 1:100.000, através da aquisição das duas cartas topográficas digitais em escala 1:100.000: Ipiaú SD.24-Y-B-II e Jaguaquara SD.24-V-D-V, referentes ao recobrimento do município de Ipiaú, ambas fornecidas pela Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia - SEI (2016). Inicialmente, foram organizadas as seguintes cartografias com dados: Pluviométricos, Geológicos, Pedológicos e

Fitogeográficos; após isso, foram elaborados os mapas: Hipsométrico, Clinográfico e, por fim, a cartografia síntese de Sistemas Naturais.

O Mapa Pluviométrico do Município de Ipiaú foi organizado utilizando a base de dados vetoriais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2002), em escala de 1:500.000. Para a elaboração do termopluvíograma de Ipiaú, seguiu-se a aquisição de dados da estação meteorológica automática (EMA) do município de Ipiaú (estação Ipiaú-A445) coletadas, de minuto a minuto, as informações meteorológicas (temperatura, umidade, pressão atmosférica, precipitação, direção e velocidade dos ventos, radiação solar) representativas da área em que está localizada. A cada hora, estes dados são integralizados e disponibilizados gratuitamente na plataforma do INMET (2023). Após o download dos dados (em formato .xlsx), foram calculadas as médias das temperaturas e o índice pluviométrico para cada mês do ano de 2022, no programa Microsoft Office Excel 2007. A partir dos valores médios tabelados com doze linhas (referentes aos meses do ano) e duas colunas (com os valores de precipitação em milímetros e de temperatura em graus Celsius), foi gerado um gráfico como resultado final, utilizado para representar variáveis climáticas de maneira mais eficiente.

Para a organização do Mapa Geológico do Município de Ipiaú, em escala 1:100.000, foram utilizados dados vetoriais baseados nas Cartas Geológicas (Folha Ipiaú SD.24-Y-B-II e Folha Jaguaquara SD.24-V-D-V) disponíveis na escala de 1:100.000, no Sistema de Geociências do Serviço Geológico do Brasil (GeoSGB) da CPRM (2017). No software, a área de estudo foi delimitada a partir da ferramenta *clip*, conforme o limite do município.

O Mapa de Compartimentos Geomorfológicos do Município de Ipiaú foi organizado em escala 1:100.000, com base em fontes de dados disponibilizados pela CPRM (2007), a partir do projeto de mapeamento de Geodiversidade do Brasil na escala 1:2.500.00. Tal base de dados possui diversos atributos, e dentre eles, a descrição dos macro-compartimentos do relevo. No software ArcMap 10.3 a camada foi delimitada a partir da ferramenta *clip*, segundo o território municipal, disponibilizado pela SEI (2017), organizou-se a simbologia e as nomenclaturas expostas na legenda, com base em padrões do Projeto RADAMBRASIL. Tal levantamento foi elaborado pela CPRM (2007), com base em padrões de relevo e é, essencialmente, uma análise morfológica do relevo com base em fotointerpretação da textura e rugosidade dos terrenos a partir de diversos sensores remotos.

Em sequência, o Mapa Pedológico do Município de Ipiaú foi organizado em escala de 1:100.000, a partir dos dados oriundos do levantamento de solos das áreas produtoras de cacau do Sul da Bahia, realizado pela Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC,

1975), disponibilizado por Santana *et al.* (2002). Tal mapeamento foi realizado na escala de 1:250.000, adaptado conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBPS (2018). A área de estudo foi delimitada a partir da ferramenta *clip*, por fim, organizou-se a simbologia e legenda segundo as normas descritas no Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2007).

O Mapa Fitogeográfico do Município de Ipiaú foi organizado segundo dados do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO), do Ministério do Meio Ambiente (MMA), que mapeou a vegetação brasileira com base em imagens *Landsat-TM*, obtidas até o ano de 2006, cujo produto final está disponível em arquivos em *shapefile*, em escala de 1:250.000. Após a aquisição dos dados, determinou-se o critério de classificação desse mapeamento, adaptado para a área de estudo a partir da ferramenta *clip*, e para o município, têm-se três principais classes, ajustadas utilizando o serviço *World Imagery Basemap do ArcGIS*, com imagens de alta resolução do ano de 2022. Por fim, organizou-se a simbologia e legenda segundo as normas descritas no Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012).

Em seguida, foram elaborados os mapas Hipsométrico e Clinográfico da área de estudo, com base de dados de curvas de nível disponibilizada pela SEI (2016), com equidistância de 40 metros. Nesse sentido, para o Mapa Hipsométrico do Município de Ipiaú, em escala de 1:100.000, foram traçados os procedimentos metodológicos adaptados de trabalhos de Souza, Oliveira e Lupinacci (2018), nos quais, a partir da cartografia base, elaborou-se um Modelo Digital de Elevação (MDE). Os dados referentes às curvas de nível, a rede de drenagem e aos pontos altimétricos cotados foram congregados em um MDE utilizando a ferramenta *3D Analyst/Create/Modify TIN/Create TIN from Features*.

Feita a criação do arquivo TIN (*Triangulated Irregular Network*, ou Rede Triangular Irregular), que consiste em um modelo digital criado a partir de curvas de nível e gera um modelo matemático com valores de altitude, representando o espaço a partir de um conjunto de triângulos com tamanhos variados (INPE, 2019). Em sequência, foi feito um recorte para remoção das áreas sem curvas de nível, onde houve um ajuste no processo de triangulação, a partir da ferramenta *Edit TIN*. Ainda no *ArcMap 10.3*, os valores de altitude foram reclassificados com o intervalo de 50 e 100 m, através da opção *Properties/ Symbology/ Elevation*. Cada um dos intervalos foi digitado no quadro *Symbology*, gerando um modelo hipsométrico do terreno, com 10 classes altimétricas.

Posteriormente, foi feita a conversão do formato TIN para *Raster*, a fim de calcular os valores de declividade medidos em percentagem. A ferramenta utilizada segue os comandos

3D Analyst/Conversion/TIN to Raster no *ArcToolbox*, e se baseia no modelo tridimensional criado anteriormente para a criação do novo arquivo. Ao gerar a declividade, a partir da ferramenta Declividade (*Slope*), ainda no *3D Analyst*, selecionou-se o modelo de saída em *Percent Rise*. Ao final, o arquivo raster foi convertido para formato vetorial, na caixa de ferramentas *Conversion Tools / To Shapefile*, em entidade polígono, para que fossem feitos alguns ajustes e se extraíssem os valores das tabelas de atributos.

Sobre a classificação da declividade para elaboração de mapeamentos, De Biasi (1992) afirma que o autor do trabalho pode determinar os intervalos de maneira particular, mas, recomenda-se a utilização dos parâmetros já estabelecidos por lei para os diferentes usos e ocupação territorial. Haja vista que no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do município não estão claramente estabelecidos tais limites, foram considerados valores propostos na literatura e na legislação federal. Assim, para a elaboração do Mapa de Declividade do Município de Ipiaú, cujos intervalos de classes foram inseridos manualmente na janela *Layer Properties*, conforme trabalhos de Dent e Young (1981); Carvalho, Macedo e Ogura (2007); Bitar (2014); Brasil (1979; 2012). Tais autores estabeleceram critérios adequados à escala do mapeamento em questão, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Critérios para classificação da declividade

Porcentagem (%)	Descrição	Cor
< 2%	Áreas sujeitas a inundações (DENT e YOUNG, 1981).	Verde Escuro
2 a 15%	Área passível de emprego da mecanização na agricultura (BITAR, 2014) e favorável à ocupação urbana e edificações de habitações convencionais (BRASIL, 1979)	Verde Médio
15 a 30%	Área de urbanização sem restrições (BRASIL, 1979).	Verde Claro
30 a 37%	Aptidão insatisfatória ao uso residencial, sendo proibido o parcelamento do solo de acordo com Lei Federal 6766/79, salvo se atendidas exigências especiais quanto à preservação do meio físico (BRASIL, 1979).	Amarelo
37 a 47%	Terrenos propensos a movimentos gravitacionais de massa (CARVALHO, MACEDO e OGURA, 2007)	Laranja
≥ 47%	Áreas de Preservação Permanente, quando possuírem com altura mínima de 100 (cem) metros, de acordo com o Art. 4º da Lei 12.651/2012, nas quais são permitidos somente o manejo florestal sustentável e o exercício de atividades agrossilvipastoris (desde que observadas boas práticas agronômicas), sendo vedada a conversão de novas áreas, excetuadas as hipóteses de utilidade pública e interesse social (BRASIL, 2012).	Vermelho

Fonte: Adaptado de Dent e Young (1981); Bitar (2014); Brasil (1979); Carvalho, Macedo e Ogura (2007); Brasil (2012).

Após o mapeamento dos diversos aspectos naturais do município, as informações armazenadas foram integradas resultando no Mapa de Sistemas Naturais do município de Ipiaú,

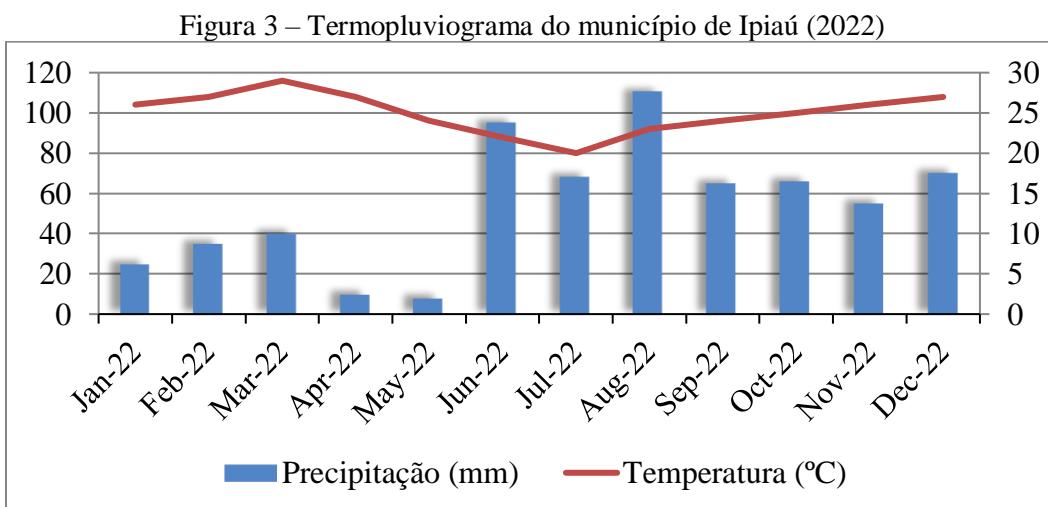
o qual foi elaborado a partir de uma perspectiva sintetizadora, na escala de 1:100.000, baseada em trabalhos de Bertrand (1971), Amorim (2011) e Souza (2017). Alicerçado no Mapa de Compartimentos Geomorfológicos, ao considerar o relevo enquanto um importante recurso de identificação dos sistemas naturais atuantes, assim como para os processos de planejamento e ordenamento ambiental (Ross, 2006; Souza, 2017), neste levantamento, propôs-se a delimitação de dez sistemas naturais no território municipal, para a qual foi considerado como base o limite do relevo (compartimentos geomorfológicos), além dos atributos físicos da paisagem, como clima, geologia, pedologia e fitofisionomia.

Após a definição teórica e seleção dos atributos físicos mais adequados para a interpretação dos sistemas naturais, foi aplicado o comando de intersecção, no software ArcGis™ 10.3, utilizando a ferramenta *ArcToolBox/ Ferramentas de Análise/ Sobreposição/ Intersecciónar*. As unidades resultantes possibilitaram compreender a dinâmica dos processos naturais atuantes na área em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre os aspectos mais determinantes das características naturais, o clima apresenta-se como o controlador dos processos e da dinâmica do ambiente, fornecendo energia, cuja incidência repercute na quantidade disponível de calor e água (Christofoletti, 1999). O aspecto climático compreende a atmosfera, a hidrosfera, a criossfera, a litosfera de superfície e a biosfera. Esses elementos associados aos fatores geográficos do clima (latitude, longitude, proximidade do mar, continentalidade, vegetação e as atividades humanas), de forma integrada, determinam o estado e a dinâmica do clima da Terra, e é por eles determinado.

Segundo Santos e França (2009), para que a compreensão acerca dos estudos climáticos em uma região seja completa, deve haver, em primeira análise, uma abordagem concisa dos elementos constitutivos do clima, como temperatura, pressão atmosférica, precipitação, entre outros, por um longo período de tempo. Nas regiões tropicais, a precipitação pluvial é o componente que apresenta maior variabilidade referente à distribuição mensal. Dessa forma, no município de Ipiaú os valores médios anuais podem alcançar 1.300 mm nos anos mais chuvosos e variam muito entre os meses do ano, conforme apontado na Figura 3.



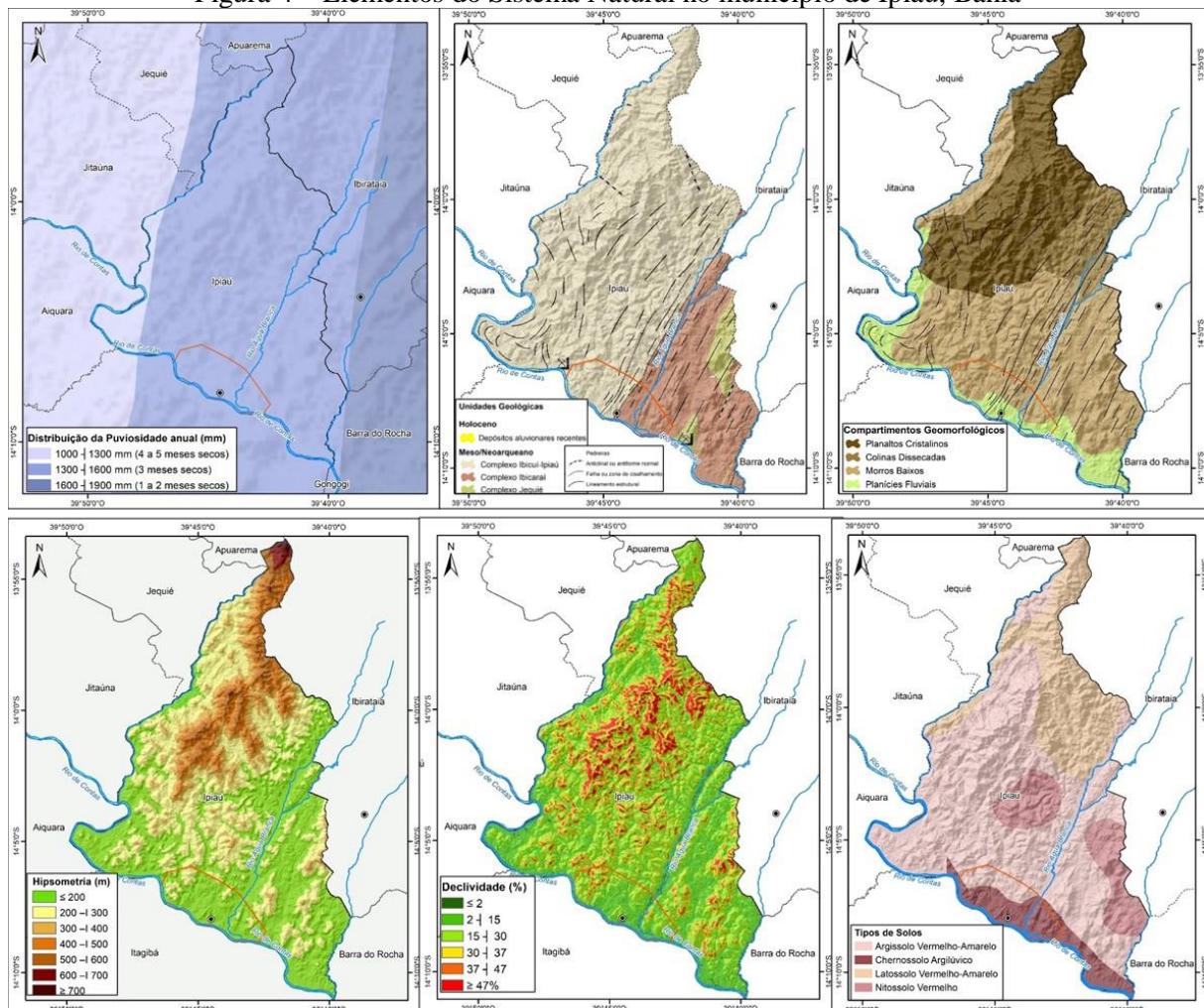
Fonte: INMET (2022). Elaboração: Os autores da pesquisa (2023).

O clima que abrange a região na qual o município de Ipiaú se enquadra, é classificado como do tipo tropical, úmido à semiúmido (IBGE, 2007). As características desse tipo de clima apresentam temperaturas quentes, com médias maiores que 18°C em todos os meses do ano, e períodos de 1 a 3 meses secos. Conforme os dados apontados no termoplumiograma (Figura 3), as chuvas no ano de 2022 foram mais abundantes nos meses de junho e agosto alcançando 95 e 110 mm, respectivamente, enquanto os meses de abril e maio são os mais secos do ano, variando de 8 a 10 mm. As temperaturas médias mensais caracterizam-se por uma pequena variabilidade térmica anual, cujos valores mínimos e máximos vão de 20°C (no mês de julho) a 29°C (no mês de março), respectivamente.

No que se refere aos aspectos geológicos, a estrutura geológica surge enquanto condicionante na organização do sistema em virtude de potencializar as características topográficas, geomorfológicas, pedológicas, biogeográficas, entre outras que nortearão também a ocupação demográfica e o desenvolvimento econômico. Segundo Christofolletti (1999, p. 42), “o componente geodinâmico atua pelas forças responsáveis pelo surgimento de aspecto e lineamentos na superfície”. Nesse mesmo sentido, Ipiaú apresenta características de lineamentos estruturais, falhas e anticlinais, e está localizado na região granulítica sul/sudeste da Bahia, conforme apresentados na Figura 4.

A unidade geológica que data o período Holoceno, estão os Depósitos Aluvionares Recentes, que se referem a um conjunto de areias com intercalações de argila, cascalho e restos de matéria orgânica (Barbosa *et al.*, 2009). Essa classe está presente em alguns trechos no Rio de Contas, principal canal fluvial da região, ocupando uma área de aproximadamente 0,05 km², apenas 0,01% da área total municipal.

Figura 4 – Elementos do Sistema Natural no município de Ipiaú, Bahia



Fonte: IBGE (2002); UFBA; CPRM (2007; 2009); SEI (2017); CEPLAC (1975). Organização: Os autores da pesquisa (2022).

Quanto às eras Meso/Neoarqueano, destaca-se parte da região granulítica sul/sudeste da Bahia, a qual engloba parte do Complexo Ibicuí-Ipiaú, compondo a maior área entre as classes, contabilizando 201,16 km², ou seja, 72,44 % do território municipal. Segundo Barbosa *et al.* (2008), o Complexo Ibicuí-Ipiaú é composto pelos Ortognaisses de Acaraci, caracterizados por ortognaisses graníticos a tonalíticos, de granulação média. Ainda na mesma região granulítica, localizado na área leste do município, ocorrem formações do Complexo Ibicaraí, ocupando 65,89 km², aproximadamente 23% do município de Ipiaú. Essa classe é caracterizada por granulitos de granulação média, compostos de quartzo, plagioclásio, biotita, entre outros, além de quartzitos, que ocorrem na maioria das vezes sob a forma de blocos rolados dentro do manto de intemperismo, constituindo também cristas alongadas e/ou verticalizadas (Barbosa *et al.*, 2008).

Já o Complexo Jequié, que está situado em manchas esparsas a sudeste do município, corresponde a 10,68 km² do município de Ipiaú, ou seja, 3,84% da área total. É composto por granulitos básicos e maficos, de granulação fina a média, que ocorrem sob a forma de bandas ou enclaves com espessuras centimétricas a métricas, compostos de plagioclásio, quartzo, minerais opacos e apatita; e por granulitos charnockíticos, bandados ou foliados, de granulação grossa (Barbosa *et al.*, 2009).

Em suma, a geologia da área é composta predominantemente por rochas metamórficas, as quais, segundo Penteado (1983), em climas quentes e úmidos possuem uma capacidade de resistência à erosão menor que rochas magmáticas (como os granitos), devido à sua textura foliada. Ainda sobre a resistência do material geológico ao intemperismo, nessa área, o aprofundamento dos vales pode ocorrer de forma mais rápida ao longo das zonas de descontinuidade, gerando vales mais profundos e mais abruptos.

Entre os Complexos Ibicuí-Ipiaú e Ibicaraí, foram identificadas falhas ou zonas de cisalhamento, correspondentes a ambientes onde ocorreram deformação e atrito em grande escala, de forma que a rocha se encontra moída e brechada¹. Na área de estudo, esse tipo de estrutura definiu a forma e direção do rio Água Branca, principal afluente do rio de Contas no município (Barbosa *et al.*, 2008). Além dessa feição, identifica-se como anticlinal ou antiforme normal, as estruturas indicadas no mapa, a norte e leste do município, que correspondem a dobras que se apontam concavidade para cima, apresentando as rochas mais antigas em seu núcleo. Tais características da geologia estrutural atuam sobre os sistemas naturais, visto que ela também orienta aspectos da disposição da rede hidrográfica e as condições particulares da erosão diferencial (Penteado, 1983).

Numa perspectiva ampla da compreensão geomorfológica, o município de Ipiaú está inserido no Domínio Morfoestrutural de Crátons Neoproterozoicos, correspondente ao Cráton do São Francisco e de Depósitos Sedimentares do Quaternário (Barbosa *et al.*, 2008). Quanto à região Geomorfológica que abrange o território municipal, Ipiaú insere-se na Região de Planaltos e Serras do Atlântico Leste-Sudeste (Ross, 1985), o que lhe confere características de relevo mais movimentado. Em trabalhos da CPRM (2007), foram identificados quatro compartimentos geomorfológicos presentes no território municipal, denominados como

¹ Quando são identificados fragmentos de outras rochas no seu interior (CPRM, 2015).

Planaltos Cristalinos, Colinas Dissecadas, Morros Baixos e as Planícies Fluviais, conforme apresentados na Figura 3.

O compartimento geomorfológico de Morros Baixos é a classe dos compartimentos geomorfológicos que ocupa a maior área do município, 138,49 km², aproximadamente 50 % do território total. Em termos quantitativos, nesses ambientes, a amplitude da base ao topo do morro pode variar de 80 a 200 metros, sobre o qual, independentemente da litologia, classifica-se como um relevo de degradação, com a presença de morros convexo-côncavos dissecados e topes que tendem mais para formas arredondadas. A segunda classe com a maior porcentagem de área ocupada no município é a de Planaltos Cristalinos, com aproximadamente 90 km², totalizando 32,5 % do território de Ipiaú. Tais ambientes possuem altitudes superiores a 300 metros, e também são caracterizados como relevo de degradação em qualquer litologia. As vertentes caracterizam-se como muito acidentadas, predominantemente retilíneas a côncavas, escarpadas e topes de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados (Carvalho; Ramos, 2010). Carvalho e Ramos (2010) apontam que no relevo dos domínios supracitados predominam processos de morfogênese, com moderada a alta suscetibilidade à erosão. No mesmo sentido, a erosão laminar e linear tende a ser acelerada, ligadas à formação de sulcos e ravinas, com possibilidade de ocorrência de movimentos de massa.

Já o compartimento geomorfológico denominado de Planícies Fluviais ocupa 26,59 km², o que corresponde a 9,5 % do território do município de Ipiaú. Tal domínio está concentrado nas margens do rio de Contas, englobando toda a planície e parte dos seus terraços fluviais, caracterizando-o enquanto um relevo de acumulação, identificadas como sinônimo de superfícies aplainadas degradadas em trabalhos da CPRM (2007). Entre seus aspectos, estes ambientes possuem superfícies suavemente onduladas, cujas origens da forma estão relacionadas ao arrasamento geral dos terrenos e posterior retomada erosiva em função da incisão suave de uma rede de drenagem incipiente, com poucos canais pluviais afluentes dos rios de Contas ou Água Branca. Essas áreas se caracterizam por um extenso relevo suave ondulado sem, contudo, caracterizar ambiente colinoso, devido a suas amplitudes de relevo muito baixas (entre 10 e 30 metros) e longas rampas de muito baixa declividade (Carvalho; Ramos, 2010).

A classe de compartimentos geomorfológicos que possui a menor área no município corresponde às Colinas Dissecadas, ocupando apenas 22,4 km², aproximadamente 8 % do município de Ipiaú. Tal domínio é identificado como um relevo de dissecação, com a presença de colinas, com vertentes convexo-côncavas e topes arredondados. Segundo Carvalho e Ramos

(2010), esse tipo de relevo possui equilíbrio entre processos de pedogênese e morfogênese, com moderada suscetibilidade à erosão. De maneira geral, geologia e o clima, atuando em conjunto, proporcionam influência direta também sobre o relevo e os demais aspectos naturais que serão apresentados, influenciando na formação dos tipos de solos predominantes, na cobertura vegetal da área, nos aspectos hipsométricos e de declividade, o que permite compreender seus processos erosivos e suscetibilidade dos ambientes.

A maior parte do município, aproximadamente 48 % da área total, possui altitude de até 200 metros, estas áreas correspondem principalmente às planícies e terraços fluviais, além dos sopés dos morros menos elevados e dos tabuleiros pré-litorâneos. Nessa classe estão presentes as maiores intervenções antrópicas, como a zona urbana, e concentram as principais atividades de pastoreio e agricultura em áreas contínuas. Já nas áreas mais elevadas estão localizadas diversas nascentes e rios de primeira ordem, que alimentarão o canal fluvial principal. Tais ambientes concentram os maiores riscos de movimento de massa, quando associados a uma declividade mais expressiva, possuem menores interferências antrópicas, cuja vegetação está relacionada a cultivos agroflorestais e cobertura por mata primária e secundária, e estão localizados no centro-norte do município, correspondentes às cotas acima de 500 metros (Sampaio, 2019).

Quanto à inclinação dos terrenos, a classe de declividade com valores menores que 2%, correspondem às áreas sujeitas a inundações (Dent; Young, 1981), e ocupa 5,1 km², aproximadamente 1,8% do território municipal. Essa classe de declividade margeia os corpos hídricos, os rios Água Branca e de Contas, estando estritamente relacionados às planícies fluviais e, em alguns casos, nos ambientes onde há represas, a oeste do limite de Ipiaú. Tais áreas estão densamente ocupadas por habitações na zona urbana, cujo caráter é histórico, nas quais ocorrem alagamentos recorrentes causados por chuvas ou aumento do nível dos canais, ou possuem usos relacionados às pastagens na zona rural (Sampaio, 2019).

Os terrenos com declividade entre 2 e 15% correspondentes aos terraços fluviais e áreas menos declivosas nas bases das vertentes. Ocupam 81,6 km², o que corresponde a 29,1% do território municipal. Tais valores de declividade constituem áreas passíveis de emprego da mecanização na agricultura, e quanto ao parcelamento do solo para fins urbanos, elas são favoráveis à ocupação urbana e edificações de habitação convencionais (Brasil, 1979).

A maior parte do município de Ipiaú possui valores de declividade entre 15 e 30%. Tal classe corresponde às vertentes pouco inclinadas, ocupadas por diversos tipos de uso e cobertura das terras, desde ambientes com vegetação arbórea densa, pastagens ou ocupações urbanas.

Essas áreas correspondem a 160,5 km², ou seja, 57,3 % do território municipal, e são caracterizadas como áreas de urbanização sem restrições (Brasil, 1979), que em suma, não apresentam riscos consideráveis de alagamentos ou de movimentos de massa na área, assim como podem ser utilizadas para atividades agrosilvipastorais.

A quarta classe de declividade apontada no mapa, refere-se aos valores entre 30 e 37%, e ocupam 4,7% do município, possuem uma aptidão insatisfatória ao uso residencial, sendo proibido o parcelamento do solo de acordo com Lei Federal 6766/79, salvo se atendidas exigências especiais quanto à preservação do meio físico (Brasil, 1979), necessitando, portanto de um maior cuidado no processo de construção civil, assim como estão susceptíveis à erosão e maior fluxo torrencial através das vertentes, segundo Ramalho Filho e Beek (1995), devendo ser mantidas a cobertura dos solos, a fim de evitar perda e transporte de sedimentos.

Nas áreas um pouco mais declivosas, classificam-se os valores entre 37 e 47%, ocupando uma área de 8,4 km², corresponde a 3,1% do território, cujos terrenos estão propensos aos movimentos gravitacionais de massa para grande parte dos materiais constituintes (Carvalho; Macedo; Ogura, 2007). Em Ipiaú, esse tipo de ambiente está localizado no centro-norte do território, compostos majoritariamente por formações vegetacionais de sistemas agroflorestais, como o sistema Cacau-Cabruca.

Os valores mais elevados de declividade no município classificam-se como maiores do que 47%. Essa classe recobre Ipiaú em 11,3 km² do território, totalizando 4% do município, e é legalmente protegida pelo Código Florestal brasileiro, apontada como Áreas de Preservação Permanente de topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25° (valor que corresponde a 47% de declividade), conforme o Art. 4º dessa lei, e como Área de Uso Restrito (conforme está disposto no Art. 11 da mesma lei). Dessa forma, em áreas de inclinação entre 25° e 45° são permitidos apenas o manejo florestal sustentável e o exercício de atividades agrossilvipastorais, bem como a manutenção da infraestrutura física associada ao desenvolvimento das atividades, observadas boas práticas agronômicas, em contrapartida, é vedada a conversão de novas áreas, excetuadas as hipóteses de utilidade pública e interesse social (Brasil, 2012).

A formação dos solos na área em estudo está diretamente associada às distintas unidades geológico-geomorfológicas presentes. Segundo dados de Santana *et al.* (2002), os Argissolos, em Ipiaú, estão associados ao relevo mais movimentado, com profundidade mínima de 80 cm e máxima de 150 cm, e possuem uma fertilidade média. As condições naturais sobre as quais os Argissolos se desenvolveram, relacionados à geologia e topografia do local, os condiciona a

características de susceptibilidade a erosão, quando associados a determinados tipos de uso e cobertura das terras, principalmente quando há a retirada da vegetação nativa. Para a Embrapa (2020), esse tipo de solo quando muito arenoso, possui uma diferença textural entre os horizontes, o que dificulta a infiltração de água no solo, tornando-o mais suscetível à erosão.

A classe de Latossolos Vermelho-Amarelos ocupa uma área de 60,13 km² no município de Ipiaú (21,45 % da área total), localizado nos ambientes de maiores cotas altimétricas a norte do município. Latossolos Vermelho-Amarelos ocorrem em ambientes bem drenados, sendo muito profundos e uniformes em características de cor, textura e estrutura em profundidade, sendo muito utilizados para agropecuária. Entre as principais restrições de uso relacionadas à existência dos Latossolos, está a exposição deste, em decorrência da remoção vegetacional, potencializando processos erosivos. Suas limitações estão mais relacionadas à baixa fertilidade verificada na maioria dos Latossolos e baixa retenção de umidade, quando possui texturas mais grosseiras (EMBRAPA, 2019).

No município de Ipiaú, os Nitossolos Vermelhos estão localizados em manchas no centro e no leste, em áreas de relevo movimentado, ocupando uma área de 30,99 km² (ou 11,05 % da área total). Comumente, esses solos são pouco profundos em ambientes mais declivosos, tendo uma profundidade de 150 a 200 cm e fertilidade baixa. Porém nessa área, eles podem possuir uma considerável profundidade em decorrência das condições climáticas locais e da vegetação densa em alguns ambientes, aumentando teores de matéria orgânica. A EMBRAPA (2019) afirma que esse solo é derivado de rochas básicas e ultrabásicas e apresentam alto risco de erosão devido aos relevos accidentados a que estes solos estão associados.

A classe com menor disponibilidade no município de Ipiaú é a de Chernossolos Argilúvicos, estando essa nas proximidades do rio de Contas (apenas 8,64 % da área total). As características desse tipo de solo correspondem a horizonte A rico em matéria orgânica, e horizonte B textural, estão presentes em terrenos pouco accidentados, possuem profundidade de 60 a 120 cm, com fertilidade alta. As limitações de uso também se relacionam ao risco de erosão, pois apesar de serem de textura argilosa ou muito argilosa, apresentam fragilidades e carecem de atenção diante das atribuições de uso, quando ocorrem em declividades mais acentuadas (EMBRAPA, 2018).

Os aspectos pedológicos influenciam diretamente os tipos de uso das terras no município de Ipiaú, cujas características são determinadas pelos aspectos geomorfológicos e delineados do relevo, assim como pela rede hidrográfica. Os solos que se apresentam próximos aos cursos fluviais, recebem contribuição dos sedimentos transportados, podem apresentar

limitações ao uso agrícola, à baixa fertilidade, e ao impedimento à mecanização, entre outros fatores (Souza, 2017). Dessa forma, uma caracterização dos aspectos hidrográficos do município de Ipiaú traduz-se com fundamental importância para este trabalho.

O município de Ipiaú está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio de Contas (BHRC), cujas cabeceiras de seus rios principais, como o rio das Contas e o rio Brumado, localizam-se na parte sul da Chapada de Diamantina, direcionando-se de oeste para leste, passando por áreas de depressões interplanálticas e dos planaltos Sul-Baiano, Pré-litorâneo e Costeiro, até desaguar em Itacaré. Ao longo de sua extensão, a bacia do rio de Contas contempla cerca de 76 municípios, entre o rio principal e seus afluentes. Estima-se que uma população de 1.242.439 habitantes dependa diretamente das suas águas e de seus afluentes, ocupando as terras com diversas atividades antrópicas. No seu trecho superior e médio ocorrem áreas de vegetação natural de Caatinga e áreas antropizadas com exploração agropecuária. No seu trecho inferior, à montante de Jequié e nas proximidades do município de Ipiaú, ocorrem remanescentes de Mata Atlântica ainda preservadas, grande parte desses, em função do sistema agroflorestal de Cacau-Cabruca (INEMA, 2018), principalmente nas áreas de maior declividade, amparando a preservação das nascentes dos rios de primeira ordem, alimentando assim os canais fluviais de maior porte. Na sub-bacia do médio contas, onde o município de Ipiaú se insere, os principais rios contribuintes ao rio de Contas, são o Água Branca (afluente nas imediações do município de Ipiaú), o rio do Peixe e da Preguiça (localizados nos municípios de Itagibá e Aiquara, respectivamente, a sul do rio de Contas) (SECRON, 2015).

Quanto à influência dos aspectos hidrográficos no contexto histórico da área em questão, o rio de Contas tem caráter fundamental no surgimento e consolidação da cidade de Ipiaú. É o principal rio da região, suprindo necessidades desde o fornecimento de água para consumo humano e dessedentação animal até a oferta de lazer e espaço para a prática desportiva chegando à fonte de energia e geração de emprego.

Afluente do Contas, o rio Água Branca nasce na Serrinha, região do Distrito de Algodão, município de Ibirataia-BA. Perpassa o município de Ipiaú a leste, sobre uma zona de cisalhamento e deságua no rio de Contas. Encontra-se em estado de intensa degradação, visto que recebe resíduos diretamente sem tratamento, além disso, a retirada da vegetação nativa nas áreas de cabeceiras e matas ciliares, impacta diretamente na qualidade e quantidade dos cursos hídricos (Barreto Neto, 2014; Sampaio, 2019). Sabe-se que sob a perspectiva de compreensão dos ambientes enquanto um sistema, as características hidrográficas sofrem influência direta de diversos aspectos naturais e antrópicos, entre eles, podem-se citar os aspectos climáticos,

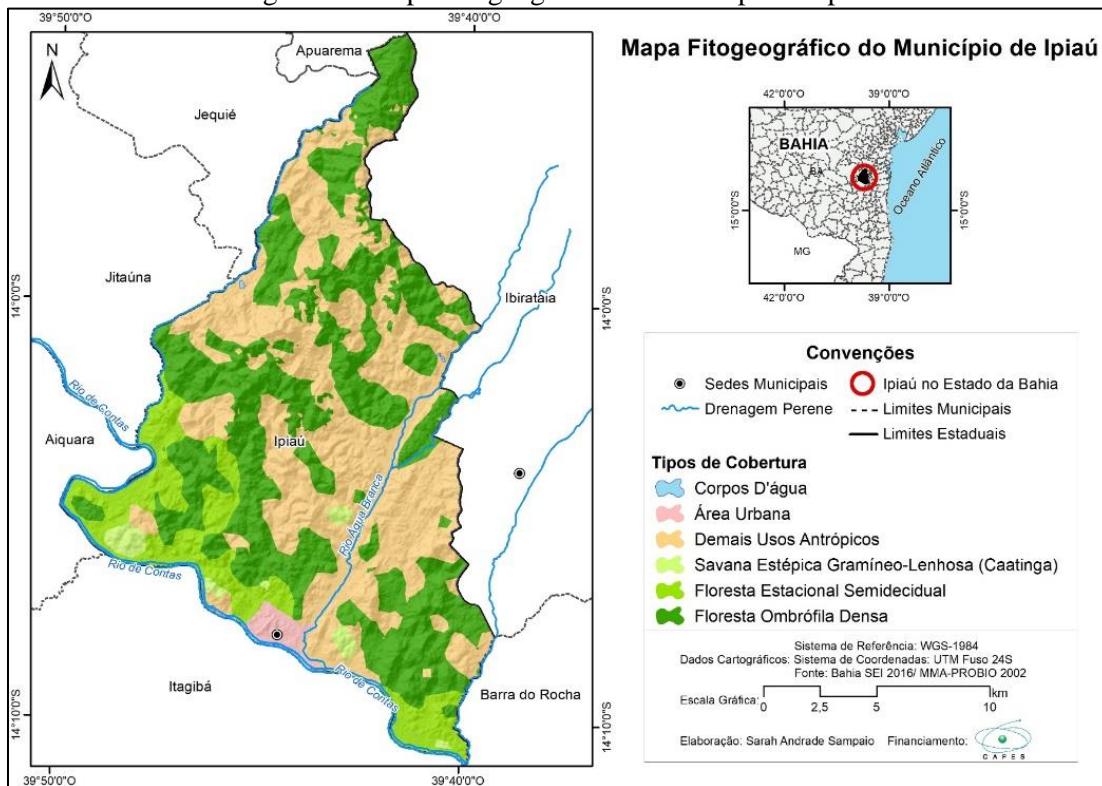
quando relacionados à vazão dos canais; as características geológicas e clinográficas, quanto ao grau de integração, continuidade, densidade, sinuosidade, entre outros; assim como aos aspectos fitogeográficos, referentes à qualidade e densidade da cobertura vegetal.

No que concerne às características de cobertura vegetal, a região Sul da Bahia está inserida no domínio da Mata Atlântica, composta em sua maior extensão pela Floresta Ombrófila Densa. Apesar da acentuada devastação, esse domínio ainda contém uma parcela significativa da diversidade biológica do Brasil e mantém preservados importantes remanescentes de vegetação nativa (Santana, 2003). Em contrapartida, com atividades de exploração madeireira, há uma diminuição histórica e progressiva da sua extensão original, cedendo lugar a áreas de pastagens e monoculturas.

Localizado no limite das Mesorregiões Sul e Centro-Sul baiana, o município de Ipiaú possui características fitofisionômicas pertencentes tanto à Mata Atlântica (com características predominantes, favorecida pelo clima tropical úmido), quanto à Caatinga. Acerca dos principais aspectos fitogeográficos identificados no mapeamento fitogeográfico do município, segundo dados do Ministério do Meio Ambiente (Brasil, MMA, 2002), foram consideradas as diferentes fitofisionomias de acordo com padronização do IBGE (2012), as quais estão indicadas pelas nomenclaturas como Savana Estépica Gramíneo Lenhosa (Caatinga), Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Densa, além dos demais usos antrópicos, como aquelas destinadas à agricultura e pecuária e áreas urbanas, conforme representado na Figura 6.

A formação vegetal natural que possui a maior cobertura em área do município é a Floresta Ombrófila Densa, com 38,57 %, aproximadamente 108 km², localizadas majoritariamente nas áreas com relevo mais declivoso, de difícil acesso e que não foram convertidas em pasto. Este tipo de cobertura envolve áreas com sistemas agroflorestais com cabruca e remanescentes de Mata Atlântica, acerca das quais o município de Ipiaú abriga 6%. O cacau (Theobroma cacao) é uma espécie nativa da floresta tropical úmida, e as características de clima, solo e relevo, possibilitaram as condições necessárias para o desenvolvimento desta cultura (Santos; França, 2009). Segundo o IBGE (2012), as características desse tipo de vegetação traduzem o significado “amigo das chuvas”, visto que se associa a fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25°C) e de alta precipitação, bem distribuída durante o ano (com valores que vão de 0 a 60 dias secos, apenas), o que determina uma situação ecológica praticamente sem período biologicamente seco.

Figura 6 – Mapa Fitogeográfico do município de Ipiaú



Fonte: MMA – PROBIO (2002). Organização: Os autores da pesquisa (2022). Elaboração: Sarah A. Sampaio (2022).

A Floresta Estacional Semidecidual é uma fitofisionomia característica em regiões tropicais quando associada à região marcada por acentuada seca hibernal e por intensas chuvas de verão, ou seja, com clima estacional, que determina semideciduidade da folhagem da cobertura florestal. No município de Ipiaú, ela ocupa uma área de 36 km² no município (12,89% da área total). Esse tipo de formação ocorre no contato da Floresta Ombrófila com a Caatinga, revestindo, inclusive, terrenos terciários (IBGE, 2012).

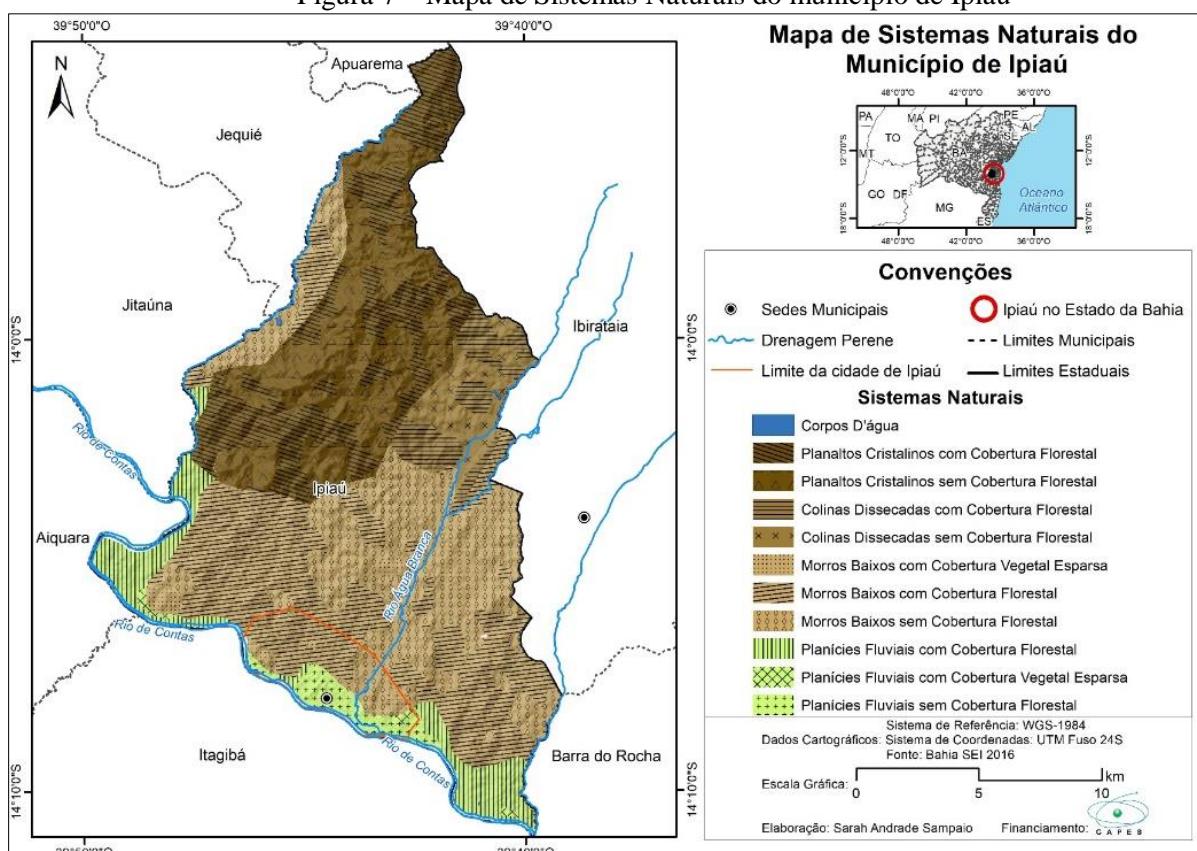
A classe de Savana Estépica Gramíneo Lenhosa (Caatinga) cobre aproximadamente 1,6% da área total municipal (4,70 km²), em pequenas manchas esparsas no território. Segundo o IBGE (2012), a Caatinga apresenta uma vegetação xeromorfa, que ocorre sob distintos tipos de climas semiáridos. Em Ipiaú, essa classe encontra-se numa extensa faixa a sudoeste nas proximidades de Aiquara e Jitaúna (pertencentes à Mesorregião Centro-Sul Baiano), e em uma mancha menor ao sul, sempre próxima dos canais fluviais.

Sabe-se que em conjunto com as características físicas dos ambientes, o uso e manejo inadequado da terra, podem causar sérios impactos em termos de erosão, perda de solos e movimentos de massa, em outras palavras, a ação antrópica pode acentuar os processos geomorfológicos, assim como o conhecimento dessas características e suas fragilidades, em

contrapeso, podem retardar ou até mesmo impedir que esses processos ocorram (Guerra, 2003). Esses e outros fatores justificam a necessidade de um reconhecimento das áreas e seus sistemas naturais e antrópicos, principalmente àqueles relacionados ao relevo, cujo planejamento deve ser pautado na identificação das fragilidades e potencialidades dos sistemas ambientais.

Nesse sentido, foram definidos dez sistemas naturais no município de Ipiaú (Figura 7), os quais podem ser compreendidos sob a perspectiva de dinâmica de fluxo de energia e matéria, numa síntese dos aspectos naturais apresentados no decorrer dessa sessão, tendo como subsídio os atributos do relevo, considerando seus processos morfogenéticos atuantes e o clima no qual esse ambiente está submetido, conforme detalhado na Tabela 2.

Figura 7 – Mapa de Sistemas Naturais do município de Ipiaú



Fonte: Bahia SEI (2016). Organização: Os autores da pesquisa (2022). Elaboração: Sarah A. Sampaio (2022).

O sistema natural que recobre a maior parcela do território municipal corresponde aos Morros Baixos com Cobertura Florestal, justificado pela predominância do domínio morfoclimático de Mares de Morros na região, alcançando cotas altimétricas de 80 a 200 metros, e terrenos com média de 30% de declividade. Tal sistema em Ipiaú ocupa uma área de 69,8 km², o que corresponde a 25,6% dos limites municipais e se distingue principalmente por

possuir uma estrutura geológica composta em sua maioria por rochas metamórficas, além de algumas falhas, em função dos contatos bruscos, curvos e dobrados inerentes às formações já detalhadas no mapa geológico. A vegetação predominante nesse sistema é a Floresta Estacional Semidecidual, o que denota uma considerável diminuição aos riscos a movimentos de massa, erosão e perdas de solos férteis, a exemplos dos Chernossolos e Argissolos, tendo em vista a densidade de cobertura vegetal desse tipo de vegetação e sua consequente proteção dos solos (Pelech *et al.*, 2019).

Com características fitofisiográficas opostas a esse, o sistema natural denominado como Morros Baixos sem Cobertura Florestal ocupa 64,7 km², aproximadamente 23% do município. Nesses ambientes, o aspecto vegetal natural foi suprimido, em função de outros tipos de usos e ocupações das terras, como agricultura, pastagens e áreas urbanizadas. A ausência de cobertura florestal, somada ao relevo medianamente declivoso, no clima tropical úmido pode ocasionar numa potencialização dos riscos citados anteriormente. Associados aos atributos pedológicos, os Nitossolos nesta unidade tendem a ser pouco profundos e a possuírem um alto risco de erosão, enquanto os Chernossolos podem ter seu índice de fertilidade reduzida.

Tabela 2 – Correlação básica dos Sistemas Naturais no município de Ipiaú e área ocupada

Sistema Natural	Geologia	Pedologia	Vegetação	Clima	Área (km ²)	Área (%)
Planaltos Cristalinos com Cobertura Florestal	Complexo Ibicuí-Ipiaú	Argissolos	Floresta Ombrófila Densa	Tropical Úmido	41,6	15,0
Planaltos Cristalinos sem Cobertura Florestal	Complexo Ibicuí-Ipiaú	Argissolos e Nitossolos	Agricultura / Pastagens	Tropical Úmido	48,6	17,6
Colinas Dissecadas com Cobertura Florestal	Complexo Ibicuí-Ipiaú	Argissolos e Latossolos	Floresta Ombrófila Densa	Tropical Úmido	11,0	3,9
Colinas Dissecadas sem Cobertura Florestal	Complexo Ibicuí-Ipiaú	Latossolos	Agricultura / Pastagens	Tropical Úmido	11,3	4,0
Morros Baixos com Cobertura Vegetal Esparsa	Complexo Ibicarai / Complexo Ibicuí-Ipiaú	Argissolos	Savana Estépica Gramíneo-Lenhosa (Caatinga)	Tropical Úmido	3,7	1,3
Morros Baixos com Cobertura Florestal	Complexo Ibicuí-Ipiaú	Chernossolos e Argissolos	Floresta Estacional Semidecidual	Tropical Úmido	69,8	25,6
Morros Baixos sem Cobertura Florestal	Complexo Ibicuí-Ipiaú / Complexo Ibicarai	Nitossolos e Chernossolos	Agricultura / Pastagens e Áreas Urbanizadas	Tropical Úmido	64,7	23,3
Planícies Fluviais com Cobertura Florestal	Complexo Ibicuí-Ipiaú / Depósitos Aluvionares Recentes	Chernossolos	Floresta Estacional Semidecidual	Tropical Úmido	18,5	6,6
Planícies Fluviais com Cobertura Vegetal Esparsa	Complexo Ibicuí-Ipiaú	Chernossolos	Savana Estépica Gramíneo-Lenhosa (Caatinga)	Tropical Úmido	0,9	0,3
Planícies Fluviais sem Cobertura Florestal	Depósitos Aluvionares Recentes / Complexo Ibicarai	Chernossolos	Agricultura / Pastagens e Áreas Urbanizadas	Tropical Úmido	6,5	2,4
Total					277,3	100%

Fonte: Os autores da pesquisa (2022).

No mesmo contexto, o sistema natural de Planaltos Cristalinos sem Cobertura Florestal está presente em 48,6 km², o que representa 17,6% de Ipiaú. Essa unidade localiza-se a centro-

norte do município, em um ambiente com elevada declividade, com valores superiores a 30%, cuja estrutura geológica é formada por rochas ígneas e magmáticas, caracterizadas, no geral, por uma maior resistência à erosão, no entanto, a presença de falhamentos e lineamentos estruturais quando associados às condições do relevo e à ausência da cobertura vegetal densa pode ocasionar em uma considerável frequência de movimentos de massa. Os solos presentes nessa unidade são majoritariamente os Argissolos, altamente suscetíveis à erosão no contexto em que estão inseridos.

Já a unidade dos Planaltos Cristalinos com Cobertura Florestal ocupa uma área menor que a anteriormente citada, 41,6 km² o que representa 15% do território municipal. Nesse sistema, a unidade geológica predominante é o Complexo Ibicuí-Ipiaú, composto predominantemente por rochas ígneas e magnéticas, possui uma considerável quantidade de falhas e lineamentos estruturais, característica que pode atribuir uma alta fragilidade ao ambiente, no que concerne a movimentos de massa. No entanto, nesse sistema natural, tais riscos são diminuídos em virtude a presença de uma cobertura vegetacional composta pela Floresta Ombrofíla Densa, característica do clima tropical úmido, proporcionada por solos bem desenvolvidos e ricos em minerais, como os Argissolos, principalmente.

Ocupando áreas menos expressivas, está o sistema natural denominado como Planícies Fluviais com Cobertura Florestal, totalizando 18,5 km², aproximadamente 6,6% do município de Ipiaú. Tal unidade está localizada nas proximidades do rio de Contas, referindo-se majoritariamente às áreas rebaixadas e aos altos terraços fluviais, cujo arcabouço geológico abrange os Depósitos Aluvionares Recentes, os quais, sob uma perspectiva sistêmica, possuem fluxos de matéria e energia relacionados a ambientes com atuação de processos erosivos e de acumulação. Os solos predominantes nesse sistema são os Chernossolos, protegidos pela cobertura vegetal da Floresta Estacional Semidecidual, enquanto são simultaneamente mantidos por estes.

Localizado a nordeste município de Ipiaú, a unidade Colinas Dissecadas sem Cobertura Florestal ocupa 11,3 km² do território, aproximadamente 4% do total. Na estrutura desse sistema predomina o Complexo Ibicuí-Ipiaú, com rochas magnéticas, as quais associadas com o clima tropical úmido, geram os Latossolos. Tal classe de solos nesse sistema natural, ocorrem em ambientes bem drenados, e muito profundos, no entanto, como estão estritamente relacionados à utilização para agropecuária, em condições de relevo mais acidentado, a exposição destes solos potencializa os processos erosivos.

Com a mesma referência de compartimentos geomorfológicos, o sistema denominado como Colinas Dissecadas com Cobertura Florestal ocupa 11,0 km², em manchas esparsas a nordeste, totalizando 3,9% do território municipal. Enquanto diferencial da unidade supracitada, além de Latossolos, os Argissolos também predominam nessa unidade, no entanto, os riscos de perdas de solos férteis, movimentos de massa e demais problemáticas erosivas são minimizados devida a alta cobertura da Floresta Ombrófila Densa.

Já a sul do território municipal, a unidade de Planícies Fluviais sem Cobertura Florestal abrange 6,5 km², somente 2,4% de Ipiaú. Tal sistema abarca toda a área urbana e terrenos com pastagens, entre os rios de Contas e Água Branca. Os aspectos pedológicos presentes nesse sistema natural são os Chernossolos, solos férteis com alto teor de matéria orgânica, mas tendem a perder tais características em função de um manejo inadequado, como sua exposição, potencializando processos de lixiviação, ou técnicas de revolvimento, por exemplo.

Em pequenos enclaves no centro-sul do território municipal, destacam-se as duas últimas unidades dos sistemas naturais aqui caracterizados: o de Morros Baixos com Cobertura Vegetal Esparsa e o de Planícies Fluviais com Cobertura Vegetal Esparsa. Cabe mencionar que as duas unidades possuem em comum o tipo de vegetação predominante, caracterizada pela Savana Estépica Gramíneo-Lenhosa (Caatinga), a qual é caracterizada pela existência de um extenso terreno com cobertura graminosa salpicado de plantas lenhosas, conforme mencionado anteriormente. Além disso, as características geológicas abarcam o Complexo Ibicuí-Ipiaú como predominante nesses dois sistemas.

No entanto, as principais diferenças entre tais sistemas concernem aos aspectos de relevo e tipos de solos predominantes. A classe de Morros Baixos com Cobertura Vegetal Esparsa ocupa 3,7 km², o que corresponde a 1,3% do território municipal e referem-se a um ambiente com terrenos de declividades mais acentuadas e solos com predominância de argilas, quando comparado à segunda classe, de Planícies Fluviais com Cobertura Vegetal Esparsa. Essa, por sua vez, ocupa uma área de somente 0,9 km², totalizando 0,3% em pequenas áreas no município, a qual possui solos férteis e terrenos suavemente ondulados, tendendo a planos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O município de Ipiaú é representado por sistemas naturais complexos com dinâmicas erosionais nos ambientes com terrenos mais movimentados no centro-norte do território municipal, afim como funcionamentos deposicionais nos ambientes de planícies fluviais, e de

transição, como nos morros baixos, cujos processos estão estritamente relacionados aos tipos de uso e cobertura das terras.

Tendo em vista as diferentes atribuições de usos aos ambientes, justifica-se a importância em compreender também os sistemas antrópicos presentes no território municipal, em função das alterações que afetam o equilíbrio dinâmico dos sistemas naturais. Nesse sentido, é de suma importância abordar contextos históricos de ocupação e consolidação territorial, associados aos fatores econômicos e demográficos, abrindo possibilidade para pesquisas posteriores.

REFERÊNCIAS

AMORIM, R. R. **Análise geoambiental como subsídio ao planejamento no uso e ocupação das terras da zona costeira da região Costa do Descobrimento (Bahia)**. 2011. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP. Disponível em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/286678>. Acesso em: 18 ago. 2018.

BARBOSA, J. S. F.; PINHO, I. C. de A.; SOBRINHO, V. R. S.; CRUZ, S. C. P. **Ipiaú- SD.24-Y-B-II, escala 1:100.000**: nota explicativa. Bahia: UFBA /CPRM, 2009.

BERTALANFFY, L. V. **General system theory: Foundations, development, applications**. 1968. Disponível em: https://monoskop.org/images/7/77/Von_Bertalanffy_Ludwig_General_System_Theory_1968.pdf. Acesso em: 06 jun. 2020.

BERTALANFFY, L. V. **Perspectives on General System Theory**. New York, Ed. George Braziller 1973.

BITAR, O. Y. (org.). **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações-1:25.000**: Nota Técnica Explicativa. 2014. São Paulo: IPT; Brasília, DF: CPRM, 2014 (Publicação IPT 3016).

CARVALHO, C.S.; MACEDO, E.S.; OGURA, A.T. (org.). **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT e Ministério das Cidades. Brasília, DF. 2007.

CHRISTOFOLLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. Editora Blucher, 1999.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO DO ESTADO DA BAHIA – CONDER. Disponível em: <http://www.conder.ba.gov.br/>. Acesso em: 02 abr. 2019.

DENT, D.; YOUNG, A. **Soil Survey and Land Evaluation**. London: George Allen & Unwin (Ed.), 1981.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia Ambiental**. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **@Cidades:** município de Ipiaú. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/ipiau/historico>. Acesso: 28 mar. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Mapa de Clima do Brasil.** 2002. Disponível em: http://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/climatologia/mapas/brasil/. Acesso em: 13 dez. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAS E APLICADAS – INPE. Divisão de Processamento de Imagens – DPI. **Declividade ou Gradiente.** 2019. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/declividade_gradiente.php. Acesso em: 20 jan. 2020

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento remoto princípios e aplicações.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1989. 308 p.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. D.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia da paisagem:** uma visão geossistêmica da análise ambiental. 6. ed. Fortaleza: EDUFC, 2022.

SANTOS, A. A. P. dos; FRANÇA, S. Caracterização espaço-temporal do regime pluviométrico da Região Sul da Bahia. In: SEMINÁRIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UNESP RIO CLARO. 2009. Rio Claro, **Anais** [...], Rio Claro: UNESP, 2009, p. 14-33. Disponível em: <http://www.sbagro.org.br/bibliotecavirtual/arquivos/3695.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2019.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **GEODESC:** Vocabulário Controlado em Geociências. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <ftp://ftp.cprm.gov.br/pub/pdf/didote/geodesc.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2019.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Sistema de geociências do Serviço Geológico do Brasil (GeoSGB)**, 2017. Disponível em: <http://geosgb.cprm.gov.br/downloads/>. Acesso em: 20 jan. 2020.

SOUZA, S. O. **Proposta de zoneamento geoambiental como subsídio ao planejamento do uso e da ocupação na Região Costa das Baleias (Bahia).** Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

SOUZA, S. O.; OLIVEIRA, R. C.; LUPINACCI, C. M. Mapeamento da declividade enquanto instrumento de planejamento do Litoral Norte Paulista. In: XII SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 12., Crato-CE. **Anais** [...]. Crato-CE: URCA, 2018.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA - SEI. **Mapas digitalizados do Estado da Bahia:** base de dados. Salvador: SEI, 2016. Disponível em:
https://www.sei.ba.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2689&Itemid=172. Acesso em: 13 jun. 2019.

TROLL, C. **A paisagem geográfica.** Hamburg: Studium Generale, 1950, p.163-181. (v.2).

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A. Abordagem sistêmica e Geografia. **Geografia.** Rio Claro, v. 28, n. 3, p. 323-344, 2003.

GESTÃO SUSTENTÁVEL DOS RECURSOS PESQUEIROS EM ÁREAS DE INDICAÇÃO GEOGRÁFICA (IG): DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA COMUNIDADES PESQUEIRAS

Áfia Suely Santos da Silva de **ALMEIDA**

Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA – UFC

Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará

E-mail: afiasuely@ifce.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9990-9174>

Antonio Jeovah de Andrade **MEIRELES**

Doutor em Geografia pela Universidade de Barcelona

Professor do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará -UFC e dos Programas de Pós-Graduação em Geografia - PPGeo/UFC e em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA/UFC

E-mail: meireles@ufc.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0464-2863>

Vládia da Silva **SOUZA**

Doutora em Geografia pela Universidade Federal do Ceará - UFC

Professora de Geografia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará

E-mail: vladia.souza@ifce.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1175-7143>

*Recebido
Julho de 2024*

*Aceito
Dezembro de 2024*

*Publicado
Janeiro de 2025*

Resumo: O Brasil implementou medidas governamentais para impulsionar a pesca, resultando em um crescimento expressivo da aquicultura no século XXI, liderado pela pesca global e aquícola. No entanto, a intensa exploração dos recursos pesqueiros gerou preocupações ambientais, levando à busca por soluções sustentáveis e à proteção dos ecossistemas marinhos. Nesse contexto, as Indicações Geográficas (IGs) surgem como ferramentas para valorizar produtos tradicionais ligados a territórios, visando à preservação da biodiversidade e dos recursos naturais. A partir de uma pesquisa bibliográfica, analisaram-se duas experiências de IGs em áreas pesqueiras: uma na região amazônica e outra na região Costa Negra, no litoral Oeste do Ceará com o objetivo de compreender os desafios e oportunidades da gestão desses recursos em áreas de IG. Os resultados revelam que, embora a pesca ornamental na Amazônia

tenha relevância econômica, cultural e social, os piabeiros enfrentam declínio na atividade, e o reconhecimento de IG ainda não é eficaz após uma década. Já a experiência do camarão Costa Negra enfrenta desafios na integração da comunidade local e na mitigação dos impactos ambientais da carcinicultura.

Palavras-Chave: pesca; biodiversidade; saberes tradicionais; territórios; sustentabilidade.

SUSTAINABLE MANAGEMENT OF FISHING RESOURCES IN GEOGRAPHICAL INDICATION (GI) AREAS: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES FOR FISHING COMMUNITIES

Abstract: Brazil has implemented government measures to boost fishing, resulting in significant growth in aquaculture in the 21st century, led by global fishing and aquaculture. However, the intense fishing resources exploitation has generated environmental concerns, leading to the search for sustainable solutions and to the protection of marine ecosystems. In this context, Geographical Indications (GIs) emerge as tools to value traditional products linked to territories, aiming to preserve biodiversity and natural resources. Based on a bibliographical research, two GIs experiences in fishing areas were analyzed: one in the Amazon region and another in the Costa Negra region, located on the west coast of Ceará, with the aim of understanding the challenges and opportunities of managing these resources in GI areas. The results reveal that, although ornamental fishing in the Amazon region has economic, cultural and social relevance, fishers of piaba has faced a decline in activity, besides GI recognition is still not effective after a decade. The Costa Negra shrimp experience has faced challenges in integrating the local community and mitigating the environmental impacts of shrimp farming.

Keywords: fishing; biodiversity; traditional knowledge; territories; sustainability.

GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS PESQUEROS EN ZONAS DE INDICACIÓN GEOGRÁFICA (IG): RETOS Y OPORTUNIDADES PARA LAS COMUNIDADES PESQUERAS

Resumen: Brasil implementó medidas gubernamentales para impulsar la pesca, lo que resultó en un crecimiento significativo de la acuicultura en el siglo XXI, bajo el liderazgo de la pesca y de la acuicultura a nivel mundial. Sin embargo, la intensa explotación de los recursos pesqueros ha generado preocupaciones ambientales, lo que ha llevado a la búsqueda de soluciones sostenibles y a la protección de los ecosistemas marinos. En este contexto, las Indicaciones Geográficas (IG) emergen como herramientas para valorar productos tradicionales vinculados a los territorios, con el objetivo de preservar la biodiversidad y los recursos naturales. A partir de una investigación bibliográfica, se analizaron dos experiencias de IG en zonas de pesca: una en la región Amazónica y otra en la región de Costa Negra, en la costa oeste de Ceará, con la finalidad de comprender los retos y las oportunidades de la gestión de estos recursos en áreas de IG. Los resultados revelan que, si bien la pesca ornamental en la Amazonia tiene relevancia económica, cultural y social, los “piabeiros” enfrentan una disminución en su actividad y el reconocimiento de las IG aún no es efectivo después de una década. La experiencia del camarón en la Costa Negra enfrenta desafíos para integrar a la comunidad local y atenuar los impactos ambientales de la camarónicultura.

Palabras clave: pesca; biodiversidad; conocimientos tradicionales; territorios; sostenibilidad.

INTRODUÇÃO

Recursos pesqueiros referem-se às espécies de peixes, moluscos, crustáceos e outras formas de vida aquática exploradas economicamente pela pesca. A pesca marítima e em águas continentais brasileiras é caracterizada por uma grande diversidade de espécies explotadas (Viana, 2013). Tais recursos têm sido considerados vitais, principalmente, para as famílias que dependem da pesca para sua sobrevivência no que concerne à segurança alimentar, nutricional e econômica das comunidades em todo mundo. Estima-se que 600 milhões de pessoas no mundo dependam da pesca, direta ou indiretamente. Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), constatou-se que 58,5 milhões de pessoas estavam empregadas no setor de pesca e aquicultura em 2020 (Oceana, 2022).

Em 2020, a produção animal aquícola atingiu 87,5 milhões de toneladas, um aumento de 6% em relação a 2018. Por outro lado, a produção da pesca de captura diminuiu para 90,3 milhões de toneladas, representando uma redução de 4,0% em relação à média dos três anos anteriores. A queda na produção pesqueira de captura foi ocasionada, principalmente, pela pandemia da COVID-19, interrompendo severamente as atividades de pesca, o acesso ao mercado e as vendas (FAO, 2022). Ainda de acordo com o relatório publicado em 2022 pela FAO, houve um crescimento significativo da aquicultura no século XXI, conduzindo a pesca global e a produção aquícola a um nível recorde, uma vez que os alimentos aquáticos representam uma contribuição cada vez mais crítica para a segurança alimentar e nutricional.

Aliado à crescente demanda por peixes e outros alimentos aquáticos, há uma intensa preocupação dos estudiosos sobre a conservação da biodiversidade nas zonas costeiras e marinhas que sofrem gradativamente os efeitos da expansão da ocupação e dos usos humanos, ocasionando a perda da biodiversidade costeira e marinha por diversos fatores, como: perda de habitat, devido à conversão de áreas naturais em áreas para aquicultura; sedimentação em zonas costeiras, causada pelo carreamento de sedimentos provenientes da agricultura; falta de sedimentos, provocada pelo barramento excessivo dos rios; contaminação das águas continentais por agrotóxicos e fertilizantes usados na agricultura, por resíduos tóxicos industriais e por dejetos humanos sem tratamento ou parcialmente tratados; sobre-explotação, ou seja, captura de recursos pesqueiros (peixes, moluscos, crustáceos e algas) em quantidades superiores à sua capacidade de reprodução, dentre outros (Prates; Gonçalves; Rosa, 2012).

Acrescentam-se, nesta discussão, os impactos nos oceanos advindos das mudanças climáticas, pela poluição por resíduos plásticos e por outros problemas que afetam diretamente suas águas e sua biodiversidade (Arruda; Matos; Melo, 2023).

Frente aos desafios apresentados, a gestão sustentável dos recursos pesqueiros desempenha um papel crucial e desafiador diante das mudanças projetadas a longo prazo. Para a FAO (2022), à medida que o setor de pesca e aquicultura continua a se expandir, são necessárias mudanças transformadoras mais direcionadas para alcançar um setor de pesca e aquicultura mais sustentável, inclusivo e equitativo.

No Brasil, diversas ações foram promovidas com vistas à conservação e ao uso sustentável dos recursos pesqueiros, incluindo: *i*) a criação e implementação de áreas protegidas: foram estabelecidas Unidade de Conservação (UC) e áreas de exclusão de pesca na zona marinha para prover refúgios, áreas de procriação e de reposição de estoques; *ii*) proteção de ecossistemas e habitats: foram implementados projetos e ações de proteção a recifes de coral e manguezais, ecossistemas marinhos altamente produtivos, visando a conservar a biodiversidade aquática; *iii*) abordagem ecossistêmica para a gestão da pesca: iniciativas como a abordagem ecossistêmica contribuem para fortalecer a conservação e o uso sustentável dos recursos pesqueiros do Brasil (Viana, 2013).

Nesse contexto, as Indicações Geográficas (IGs) têm sido apresentadas como ferramentas coletivas de valorização de produtos tradicionais vinculados aos seus respectivos territórios/comunidades, buscando-se a valorização, proteção, preservação da biodiversidade, fortalecimento da cadeia produtiva local, do conhecimento entre gerações e dos recursos naturais desses territórios (Fernandes; Fraga; Costa, 2018).

Por se tratar de um instrumento de valorização recente, é importante conhecer o papel das IGs no desenvolvimento dos territórios, sejam eles voltados à valorização dos seus produtos, fortalecimento da identidade cultural e regional, preservação de tradições, fomento às atividades turísticas e preservação da biodiversidade.

Os dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI, 2024) demonstram um expressivo avanço de novos reconhecimentos de produtos na última década. Atualmente, o Brasil possui 121 IGs oficialmente reconhecidas. Em junho de 2014, o Brasil possuía 38 IGs registradas no INPI para produtos e serviços, caracterizados pelo envolvimento substancial de pequenos negócios (Giesbrecht *et al.*, 2014).

Com o expressivo crescimento, é necessário refletir sobre o papel das IGs na proteção dos saberes das comunidades envolvidas, na preservação dos seus territórios, da biodiversidade e na evolução das práticas de gestão. É relevante também considerar de que forma o reconhecimento dos produtos e serviços tem mostrado avanços significativos para os grupos sociais envolvidos.

A hipótese de que as IGs produzem resultados ambientais, sociais e econômicos positivos, simultaneamente, é amplamente reconhecida na literatura acadêmica, porém, nem sempre corroborada por evidências empíricas. Há um amplo enfoque nos estudos econômicos e sociais com uma preocupação mais recente sobre os efeitos das IGs sobre o meio ambiente (Milano; Cazella, 2021).

Para Milano e Cazella (2021), a elucidação dos diferentes aspectos relacionados à constituição das IGs, à sua gestão e aos impactos gerados, a pequeno, médio e longo prazo das experiências reconhecidas no âmbito brasileiro, é importante para a elaboração de estratégias que visem ao fortalecimento das experiências de IGs nas comunidades, valorização e proteção do patrimônio material, cultural e ambiental e o empoderamento das comunidades para a gestão dos seus recursos e consequente proteção da biodiversidade local.

Dessa forma, este artigo tem por objetivo conhecer os desafios e as oportunidades da gestão dos recursos pesqueiros em áreas de IG, destacando as ações de eficácia e suas limitações. Para isso, foram selecionadas duas experiências de IG: a IP Rio Negro para Peixes Ornamentais, no estado do Amazonas (AM); e a DO para Camarão Costa Negra do estado do Ceará (CE). Ambas foram reconhecidas em regiões de comunidades pesqueiras. Esse esforço é motivado pela crescente relevância desse campo como objeto de investigação científica em constante expansão.

Nesse sentido, o presente estudo se fundamenta numa abordagem qualitativa, por meio de uma pesquisa bibliográfica, com objetivo exploratório descritivo como preconizado por Joye (2014), possibilitando ao pesquisador se aproximar da problemática que deseja investigar, fornecendo um panorama sobre a produção científica relacionada, visando a compreender a evolução do tema ao longo do tempo e, consequentemente, identificar possíveis oportunidades de pesquisa.

Espera-se, com este estudo, contribuir para a construção de um conhecimento mais abrangente sobre a gestão sustentável dos recursos pesqueiros em áreas de IG, e para o desenvolvimento de políticas públicas que promovam a sustentabilidade ambiental, social e econômica das comunidades pesqueiras, visando ao fortalecimento e à participação dessas comunidades na gestão dos recursos, promovendo a valorização dos produtos pesqueiros locais e a garantia da preservação dos ecossistemas marinhos.

METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica de natureza qualitativa como preconizado por Joye (2014). Para a autora (*op cit.*), a explicação dos fenômenos e a atribuição de significados são fundamentais na realização desse tipo de investigação. Tem objetivos exploratório e descritivo. Centra-se em conhecer os desafios e as oportunidades da gestão dos recursos pesqueiros de duas experiências de IG, quais sejam: Indicação de Procedência (IP) para Peixes Ornamentais no estado do Amazonas (AM) e Denominação de Origem (DO) para Camarão Costa Negra (camarões marinhos cultivados da espécie *Litopenaeus Vannamei*) do estado do Ceará (CE) sob a ótica dos seguintes estudos: Militão e Bentes (2024); Freitas, Barbalho e Dias (2023), Dos Santos *et al.* (2023); Ferreira *et al.* (2020); Carvalho (2014); Meireles (2014). A escolha se baseou em duas experiências distintas com mais de cinco anos de reconhecimento.

Devido à incipienteza de artigos empíricos publicados sobre as experiências de IG buscadas, esta pesquisa não limitou a busca de dados em bases específicas. Dessa forma, a estratégia de busca foi fundamentada no princípio da abrangência, levando em consideração a utilização de diversas bases de dados, como: *Scientific Electronic Library Online (SciELO)*, *Scopus*, *Web of Science*, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), além da ferramenta *Google Acadêmico* e da consulta em livros, manuais técnicos e sites institucionais que fazem a divulgação dos regulamentos de uso, leis, normas e atualizações sobre as solicitações de reconhecimento dos produtos de IG no Brasil, a exemplo: o Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI); Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Data Sebrae, Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE). A escolha foi baseada na amplitude, no acesso gratuito e na abrangência de uma considerável coleção de materiais científicos brasileiros, que são o foco da nossa investigação.

Propõe-se como ponto de partida a formulação da seguinte questão norteadora: Quais as oportunidades evidenciadas e os principais desafios enfrentados pelas comunidades na gestão sustentável dos recursos pesqueiros em áreas de IG e como esses aspectos impactam o desenvolvimento sustentável das comunidades e a preservação dos recursos naturais?

Em busca de respostas, a seleção de materiais foi subsidiada a partir da articulação dos seguintes marcadores temáticos investigativos: “indicação geográfica”; “comunidades pesqueiras”; “gestão sustentável”; e “recursos pesqueiros”. Os artigos selecionados foram categorizados a partir da elaboração de uma matriz de síntese dos estudos (quadro), com base nas seguintes dimensões: título, autor, ano, palavras-chaves, objetivos, teorias-conceitos, metodologia para coleta de dados, metodologia de análise de dados, principais resultados,

conclusões, limitações e investigações futuras. Os livros, teses, dissertações e regulamentos de uso e as informações dos sites institucionais complementaram as informações para melhor análise e discussão dos resultados. Nessa etapa, foi possível elencar os dados para uma análise crítica dos estudos selecionados.

A análise dos dados extraídos dos materiais foi realizada de maneira descritiva. O objetivo não foi quantificar, e sim reunir o conhecimento produzido sobre o tema explorado na pesquisa, buscando fornecer contribuições nesse campo de pesquisa, assim como trazer possíveis respostas à questão norteadora.

Os mapas, com a atualização dos produtos de IP e DO reconhecidos até janeiro de 2024, foram confeccionados no software livre Qgis (versão 3.28) onde o "*shapefile*" de cada unidade de IG foi exportado dos "*shapefile*" de municípios brasileiros disponibilizados no site do IBGE [s.d.] e com base nas informações disponibilizadas pelo site Data Sebrae (2024). Após a vetorização, foi realizado o *layout* com as informações e símbolos de cada IG. Constatou-se que não há simbologia representativa das seguintes IGs: IP do Cerrado, IP dos Vales da Uva Goethe e Sudoeste de Minas. Considera-se "*shapefile*" um formato de arquivo de cada polígono do mapa que tem a função de armazenar a posição, a forma e os atributos de feições geográficas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Indicações Geográficas (IGs): Breve histórico e a evolução de registros no Brasil

O conceito de associar um produto ao seu local de origem remonta à história antiga. Desde os tempos bíblicos, destaca-se o reconhecimento que produtores e consumidores tinham por atributos específicos de certos produtos baseados em sua origem, a exemplo: o Cedro do Líbano e o Bronze de Corinto (Barbosa; Peralta; Fernandes, 2013; Cabral; Palomino, 2019).

Contudo, as primeiras regulamentações relativas ao uso do nome de origem para designar produtos datam da Idade Média, embora nessa fase inicial fossem consideradas incipientes e restritas. Exemplos incluem a porcelana de *Jingdezhen*, protegida no século XI contra falsificações por ordem do imperador chinês *Jingde* durante a dinastia *Song* do Norte; o queijo de *Laguiole*, protegido no século XII pelo monastério francês de *Aubrac*; e os vidros artísticos de Murano, protegidos no século XIII pelas corporações de Veneza (Reis, 2015).

Bruch (2008) aponta que uma primeira intervenção estatal para a proteção e o controle de uma IG ocorreu em meados do século XVIII, quando o governo português demarcou a área de produção do vinho do Porto, promovendo a organização dos produtores, estabelecendo

regras e verificando o cumprimento das especificações na fabricação desse produto. Nesse contexto, percebe-se um progresso das normativas e delimitação de uso por parte dos produtores.

Percebe-se que a evolução do conceito de IG relaciona-se à garantia de proteção contra fraude, apropriação indébita e manifestações alternativas de concorrência desleal, além de conceder aos consumidores a garantia sobre a fonte da mercadoria ou serviço (Brasil, 2023).

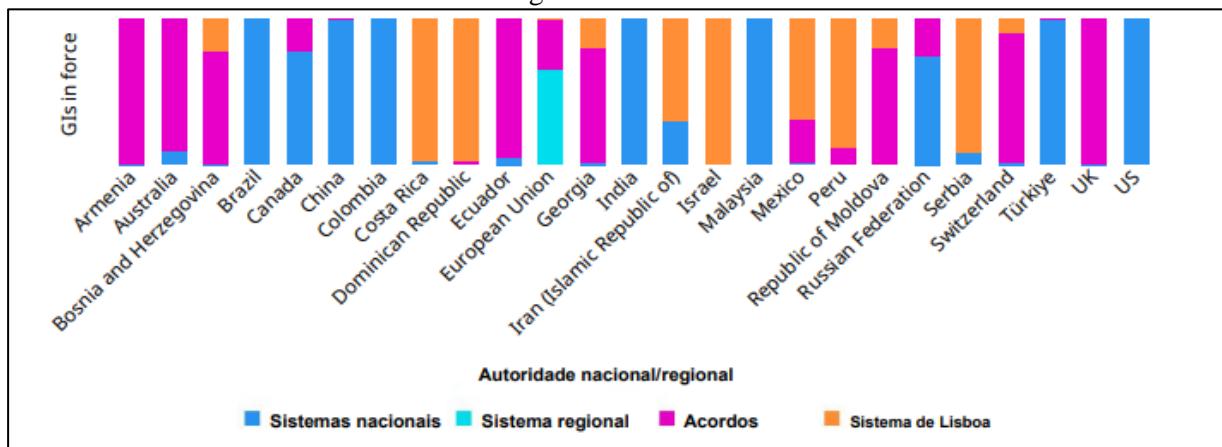
A União Europeia é tradicionalmente reconhecida por produtos com valores associados a seus territórios, tais como: queijos, embutidos, azeites, doces e, especialmente, vinhos de qualidade, sendo considerada a maior produtora do mundo (Ruschel, 2019).

De acordo com os dados divulgados em 2023 pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI; em inglês, *World Intellectual Property Organization – WIPO*), confirma-se a tradição Europeia no ranking de depósitos de marcas e patentes. Das 58.400 IGs protegidas em 91 escritórios nacionais e regionais no ano de 2022, a Europa teve o maior número de IG em vigor, com 53,1%, seguida pela Ásia (36,3%), América Latina e Caraíbas (4,3%), Oceania (3,6%), América do Norte (2,6%) e África 0,1% (WIPO, 2023).

As IGs podem ser protegidas por meio de uma variedade de mecanismos legais, como: sistemas *sui generis*, leis de marcas registradas, sistemas regionais, acordos internacionais e outros meios legais nacionais. Além disso, a proteção das IGs a nível nacional é, frequentemente, baseada num esforço colaborativo entre várias entidades. A OMPI faz a coleta de informações de experiências de IG em todo mundo, embora tenha encontrado desafios na aquisição de dados essenciais em certas fontes. Mesmo assim, os dados compilados oferecem informações valiosas sobre a utilização dessa categoria de propriedade intelectual em diversas regiões do mundo (WIPO, 2023).

A Figura 1 demonstra o número total de IG em vigor, discriminadas pelos meios legais de proteção. Todas as IGs em vigor no Brasil, Colômbia, Índia, Malásia e Estados Unidos da América (EUA) são protegidas por meio de sistemas nacionais, enquanto a maior parte das IGs em vigor na Costa Rica (96,9%), na República Dominicana (97,5%) e Israel (99,2%) são protegidas por meio do Sistema de Lisboa. Em contrapartida, quase todas as IG em vigor na Arménia (99,7%) e no Reino Unido (UK) (99,9%) são protegidas a partir de acordos internacionais (WIPO, 2023).

Figura 1- Distribuição de indicações geográficas em vigor por meios legais de proteção para autoridades nacionais e regionais selecionadas no ano de 2022



Fonte: WIPO (2023).

A Lei de Propriedade Industrial (LPI), no Brasil, oficialmente designada como Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996, é o marco regulatório que rege o assunto, define as IGs e as distingue como Indicação de Procedência (IP) ou Denominação de Origem (DO). Além disso, o parágrafo do artigo 182 estipula que o INPI tem a tarefa de definir os pré-requisitos para o registro das indicações geográficas (Cabral; Palomino, 2019).

Considera-se IP o nome geográfico de país, cidade, região ou localidade de seu território, que se tenha tornado conhecido como centro de extração, produção ou fabricação de determinado produto ou de prestação de um serviço e como DO o nome geográfico de país, cidade, região ou localidade de seu território, que designe produto ou serviço cujas qualidades ou características se devam exclusiva ou essencialmente ao meio geográfico, incluídos fatores naturais e humanos (Brasil, 1996, Art. 177, 178).

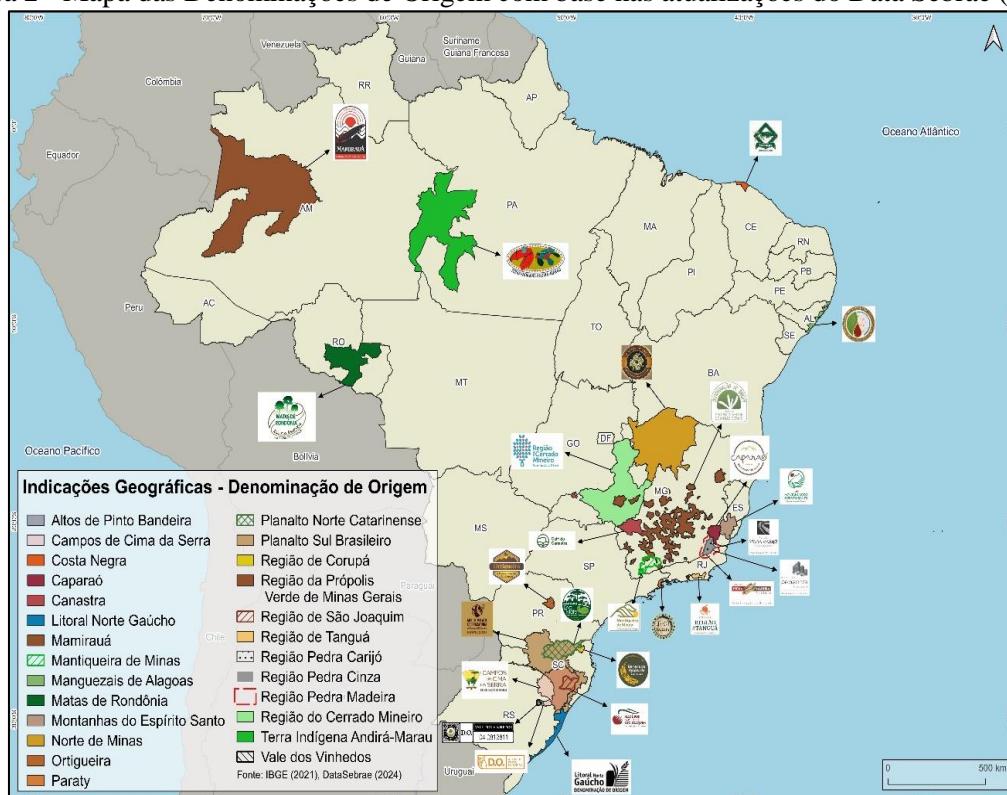
Dessa forma, a IG constitui-se como “um ato de reconhecimento público em relação à origem de um produto ou serviço e, uma vez concedida, só poderá ser utilizada pelos membros da coletividade daquela área geográfica delimitada onde produzem ou prestam o serviço” (IBGE, 2019).

Sendo mecanismos legais e protegidos por lei, as IGs desempenham um papel crucial na busca de salvaguardar, avaliar e garantir a origem e a qualidade distinta de bens (produtos e serviços), vinculando-os à identidade cultural e regional da área de origem. Consequentemente, quando um produto ou serviço originário de uma região específica recebe o reconhecimento para IG, os ativos intangíveis (como conhecimentos, tradições, práticas e costumes) associados a ele são validados. Isso os diferencia de seus produtos similares no mercado e concede privilégios exclusivos aos produtores da região especificada (Nierdele, 2011; Brandão; Santos, 2016).

O primeiro registro de IG brasileiro foi para um produto europeu. No ano de 1999, o Brasil reconheceu o registro para a Região dos Vinhos verdes em Portugal, na modalidade de DO (Valente, *et al.*, 2012) Já o marco inicial do desenvolvimento de IGs de produtos brasileiros se deu no início dos anos de 1990, na Região do Vale dos Vinhedos no Rio Grande do Sul, antes mesmo da promulgação da Lei de Propriedade Industrial (LPI) – Lei nº 9.279/1996. A estruturação ocorreu por intermédio da EMBRAPA Uva e Vinho no fomento ao tema das IGs como uma alternativa para o desenvolvimento do setor vitivinícola brasileiro. Apenas em 2002 ocorreu o reconhecimento, de direito, pelo INPI, da IP do Vale dos Vinhedos – primeira IG brasileira registrada. A partir desse reconhecimento, outras regiões de produção desenvolveram seus processos de estruturação e registro para vinhos. Até o ano de 2020, o Rio Grande do Sul havia obtido o registro de um total de sete indicações geográficas de vinhos, abrangendo tanto registros de IP, quanto de DO (Tonietto *et al.*, 2022).

Em âmbito nacional, ressalta-se, até janeiro de 2024, um crescimento quantitativo das IGs. Hoje são 121 reconhecidas em nosso território. Nesse panorama, a região Sudeste se destaca com 41 produtos, seguida pela região Sul, Nordeste, Norte e Centro-Oeste. Há um total de 35 DOs reconhecidas no Brasil, destas, 09 são estrangeiras e 26 são nacionais conforme Figura 2 (Data Sebrae, 2024).

Figura 2 - Mapa das Denominações de Origem com base nas atualizações do Data Sebrae (2024).

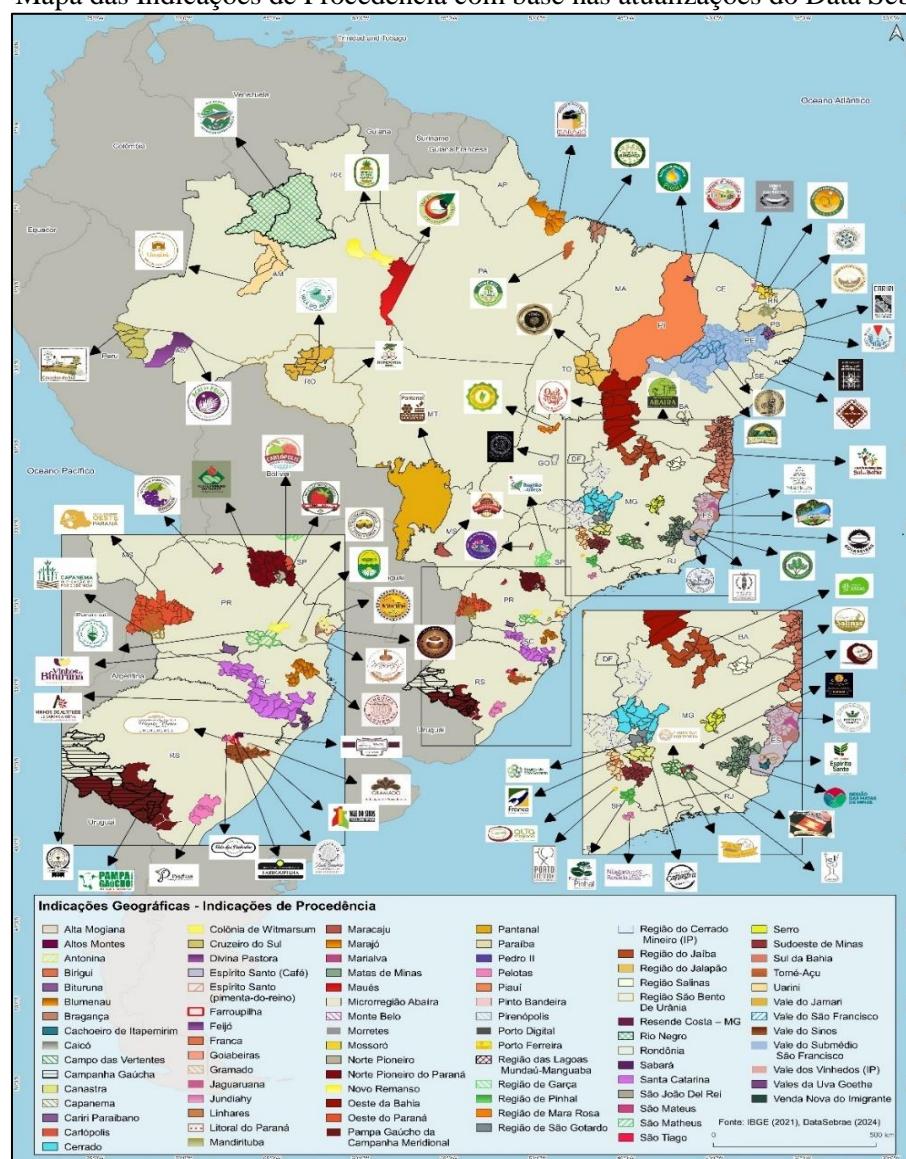


Fonte: Data Sebrae (2024). Elaboração: Os autores (2024).

O reconhecimento de DO está intimamente relacionado ao meio ambiente de produção. Apenas produtos cuja qualidade diferenciada é atribuída às características do meio geográfico podem receber essa denominação. Assim, o reconhecimento por DO requer estudos que demonstrem a influência do ambiente no sabor característico de um determinado produto.

Em relação aos produtos de IP, o Brasil contabiliza 86 solicitações concedidas, como mostra a Figura 3 (Data Sebrae, 2024). Para estes, a notoriedade do lugar é primordial ao reconhecimento.

Figura 3 - Mapa das Indicações de Procedência com base nas atualizações do Data Sebrae (2024)

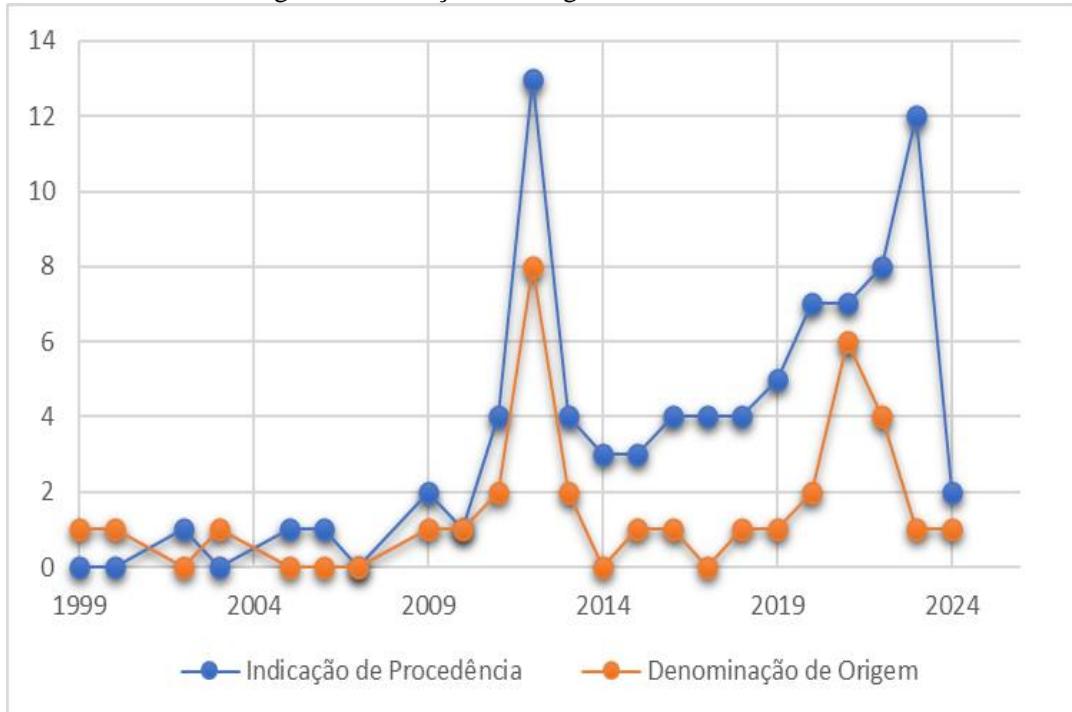


Fonte: Data Sebrae (2024). Elaboração: Os autores (2024).

A Figura 4 demonstra como o Brasil alterou os números desde o seu primeiro registro de DO em 1999 para a Região dos Vinhos verdes em Portugal. Percebe-se um crescimento

significativo com destaque para os anos de 2012 e 2023, tendo 21 e 13 produtos, respectivamente, reconhecidos (INPI, 2024).

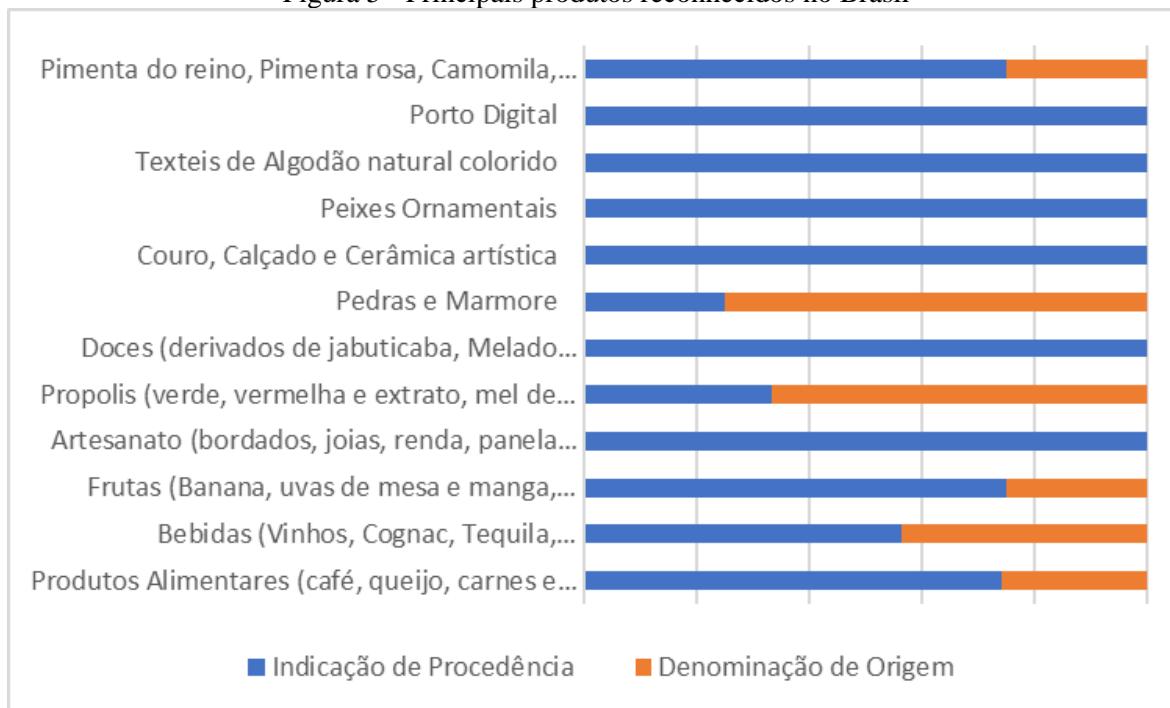
Figura 4 - Avanços dos Registros de IGs no Brasil



Fonte: INPI (2024). Elaboração: Os autores (2024).

A Figura 5 expressa quais os principais produtos reconhecidos no contexto das IGs com especial destaque para Produtos Alimentares (café, queijo, carnes e seus subprodutos, arroz, camarão, *socol* (embutido de carne suína), guaraná, biscoito, linguiça, açafrão, inhame, farinha de mandioca, amêndoas de cacau, peixe, açaí, cacau); Bebidas (vinhos, *cognac*, tequila, espumantes, aguardente, cajuína, cachaça); Frutas (banana, uvas de mesa e manga, cacau, melão, goiaba, uvas finas de mesa, abacaxi, laranja); Artesanato (bordados, joias, renda, panela de barro); Própolis (verde, vermelha e extrato, mel de abelha); Doces (derivados de jabuticaba, melado batido e melado escorrido, doces tradicionais, bala de banana); Pedras e Mármore; Couro, Calçado e Cerâmica artística; Peixes Ornamentais; Têxteis de Algodão natural colorido; Porto Digital; Pimenta do reino, Pimenta rosa, Camomila e Erva-mate (INPI, 2024).

Figura 5 - Principais produtos reconhecidos no Brasil



Fonte: INPI (2024). Elaboração: Os autores (2024).

O relatório divulgado pela WIPO (2023) aponta um declínio total no número global de registros de marcas em 2022, de aproximadamente 15,7% em relação ao ano anterior. No entanto, ao analisar os países com mais pedidos nesse período, o Brasil, ao contrário da tendência de redução de registros, registrou um aumento de 2,6% nos depósitos de registros.

O crescimento relativamente acelerado nos últimos anos deve-se principalmente ao incentivo e ao trabalho dos principais atores envolvidos nos processos de discussão e reconhecimento de Indicações Geográficas (IGs) no Brasil, tais como: o INPI; MAPA, EMBRAPA, SEBRAE. e universidades públicas e privadas (Pellin, 2019).

No entanto, é importante refletir sobre o processo de proposição e concessão das IGs como uma ferramenta de gestão para a participação e o fortalecimento das comunidades visando à gestão dos recursos, à valorização e proteção dos produtos locais e à garantia da preservação ambiental.

OS DESAFIOS E AS OPORTUNIDADES DA GESTÃO DOS RECURSOS PESQUEIROS EM ÁREAS DE IG

IP Rio Negro para Peixes Ornamentais no estado do Amazonas (AM)

A IP para peixes ornamentais foi oficialmente reconhecida pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) em 9 de setembro de 2014. A área demarcada, conhecida como

“Rio Negro”, designada com a finalidade de estabelecer a proveniência de peixes ornamentais, está situada dentro do estado do Amazonas e engloba os municípios de Barcelos e Santa Isabel do Rio Negro (INPI, 2024).

Para Militão e Bentes (2024), a concessão desse reconhecimento expressou a importância econômica, cultural e social que a atividade da pesca ornamental representa para a região. A modalidade de pesca realizada pela figura do pescador ornamental, conhecido localmente como piabeiro, também é associada à função de protetores dos rios e guardiões da floresta. Estima-se que mais de mil famílias dependam da atividade da pesca ornamental em toda sua cadeia produtiva composta pela atividade de pesca, transporte e comércio (Freitas; Barbalho; Dias, 2023) constituindo-se em fonte de alimento, renda e lazer para grande parte de sua população (Santos; Santos, 2005). Aproximadamente 86% do comércio global de peixes ornamentais é voltado para o mercado internacional, abrangendo cerca de 35 países importadores, com destaque para a Alemanha como o principal destino das importações (Anjos *et al.*, 2009).

Devido à sua vasta biodiversidade, a região amazônica desempenha um papel crucial na indústria da pesca ornamental em virtude da multiplicidade de espécies e da diversidade de cores, formas e tamanhos exibidos pelos peixes que habitam essa área, atraindo atenção significativa no mercado de aquarismo (Santos *et al.*, 2023; Ferreira, *et al.*, 2020).

A atividade da pesca ornamental, se bem manejada e conduzida, possui baixo impacto sobre o ecossistema e tem grande potencial de se consolidar como um modelo produtivo sustentável capaz de contribuir para o desenvolvimento local e para a geração sustentável de renda para as comunidades amazônicas (Santos *et al.*, 2023).

Militão e Bentes (2024) expressam que “o peixe ornamental é um dos poucos recursos oriundos do extrativismo viável no interior da Amazônia, devido à grande área de planície inundável, à abundância das espécies e à rápida renovação”. Porém, Sobreiro (2016) salienta que um aumento na pressão dos estoques pesqueiros pode afetar negativamente a resiliência do sistema ecológico local. Essa afirmação corrobora os estudos realizados por Ferreira (2016), o qual aponta para o declínio da pesca ornamental no município de Barcelos, com efeitos mais intensos entre os anos de 2007 e 2010. Alguns pescadores afirmam que esse declínio se iniciou em meados do ano 2000, tendo como principais motivos: a piscicultura ornamental e a concorrência de empresas exportadoras. Para Ferreira *et al.* (2020, p. 16), é notório que:

A pesca de peixes ornamentais no município de Barcelos declinou drasticamente nos últimos anos, o que causou sérias dificuldades socioeconômicas aos pescadores, que vivem num sistema de semiescravatura, endividando-se drasticamente somente para poderem adquirir bens essenciais para a sua sobrevivência e das suas famílias, não retirando frequentemente nenhuma renda monetária da atividade e arriscando todos os dias a sua vida.

De acordo com o estudo sobre o diagnóstico socioeconômico e ambiental participativo da pesca de peixes ornamentais nas comunidades indígenas de Santa Isabel do rio Negro realizado por Anjos, Amorim e Gama (2009), constatou-se que as atividades de pesca de peixes ornamentais também obtiveram declínio. A pesquisa aponta que, na percepção dos entrevistados, “a pesca de peixes ornamentais é uma atividade de subsistência e não permite a melhoria da qualidade de vida do pescador e de sua família” (*op cit.*, p. 21). Dentre os principais motivos apontados para a desistência da profissão, destacou-se o valor pago pelo milheiro de peixe e os ganhos com a pesca ornamental ao longo da vida. Como alternativa ao declínio, a diversificação das atividades como meio de renda tem sido estimulada por meio da implementação da “Rota da Piaba”, objetivando o conhecimento da biodiversidade local por intermédio de passeios turísticos e a observação dos peixes ornamentais (Balsan, 2015).

Assim também, o reconhecimento por IP Rio Negro para peixes ornamentais sem dúvidas expressou a relevância da atividade pesqueira para a região e a busca do fortalecimento da comunidade (Militão; Bentes, 2024; Santos *et al.* 2023; Ferreira, 2016), porém, desde a sua concessão, não houve comercialização de peixes ornamentais com IG.

O estudo de Militão e Bentes (2024) buscou identificar os principais motivos que levam os piabeiros ao desuso desse signo distintivo. Os principais motivos apontados pelos entrevistados foram: a falta de estrutura operacional da cooperativa que representa os pescadores, a saber: Cooperativa de Pescadoras e Pescadores Artesanais de Peixes Ornamentais do Médio e Alto Rio Negro (ORNAPESCA), o desconhecimento dos procedimentos e requisitos de uso por parte dos piabeiros, inexistência do conselho regulador; dificuldade de compreensão no caderno de especificações que contém as regras de uso do reconhecimento para a região delimitada e o encerramento das assessorias técnicas após a obtenção do reconhecimento.

Os autores (*op cit.*) enfatizam que, apesar dos exemplos bem-sucedidos de implementação de IGs e da presença de inúmeros estudos que discutem o assunto e endossam o envolvimento institucional, suas vantagens e possíveis impactos não são inherentemente garantidos e não se materializam de forma fácil e rápida em regiões geográficas específicas, a

exemplo da IP Rio Negro para peixes ornamentais, a qual se mostrou ineficaz, após 10 anos do seu reconhecimento. Nota-se que o encerramento das assessorias técnicas, após a obtenção do reconhecimento, foi um fator preponderante na falta do gerenciamento e superação dos desafios, pois, de acordo com Militão e Bentes (2024, p. 352):

Com a descontinuidade dos projetos e dessa rede de apoiadores, a cooperativa e piabeiros se sentiram incapazes de dar continuidade às atividades (comercializar peixes ornamentais com o “selo”), pois naturalmente esse novo cenário [...] suscita numerosos desafios, e tal governança da entidade não se sentiu capaz de dar seguimento ao processo natural - organização para comercializar.

Ante ao exposto, esforços têm sido demandado desde 2022, junto a parceiros (SEBRAE, Secretaria de Estado de Produção Rural (SEPROR), Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas (IDAM), MAPA, Colônia de pescadores Z-33, Instituto Piaba) com objetivo de traçar estratégias de gestão junto aos pescadores de peixes ornamentais e ORNAPESCA, visando ao fortalecimento das ações necessárias ao uso do reconhecimento (Militão; Bentes, 2024).

Santos *et al.* (2023) analisaram as implementações do Projeto Aquabio; IP Rio Negro para peixes ornamentais e Projeto Piaba como ações para tornar a pesca ornamental uma atividade viável. Para os autores (*op cit.*), as diversas iniciativas não impulsionaram a atividade da pesca ornamental como o esperado, fazendo com que muitos pescadores abandonassem a atividade em função das relações que envolvem o pescador, patrão e empresa, as quais penalizam o pescador, sendo considerado o ator mais frágil da cadeia. Para Ferreira (2016, p. 53) “o pescador passa a produzir somente para quitar as dívidas contraídas, acabando por gerar um efeito ‘bola-de-neve’, pois o pescador usa toda a sua produção para pagar as dívidas anteriores”.

Dessa forma, os piabeiros não terão os recursos necessários para se sustentar e se veem em um ciclo de pressão financeira perpétua, em que se engajam na produção, liquidam suas dívidas, esgotam seus recursos financeiros e são obrigados a buscar mais empréstimos de seu empregador ou comerciante local, a fim de adquirir bens essenciais vitais para sua sobrevivência. Confrontadas com os desafios significativos enfrentados, os piabeiros recorrem a atividades de subsistência, como a “pesca comestível”, para sustentar suas famílias e vender qualquer produto excedente. Além disso, alguns piabeiros expressam a necessidade de se engajar em formas alternativas de emprego, como construção civil, catering para turistas,

piaçaveiros, negócios de varejo, cultivo de castanheiros e pesca recreativa (visando especificamente ao peixe Tucunaré - *Cichla spp*) (Ferreira, 2016).

Para Anjos *et al.* (2009) se faz necessário compreender os aspectos econômicos relacionados ao comércio de peixes ornamentais da região amazônica e a garantia de apoio financeiro para esforços de conservação e esquemas de gestão estratégica, formando, consequentemente, a estrutura fundamental para garantir a viabilidade a longo prazo do sistema de produção.

Além disso, Santos *et al.* (2023) acentuam que inúmeras investigações com foco na pesca ornamental indicam o potencial significativo dessa atividade em promover o desenvolvimento comunitário, facilitar a geração de renda e promover a sustentabilidade. No entanto, existem desafios que devem ser enfrentados para aumentar a eficácia da pesca artesanal como uma prática que utiliza recursos naturais e capacita agricultores e pescadores como guardiões da biodiversidade amazônica. Consequentemente, é imperativo que entidades públicas e privadas contribuam para permitir que as comunidades atinjam um nível de independência social, organizacional, política e econômica, com o objetivo de reforçar sua capacidade inovadora e de gestão e influenciar as comunidades de piabeiros.

DO para Camarão Costa Negra (camarões marinhos cultivados da espécie *Litopenaeus Vannamei*) do estado do Ceará (CE)

Costa Negra é o nome concedido ao trecho do litoral cearense que vai desde a foz do rio Aracatimirim, na localidade de Torrões, até a foz do rio Guriú, em Jijoca de Jericoacoara. A região abrange os municípios de Itarema, Acaraú, Cruz e Jijoca de Jericoacoara. Conhecida por seu potencial turístico e paisagístico, além do destaque promovido sobre suas praias, a região ganha espaço na imprensa internacional pelos camarões que produz (SEBRAE, 2016).

O registro para o camarão Costa Negra foi reconhecido em 16 de agosto de 2011, para a região do Baixo Acaraú, englobando o território dos municípios de Acaraú, Cruz e Itarema, no estado do Ceará (INPI, 2024).

O reconhecimento de DO traz consigo o registro pioneiro mundial para crustáceos e está intimamente relacionado às condições geográficas que diferenciam o produto frente aos demais no mercado, condição importante para esse reconhecimento. Banhada pelo Rio Acaraú, de água escura, rica em matéria orgânica, a Costa Negra produz muitos sedimentos e, devido a essa característica geográfica, é considerada a melhor área para produção de camarão no Ceará e origina o nome “camarão Costa Negra” (SEBRAE, 2016). Os sedimentos depositados nessa

região, com alto teor de cálcio e fibras, servem de alimentação para a produção do camarão, favorecendo o crescimento e propiciando níveis diferenciados de proteína e maior consistência em sua textura. Essas características o diferenciam dos outros camarões e justificaram o registro de DO (SEBRAE, 2016; Ferronatto, 2015).

“O cultivo de camarões é realizado em viveiros escavados e o rendimento máximo autorizado é de 500 kg/ha. As espécies autorizadas são o *L.vannamei* e o *L. schmitti*. A região possui uma microfauna muito peculiar devido ao ecossistema do manguezal” (Ferronatto, 2015). Os produtos autorizados pela Denominação de Origem são: camarão inteiro; camarão sem cabeça; camarão tipo *butterfly*; camarão empanado; camarão em espeto; dentre outros tipos de camarão processados (SEBRAE, 2016).

A história da comercialização do camarão da Costa Negra tem mais de 30 anos e iniciou-se a partir da década de 1980 com a entrada de empresas produtoras de camarão na região (Nascimento; Ribeiro, 2018). Com a iniciativa, pautada em uma ação empresarial da Associação dos Carcinicultores da Costa Negra (ACCN), a região da Costa Negra logo se desenvolveu com a produção de camarões em cativeiro, dispondo atualmente de 33 fazendas de cultivo, 01 laboratório de produção de pós-larvas e 04 indústrias de beneficiamentos para processamentos de pescados em geral (Carvalho, 2014; Nascimento; Ribeiro, 2018).

Tal desenvolvimento “tem beneficiado apenas um grupo de empresários da região, privilegiados economicamente, enquanto os nativos da Costa Negra têm padecido com baixos níveis de educação, saúde, alimentação e moradia” como demonstra Carvalho (2014, p. 6) em pesquisa publicada sobre o papel da Indicação Geográfica do camarão produzido na Costa Negra - CE. Para o autor (*op cit*, p. 74-75), os estudos demonstram:

Há uma baixa correlação entre a certificação do camarão da Costa Negra e o seu estágio atual, uma vez que os aspectos econômicos têm sido privilegiados em detrimento das questões sociais, como melhoria na qualidade de vida da comunidade regional, incluindo condições de saúde, alimentação, educação e moradia. Conclui-se que não há desenvolvimento da Costa Negra, mas sim um intenso e importante crescimento econômico, pois a esfera social foi relegada por alguns dos principais agentes envolvidos no processo de certificação do camarão regional.

Compreende-se que o reconhecimento da IG para o camarão Costa Negra tenha trazido benefícios relacionados ao valor agregado do produto, abertura de novos mercados, investimentos financeiros na região da Costa Negra, vantagens sobre concorrentes e atuação como diferencial competitivo (Nascimento; Ribeiro, 2018).

Porém, para que as IGs cumpram seu papel de forma eficaz, elas devem facilitar o sustento da população residente nas regiões rurais; facilitar a criação de empregos; melhorar a vida das áreas rurais, por meio de atividades, como o crescimento do turismo; garantir a satisfação dos produtores; cultivar um sentimento de orgulho na conexão entre o produto e seu produtor; e desempenhar um papel na salvaguarda das características únicas e da identidade dos bens que representam um patrimônio cultural em cada área específica, bem como, proporcionar benefícios ambientais, contribuindo para a preservação da biodiversidade e a conservação do meio ambiente (Kakuta, 2006).

Nos estudos de Carvalho (2014), notou-se a ocorrência de uma pequena inserção dos produtores desfavorecidos da Costa Negra após o “selo” do camarão. Além disso, observou-se um baixo nível de qualificação da mão de obra regional, visto que os profissionais, como técnicos, agrônomos e engenheiros de pesca, que trabalham em Cruz, Itarema, Acaraú e Jijoca de Jericoacoara, vêm de outras regiões. Ademais, “os órgãos estaduais de fomento ao empreendedorismo e à educação, como SEBRAE, Centro de Treinamento e Desenvolvimento (CETREDE) e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), a despeito da sua relevância para o campo educacional, ainda possuem atuação discreta na região, freando o avanço social da Costa Negra” (Carvalho, 2014, p. 75).

Se é com foco nas condições geográficas que o reconhecimento ocorreu, este não deve se dissociar da perspectiva ambiental. Dessa forma, a conservação do ecossistema manguezal, que fornece a microfauna peculiar à manutenção da biodiversidade, é de suma importância para a manutenção das atividades pesqueiras, principalmente, das comunidades tradicionais. Em estudo realizado por Meireles (2014) sobre os danos socioambientais no ecossistema manguezal, observou-se que as comunidades de pescadores dos estuários dos rios Jaguaribe, Pirangi, Acaraú e Aracatimirim foram diretamente afetadas com impactos na salinização dos seus aquíferos, provocados pelo crescente aumento da produção de camarão em cativeiro. Seus mananciais de água doce (lagoas, pequenos açudes, riachos, cacimbas e poços artesianos) foram salinizados, de acordo com informações dos moradores, tornando as terras improdutivas ao cultivo de feijão, milho e mandioca.

A partir de diversos estudos que amparam a temática, Meireles (2014, p. 338) cita os principais danos ambientais causados pela carcinicultura, quais sejam:

Desmatamento do manguezal, da mata ciliar o do carnaubal; extinção de setores de apicum; soterramento de gamboas e canais de maré; bloqueio do fluxo das marés; contaminação da água por efluentes dos viveiros e das fazendas de larva e pós-larva; salinização do aquífero; impermeabilização do solo associado ao ecossistema manguezal, ao carnaubal e à mata ciliar; erosão dos taludes, dos diques e dos canais de abastecimento e de deságue; empreendimentos sem bacias de sedimentação; fuga de camarão exótico para ambientes fluviais e fluviomarinhos; redução e extinção de habitats de numerosas espécies; extinção de áreas de mariscagem, pesca e captura de caranguejos; disseminação de doenças (crustáceos); expulsão de marisqueiras, pescadores e catadores de caranguejo de suas áreas de trabalho; dificuldade e/ou impedimento de acesso ao estuário e ao manguezal; exclusão das comunidades tradicionais no planejamento participativo; doenças respiratórias e óbitos com a utilização do metabissulfito; pressão para compra de terras; desconhecimento do número exato de fazendas de camarão; inexistência de manejo; não definição dos impactos cumulativos e biodiversidade ameaçada (Meireles, 2014, p. 338).

Portanto, uma ênfase distinta deve ser colocada na gestão dos recursos pesqueiros, engajando, especificamente, a comunidade local nos processos de produção. Essa integração pode levar à criação de oportunidades de emprego, geração de renda e melhorias na qualidade de vida das comunidades envolvidas, abrangendo os aspectos mais evidentes, como: educação, saúde, alimentação e moradia, tendo em vista que, ao receber o reconhecimento de IG, a região da Costa Negra experimentou benefícios notáveis em termos de valor do produto e visibilidade no cenário global (Carvalho, 2014).

Nesse contexto, é importante ressaltar que, para o ativo das IGs ter valor duradouro, é fundamental compreender, proteger e valorizar os elementos naturais que contribuem para esse signo distintivo, por meio dos elementos que os valorizam e os validam, como: rios, encostas, águas subterrâneas, solo, cadeias alimentares locais, abelhas, pássaros, pastagens nativas, florestas nativas, manguezais e todas as especificidades ambientais que envolvem o reconhecimento. Estabelecer critérios é essencial para evitar o uso indevido do selo de IGs em projetos que representem uma ameaça ao ecossistema ou ao agroecossistema em que estão localizadas essas experiências (Ferronatto, 2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mercado apresenta cada vez mais uma forte demanda por produtos caracterizados por origem e qualidade garantidas, juntamente ao nexo entre a fabricação de produtos e práticas sustentáveis que mitigam os riscos ambientais. Aliada a isso, a governança das IGs exige esforços colaborativos entre as instituições envolvidas no processo, com inclusão das comunidades, além de uma estrutura institucional adequada.

As contribuições deste estudo visaram ao entendimento dos desafios e a oportunidades da gestão dos recursos pesqueiros em áreas de Indicação Geográfica (IG), destacando duas experiências distintas no Brasil. Os resultados evidenciam a importância econômica, cultural e social da pesca ornamental na região amazônica e da produção de camarões na Costa Negra, além de apontar os desafios enfrentados por essas atividades, como o declínio da atividade de peixes ornamentais e os impactos ambientais gerados pela carcinicultura.

As limitações deste estudo incluem a falta de dados atualizados sobre a situação atual das comunidades pesqueiras e das fazendas de camarão, o que pode impactar a precisão das análises e recomendações. Além disso, a análise comparativa entre as duas experiências poderia ter sido mais aprofundada, buscando identificar padrões comuns e diferenças significativas que poderiam enriquecer o entendimento sobre a gestão dos recursos pesqueiros em áreas de IG.

Para pesquisas futuras, sugere-se a realização de estudos longitudinais para acompanhar a evolução das comunidades pesqueiras e das fazendas de camarão ao longo do tempo, a fim de avaliar o impacto das ações de gestão implementadas. Além disso, seria relevante investigar a eficácia de políticas públicas e programas de apoio financeiro na promoção da sustentabilidade da pesca ornamental e da carcinicultura em áreas de IG.

Em suma, este estudo destaca a importância de uma abordagem integrada e sustentável na gestão dos recursos pesqueiros em áreas de IG, visando garantir benefícios econômicos, sociais, culturais e ambientais para as comunidades locais e para o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- ANJOS, H.; AMORIM, R.; GAMA, M. Diagnóstico socioeconômico e ambiental participativo da pesca de peixes ornamentais nas comunidades indígenas de Santa Isabel do rio Negro. In: INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE - ICMBio (org.). **Série Corredores Ecológicos:** iniciativas e metodologias para a implementação do projeto corredores ecológicos. 3. ed. Brasília, DF: MMA/SBF, 2009. p.18-23.
- ANJOS, H. D. B. dos [et al.]. Exportação de peixes ornamentais do Estado do Amazonas, Bacia Amazônica. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 259 - 274, 2009.
- ARRUDA, E.; MATOS, F. DE O.; MELO, J. B. de. Territórios ameaçados: pesca artesanal, saberes tradicionais e a política pesqueira no litoral cearense. **GEOgraphia**, [S.l.], v. 25, n. 55, 5 set. 2023. DOI: <https://doi.org/10.22409/GEOgraphia2023.v25i55.a54213>
- BALSAN, M. I. M. Rota da Piaba, uma alternativa turística de sustentabilidade como resultado da indicação de procedência do Rio Negro dos Peixes Ornamentais-AM. **Revista Eletrônica de Ciências Sociais Aplicadas**, [S.l.], v. 3, n. 2, p. 101-112, 2015.

BARBOSA, P. M. S.; PERALTA, P. P.; FERNANDES, L. R. R M. V. Encontros e desencontros entre indicações geográficas, marcas de certificação e marcas coletivas. In: LAGE, C. L.; WINTER, E.; BARBOSA, P. M. S. (org.) **As diversas faces da propriedade intelectual**. Rio de Janeiro: Editora da UERJ, 2013. p. 141-173.

BRANDÃO, B. de O.; SANTOS, J. A. B. dos. A valorização dos produtos tradicionais através da indicação geográfica: o potencial do aratu de Santa Luzia do Itanhy. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional**. [S.l.], v. 4, n. 2, p. 149-175, 2016. DOI: <https://doi.org/10.7867/2317-5443.2016v4n2p149-175>

BRASIL. **Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996**. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 15 maio 1996. Seção 1, p. 8353.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Pecuária. **A construção de marcas coletivas para povos e comunidades tradicionais**. Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Sustentável, Irrigação e Cooperativismo. Departamento de Desenvolvimento das Cadeias Produtivas e Indicações Geográficas. Brasília: MAPA/SDI, 2023.

BRUCH, K. L. Indicações Geográficas para o Brasil: problemas e perspectivas. In: PIMENTEL, L. O.; BOFF, S. O.; DEL'OLMO, F. de S. (org.). **Propriedade Intelectual: gestão do conhecimento, inovação tecnológica no agronegócio e cidadania**. 1. ed. Florianópolis: Fundação Boiteux, 2008.

CABRAL; D. H. Q.; PALOMINO; M. E. P. A normativa brasileira de indicações geográficas e a possibilidade de alteração de registro no INPI. In: VIEIRA, A. C. P. et al. (org.). **Indicações geográficas, signos coletivos e desenvolvimento local/regional**. Erechim: Deviant, 2019. p. 97-117.

CARVALHO, C. M. **O papel da Indicação Geográfica do camarão produzido na Costa Negra-CE como mecanismo indutor de desenvolvimento regional**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Administração de Empresas, Universidade de Fortaleza, Fortaleza, Ceará, 2014.

DATA SEBRAE. **Indicações Geográficas Brasileiras**, [S.l.]: Sebrae, 2024. Disponível em: <https://databasebrae.com.br/indicacoesgeograficas/>. Acesso em: 10 mar. 2024.

FERNANDES, L. R. M. V.; FRAGA, S. A. P. M.; COSTA, V. B. Os saberes tradicionais e locais e as indicações Geográficas: o caso das plantas medicinais do Brasil. In: SANTOS, M. G.; QUINTERO, M. (org.). **Saberes tradicionais e locais: reflexões etnobiológicas** [online]. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2018, p. 126-147.

FERREIRA, V. A. M. **Avaliação da pesca e comércio de peixes ornamentais no município de Barcelos, Amazonas**, Brasil. 2016. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Biologia Aplicada, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2016.

FERREIRA, V. A. M. [et al.]. Avaliação do comércio de peixes ornamentais no estado do Amazonas – Brasil. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, mar. 2020.

FERRONATTO, E. M. de O. A importância dos fatores naturais e humanos na qualificação das Denominações de Origem. In: FERRONATTO, E. M. de O. (org.). **Indicação geográfica, signos coletivos e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: IBPI, 2015.

FREITAS; S. S. de; BARBALHO, R. S.; DIAS, E. S. Indicações Geográficas no estado do Amazonas. **Revista INGI**: Indicação Geográfica E Inovação, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 2098-2105. abr./jun. 2023.

GIESBRECHT, H. O. [et al.]. **Indicações geográficas brasileiras**. Brasília, DF: SEBRAE, INPI, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Nota Técnica sobre o mapa das Indicações Geográficas** – Convênio IBGE/INPI. Brasília, DF: IBGE, 2019. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/mapas_do_brasil/sociedade_e_economia/indicacoes_geograficas_2019_nota_tecnica.pdf. Acesso em: 1 mar. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cidades e estados do Brasil**. Brasília, DF: IBGE, s. d. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 15 fev. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL - INPI. **Indicações Geográficas**: indicações de procedência reconhecidas. Brasília, DF: INPI, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/indicacoes-geograficas/pedidos-de-indicacao-geografica-no-brasil>. Acesso em: 7 mar. 2024.

JOYE, C. R. **Metodologia Científica**. Fortaleza: SETEC/IFCE, 2014. (Curso de aperfeiçoamento em Educação profissional).

KAKUTA, S. M. **Indicações geográficas**: guia de respostas. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2006.

MEIRELES, A. J. de A. **Geomorfologia costeira**: funções ambientais e sociais. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014.

MILANO, M. Z.; CAZELLA, A. A. Environmental effects of Geographical Indications and their Influential Factors: A Review of the Empirical Evidence. **Current Research in Environmental Sustainability**, [S.l.], v. 3, p. 100096, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2021.100096>

MILITÃO, I. R. de A.; BENTES, R. F. Selo de indicação geográfica e seus desafios de uso na comercialização de peixes ornamentais do Rio Negro. **Peer Review**, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 347–361, 2024. DOI: <https://doi.org/10.53660/PRW-1765-3413>

NASCIMENTO, C. H. de C. do; RIBEIRO, R. M. A indicação geográfica como diferencial competitivo. **Semana do Direito**, n. 1, v. 2, 2018.

NIEDERLE, P. **Compromissos para a qualidade**: projetos de indicação geográfica para vinhos no Brasil e na França. 2011. 263f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em

em Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

OCEANA. **Dia Mundial da Pesca:** atividade é fonte de alimento e renda para milhões de pessoas. [S.l.]: Oceana, 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDADES PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA – FAO. **O estado mundial da pesca e da acuicultura.** Roma: FAO, 2022.

PELLIN, V. Indicações Geográficas e desenvolvimento regional no Brasil: a atuação dos principais atores e suas metodologias de trabalho. **Interações**, Campo Grande, v. 20, n. 1, p. 63-78, jan./mar. 2019. DOI: <https://doi.org/10.20435/inter.v20i1.1792>

PRATES, A. P. L.; GONÇALVES, M. A.; ROSA, M. R. **Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil.** 2. ed. rev. ampliada. Brasília, DF: MMA, 2012.

REIS, L. L. de M. **Indicação Geográfica no Brasil:** determinantes, limites e possibilidades. 2015. 270f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

RUSCHEL, R. R. Cerificação de produtos e territórios. In: RUSCHEL, R. R. **O valor global do produto local:** a identidade territorial como estratégia de marketing. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2019, p. 71-103.

SANTOS, A. C. dos [et al.]. **Pesca ornamental:** desafios para a consolidação de um sistema sustentável de produção de peixes ornamentais em comunidades ribeirinhas do Amazonas. Brasília, DF: Embrapa, 2023.

SANTOS, G. M. dos; SANTOS, A. C. M. dos. Sustentabilidade da pesca na Amazônia. **Estudos avançados**, v. 19, Edição 54, p. 165-182, 2005. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10076>. Acesso em: 7 mar. 2024.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS - SEBRAE. GIESBRECHT, H. O.; MINAS, R. B. A. de (org.). **Indicações geográficas brasileiras.** 5. ed. Brasília, DF: Sebrae, INPI, 2016.

SOBREIRO, T. Dinâmica socioecológica e resiliência da pesca ornamental em Barcelos, Rio Negro, Amazonas, Brasil. **Sustentabilidade em Debate**, [S.l.], v. 7; n. 2, p. 118–34, 2016. DOI: <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v7n2.2016.15127>

TONIETTO, J. et al. As Indicações Geográficas de vinhos do Rio Grande do Sul. In: BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Indicações Geográficas do Rio Grande do Sul registradas até março de 2021.** Brasília: MAPA/AECS, 2022. p. 71-95.

VALENTE, M. E. R. et al. Indicação geográfica de alimentos e bebidas no Brasil e na União Europeia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, p. 551-558, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012000300027>

VIANA, J. P. Recursos pesqueiros do Brasil: situação dos estoques, da gestão e sugestões para o futuro. **Boletim Regional, urbano e ambiental**. [S.l.], jan./jun. 2013. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/5583>. Acesso em: 7 mar. 2024.

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION - WIPO. **World Intellectual Property Indicators**, 2023. Geneva: WIPO, 2023.

VALES CALCHAQUÍES SALTEÑOS: TARIFAS, INFLAÇÃO E POTENCIAL ENERGÉTICO, SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS COM APLICAÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

Andrés Emanuel **DÍAZ**

Universidade Nacional de Salta, campus de Salta.
E-mail: andresmadara86@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1478-6000>

Haitham Othman Saeed Thabit **AI HAKEMI**

Universidade Nacional de Salta (UNSa), campus de Salta.
E-mail: haithamalhakemi@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-4000-9774>

Nicolas Di **LALLA**

Universidade de Salta (UNSa), campus de Salta.
E-mail: ndilalla@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5419-4398>

Alejandro Luis **HERNÁNDEZ**

Universidade de Salta (UNSa), campus de Salta.
E-mail: alejoher65@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9808-3972>

*Recebido
Julho de 2024*

*Aceito
Dezembro de 2024*

*Publicado
Janeiro de 2025*

Resumo: Apresenta-se um artigo sobre os estudos energéticos e habitacionais dos Vales Calchaquíes Salteños. Foram analisadas as localidades de La Poma, Cachi, Molinos, San Carlos e Cafayate. Diante da crise energética argentina, elétrica e de gás, além da alta inflação de preços anual, propõem-se soluções com fontes de energia renovável. Foram desenvolvidos protótipos de fogão solar indireto, aquecedor a gás e coletor solar de ar com materiais reciclados. Um sistema fotovoltaico de 5 kW para uma família típica. Aplicando simultaneamente SiSOL e SunScanBID, obtemos os potenciais energéticos dos Vales Calchaquíes. Os resultados indicaram economias elétricas da ordem de 72% a 74% ao ano.

Entre 174 kg e 183 kg de gás envasado em garrafa de economia anual. Além disso, 3 kWh/°C de fogão solar e o coletor de ar para aquecimento entre 5,6 kWh e 6,7 kWh. Recomenda-se o uso dessas fontes de energia renovável para enfrentar os problemas críticos dos aumentos tarifários de energia.

Palavras-chave: Vales Calchaquíes Salteños; Crise de energia; Protótipos de energia renovável.

VALLES CALCHAQUÍES SALTEÑOS: RATES, INFLATION AND ENERGY POTENTIAL, TECHNOLOGICAL SOLUTIONS APPLYING RENEWABLE ENERGIES

Abstract: The following article is about the energy and housing studies of the Calchaquíes Salteño Valleys. We analyzed the towns of La Poma, Cachi, Molinos, San Carlos, and Cafayate were analyzed. Given the Argentine energy crisis, electricity, and gas, plus the high annual price inflation, solutions are proposed with renewable energy sources. Using recycled materials, we developed prototypes of indirect solar cookers, heaters, and solar air collectors. A 5KW photovoltaic system for a typical family. By simultaneously applying SiSOL and SunScanBID, we obtain the energy potentials of the Calchaquíes Valleys. The results gave electrical savings of around 72% to 74% annually. Between 174 kg and 183 kg of gas packaged in an annual savings bottle. Added to this is 3 kWh/°C of solar cooking and the air collector to heat between 5.6 kWh and 6.7 kWh. These renewable energy sources are recommended to solve critical energy tariff problems.

Keywords: Calchaquíes Salteño Valleys; Energy crisis; Renewable Energy Prototypes.

VALLES CALCHAQUÍES SALTEÑOS: TARIFAS, INFLACIÓN Y POTENCIAL ENERGÉTICO, SOLUCIONES TECNOLÓGICAS APLICANDO ENERGÍAS RENOVABLES

Resumen: Se presenta un artículo sobre los estudios energéticos y habitacionales de los Valles Calchaquíes Salteños. Se analizaron las localidades de La Poma, Cachi, Molinos, San Carlos y Cafayate. Ante la crisis energética Argentina, eléctrica y de gas, más la alta inflación de precios anual, se proponen soluciones con fuentes de energía renovables. Se desarrollaron prototipos de cocina solar indirecta, calefón y colector solar de aire con materiales reciclados. Un sistema fotovoltaico de 5KW para una familia tipo. Aplicando simultáneamente SiSOL y SunScanBID obtenemos los potenciales energéticos de los Valles Calchaquíes. Los resultados dieron ahorros eléctricos del orden de los 72 % al 74% anuales. Entre 174 kg y 183 kg de gas envasado en garrafa de ahorro anual. Sumado a esto 3 kWh/°C de cocina solar y el colector de aire para calefaccionar entre 5,6 kWh hasta los 6,7 kWh. Se recomienda el uso de estas fuentes de energías renovables para solventar los problemas críticos de tarifazos energéticos.

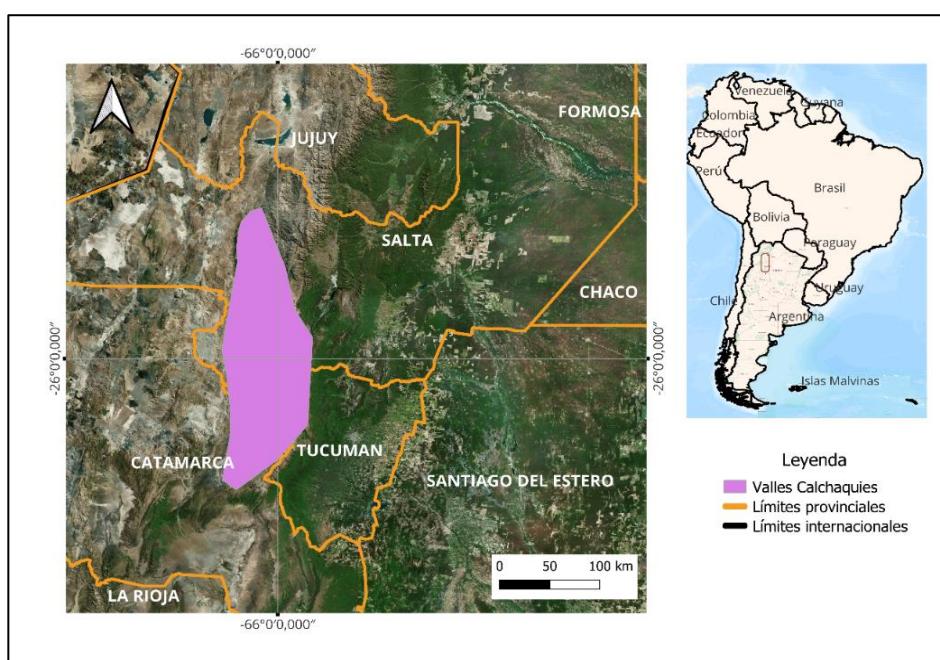
Palabras clave: Valles Calchaquíes Salteños; Crisis energética; Prototipos de Energías Renovables.

INTRODUCCIÓN

Los Valles Calchaquíes forman un sistema de valles y montañas en el noroeste de Argentina, que se extienden por aproximadamente desde La Poma en Salta hasta Punta de Balasto en Catamarca al sur (aproximadamente 248 km), desde las sierras del Cajón hasta la

cadena montañosa de San Francisco (aproximadamente 40 Km) y las sierras del Aconquija en el este (aproximadamente 54 Km). Cerrando así el circuito desde la Cumbre Calchaquíes (Tafí del Valle) hasta La Poma aproximadamente 214 Km, como se muestra en Figura 1. Los departamentos de la provincia de Salta que integran los Valles Calchaquíes son: La Poma, Molinos, Cachi, San Carlos y Cafayate. Finalmente, la provincia de Tucumán con el departamento de Tafí del Valle y la Provincia de Catamarca con el departamento de Santa María, terminan de integrar los Valles Calchaquíes (Scmigiana, 1970).

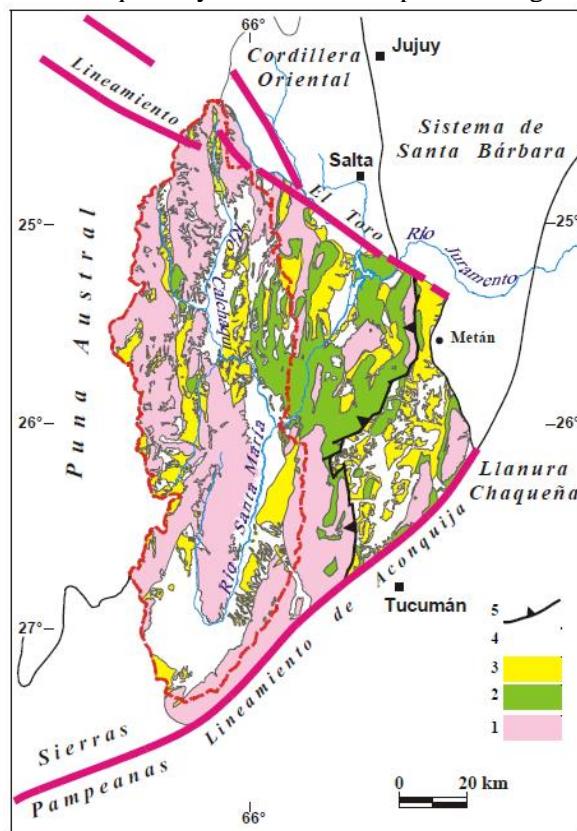
Figura 1 - Ubicación de los Valles Calchaquíes



Fuente: Elaborado por los autores (2024).

El Valle Calchaquí es una depresión tectónica de primer orden emplazada entre dos destacadas provincias geológicas: la Cordillera Oriental por el norte y las Sierras Pampeanas por el sur. Su borde oeste limita con la Puna Austral (Alonso, 1984), y por el norte y por el sur está definidamente señalado por lineamientos continentales (Figura 2) (Salfity, 2004). La ubicación del Valle Calchaquí en una región intermedia entre la Cordillera Oriental y las Sierras Pampeanas indujo a variadas interpretaciones sobre su posición morfoestructural. De este modo, el Valle Calchaquí fue considerado como integrando una unidad morfoestructural de transición que Baldis *et al.* (1976) denominaron Cumbres Calchaquíes, concebida como una extensión austral de la Cordillera Oriental en el sentido de Turner (1972).

Figura 2 - Mapa geológico de Calchaquenia y sus límites con provincias geológicas circundantes.



1) basamento (Proterozoico Superior-Paleozoico Inferior), 2) Grupo Salta (Cretácico-Paleógeno), 3) Grupos Payogastilla, Santa María y Orán (Neógeno), 4) Depósitos fluviales, lacustres y eólicos (Cuaternario), 5) Corrimiento Oclóblico. Líneas entrecortadas: límites de la cuenca hidráulica del Valle Calchaquí.

Fuente: Mon y Salfity (1995); Salfity y Monaldi (1998); Salfity (2004).

Baldis *et al.* (1975) también definieron las Sierras Subandinas Tucumanas, serranías ubicadas al este de las Cumbres Calchaquíes entre el corrimiento Oclóblico y el lineamiento de Aconquija (Figura 2). A su vez, Cumbres Calchaquies y Sierras Subandinas Tucumanas fueron consideradas, total o parcialmente, como integrando el segmento austral del Sistema de Santa Barbara (Rolleri 1976), también como el sur de la Cordillera Oriental (Gonzalez y Mon 1996), el norte de las Sierras Pampeanas Noroccidentales (Caminos, 1979) y el sudoeste de las Sierras Subandinas (Mingramm *et al.* 1979).

La múltiple adjudicación de esta región a tan diversas provincias geológicas no aportó certidumbre sobre su posición y su identidad morfoestructural. En verdad, su composición geológica y sus características estructurales invitan a reiterar la tesis de Baldis *et al.* (1976) y a considerarla -con ciertas variantes- como una entidad morfoestructural independiente, susceptible de distinguirse de las provincias geológicas adyacentes. Para obviar la sinonimia entre Cumbres Calchaquíes (provincia geológica) Cumbres Calchaquíes (unidad orográfica) sugerimos distinguir esta provincia geológica con el nombre de Calchaquenia (Figura 2), cuyos

límites propuestos son: al norte la Cordillera Oriental mediante el lineamiento de El Toro, al sur las Sierras Pampeanas mediante el lineamiento de Aconquija, al oeste la Puna Austral y al este el tramo austral del Sistema de Santa Bárbara, en este caso la depresión de Metán situada al sur del río Juramento. De este modo, la mitad occidental de Calchaquenia se integra por el Valle Calchaquí y toda su cuenca imbrífera, y la mitad oriental por las serranías -incluidas las Sierras Subandinas Tucumanas- y depresiones ubicadas entre dicha cuenca y la depresión de Metán.

Crisis Energética en Argentina

En nuestro país la crisis energética ha aumentado exponencialmente tras la quita de subsidios a la energía eléctrica. En nuestra provincia los aumentos promedios son del 68 por ciento, según la categoría y consumo de la luz, lo cual lleva el costo total de las tarifas desde un mínimo de 8 mil pesos a un máximo de 29 mil pesos para quienes utilicen al menos 250 KWh por mes. En las tarifas del agua el aumento ronda más de un 330 por ciento (Pagina12, 2024). Esto es insostenible para la clase media y clase baja ya que afrontan no solo el aumento de los servicios energéticos sino la alta inflación. Los precios al consumidor aumentaron un 11% en el tercer mes del año y acumulan un alza de 287,9% interanual (INDEC, 2024).

En Argentina, el 46,3% de la población se abastece de gas de garrafa y a granel o en tubo para cocinar, pasando a representar la segunda fuente de provisión domiciliaria después del gas natural por red. Esto significa que casi la mitad de los hogares argentinos utilizan garrafas como fuente principal de combustible para cocinar. (Energía, 2022). Esto representa aproximadamente 22.167.790 personas que viven en hogares en los que se utiliza principalmente la red de gas para cocinar en el día a día. Alrededor del 43,9%, unas 20.034.720 de personas utiliza mayormente gas de garrafa (Enargas, 2022). En algunas provincias, la participación de este formato de combustible supera el 80%. Siendo la jurisdicción de La Pampa con el 89,7% la de mayor porcentaje de utilización de gas en garrafa, seguido por Chubut 86%, Neuquén 83,8%, Río Negro 82% y Tierra del Fuego 81,6%. Por su parte, la provincia de Salta cuenta con un 2,99% de la población total abastecida con gas por redes. El total de usuarios residenciales conectados a la red de gas es de 192.017. Esto representa 14 de los 23 departamentos en la provincia que tienen acceso a la red de gas natural. En cuanto al gas en garrafa el 49,3% de los hogares salteños no tiene acceso a la red de gas y utiliza garrafas para cocinar. Mientras que el 50,7% de las viviendas en Salta cuenta con gas de red o electricidad para cocinar. El consumo promedio mensual residencial en la provincia es de 63 m³. En el otro extremo, la provincia de Formosa tiene apenas el 0,87% de la población que utiliza gas de red

para cocinar. Apenas por encima figuran Corrientes, Chaco y Misiones. Es importante destacar que el acceso a la red pública de gas varía significativamente entre las diferentes jurisdicciones del país. Mientras que algunas provincias tienen una alta proporción de población con acceso al gas natural, otras dependen en gran medida de las garrafas como fuente de combustible para cocinar.

Hacia la Transición Energética

El crecimiento de las energías renovables es un proceso impulsado por políticas destinadas a mejorar la seguridad energética, la protección del clima y fomentar el desarrollo económico (Benedek, 2018). Las fuentes de Energías Renovables contribuyen a la sostenibilidad de áreas específicas. Antes del año 2000, el desarrollo energético sostenible se analizaba en siete áreas: recursos energéticos y desarrollo, evaluación de la eficiencia, tecnologías de aire limpio, tecnologías de la información, recursos nuevos y de energías renovables, capacidades ambientales y mitigación de la amenaza de la energía nuclear al medio ambiente. Luego, se elaboró un indicador de sostenibilidad para las fuentes de energías renovables. El uso de las energías renovables, especialmente en territorios rurales, el desarrollo de la cadena de valor de la energía local y sus impactos positivos se han destacado a través de estudios de casos. Además, las energías renovables proporcionan una amplia variedad de beneficios socioeconómicos y ambientales, como empleo y bienestar local, generación de ingresos, mitigar el envejecimiento de la población en las zonas rurales, diversificación de las actividades económicas rurales, aumento de la riqueza social, cohesión, uso de recursos endógenos, mitigación del cambio climático y creación de un medio ambiente más saludable mediante el uso de tecnologías de energía limpia (Diaz *et. al.*, 2022). En este artículo nos concentraremos en el aporte de las fuentes de energías renovables solar y su aplicación en los calefones solares, colectores de aire para calefacción, sistemas fotovoltaicos y cocina solar indirecta.

El calentamiento solar del aire ha despertado gran interés en la comunidad, debido a que se trata de una aplicación de bajo costo, simple y requiere mínimo mantenimiento. A lo largo de los años, diversos prototipos de colectores fueron diseñados, modelados matemáticamente y ensayados experimentalmente. Hoy en día, existen muchas configuraciones de colectores solares calentadores de aire, diferenciadas por la manera en que circula el aire en su interior. Y en la forma y disposición del elemento de captación solar (placas planas, corrugadas, tubos cilíndricos, caños rectangulares, etc.). El colector solar calentador de aire es un dispositivo diseñado para calentar aire aprovechando la energía solar. Las temperaturas máximas del aire

de salida son de 60 °C aproximadamente al medio día solar (Diaz A. *et. al.*, 2022). En comparación con los edificios urbanos, las casas rurales se construyen sobre la base de experiencias previas, carecen de orientación científica en el diseño arquitectónico y no consideran la estructura del ahorro de energía, lo que da como resultado que las casas rurales tengan un aislamiento térmico deficiente y un mayor consumo de energía en comparación con los edificios urbanos. Por lo tanto, resolver los problemas del alto consumo de energía en las viviendas rurales de zonas frías de Salta ha sido un tema de extrema importancia en la investigación actual.

En la actualidad se han diseñado y ensayado numerosos prototipos de colectores solares calentadores de aire por convección natural, o forzada, entre los que se cuentan los colectores de paso simple, de doble flujo paralelo, doble paso en contracorriente con y sin matriz porosa para potenciar la transferencia de calor hacia el aire, con bafles y aletas adosadas al absorbedor, entre otros (Hernández *et al.*, 2015). Una alternativa conveniente es la de utilizar, como material absorbente, una matriz porosa. Las ventajas de este material son el incremento del área de transferencia de calor entre el absorbedor y el aire y el aumento del coeficiente de transferencia de calor convectivo debido al incremento de la turbulencia generada en el flujo por las hebras de la matriz (Diaz, 2022). Las condiciones de funcionamiento de un colector calentador de aire pueden variar instantáneamente de acuerdo con el estado térmico de la vivienda y a las condiciones climáticas del lugar. Por lo tanto, el encendido y apagado del equipo solar puede llegar a ser una tarea tediosa para el usuario y transformarse en una barrera para su trasferencia. Para evitar estas complicaciones y mejorar las condiciones del uso del funcionamiento Quiñones *et al.* (2019) diseñaron un sistema de control automático que permite encender el equipo bajo ciertas condiciones de funcionamiento y apagarlo cuando sea necesario.

La capacidad de generación eléctrica con fuentes de energías renovables en Argentina en 2022 fue de 15.076 MW, de los cuales 2.030 MW corresponden a fuentes de energía solar fotovoltaica. La proporción de energía renovable en la capacidad eléctrica Argentina para dicho año fue del 34,7% (Irena, 2023). La energía es un requisito indispensable para lograr el desarrollo económico de un país. En el contexto rural, el aumento del acceso a servicios energéticos modernos, como combustibles modernos para cocinar, cocinas mejoradas, producción sostenible de biomasa y suministro de electricidad, está directamente asociado con la vida de los residentes locales. El uso de leña y queroseno contribuye a la contaminación del aire interior, precipitando a menudo enfermedades respiratorias e incluso muertes (Kim, 2018). Un mayor acceso a servicios de energía sostenible elevará el nivel de vida de la población local al permitir ampliar las actividades comerciales y educativas durante la noche. Los proyectos de

electricidad rural existentes han utilizado en gran medida generadores diésel, la generación de energía basada en combustibles fósiles no es sostenible desde el punto de vista económico ni ambiental y no está alineada con la transición hacia una economía baja en carbono de la sociedad global. Destacando el rápido desarrollo tecnológico, este estudio busca la configuración óptima del sistema energético para la electrificación rural teniendo en cuenta los sistemas de almacenamiento de energía y la energía solar. Varios estudios han examinado la rentabilidad de las nuevas opciones tecnológicas. Los investigadores han confirmado que las opciones renovables tienen viabilidad económica en países en desarrollo como Irán, Colombia, Tailandia, Malasia, India, etc.

La madera, la biomasa y los combustibles fósiles se utilizan a gran escala como combustible para cocinar en todo el mundo. Estos elementos no sólo causan peligros ambientales, sino que también conducen a una rápida deforestación, calentamiento global y agotamiento de los recursos naturales, son resultados de las actividades humanas (Di Lalla, 2022; Noman, 2019). En muchas regiones áridas para satisfacer las actividades domésticas diarias como ser: la obtención de agua caliente, la calefacción y la cocción de alimentos, el único recurso disponible es la ya escaza biomasa del lugar. Y su continua, e indiscriminada, utilización acelera la degradación ambiental, incrementando de esta manera la desertificación de los entornos (Abdela, 2019). En países pobres la quema del combustible para la realización de tareas domésticas se realiza en fogones internos inefficientes, actividad que pone en grave riesgo a la salud de sus habitantes (OMS, 2022). El Noroeste argentino no queda exento a estas problemáticas, y en particular dichas regiones se caracterizan por valores promedios de insolación que superan los 6 KWh/m² (Grossi Gallegos *et al*, 2007). El aprovechamiento de este recurso renovable, para realizar las mencionadas actividades diarias, podría ser una herramienta fundamental para mejorar la calidad de vida de sus pobladores, ayudando además a mitigar el cambio climático y los perjuicios que este provoca. Para resolver estos problemas, las agencias ambientales están trabajando arduamente en la búsqueda de soluciones amigables con el clima. Incluso los países con mayor consumo de energía propusieron utilizar fuentes de energía renovables en lugar de combustibles fósiles. Para superar los problemas y las crisis energéticas de Argentina, antes mencionados, cocinar con recursos de energía renovables, como la energía solar, es una posible solución.

El agua caliente representa un insumo de extrema importancia en viviendas, escuelas y también en edificios de servicio público, como hospitales, clubes y sedes de las administraciones nacionales, provinciales y municipales, teniendo diversos usos como la higiene personal, la limpieza, el lavado, necesidades básicas que impactan sobre la calidad de

vida. A nivel mundial se ha convertido en el segundo uso energético doméstico en importancia, después de la calefacción y la refrigeración, con un crecimiento del 3,3 % anual y, a esa tasa, en los próximos 20 años el consumo se duplicará (IEA, 2023). En comparación con los edificios urbanos, las casas rurales se construyen sobre la base de experiencias previas, carecen de orientación científica en el diseño arquitectónico y no consideran la estructura del ahorro de energía, lo que da como resultado que las casas rurales tengan un aislamiento térmico deficiente y un mayor consumo de energía en comparación con los edificios urbanos (Tian, 2023).

Resolver los problemas del alto consumo de energía en casas rurales en zonas frías de Argentina ha sido un tema candente en la investigación actual. El mayor y más sencillo aprovechamiento de la energía solar es la conversión directa de la luz solar en calor a baja temperatura. La tecnología de calentamiento solar de agua no es nueva en Argentina sino todo lo contrario: es una tecnología madura, luego de más de treinta años de desarrollo de tecnología industrial, durante los cuales los diseñadores y fabricantes argentinos han acumulado valiosas experiencias. En Argentina existen cuatro tipos de colectores: colectores de tubos de vacío, colectores de tubos de vacío heatpipes, y colectores de placa plana. Veitzman (2015) expresa que su uso, en particular en el Noroeste argentino “tiene el doble beneficio de generar ahorros de un suministro crítico como el caso del gas y tener, al mismo tiempo, un impacto social importante al permitir ahorros económicos en la población con menos recursos que hoy utiliza garrafas para el calentamiento de agua.”. El recurso solar en Argentina ha sido medido en los años 70 y 80 a través de un subsidio de la OEA y con el apoyo de la entonces Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Nación. En 1978 el grupo dirigido por el Dr. H. Grossi Gallegos, comenzó la instalación de una red solarimétrica que en el año 1985 llegó a contar con 41 estaciones de medición diaria de la radiación solar global distribuidas en el territorio nacional, a las que deben agregarse otras 3 operando en Bolivia y 2 en Paraguay en calidad de préstamo como consecuencia de sendos convenios. Una encuesta sobre el lugar de instalación de los sistemas solares existentes para calentamiento de agua sanitaria identifica la distribución actual de equipos calefactores en las siguientes zonas de Argentina: 35% a la Región Noroeste y 22% al Nordeste. La Región Pampeana recibe el 21%, 15% se instalan en la Región Nuevo Cuyo y el 7% va a la Región Patagónica (Veitzman, 2015).

Nuestro equipo de investigación proponemos la elaboración de un dispositivo a partir de materiales baratos, resistentes y de fácil acceso. De cuyo diseño y construcción resulten eficiencias aceptables. En este trabajo mostramos como con materiales y elementos no muy caros, se puede elaborar un sistema de calentamiento de agua por energía solar que, a diferencia de los convencionales, trabaja por recirculación forzada. Publicaciones muy anteriores

mostraban como incorporar una bomba de recirculación puede llegar a mejorar entre un 30 y un 80% la eficiencia térmica de un calentador de agua solar termosifónico. Pero históricamente incorporar un sistema de recirculación forzada generaba un incremento excesivo de los costos. Hoy día, con la gran baja de los precios de la energía fotovoltaica (IEA, 2024), y la mejora en la eficiencia de bombas de muy baja potencia, se pueden obtener sistemas recirculados de costos muy aceptables.

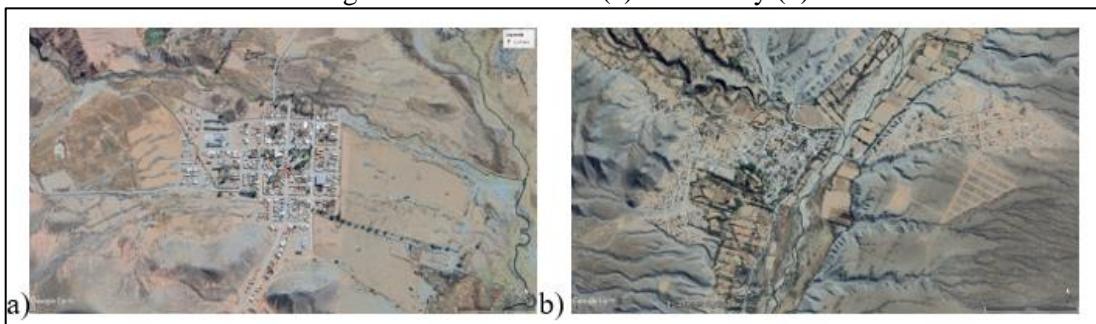
METODOLOGÍA

En el presente artículo analizaremos y nos enfocaremos en los Valles Calchaquíes Salteños. Los mismos están formados por los departamentos de La Poma, Molinos, Cachi, San Carlos y Cafayate. Utilizamos Google Earth Pro y QGIS para mostrar las localidades a analizar. En la primera parte se analizará rigurosamente cada uno de los departamentos y sus localidades en forma energética, calculando el potencial energético, en Mega Julios (MJ), de cada localidad para su implementación de las energías renovables. Para ello aplicaremos dos programas, el SiSOL (Sisol salta, 2024) y el SunScanBID (iadb, 2024). La segunda parte consiste en proponer las soluciones energéticas renovables, aplicando los prototipos desarrollados por nuestro equipo de investigación (sistemas fotovoltaicos, calefones solares, colectores calentadores de aire y cocina solar indirecta).

Localidad de La Poma

La Poma está situada a más de 3.022 msnm, su ubicación es Latitud -24,72° y Longitud -66,20° (Figura 3a), está a 194 km (3h 45min en automóvil) de Salta Capital. La localidad tiene un total de 528 viviendas particulares, de las cuales 481 son Casas, 29 son Ranchos, 15 Piezas ocupadas en inquilinato, hotel familiar o pensión, 2 Departamentos y una vivienda móvil (CENSO, 2022). De acuerdo con el último censo nacional la jurisdicción cuenta con una población de 1.789 personas. Su superficie es de 4.004 Km² y una densidad habitacional del 0,4 Hab/km².

Figura 3 - Localidad de (a) La Poma y (b) Cachi



Fuente: Elaborado por los autores (2024).

De los 549 hogares, 81 viviendas tienen cloaca, 148 a cámara séptica y pozo ciego, 199 solo a pozo ciego, 93 a hoyo, excavación en la tierra y 28 hogares sin desagüe y descarga de agua del inodoro. En cuanto a la procedencia del agua, 304 hogares son de la red pública (agua corriente), 9 perforación con bomba a motor, 5 perforación con bomba manual, 32 pozo sin bomba, 180 transportada por cisterna, agua de lluvia, río, canal, arroyo o acequia y 19 de otra procedencia. En cuanto al combustible utilizado principalmente para cocinar, 162 hogares cocinan a Leña o carbón, 345 con gas en garrafa, 37 gas de red, 3 gas en tubo o en granel (zeppelín), 1 usa electricidad y 1 otro combustible. Del total de los habitantes 1,084 tienen celular con internet y 705 no tiene celular con internet.

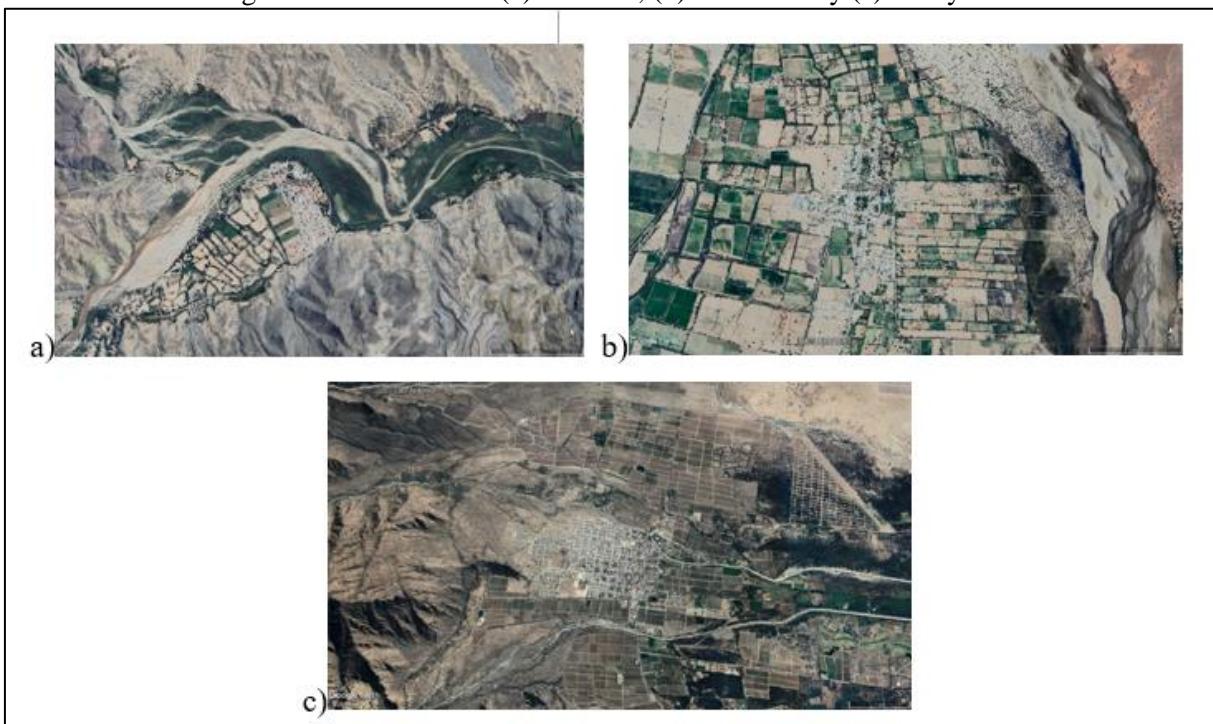
Localidad de Cachi

El origen y el significado de Cachi todavía se discute, en idioma quechua la palabra Cachi significa Sal pero no se puede explicar su razón, se cree que haya sido un depósito de este producto en épocas prehispánicas. Otra etimología de la palabra proviene de la lengua de los antiguos diaguitas de donde “Kak” significa peñón, piedra, roca y “chi”, silencio, soledad. Otra versión habla de un vocablo Atacameño que significa Valle Hermoso. Cachi se encuentra en el sector norte de los Valles Calchaquíes, al pie del Nevado de Cachi que la flanquea por el oeste y a orillas del río Calchaquí. Su altitud es de 2.531 msnm. Su ubicación es Latitud -25° 7'12,85" y Longitud -66° 9'44,99" (Figura 3b), está a 155 km (3h 18min en automóvil) de Salta Capital. De acuerdo con el censo nacional del 2022, el departamento de Cachi tiene una superficie de 2.847 Km² y una población de 8.948 habitantes, lo que una densidad poblacional de 3,1 Hab/Km². La localidad tiene un total de 2.625 hogares, de los cuales 2.408 son casas, 87 ranchos, 23 casillas, 20 departamentos, 81 piezas ocupadas en inquilinato, hotel familiar o pensión, 3 locales no construido para habitación ocupados y 3 viviendas móviles. Del total de los hogares, 928 hogares tienen acceso a la cloaca, 738 a la cámara séptica y pozo ciego, 842 solo a pozo ciego, 66 a hoyo, excavación en la tierra y 128 hogares sin desagüe y descarga de agua del inodoro. En cuanto a la procedencia y provisión del agua, 2.037 hogares son de la red pública (agua corriente), 105 perforación con bomba a motor, 8 perforación con bomba manual, 21 pozo sin bomba, 428 transportada por cisterna, agua de lluvia, río, canal, arroyo o acequia y 103 de otra procedencia. Del total de los hogares en el departamento de Cachi, los combustibles utilizados principalmente para cocinar son; 422 hogares cocinan a Leña o carbón, 2.147 con gas en garrafa, 70 gas de red, 18 gas en tubo o en granel (zeppelín), 44 usa electricidad y 1 otro combustible. Del total de los habitantes cacheños 6.894 tienen celular con internet y 2.034 no tiene celular con internet.

Localidad de Molinos

La localidad de Molinos está a 116 km de Cafayate, y a 92 km de San Carlos, es una población serrana de los Valles Calchaquíes, fundada a mediados del siglo XVII, en la confluencia de los ríos Humanao y Luracatao, que forman el Molino. Se encuentra en el centro del Valle Calchaquí. Sus coordenadas geográficas lo sitúan en Latitud - 25°26'19,92" y Longitud - 66°17'31,70"(Figura 4a).

Figura 4 - Localidad de (a) Molinos, (b) San Carlos y (c) Cafayate



Fuente: Elaborado por los autores (2024).

Su altitud es de 2.020 msnm. Está a 179 km (4h 23min en automóvil) de Salta Capital. De acuerdo con el censo nacional del 2022, el departamento de Molinos tiene una superficie de 3.716 Km² y una población de 5.820 habitantes, lo que una densidad poblacional de 1,6 Hab/Km². La localidad tiene un total de 1.547 hogares, de los cuales 1.348 son casas, 116 ranchos, 4 departamentos, 21 piezas ocupadas en inquilinato, hotel familiar o pensión y 1 local no construido para habitación ocupados. Del total de los hogares en Molinos, 441 hogares tienen acceso a la cloaca, 440 a la cámara séptica y pozo ciego, 510 solo a pozo ciego, 38 a hoyo, excavación en la tierra y 118 hogares sin desagüe y descarga de agua del inodoro. En cuanto a la procedencia y provisión del agua de Molinos, 982 hogares son de la red pública (agua corriente), 61 perforación con bomba a motor, 5 perforación con bomba manual, 25 pozo sin bomba, 449 transportada por cisterna, agua de lluvia, río, canal, arroyo o acequia y 25 de otra

procedencia. Del total de los hogares en el departamento de Molinos, los combustibles utilizados principalmente para cocinar son; 530 hogares cocinan a Leña o carbón, 991 con gas en garrafa, 5 gas de red, 7 gas en tubo o en granel (zeppelín), 14 usa electricidad y 1 otro combustible. Del total de los habitantes Molineses 4.643 tienen celular con internet y 1.165 no tiene celular con internet.

Localidad de San Carlos

Se encuentra en el extremo suroeste del Valle Calchaquí. Sus coordenadas geográficas lo ubican en Latitud -25°52'58,16"y Longitud -65°55'37,14" (Figura 4b). Al norte limita con los departamentos Molinos, Cachi y Chicoana; al este, los de Chicoana, La Viña y Cafayate; al sur, Cafayate y la provincia de Catamarca y al oeste la provincia de Catamarca y el departamento de Molinos. La localidad de San Carlos está a 20 km de Cafayate, y a 190 km de Salta capital (3h 30min en automóvil), su altitud es de 1.629 msnm. De acuerdo con el censo nacional del 2022, el departamento de San Carlos tiene una superficie de 5.532 Km² y una población de 7.798 habitantes, lo que una densidad poblacional de 1,4 Hab/Km². La localidad tiene un total de 2,324 hogares, de los cuales 1,923 son casas, 287 ranchos, 13 casillas, 16 departamentos, 46 piezas ocupadas en inquilinato, hotel familiar o pensión, 29 local no construido para habitación ocupados y 10 viviendas móviles. Del total de los hogares en San Carlos, 1.206 hogares tienen acceso a la cloaca, 352 a la cámara séptica y pozo ciego, 457 solo a pozo ciego, 207 a hoyo, excavación en la tierra y 102 hogares sin desagüe y descarga de agua del inodoro. En cuanto a la procedencia y provisión del agua de San Carlos, 1.354 hogares son de la red pública (agua corriente), 249 perforación con bomba a motor, 7 perforación con bomba manual, 30 pozo sin bomba, 498 transportada por cisterna, agua de lluvia, río, canal, arroyo o acequia y 186 de otra procedencia. Del total de los hogares en Molinos, los combustibles utilizados principalmente para cocinar son; 488 hogares cocinan a Leña o carbón, 1.759 con gas en garrafa, 17 gas de red, 18 gas en tubo o en granel (zeppelín), 35 usa electricidad y 7 otro combustible. Del total de los habitantes Carlenses 6.129 tienen celular con internet y 1.650 no tiene celular con internet.

Localidad de Cafayate

Se encuentra en el sur del Valle Calchaquí. Sus coordenadas geográficas lo ubican en Latitud -26° 4'4,48" y Longitud -65°58'45,08" (Figura 4c). Al norte limita con los departamentos Guachipas y La Viña; al oeste con el departamento de Molinos; al este con el

departamento de la Candelaria; al sur con las provincias de Tucumán y Catamarca. La localidad de Cafayate está a 189 km de Salta capital (3h 18min en automóvil), su altitud es de 1.625 msnm. De acuerdo con el censo nacional del 2022, el departamento de Cafayate tiene una superficie de 1.551 Km² y una población de 17.829 habitantes, lo que una densidad poblacional de 11,5 Hab/Km². La localidad tiene un total de 5.183 hogares, de los cuales 4.515 son casas, 98 ranchos, 36 casillas, 278 departamentos, 250 piezas ocupadas en inquilinato, hotel familiar o pensión, 5 local no construido para habitación ocupados y 1 vivienda móvil. Del total de los hogares en Cafayate, 4.421 hogares tienen acceso a la cloaca, 356 a la cámara séptica y pozo ciego, 292 solo a pozo ciego, 24 a hoyo, excavación en la tierra y 90 hogares sin desagüe y descarga de agua del inodoro. En cuanto a la procedencia y provisión del agua de Cafayate, 4.663 hogares son de la red pública (agua corriente), 260 perforación con bomba a motor, 16 perforación con bomba manual, 12 pozo sin bomba, 171 transportada por cisterna, agua de lluvia, río, canal, arroyo o acequia y 61 de otra procedencia. Del total de los hogares en Cafayate, los combustibles utilizados principalmente para cocinar son; 274 hogares cocinan a Leña o carbón, 4.498 con gas en garrafa, 25 gas de red, 125 gas en tubo o en granel (zeppelín), 253 usa electricidad y 8 otro combustible. Del total de los habitantes Cafayateños 15.734 tienen celular con internet y 2.088 no tiene celular con internet.

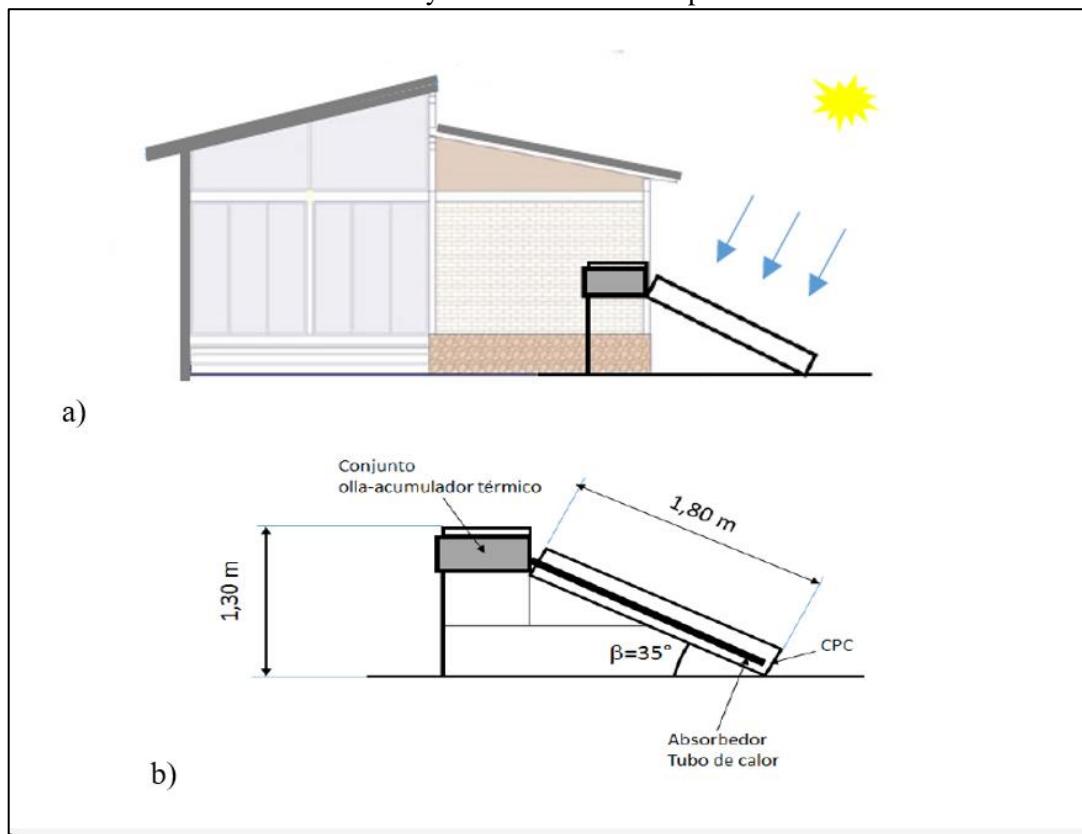
PROTOTIPOS DESARROLLADOS DE FUENTES RENOVABLES

Cocina Solar Indirecta

Como es sabido, desde hace décadas se han propuesto sistemas de cocción solar directos. Entre estos sistemas tenemos las cocinas solares del tipo caja y las cocinas solares que utilizan concentradores parabólicos de revolución. Si bien se han producido mejoras en las prestaciones de estos dos tipos de cocinas (Yettou *et al.*, 2014) no se han utilizado de manera masiva por distintos motivos. Por ejemplo, las cocinas tipo caja están muy limitadas en cuanto a las temperaturas máximas alcanzadas, y sus velocidades de calentamiento son bajas. En cuanto las cocinas parabólicas directas, si bien solucionan los dos puntos anteriores, son bastante ineficientes, ya que la olla al estar expuesta al aire pierde gran parte de la energía que absorbe. Por otra parte, la cocción en las cocinas directas se realiza a la intemperie, haciendo que el usuario esté expuesto a la radiación solar al momento de cocinar. Una manera de dar solución a estas problemáticas es la aplicación de sistemas de cocción indirectos. En estos sistemas indirectos el captador se ubica estacionariamente al Norte fuera de la vivienda, y la olla ubicada dentro de ella posibilita cocinar a resguardo, Figura 5a. Adicionalmente, como la

olla de cocción cuenta con una aislación térmica, que evita en gran medida las pérdidas de calor hacia el medio ambiente, hace que este tipo de sistemas indirectos sean mucho más eficientes que los directos.

Figura 5 - (a) Prototipo de cocina solar indirecta en la vivienda y (b) Partes constitutivas del prototipo elaborado y medidas externas importantes



Fuente: Elaborado por autores. Di Lalla *et. al.*, (2022).

En este artículo proponemos un nuevo diseño de una cocina solar indirecta con sistema de acumulación térmica por calor sensible. Se diseñó y elaboró un prototipo superior de uno similar presentado anteriormente (Di Lalla, 2022).

En la construcción de este prototipo se buscó un mejor aprovechamiento energético en todas las etapas que lo constituyen: captación, absorción, transmisión y acumulación del calor. El concepto presentado se basa en un sistema compuesto por un reflector lineal tipo CPC (concentrador parabólico compuesto). El sistema absorbedor utiliza tubos selectivos al vacío, y la tecnología de los tubos de calor lo que proporciona un eficiente transporte de calor hacia la olla de cocción. La olla se encuentra en contacto directo con un baño de aceite vegetal que conforma el sistema de acumulación térmica. Este reservorio de calor cumple la función de suplir el calor necesario para continuar con la cocción al momento de nublarse. El sistema olla-acumulador de calor está convenientemente aislado del exterior con lana de vidrio haciendo

que este tipo de cocinas solares indirectas aprovechen el calor más eficientemente que las cocinas directas, porqué, como se dijo, están expuestas al aire ambiente.

El prototipo elaborado fue evaluado a través de distintas mediciones térmicas y fue utilizado para realizar cocciones de distintos tipos de alimentos, mostrando una operación segura y efectiva. Desde el Grupo de Eficiencia Energética en Edificios del INENCO (UNSa) pensamos que este tipo de cocinas solares indirectas, de implementarse por ejemplo en viviendas localizadas en lugares aislados, podrá ayudar a simplificar de manera sustancial las tareas diarias de cocción, preservando así el entorno ambiental, ayudando además a mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Las características y dimensiones utilizadas en el prototipo presentado aquí se determinaron a partir de distintas experiencias realizadas en prototipos monotubulares anteriores. El actual prototipo bitubular consta de un doble concentrador basado en una óptica del tipo CPC de $0,8 \text{ m}^2$ de área de captación ($1,8\text{m} \times 0,44\text{m}$). La olla de cocción es de 2 L (relación volumen de la olla/área de captación= $2,5 \text{ L/m}^2$), la olla opera dentro de un baño térmico acumulador compuesto por 5 L de aceite de soja (Asmelash *et al.*, 2014) material biodegradable, económico y de fácil acceso comercial. La relación entre el volumen de aceite de acumulación y el área de captación es de $6,25 \text{ L/m}^2$. La Figura 5b muestra un esquema con las características geométricas y la disposición de los elementos que constituyen el prototipo, se detallan las medidas externas más importantes.

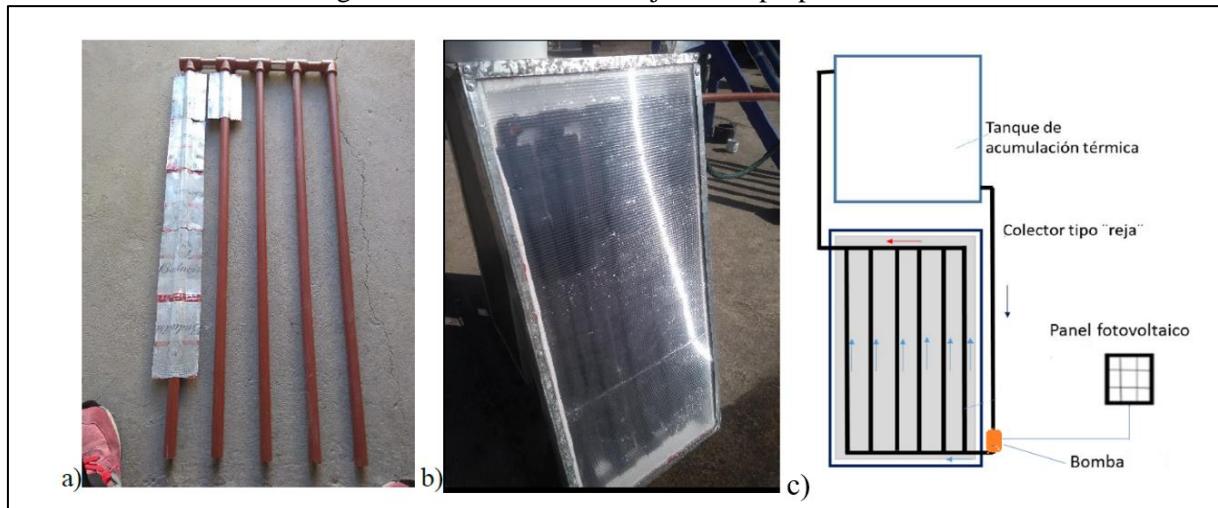
El objetivo de este artículo es, a través de en distintos ensayos térmicos, evaluar si las proporciones de diseño utilizadas son adecuadas para un buen funcionamiento diario como cocina doméstica, esto es: primero alcanzar temperaturas en la olla suficientes para poder, además de guisar, freír y hornear ($T \approx 200^\circ\text{C}$) y segundo que el calor acumulado por el sistema permita seguir cocinando en momentos de poca, o nula radiación. Como se observó en la sección de las localidades del valle calchaquie, muchos hogares utilizan para cocinar leña, electricidad y gas de garrafa en su mayoría.

Calefón Solar

Se decidió realizar un calefón solar de placa plana con un área de captación de $1\text{m} \times 0,5\text{m}$. El absorbéedor, del tipo rejá, fue elaborado con tuberías de termofusión de $\frac{1}{2}''$. Para incrementar el área de captación fueron incorporadas aletas elaboradas a partir de latas de aluminio recicladas Figura 6a. Todo este conjunto fue recubierto con una capa pintura negro mate para altas temperaturas. La estructura externa del absorbéedor fue realizada con chapa galvanizada calibre 30, y la aislación realizada con poliestireno expandido de baja densidad de

3 cm de espesor. Para la cubierta se empleó policarbonato alveolar de 4 mm. La Figura 6b muestra al colector terminado.

Figura 6 - (a) Armado del absorbedor tipo parrilla. (b) Colector terminado y (c) Esquema del calentador de agua solar recirculado de bajo costo, propuesto en este artículo

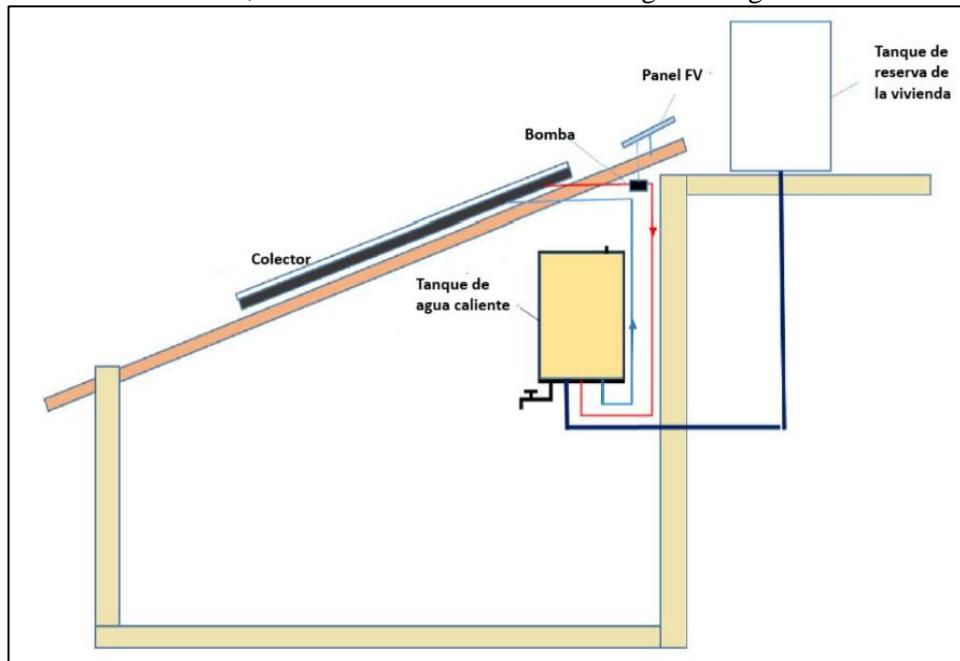


Fuente: Elaborado por los autores. Díaz *et al.*, (2022), Di Lalla *et al.*, (2023).

El tanque de acumulación de agua caliente fue elaborado a partir de dos recipientes plásticos reciclados, uno interno de 60 litros de capacidad y otro externo que actúa de aislación. Para movilizar el agua entre el tanque y el colector (5 litros) se adaptó una pequeña bomba de agua de 2 Watts la cual trabaja en conjunto con un mini panel fotovoltaico de 3 Watts, se muestra en Figura 6c.

Este concepto de calefón solar recirculado permite la posibilidad de instalar el tanque de acumulación térmica por debajo del colector, y si se quiere dentro de la vivienda (Figura 7), abandonando el concepto tradicional termosifónico de ubicar el tanque sobre el techo de esta. La estrategia de ubicar el tanque de almacenamiento dentro de la vivienda, protegiéndolo así de la intemperie, es muy adecuada en regiones de climas fríos donde el enfriamiento nocturno del agua del tanque puede ser severo.

Figura 7 - El sistema recirculado permite la instalación del tanque de acumulación dentro de la vivienda, reduciendo el enfriamiento del agua en regiones frías



Fuente: Elaborado por los autores. Di Lalla *et. al.* (2023).

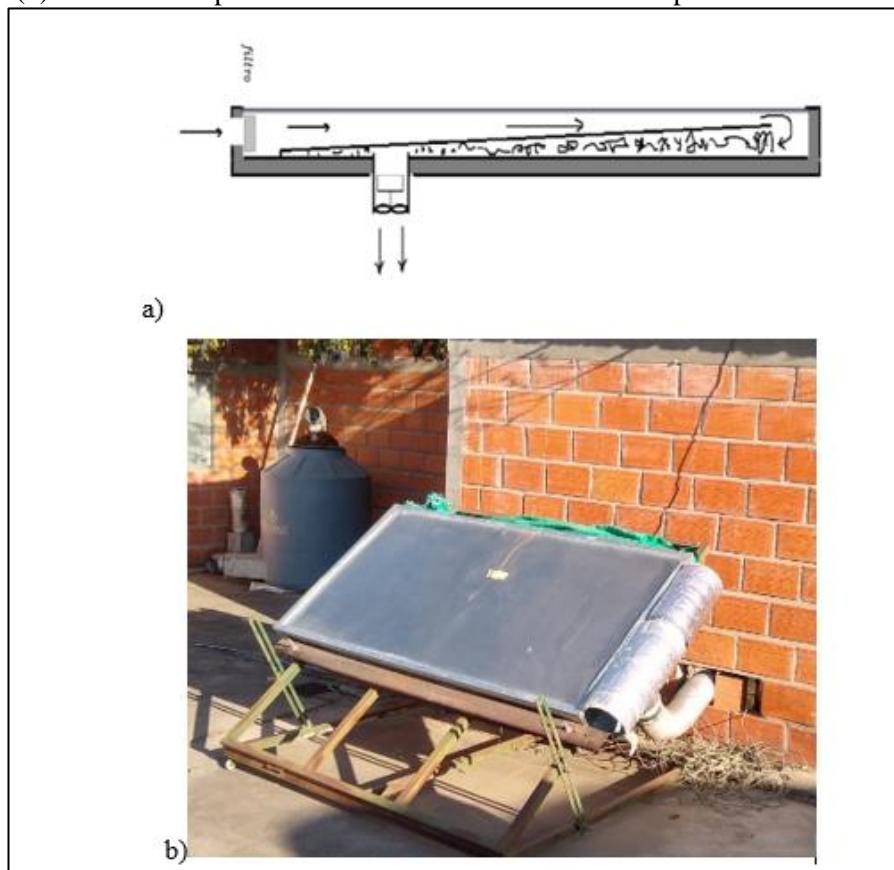
Colector calentador de aire

Desde mediados del siglo pasado el calentamiento solar del aire ha despertado gran interés en la comunidad solarista debido a que se trata de una aplicación relativamente sencilla, barata y de bajo mantenimiento (López, 2018). Con el objeto de reducir el consumo de energía convencional utilizada para calefacción de ambientes en los valles calchaquíes, el presente artículo presenta el desarrollo de un novedoso prototipo de colector solar de aire, el mismo tiene la particularidad de poseer como elemento absorbedor una placa plana con forma de cuña y una matriz porosa de acero reciclado. Además, se realiza un análisis del comportamiento termo-energético del equipo bajo condiciones meteorológicas veránales e invernales.

El colector fue instalado en el campus del INENCO (Universidad Nacional de Salta), con orientación Norte y pendiente de 39°. Fue ensayado con flujo forzado a circuito abierto. Uno de los objetivos principales de este desarrollo tecnológico es el de ser transferido a los organismos públicos de los Valles Calchaquíes relacionados con la construcción de viviendas sociales para disminuir los costos funcionales de calefacción y el consumo de energías convencionales y contaminantes del medio ambiente. El colector de aire desarrollado corresponde a un colector solar de doble paso y flujo en contracorriente con material poroso abajo del absorbedor, con una cubierta de policarbonato alveolar en la parte superior. En la

Figura 8a, se muestra un esquema del colector indicando el recorrido del aire en su interior. Por el tipo de colector elegido, el flujo debe necesariamente ser forzado. El ingreso del aire se realiza a través de tres entradas rectangulares. El egreso se realiza mediante un ducto de sección circular, según se aprecia en el esquema.

Figura 8 - (a) Esquema de funcionamiento del colector calentador de aire de matriz porosa y (b) Colector en operación con tomas de datos de las temperaturas



Fuente: Elaborado por autores. Díaz *et. al.*, (2022).

La caja soporte está construida con chapa galvanizada calibre 27 (27 chapas/pulgada). Sus dimensiones son 1,95 m de largo; 0,97 m de ancho y 0,10 m de alto. Los laterales que forman la caja son de soleras de 10 cm de alto en forma de perfil C (unidas con remaches a la placa base). Esto presenta dos ventajas, la primera es su bajo precio y la segunda es reducirle drásticamente el peso al colector. La caja soporte se encuentra aislada térmicamente en su fondo y lateralmente con poliestireno expandido de 2,5 cm de espesor y densidad 35 kg/m³.

La matriz porosa es el elemento de mayor masa térmica del colector. Su función es optimizar la transferencia de calor entre la placa absorbadora y el fluido caloportador. Esta puede ser de distintos materiales. En este trabajo se usó, como material poroso, viruta de acero reciclada de distintos talleres de tornería de la ciudad de Salta. El material recolectado se

compone de distintos tipos de aceros. Por ello, se hizo una cuidadosa selección con el objetivo de dejar el material más homogéneo posible. En la Figura 8b se muestra una vista del colector en operación, calefaccionando una habitación.

SiSOL y SunScanBID

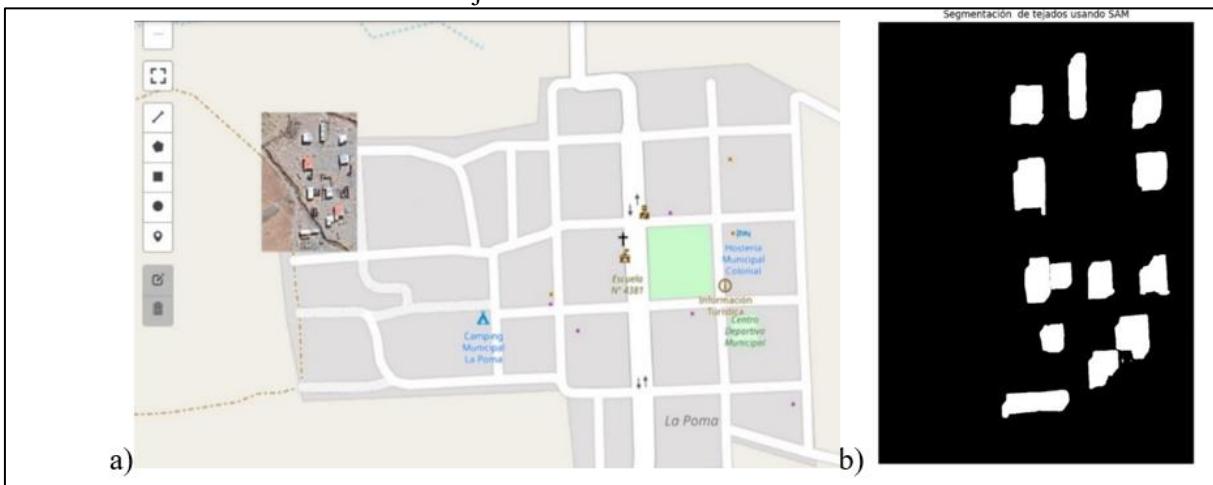
La plataforma SISol (Sistema de Información Solar Salta) incluye como primer componente un módulo de consulta de la radiación solar. El estudio del recurso solar constituye un insumo imprescindible para el diseño de políticas públicas energéticas que incluyan las energías renovables, aportando principalmente a la planificación y ejecución de proyectos de energía solar de diversa escala. En la provincia de Salta, el recurso solar presenta excelentes condiciones para su potencial aprovechamiento energético (Sarmiento Barbieri, 2019).

SunScanIDB utiliza modelos de aprendizaje profundo disponibles gratuitamente, como UNET y SAM (Segment anything by Meta), para detectar, delinear los contornos y estimar el área de los techos adecuada para instalar paneles solares y generar energía solar. Además, emplea bibliotecas de código abierto para estimar la cantidad de radiación solar en cada sitio analizado. Finalmente, estima la capacidad de generación solar anual a través de modelos estadísticos personalizables. Es una herramienta digital que se puede utilizar en toda la región a un costo muy bajo. No son necesarias visitas de campo ya que utiliza imágenes satelitales con varias resoluciones (iadb, 2024).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 9 muestra la primera manzana analizada de La Poma y su respectivo análisis con el SAM de SunScanBID. Podemos ver en blanco las áreas de los tejados analizados. Este proceso se hizo para cada manzana de cada localidad analizada. Esto se realizó para tener resultados más precisos.

Figura 9 - Análisis en SunScanBID. (a) Primera manzana a analizar y (b) Resultado del análisis de los tejados de dicha manzana.



Fuente: Elaborado por autores (2024).

En la Tabla 1 están los resultados de aplicar SunSacanBID y SiSOL. Para la instalación del Sistema Fotovoltaico se recomienda las siguientes características: Inclinación de los paneles 30°, sería el ángulo óptimo anual de inclinación ya que la latitud de las localidades del valle calchaquí salteño está en los 27°; Eficiencia del Inversor 98%; Factor de pérdidas 20%. La conexión es aislada y la capacidad a instalar son 5 KW, que sería lo óptimo para una familia tipo de 4 personas.

Tabla 1 - Generación FV y consumo anual de las viviendas.

Localidad	Radiación Solar Global Anual a 30° KWh/m ²	Temperatura Media Anual °C	Generación FV Anual vivienda kWh	Consumo Anual vivienda kWh
La Poma	1.825	8,71	9.127	2.391
Cachi	1.838	12,29	9.223	2.391
Molinos	1.821	13,63	9.223	2.391
San Carlos	1.756	15,38	8.917	2.391
Cafayate	1.840	15,43	9.347	2.391

Fuente: Elaborado por autores (2024).

Como podemos ver en la Tabla 1, los ahorros eléctricos con el sistema fotovoltaico instalado en una vivienda van desde los 6.526 KWh hasta los 6.956 KWh, esto en porcentaje es entre un 72 % y 74 % anuales. Todas las localidades del valle calchaquí salteño están dentro de ese ahorro. En la Tabla 2 se presentan los resultados del uso del calefón solar propuesto en las localidades analizadas.

Tabla 2 - Litros de agua sanitaria calientes producidas por el calefón propuesto.

Localidad	Consumo Anual kg	Ahorro Anual kg eq. gas	Litros de agua caliente por día a lo largo del año	Litros de agua caliente acumulada anual
La Poma	180	183	1.492	45.378
Cachi	180	181	1.602	48.723
Molinos	180	180	1.636	49.768
San Carlos	180	174	1.652	50.256
Cafayate	180	180	1.715	52.147

Fuente: Elaborado por autores (2024).

Los resultados en la Tabla 2 se basaron en que una familia tipo de 4 personas consumía una garrafa de gas envasado de 15 kg al mes para calentar agua. Notamos los altos valores de ahorro en kg de gas envasado anual. Siendo La Poma y Cachi los de mayor ahorro, prácticamente 12,2 garrafas de gas envasados de 15 kg. San Carlos es el de menor ahorro, pero está en el orden 11,6 garrafas de gas envasado. Otro análisis interesante es la cantidad en litros de agua sanitaria caliente acumulada a lo largo del año. Las capacidades van desde los 45.378 litros en La Poma hasta los 52.147 litros en Cafayate.

Ahora si a estos ahorros sumamos el aporte de la cocina solar indirecta propuesta, el aumento de ahorro energético aumenta. La evaluación del dimensionamiento del prototipo de cocina solar indirecta presentado en este artículo indicó que las relaciones utilizadas: volumen de la olla/área de captación de 2,5 L/m², y volumen de aceite del acumulador térmico/el área de captación de 6,25 L/m² resultaron adecuadas para un buen funcionamiento integral normal, ya que: éste dimensionamiento permitió que el sistema acumulador térmico pueda acceder en invierno al medio día a temperaturas superiores a los 180°C, suficiente para guisar, hornear y freír todo tipo de alimentos. Además, la capacidad de acumulación térmica del prototipo permitió que al medio día una olla con 2 litros de agua a 12°C llegue al punto de ebullición en 20 minutos. Otra gran ventaja de esta cocina es en el caso de un nublado total mientras se está cocinando, el sistema de acumulación térmica pudo suplir la energía necesaria para continuar la cocción, en esta situación el contenido de la olla (2 litros de agua) siguió hirviendo por 50 minutos (Di Lalla, 2022). Esto se debe a su masa térmica del sistema olla-acumulador térmico, cuyo valor es 3 KWh/°C.

Finalmente, el aporte para calefacción del colector solar de aire propuesto. El colector opera con tres flujos básicos de aire diferentes (0,021 Kg/s; 0,025 Kg/s; y 0,027 Kg/s). Se encontró que la eficiencia instantánea máxima, para el máximo flujo básico, es del 70 %, valor muy aceptable para un colector calentador de aire. Para los otros flujos básicos, la eficiencia

térmica instantánea máxima fue del 68 % y 45 % aproximadamente. En condiciones normales de funcionamiento el incremento de temperatura a lo largo del colector estuvo entre 20 y 25 °C. La temperatura máxima alcanzada a la salida del colector fue de 58,1 °C para una temperatura de entrada de 28 °C.

En cuanto a la energía útil generada por día, los valores diarios fueron de 5,6 KWh; 6,1 KWh y 6,7 KWh, para el menor y para los 2 mayores flujos de aire ensayados, respectivamente. Estos valores son altos y son consecuencia del gran contacto térmico existente entre el aire circulante y los medios absorbedores constituidos por la placa en forma de cuña y la matriz porosa que, por su constitución y características superficiales, constituye una superficie extendida selectiva caliente acumuladora.

CONSIDERACIONES FINALES

Para el análisis de este artículo se partió eligiendo la zona de estudio. Ante la grave situación energética que atraviesa nuestro país y la inflación que tenemos mensualmente, han llevado a la búsqueda de alternativas de bajo costos. Se eligió la zona de los Valles Calchaquíes por sus altos índices de radiación anual, del orden de los 2.000 KWh/m² y también porque son zonas rurales donde el combustible que utilizan en su mayoría para cocinar y agua sanitaria caliente son leñas y gas envasado. Se utilizaron dos modelos en conjunto para los cálculos energéticos, el SiSOL y el SunScanBID. Las zonas estudiadas fueron los valles calchaquíes salteños, más precisamente las localidades de La Poma, Cachi, Molinos, San Carlos y Cafayate. Los ahorros energéticos eléctricos anuales estuvieron entre los 72% y 74%, mientras que los ahorros anuales de gas envasado en garrafas entre los 174 kg y los 183 kg. Estos ahorros se lograron con la implementación de los sistemas fotovoltaicos y calefón solar. Si le sumamos a esto el aporte energético de la cocina solar indirecta, unos 3 KWh/°C más la calefacción del colector solar de aire que van desde los 5,6 KWh hasta los 6,7 KWh. Ante estos resultados se propone la urgente implementación de las fuentes de energías renovables en las zonas rurales, ya que las mismas aportan ahorros significativos y relevantes ante los altos costos de la energía eléctrica y el gas envasado en garrafa.

REFERENCIAS

ABDELA U. Review on Environmental and Social Impacts of Rural Household Traditional Biomass Energy Utilization. **Journal of Energy Technologies and Policy**, [S.I.], v .9, n. 9. 2019.

ALONSO, R. N., Puna Austral: Bases para el subprovincialismo geológico de La Puna Argentina. *Em: CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO*, 9., 1984, Bariloche. **Actas** [...], Bariloche, v. 1, p. 43-63, 1984.

BALDIS, B. A. Geotectónica de la comarca comprendida entre el Cratógeno Central Argentino y el borde austral de La Puna. *In: CONGRESO IBEROAMERICANO DE GEOLOGÍA ECONÓMICA*, 2., 1975, Buenos Aires. **Actas** [...]. Buenos Aires, Argentina, p. 25-44, 1975.

BENEDEK. Evaluation of renewable energy sources in peripheral areas and renewableenergy-based rural development. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Elsevier, v. 90, p. 516–535, 2018.

CAMINOS, R. Sierras Pampeanas Noroccidentales: Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja y San Juan, in Geología Regional Argentina, Segundo Simposio. Córdoba, **Academia Nacional de Ciencias**, p. 225-291, 1979.

CENSO. **Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas**. 2022. Disponible en: https://censo.gob.ar/index.php/datos_definitivos_salta/. Acceso en: 30 abr. 2024.

DI LALLA, N.; DIAZ, A. E. Cocina solar indirecta con acumulación térmica integrada a viviendas. **Acta de la XLIV Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente**, v. 9, p. 30-38, 2022. ISBN: 978-987-29873-1-2.

DI LALLA, N.; DIAZ, A. E.; HERNANDEZ, A. Calentador de agua solar de bajo costo con circulación forzada autónoma. **Ciências socialmente aplicáveis: integrando saberes e abrindo caminhos**. v. 9. Curitiba, PR: Artemis, 2023. ISBN: 978-65-87396-82-8. DOI: https://doi.org/10.37572/EdArt_29052382816-1-2.

DIAZ, A. E.; DI LALLA, N. Construcción de equipos solares en el marco de la tecnicatura universitaria en energía solar (unsa). **Acta de la XLIV Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente**. v. 9, p. 196-206, 2022. ISBN: 978-987-29873-1-2.

DIAZ, A. E.; DI LALLA, N.; HERNANDEZ, A. Colector solar de alta eficiencia con matriz porosa reciclada. **Energías Renovables y Medio Ambiente** v. 49, p. 21 – 29, 2022. ISSN: 2684-0073.

ENERGAS. **Informe gráfico:** consumo de gas-total país, 2024. Disponible en: https://www.enargas.gov.ar/secciones/publicaciones/informes-graficos/pdf/informe_1042.pdf. Acceso en: 30 abr. 2024.

ENERGIAS. **Página oficial del gobierno argentino.** Disponible en: http://datos.energia.gob.ar/dataset/7eb728bc-cfdd-4e4e-b659-7bf3266939f1/resource/c0dab416-a0c2-46bd-b4dd-1686a2f0fbea/download/iea_2021.pdf. Acceso en: 29 abr. 2024.

GONZÁLEZ VILLA, R. E. **El Subgrupo Jujuy (Neógeno) entre los 24°-26° LS y 64°-66°OG, tramo centro-austral de la cadena Subandina argentina, provincias de Salta y Jujuy**, 2002. Tesis (Doctoral) - Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ciencias Naturales, Salta, 2002.

GONZÁLEZ, O.; MON, R. Tectónica del extremo norte de las Sierras Pampeanas y su transición a la Cordillera Oriental y a las Sierras Subandinas. *En: CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO, 13.; CONGRESO DE EXPLORACIÓN DE HIDROCARBUROS, 3., 1996. Acta [...]*, Buenos Aires, v. 2, p. 149-160, 1996.

GROSSI GALLEGOS, H.; RIGHINI, R. **Atlas de Energía Solar de la República Argentina**, Universidad de Lujan, 2007.

HERNANDEZ, A. L. Modelización numérica de un colector solar calentador de aire con matriz porosa metálica. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, 2015. Disponible en: <http://portalderevistas.unsa.edu.ar/ojs/index.php/averma/article/view/1854>. Acceso em: 30 abr. 2024.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. Disponible en: <https://www.iea.org/countries/argentina>. Acceso em: 30 abr. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS Y CENSO - INDEC. Disponible en: <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-3-5-31>. Acceso em: 30 abr. 2024.

THE INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY - IRENA. Disponible en: <https://www.irena.org/>. Acceso em: 1 mayo 2024.

KIM, H.; JUNG, T. Independent solar photovoltaic with Energy Storage Systems (ESS) for rural electrification in Myanmar. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 1187–1194, 2018.

LOPEZ, F.; HERNANDEZ, A. Nuevo calentador solar de aire con matriz porosa selectiva.desarrollo tecnológico y evaluación experimental. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**. v. 22, p. 02.37-02, 2018.48. ISSN: 2314-1433.

MINGRAMM, A.; RUSSO, A.; POZZO, L.; CAZAU. Sierras Subandinas, in Geología Regional Argentina, Segundo Simposio (1976), J. C. M. Turner (Director y Editor), Córdoba, Academia Nacional de Ciencias, p. 95-137. 1979.

MON, R.; SALFITY, J. A. Tectonic evolution of the Andes of northern Argentina in Petroleum basins of South America, TANKARD, A.J.; SUÁREZ SORUCO, R.; WELSINK, H. J. (ed.), **American Association of Petroleum Geologists Memoir 62**, p. 269- 283, 1995.

NOMAN, M.; WASIM, A. An investigation of a solar cooker with parabolic trough concentrator. **Case Studies in Thermal Engineering 14**, 100436, 2019.

OMS. **Household air pollution and health**. Dicponible en: <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/household-air-pollution-and-health>. 2022. Acceso en: 1 may 2024.

PAGINA 12. **Diario Nacional**. Disponible en: <https://www.pagina12.com.ar/703423-la-tarifa-electrica-en-salta-sera-de-entre-8-y-29-mil-pesos>. Acceso en: 25 abr. 2024.

ROLLERI, E. O. Sistema de Santa Bárbara: Una nueva provincia geológica argentina. Bahía Blanca. *En: CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO, 6., 1976, Buenos Aires, Acta [...]*, Buenos Aires: Bahia Blanca, v. 1, p. 239-255, 1976.

SALFITY, J. A.; MONALDI, C. R. **Mapa Geológico de la Provincia de Salta**, Escala 1:500.000. Buenos Aires, Segemar, Servicio Geológico Minero de la Argentina, 1998.

SALFITY. Geología regional del Valle Calchaquí, Argentina. **Anales de la academia nacional de ciencias exactas, físicas y naturales Buenos Aires**, 2004. ISSN: 0365-1185.

SARMIENTO BARBIERI. A Solar Irradiation GIS as Decision Support Tool for the Province of Salta, Argentina". **Renewable Energy**, v. 132, p. 68-80, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.07.081>.

SCANSUNBID. **Código de Estimación del potencial de transformación solar**. Disponible en: <https://code.iadb.org/es/herramientas/sunscan-bid> . Acceso en: 1 may 2024.

SCMIGLIANA, J. C. Los Suelos de los Valles Calchaquíes. **Libro biblioteca Ciencias Exactas Universidad Nacional de Salta**, 1970.

TIAN, H.; LINGYONG, M. Energy saving retrofit of rural house based on the joint utilization of solar collector and attached sunspace. **Energy & Buildings** 299, 113591, 2023.

TURNER, J. C. M. Cordillera Oriental, en Geología Regional Argentina, Primer Simposio (1969), A.F. Leanza (Director y Editor), Córdoba, **Academia Nacional de Ciencias**, p. 117-142, 1972.

VEITZMAN, S. Uso de calefones solares en Argentina. **Tesis de Maestría**, 2015. DOI: <https://doi.org/10.18294/rdi.2017.173285>

YETTOU, F.; AZOUI, B. Solar Cooker Realizations in Actual Use: An Overview. **Renewable Sustain Energy Review**, [S.I.], v. 37, p. 288-306, 2014.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) a través del PIP N° 11220170100972 y al Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta (CIUNSa) a través del Proyecto N° 2335 y Proyecto N°2726 por aportar el financiamiento necesario para el desarrollo del colector solar de aire, calefón solar, cocina solar indirecta y su evaluación termo-energética.

CARTOGRAFIA DAS PAISAGENS NA ÁREA ESTUARINA DO RIO TIMBÓ, PERNAMBUCO

Victor Leonardo Botelho **SILVA**

Aluno do Mestrado em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), campus Recife.

E-mail: victorleonardosilva1@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2076-429X>

Adalto Moreira **BRAZ**

Integrante do grupo de pesquisa em Geografia e Conservação em Paisagens Tropicais da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), campus Recife

E-mail: adaltobraz.geografia@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6376-6965>

Lucas Costa de Souza **CAVALCANTI**

Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) da Universidade Federal de Pernambuco, campus Recife.

E-mail: lucascavalcanti3@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9096-138X>

*Recebido
Setembro de 2024*

*Aceito
Dezembro de 2024*

*Publicado
Janeiro de 2025*

Resumo: A cartografia de paisagens é uma atividade que está preocupada com a representação de complexos naturais. O presente trabalho aborda a bacia hidrográfica do rio Timbó, localizada no litoral norte do estado de Pernambuco. Sua área estuarina se destaca pelo potencial de conservação dos recursos naturais devido ao intenso contexto de urbanização da Região Metropolitana do Recife, que contempla manguezais e áreas remanescentes de Mata Atlântica. O objetivo principal deste trabalho foi caracterizar a estrutura da paisagem e construir um mapa que pudesse ser útil para a gestão ambiental e territorial da área. Para tanto, a preocupação foi enriquecer a legenda com informações relativas à área da bacia hidrográfica e as construções urbanas, utilizando-se da técnica “*Local Climate Zones*”. Assim, o mapa foi gerado ajustando os limites da Área de Proteção Ambiental do Rio Timbó e foi incluído um *buffer* de 500m ao redor da Área de Proteção Ambiental do Rio Timbó para filtrar o contexto da adjacência desse espaço protegido. Por fim, 24 unidades de paisagem foram categorizadas e ajudam a entender

o funcionamento local da paisagem, evidenciando as áreas mais conservadas e aquelas mais degradadas pela ação humana.

Palavras-chave: Zonas climáticas locais; Unidades de Paisagem; Área de Proteção Ambiental do rio Timbó.

IDENTIFICATION AND LANDSCAPE MAPPING IN THE ESTUARINE AREA OF THE TIMBÓ RIVER, PERNAMBUCO

Abstract: Landscape mapping is an activity that is concerned with the representation of natural complexes. This work addresses the Timbó River Basin, located on the north coast of the state of Pernambuco. Its estuarine area stands out for its potential for conserving natural resources due to the intense context of urbanization in the Metropolitan Region of Recife (Northeast of Brazil), which includes mangroves and remaining areas of the Atlantic Forest. The main objective of this work was to characterize the structure of the landscape and build a map that could be useful for the environmental and territorial management of the area. To this end, the concern was to enrich the legend with information relating to the river basin area and urban constructions, using the “Local Climate Zones” methodology. Thus, the map was generated by adjusting the limits of the Rio Timbó Environmental Protection Area and a 500m buffer was included around the Rio Timbó Environmental Protection Area to filter the context of the adjacency of this protected space. Finally, 24 landscape units were categorized and help to understand the local functioning of the landscape, highlighting the most preserved areas and those most degraded by human action.

Keywords: Local climate zones; Landscape Units; Timbó River Environmental Protection Area.

IDENTIFICACIÓN Y CARTOGRAFÍA DE LOS PAISAJES EN EL ÁREA ESTUARINA DEL RÍO TIMBÓ, PERNAMBUCO

Resumen: La cartografía de los paisajes es una actividad que se ocupa de la representación de complejos naturales. Este trabajo aborda la cuenca del río Timbó, ubicada en la costa norte del estado de Pernambuco. Su área estuarina se destaca por su potencial para la conservación de recursos naturales debido al intenso contexto de urbanización en la Región Metropolitana de Recife (Noreste de Brasil), que incluye manglares y áreas remanentes de la Mata Atlántica. El objetivo principal de este trabajo fue caracterizar la estructura del paisaje y construir un mapa que pudiera ser útil para la gestión ambiental y territorial de la zona. Para ello, se buscó enriquecer el título con información relativa al área de cuenca y construcciones urbanas, utilizando la metodología de “Zonas Climáticas Locales”. Así, el mapa se generó ajustando los límites del Área de Protección Ambiental Río Timbó y se incluyó una zona de amortiguamiento de 500 m alrededor del Área de Protección Ambiental Río Timbó para filtrar el contexto de la adyacencia de este espacio protegido. Finalmente, se categorizaron 24 unidades paisajísticas que ayudan a comprender el funcionamiento local del paisaje, destacando las zonas más conservadas y las más degradadas por la acción humana.

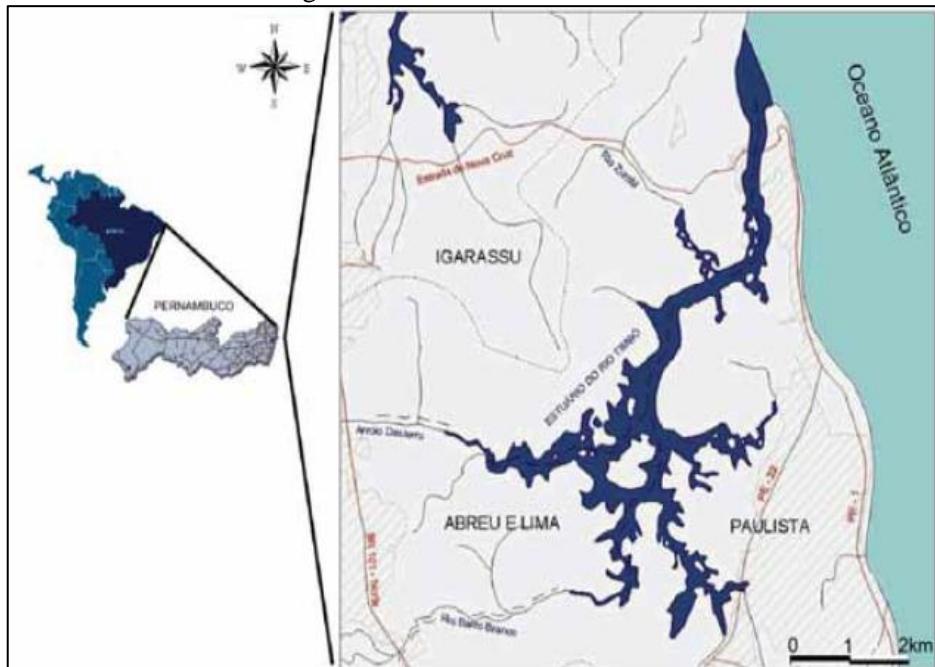
Palabras clave: Zonas climáticas locales; Unidades de Paisaje; Área de Protección Ambiental del Río Timbó.

INTRODUÇÃO

A cartografia de paisagens é uma técnica que lida com a variabilidade dos padrões espaciais dispostos na superfície terrestre e seu significado funcional. Seu objetivo maior é desvelar as diferenças ambientais em determinados territórios e, portanto, representar a estrutura da paisagem (Cavalcanti, 2018). Esse propósito não é uma tendência recente da Ciência Geográfica, e sim nos remonta aos esforços naturalistas desde os séculos 18 e 19, tendo como exemplo a “Carta Geográfica da Natureza” de Giraud-Soulavie ou a “Natugermalde” de Humboldt.

Entretanto, essa ferramenta se tornou mais visada e melhor elaborada a partir da primeira metade do século XX com as fotografias aéreas e técnicas de fotogrametria, principalmente por geógrafos do leste europeu nas demandas de planejamento e gestão territorial; posteriormente, também, com a inovação que trouxe o Sistema de Informação Geográfica (Cavalcanti; Corrêa, 2016). A principal contribuição que essa atividade fornece é atender as demandas de planejamento ambiental, na medida em que se realiza uma análise integrada dos componentes da natureza e sua relação sistêmica. Essa ideia, portanto, de padrões espaciais, tem sido grifada por autores da Geografia Física desde o final do último século como “Geossistemas” (Sochava, 1977). O presente trabalho aborda a Área Estuarina do Rio Timbó (Figura 1), que abrange uma área de 1,397 ha e faz parte do grupo das pequenas bacias litorâneas no estado de Pernambuco, situadas entre os municípios de Paulista, Abreu e Lima e Igarassu (FIDEM, 1980).

Figura 1 - Estuário do Rio Timbó



Fonte: FIDEM (2001).

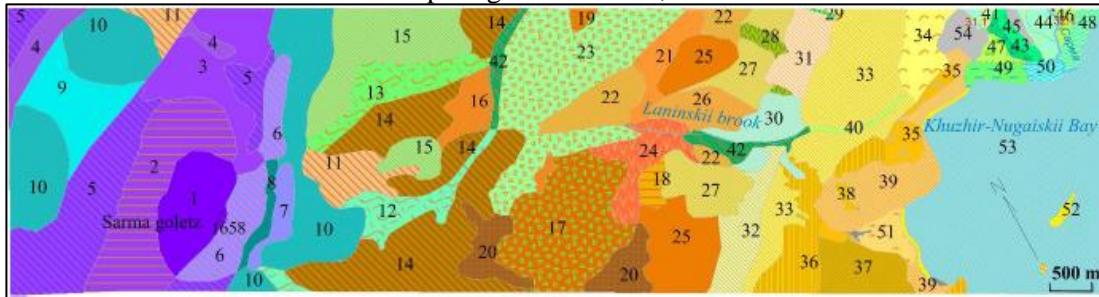
A área estuarina do Rio Timbó se destaca pelo potencial de conservação dos recursos naturais, sobretudo as paisagens que contemplam manguezais e áreas remanescentes de mata atlântica. Entretanto, como destacou Cabral (2001), a pressão antrópica devido a construção de habitações, atracadouros, indústrias e desmatamentos generalizados para construção de viveiros tem atingido fortemente o equilíbrio ambiental na localidade e causando perturbações também no transporte de sedimentos do rio (Barbosa, 2006).

Ainda que a costa de Pernambuco tenha recebido uma intensa degradação ambiental desde o início século XV, é destacável a diversidade de paisagens que se fazem presente em seu litoral: manguezais, restingas, vegetações nativas, resquícios da mata-atlântica, coqueirais, faixas de praia, ilhas, arrecifes, pontais, estuários, enseadas, dentre outros ambientes que necessitam de resguardo.

Os estudos relacionados ao zoneamento e cartografia das unidades de paisagem funcionam como suporte ao planejamento ambiental e auxilia na tomada de decisão. Nesse sentido, a Cartografia de Paisagens surge como uma importante ferramenta no intuito de viabilizar uma melhor compreensão da variabilidade espacial de determinadas localidades e controlar seu uso em virtude da fragilidade. Portanto, busca-se uma otimização ecológica do território, garantindo a manutenção da qualidade ambiental e seu uso sustentável pela sociedade.

A operacionalização de unidades de paisagem costuma se sustentar nas ideias de regionalização e tipologia. É muito comum que os mapeamentos se iniciem com um discernimento geral e delimitação das características do terreno para depois ser possível agrupar características que possuam um denominador em comum. Assim, mesmo que áreas possuam localizações geográficas distintas dentro de um território, elas podem ser classificadas como uma mesma unidade, porque funcionalmente desempenham um papel semelhante. Exemplificando: em uma área de relevo suave, como nas planícies flúvio-marinhais, a depender do trecho do rio, algumas áreas podem receber uma descarga de sedimentos maior do que outras. Entretanto, o papel dessas áreas é muito semelhante em termos de estrutura e funcionamento. Portanto, elas podem ser enquadradas como Planícies flúvio-marinhais com Bosque de Mangue (Figura 2).

Figura 2 - Fragmento do mapa dos Geossistemas presentes na área de Primorskii, pertencente ao território protegido do Baikal, na Rússia.



As duas unidades de número 42, no centro da imagem, um pouco distantes entre si, representam os Pinheiros Larício, Abetos e Salgueiros com musgo em solos aluviais.

Fonte: Plyusnin *et al.* (2018).

A principal contribuição que esse tipo de documento cartográfico fornece é detalhar, de maneira sucinta, objetiva e integrada, os complexos naturais. Nesse sentido, a abordagem contribui no sentido de monitorar o meio ambiente e proteger territórios especiais. Sua prática favorece a aproximação entre diversos campos científicos e auxilia no ativismo ambiental, na medida em que se reúnem diferentes informações para gerar um mapeamento mais abrangente, que pode ser um documento de grande valia para planejadores do meio ambiente, a exemplo da gestão de unidades de conservação.

A área que perfaz o litoral de Pernambuco é marcada por um clima no qual o período de chuvas é bem definido entre o outono e inverno, com chuvas mais intensas entre abril a julho e possui normalmente 1500mm anuais, apresentando uma baixa amplitude térmica, de 3 °C. Nesse sentido, o relevo é fortemente influenciado pelas características climáticas, onde tem-se o domínio de planícies e tabuleiros costeiros, ambos desenvolvidos sob rochas cristalinas e sedimentos da formação Barreiras. A vegetação originária da Mata Atlântica tem sido suprimida desde o período colonial, quando a monocultura canavieira foi introduzida nessas porções leste do estado de Pernambuco.

Nos dias atuais, entretanto, o que impera é a alocação desordenada de infraestrutura urbana nas demandas de construção de edifícios, visando principalmente o setor turístico, que se apresenta forte no litoral pernambucano. A apropriação desses espaços pelo movimento turístico iniciou-se na forma de segundas residências e, por seguinte, na forma de meios de hospedagem. Conforme essa atividade se mostrou mais presente, o meio ambiente se mostrou ainda mais vulnerável a essas transformações do espaço.

Este é o caso do Estuário do Rio Timbó, localizado no litoral norte de Pernambuco. Em comparação com bacias urbanas adjacentes, na Região Metropolitana do Recife (RMR), o

ambiente estuarino apresenta grande potencial para conservação de seus aspectos naturais e socioculturais, na medida em que lá observamos feições de valor singular em termos de natureza, assim como a presença de comunidades tradicionais que vivem e utilizam do território para sobreviver e promover a atividade turística. Dessa forma, essa pesquisa constituirá uma atualização dos dados ambientais e cartográficos existentes na área, levando-se em consideração a pouca quantidade de informações, apesar de sua importância no âmbito local e urbano. Na área estuarina do Rio Timbó, observa-se uma vegetação banhada por águas com aproximadamente 26° C, contendo relictos de mata atlântica e ecossistemas associados a coqueirais, vegetação de praia (restinga), terraços litorâneos e manguezais (Barbosa, 2006). Em termos numéricos, 32% de sua área encontra-se no município de Abreu e Lima, 25,7% em Paulista e 7,7% em Igarassu.

Um fator fundamental que cabe ser mencionado é a diferenciação desigual dos danos ambientais causados pela urbanização em diferentes estuários do Litoral de Pernambuco. Isso porque, a partir de um rápido exame em imagens de satélite (Figura 3), é nítido que, de modo geral, os estuários encontrados no setor litorâneo sul de Pernambuco possuem um grau de manutenção de áreas verdes muito maior do que aqueles encontrados no litoral norte. Portanto, os danos ambientais aos rios e estuários encontrados nessa localidade tendem a ser mais explícitos.

Figura 3 - Imagens de satélite com a comparação do cenário de urbanização nos estuários de Pernambuco



A e B: Litoral Norte. C e D: Litoral Sul. “A”: Estuário do Rio Timbó, município: Paulista; “B”: Estuário do Complexo de Santa Cruz, município: Itamaracá; “C”: Estuário do Rio Maracaípe, município: Ipojuca “D” Estuário do Rio Sirinhaém, município: Sirinhaém.

Fonte: Google Earth Pro (2021). Elaboração: Victor Leonardo Botelho (2021).

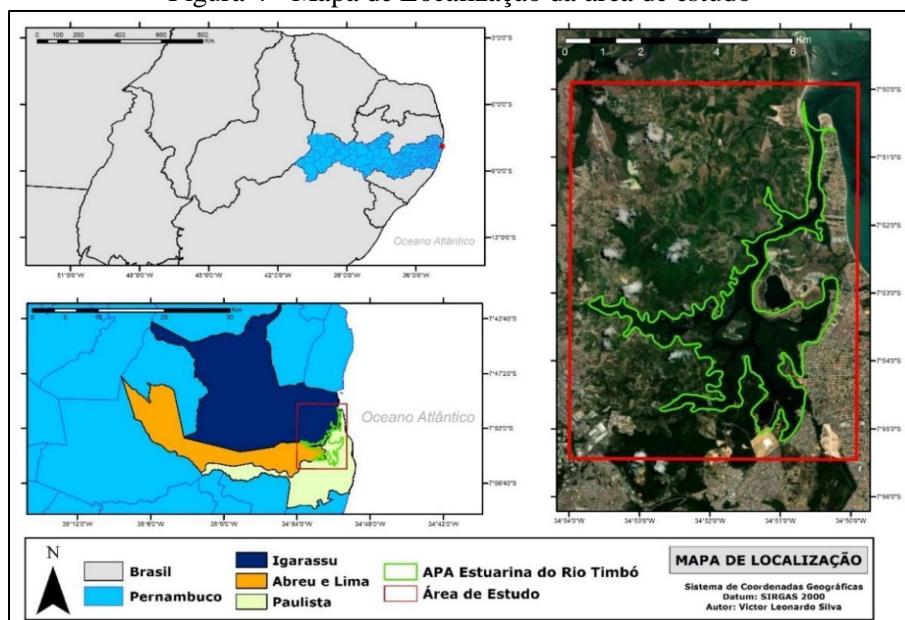
O objetivo deste trabalho, portanto, é entender a estrutura da paisagem e suas inter-relações na área estuarina do Rio Timbó.

METODOLOGIA

A etapa inicial deste trabalho iniciou-se por meio de revisão com base em literatura especializada dos principais autores que refletiram acerca das temáticas sobre geossistemas, cartografia de paisagens e planejamento ambiental, juntamente com trabalhos relacionados a informações ambientais da área de estudo, para embasamento teórico sobre a temática em questão.

Para a delimitação da área estuarina (Figura 4), seguiu-se a recomendação proposta por Silva e Silva (2019) acerca da readequação dos limites propostos pela Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH) da APA Estuarina do Rio Timbó, na medida em que nessa delimitação não é incluído o Pontal de Maria Farinha, – a despeito de sua enorme importância e ameaça de pressão antrópica recente – assim, além de adotar esse reajuste, foi utilizado o conceito de Zona de Amortecimento (ZA), que é o entorno de uma unidade de conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas. Legalmente, Áreas de Proteção Ambiental não necessitam da formulação de uma zona de amortecimento, entretanto, para fins de mapeamento da zona urbana densamente ocupada, se optou por incluir suas adjacências do contexto urbano em que a bacia hidrográfica está inserida.

Figura 4 - Mapa de Localização da área de estudo



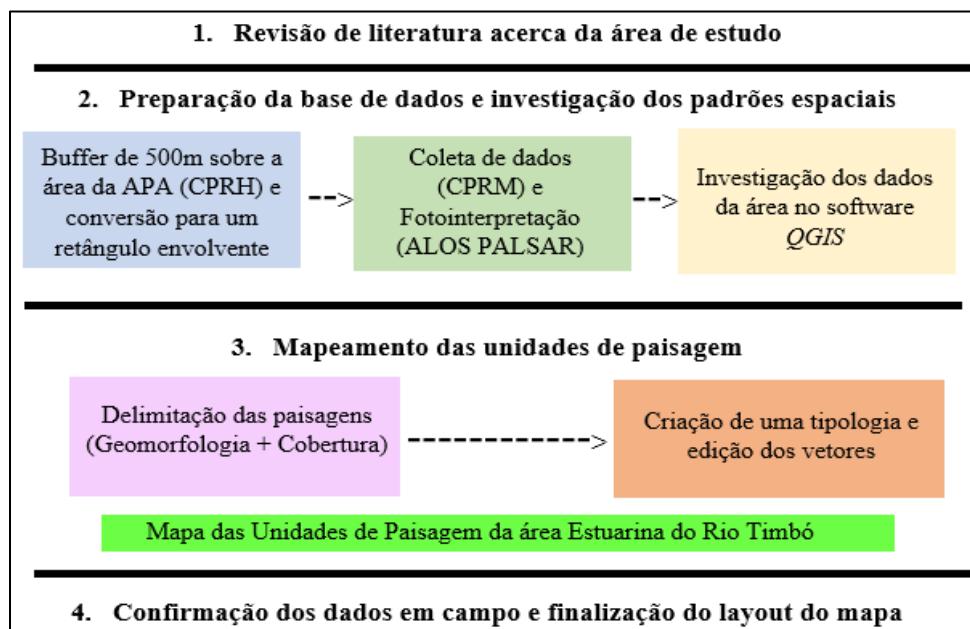
Fonte: dados geoespaciais do IBGE e delimitação da APA da CPRH. Elaboração: Víctor Leonardo Silva (2021).

Em seguida, foi feita a preparação da base de dados e início da fotointerpretação, no qual foram coletados os dados espaciais referentes à localidade de estudo, por meio do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), que dispõe no seu banco de dados digital relatórios e mapas temáticos relativos a suscetibilidades a movimentos gravitacionais de massa e inundações de alguns municípios de Pernambuco, incluindo Paulista e Abreu e Lima. Com o propósito de refinar o mapeamento da Geomorfologia junto com uma interpretação para o município de Igarassu, um Modelo Digital de Elevação (MDE) do radar ALOS PALSAR com resolução do pixel 12,5m foi adquirido e inserido no software QGIS versão 3.16, para interpretação visual do contexto ambiental, gerando a hipsometria, curvas de nível e declividade no retângulo da área. Em seguida, após a etapa de delimitação das paisagens, foi a vez de construir uma tipologia, classificando as unidades de acordo com a similaridade dos componentes encontrados em cada padrão de paisagem.

Seguindo a tendência recente no que se refere aos estudos da paisagem, destacados por Simensen, Halvorsen e Erikstad (2018), para esse trabalho, os critérios de formas de relevo e cobertura da terra foram tomados com maior ênfase no momento de diferenciação de áreas. Entretanto, por se tratar de uma área densamente urbanizada, teve-se a preocupação, durante o mapeamento, de diferenciar os setores urbanos. Para isso, foi-se utilizada a proposta do “Local Climates Zones” dos autores Steward e Oke (2012), no qual eles sugerem descrições mais robustas sobre construções e infraestrutura das áreas urbanas com base no conceito de ilhas de calor; essa proposta é válida no sentido de diferenciar áreas urbanas que possuem diferentes expressões espaciais, tendo em vista que tradicionalmente os estudos cartográficos costumam atribuir a nomenclatura “área urbana” para feições muito diferentes entre si. As nomenclaturas e a altura das construções desse modelo foram modificadas para realidade espacial da presente pesquisa, na tentativa de tornar mais esclarecedora sua relação com a Cartografia de Paisagens. Por fim, cabe mencionar que dentro da noção de formas de relevo se enquadram também os materiais superficiais (rochas, solos e sedimentos), da mesma forma que se entende como cobertura superficial as feições referentes à vegetação, hidrografia, agricultura e construções humanas (Cavalcanti, 2020).

Assim, após a estruturação do mapa, elaborou-se um roteiro de campo segmentado por pontos de observação nas unidades de paisagem, para averiguar as informações estabelecidas em laboratório, avaliando as unidades de paisagem. Ademais, o fluxograma (Figura 5) sumariza os procedimentos adotados nesta pesquisa.

Figura 5 - Fluxograma dos procedimentos para realização da pesquisa

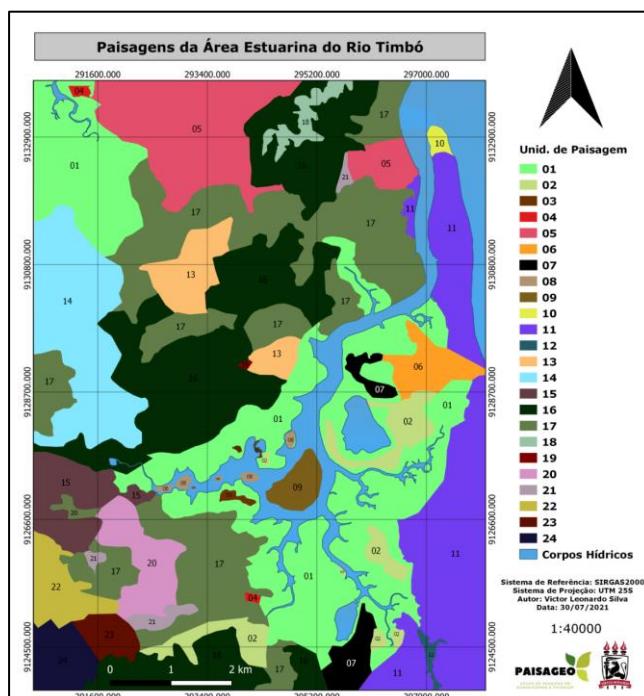


Fonte: Victor Leonardo Silva (2021). Organização: Os autores (2024).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapeamento permitiu identificar 24 diferentes unidades de paisagem que revelam, de maneira sintética, como está organizada a estrutura da paisagem no estuário do Rio Timbó e seu contexto físico-geográfico adjacente (Figura 6 e Tabela 1).

Figura 6 – Mapa Cartografia das Paisagens da Área Estuarina do Rio Timbó



Fonte: Victor Leonardo Silva (2021). Organização: Os autores (2024).

Tabela 1 - Legenda do mapa das Unidades de Paisagem

Paisagens Tropicais Úmidas das Planícies e Tabuleiros Costeiros do Nordeste do Brasil			
Formações estuarinas	Formações pioneiras marinhas	Florestas úmidas de terras baixas	Florestas úmidas aluviais
<p>1. Planícies flúvio-marinhais com Bosque de Mangue</p> <p>2. Planícies flúvio-marinhais com Apicum</p> <p>3. Planícies flúvio-marinhais com Agricultura (cultivo de coqueiro)</p> <p>4. Planícies flúvio-marinhais com Carcinicultura</p> <p>5. Planícies flúvio-marinhais com construções esparsas, baixas e vegetação arbórea aberta</p> <p>6. Planícies flúvio-marinhais com fragmento arbóreo aberto em processo de supressão pela atividade antrópica</p> <p>7. Planícies flúvio-marinhais com Área Industrial</p> <p>8. Ilhas fluviais e bancos de areia com vegetação de Bosque de Mangue</p> <p>9. Ilhas fluviais e bancos de areia com vegetação de Bosque de Mangue e Agricultura (cultivo de coqueiro)</p>	<p>10. Pontal arenoso com vegetação herbácea de Restinga</p> <p>11. Planícies e terraços marinhos (cordões litorâneos) com construções compactas baixas divididas em quarteirões, árvores esparsas e áreas de solo exposto</p> <p>12. Planícies e terraços marinhos (cordões litorâneos) com fragmento arbóreo aberto em processo de supressão pela atividade antrópica</p>	<p>13. Superfícies aplainadas com fragmento arbóreo aberto de Mata Atlântica em processo de supressão pela atividade antrópica</p> <p>14. Superfícies aplainadas com construções compactas baixas divididas em quarteirões, árvores esparsas e áreas de solo exposto</p> <p>15. Superfícies aplainadas com construções compactas baixas e vegetação arbórea aberta</p> <p>16. Tabuleiros costeiros dissecados com fragmento arbóreo denso de Mata Atlântica</p> <p>17. Tabuleiros costeiros dissecados com fragmento arbóreo aberto de Mata Atlântica em processo de supressão pela atividade antrópica</p> <p>18. Tabuleiros costeiros dissecados com Agricultura (cultivo de coqueiro)</p> <p>19. Tabuleiros costeiros dissecados com Carcinicultura</p> <p>20. Tabuleiros costeiros dissecados com construções esparsas, baixas, com agricultura familiar e vegetação arbórea aberta</p> <p>21. Tabuleiros costeiros dissecados com construções esparsas, baixas e vegetação arbórea aberta</p> <p>22. Tabuleiros costeiros com construções compactas baixas e vegetação arbórea aberta</p>	<p>23. Planícies e terraços Fluviais com construções esparsas e baixas divididas em quarteirões</p> <p>24. Planícies e terraços Fluviais com construções compactas e largas</p>

Fonte: Victor Leonardo Silva (2021). Organização: Os autores (2024).

Em virtude da quantidade de unidades de paisagem mapeadas (24), será realizado um breve contexto explicativo sobre duas unidades de cada grupo da (Tabela 1).

Formações estuarinas: esse grupo de paisagens está contido, geologicamente, nos depósitos de manguezais, constituídos por matérias siltico-argilosos, que se misturam com elementos vegetais e matéria orgânica para formar condições particulares ao surgimento de espécies vegetais extremamente adaptadas ao contexto de salinidade característica de zonas estuarinas, especialmente daqueles rios que nascem muito próximos de sua desembocadura. Os processos que ocorrem nessas áreas são, portanto, o de transporte e deposição de sedimentos na interação flúvio-marinha.

1. Planícies flúvio-marinhas com Bosque de Mangue: nessas áreas, a gradiente de declividade é quase nulo, tendo partes abaixo do nível do mar. A unidade de relevo é contínua seguindo a drenagem do Rio Timbó, quando essa passa a transitar de forma abrupta para os tabuleiros, principalmente na parte ocidental (FIDEM, 1980) ou na forma de “degraus”, com terraços fluviais. São ambientes de sedimentação flúvio-marinhas, apresentando em seu trecho espécies tradicionais de mangue do litoral brasileiro, como a *Rizophora Mangle*, *Laguncularia Racemosa* e *Avicena Schaueriana*, conforme discutido por Correia (2002). Conforme apontado anteriormente, existem diversos Serviços Ecossistêmicos que o ecossistema de manguezal é capaz de fornecer, como por exemplo, no caso da *Rizophora Mangle*, que auxilia no sequestro de carbono da atmosfera (Fonseca e Drummond, 2003) e ajuda a manter o clima estabilizado, tanto em uma escala local, como global. Conforme apurado por Cabral (2001) é nessa área que existem alguns impactos ambientais importantes, quando a pesca predatória se torna presente, interferindo na vida aquática. É também nessa área onde ocorre um grande despejo de lixos nas áreas navegáveis. Portanto, é importante que a gestão da APA esteja atenta a esses fatores, dialogando com as comunidades ribeirinhas e atentas aos possíveis impactos ambientais no mangue (Figura 7).

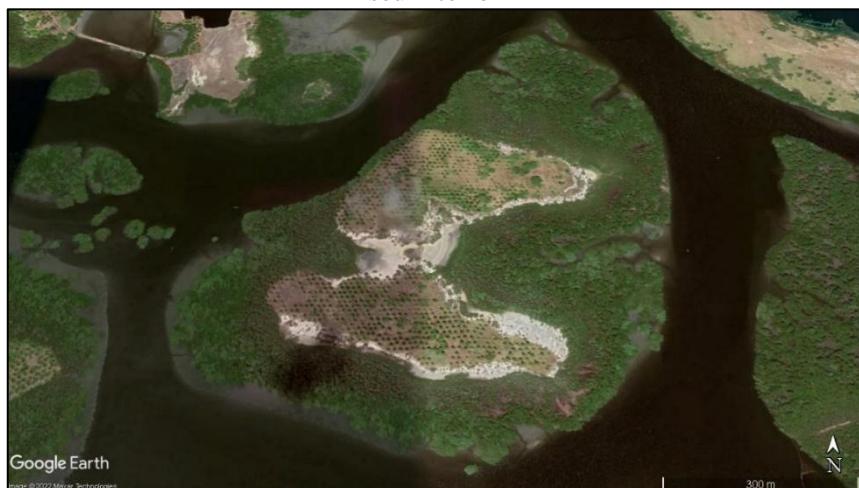
Figura 7 - Fotografia do Bosque de mangue da unidade



Fonte: Acervo de Victor Leonardo Silva (2021).

9. Ilhas fluviais e bancos de areia com vegetação de Bosque de Mangue e Agricultura (cultivo de coqueiro): Nessa unidade, está a Ilha Central de Mangue, uma unidade que se destaca no centro do Rio Timbó, com a colonização das espécies de mangue. O diferencial dessa unidade é que ela também é usada para fins de agricultura. Assim como na maioria da área de estudo, os coqueirais se fazem presente em grande quantidade, atribuindo um viés antrópico à paisagem, e interferindo no seu desenvolvimento natural (Figura 8).

Figura 8 – Imagem de satélite mostrando a Ilha Central de Mangue com atividade de agricultura em seu interior



Fonte: Google Earth Pro (2021). Elaboração: Victor Leonardo Botelho (2021).

Formações pioneiras marinhas: geologicamente, esse grupo compreende os terraços marinhos, que estão localizados comumente nas zonas subparalela a linha de costa, sendo os pleistocênicos mais antigos e os holocênicos mais recentes, que foram desenvolvidos de acordo com as regressões marinhas na costa brasileira. São áreas de acumulações arenosas vinculados à dinâmica de deposição marinha.

10. Pontal Arenoso com vegetação herbácea de Restinga: a formação dessa unidade é muito recente, contendo um traço característico da Biogeomorfologia. A vegetação de restinga, das quais fazem parte, por exemplo, elementos de *Ipomoea pes-caprae*, *Ipomoea imperati*, *Canavalia rosea* e *Blutaparon portulacoides*, é consideravelmente nova, tendo início e meados do ano de 2009, e tem uma parcela de contribuição na progressão do pontal arenoso, na medida em que as espécies têm a característica segurar os sedimentos que estão no fluxo do rio e do oceano. Essa unidade é muito crítica em relação a riscos ambientais, na medida em que está centrada no estuário do Rio Timbó e na praia da Maria Farinha. Esses fatores, aliados ao movimento turístico, podem prejudicar na manutenção da restinga enquanto Área de Preservação Permanente (Figura 9).

Figura 9 - Fotografia do Pontal arenoso de Maria Farinha



Fonte: Acervo de Victor Leonardo Silva (2021).

11. Planícies e terraços marinhos (cordões litorâneos) com construções compactas baixas divididas em quarteirões, árvores esparsas e áreas de solo exposto: nessa unidade, há

uma associação de construções de baixa altura muito próximas entre si, com muitos setores de solo exposto, num corredor entendível como Terraços Marinhos (Figura 10). Mesmo que exista uma clara distinção entre terraços superiores e inferiores (Barbosa, 2006) optou-se por tipificar essas em uma única unidade, pois representam uma associação regular, tanto do ponto de vista antrópico, quanto no quesito de relação continente/mar. O principal impacto ambiental dessas localidades no âmbito da APA é, sem dúvida, o despejo de lixo nas suas bordas, que acaba tornando o leito do rio muito propício a receber diversos tipos de materiais desses bairros. Além disso, nas proximidades do Pontal de Maria Farinha, existe uma inclinação maior para a degradação, pois existe um movimento de turismo e lazer acentuado, com o Parque Aquático “Veneza Water Park” e as casas que recepcionam turistas próximos à praia de Maria Farinha.

Figura 10 – Fotografia mostrando o padrão de cobertura da terra com solo exposto encontrado na unidade 11



Fonte: Acervo de Victor Leonardo Silva (2021)

Florestas úmidas de terras baixas: nesse grupo de paisagens, o contexto geoambiental é marcado, geologicamente, pelas camadas areno-argilosas da Formação Barreiras. São nessas condições que as formas de relevo conhecidas como “Tabuleiros Costeiros” se alocam. Uma de suas características é a queda de relevo de forma abrupta (escarpas). Isso, aliado aos altos índices pluviométricos da localidade, favorece os esquemas de erosão e movimento de massa, promovendo o acúmulo de sedimentos no sopé dessas superfícies, formando as chamadas “rampas de colúvio”. Em relação a superfícies aplainadas, elas decorrem da Formação Gramame (mais antigas), cujo material é mais disposto à intemperização, por se tratar de rochas calcárias.

16. Tabuleiros costeiros dissecados com fragmento arbóreo denso de Mata Atlântica: Os tabuleiros costeiros presentes na área de estudo possuem cotas que chegam a 80m. Entretanto, a extensão do topo dessas áreas não é longa para serem designados como “tabuleiros conservados”, porque possuem, em média, 400 m de largura, enquanto as feições conservadas chegam a ultrapassar 1km de topo. A principal razão para a dissecação dessas feições pode ser em parte explicada pela localização muito próxima de litoral, sofrendo grande impacto da climatologia local. Portanto, todas as feições desse tipo são designadas como “tabuleiros dissecados”. Essas unidades são as que possuem um maior grau de conservação de seu estado natural. Representam as porções de Mata Atlântica que ainda mantém um estado arbóreo denso, no qual é possível identificar espécies com estrato alto. Conforme observado em laboratório e em campo, essas unidades se alocam preferencialmente em regiões com cotas de altitude mais altas, como é o caso dos tabuleiros costeiros. Nesse sentido, as estradas que passam por essas unidades estão alocadas em porções mais baixas (geralmente, em superfícies aplinadas, ou vales). É de suma importância que esses relictos de Mata Atlântica continuem em um estado aceitável e conservado, porque são poucos os fragmentos desse tipo encontrados atualmente na Região Metropolitana do Recife, que foi e continua sendo palco, historicamente, de grandes estágios de desmatamento da cobertura vegetal originária (Figura 11).

Figura 11 – Fotografia de fragmento arbóreo conservado nas proximidades da estrada de Nova Cruz



Fonte: Acervo de Victor Leonardo Silva (2021)

17. Tabuleiros costeiros dissecados com fragmento arbóreo aberto de Mata Atlântica em processo de supressão pela atividade antrópica: essas áreas costumam serem fragmentos arbóreos densos de Mata Atlântica, mas a atividade antrópica está caminhando para atribuir um novo significado a funcionalidade dessas unidades. As razões para a desmembração dessas unidades se dão por diferentes finalidades, mas, conforme observado, a principal delas é para atender a agropecuária, sendo possível perceber traços característicos de desmatamento em todas as unidades com essa designação. É de suma importância que haja uma observação atenta dessas áreas, porque o trajeto que ela pode seguir é de se tornar ou uma área de agricultura (assim como as que já existem na área) ou alcançar um nível de ocupação urbana densa (Figura 12).

Figura 12 – Imagem de satélite mostrando fragmento arbóreo em processo de supressão da unidade 17



Fonte: Google Earth Pro (2021). Elaboração: Victor Leonardo Botelho (2021).

Florestas úmidas aluviais: Compreendem, em termos de geologia, os depósitos flúvio-lagunares, que estão alocados de forma contínua e de forma perpendicular à linha de costa, no sopé das formações Barreiras e Gramame (Barbosa, 2006), na forma de terraços. Sua dinâmica processual está vinculada às fases de deposições fluviais e a dinâmica hidrológica do rio.

23. Planícies e terraços fluviais com construções esparsas e baixas divididas em quarteirões: Dentro desta unidade, encontra-se um relevo bastante semelhante em termos de altitude as planícies adjacentes, porém, essas feições se encontram preferencialmente mais proximidades da planície fluvio-marinha. O padrão de construções está vinculado aos conjuntos habitacionais, que ainda estão se expandindo na localidade, construindo novas casas e ocupando cada vez mais as partes onde a vegetação ainda se mostra presente (Figura 13). Assim como em

outros locais de ocupação em andamento, é necessário atenuar para a manutenção das áreas verdes nesses locais, que podem sofrer uma dinâmica interna em termos de temperatura, contrastando bastante com o micro-clima do mangue ao lado. Um caso análogo a esse é o que acontece nas intermediações da Mata do Frio, no município de Paulista, cerca de 3 km de distância da área. Enquanto ao passar pela mata percebe-se um microclima mais agradável, ao se distanciar para o conjunto habitacional que está sendo construída paralelamente a mata, é perceptível um aumento na temperatura. Portanto, essa área pode experimentar uma experiência semelhante em termos de conforto térmico, deixando de lado os benefícios dos ecossistemas locais.

Figura 13 - Fotografia mostrando a construção do conjunto habitacional da unidade



Fonte: Acervo de Victor Leonardo Silva (2021).

24. Planícies e terraços fluviais com construções compactas e largas: aqui, predominam-se as construções com finalidade de comércio e serviços, que estão localizadas num setor bastante movimentado da rodovia BR-101. Geomorfologicamente, o funcionamento dessas unidades está atrelado ao metabolismo urbano denso e ocupado, com movimentação intensa diária de automóveis. Apesar de estar distante da APA e possivelmente, não interferindo no seu equilíbrio, essa unidade nos ajuda a entender o contexto ambiental de urbanização na Região Metropolitana do Recife no qual a sub-bacia está inserida.

Conservação das Unidades de Paisagem

Conforme visto, as paisagens da Área Estuarina do Rio Timbó refletem, de modo geral, o funcionamento do contexto ambiental típico encontrado na zona litorânea de Pernambuco. Com exceção de algumas feições em específico, como no caso das ilhas fluviais e do pontal arenoso, o padrão de feições de relevo e construções são bastante similares às superfícies encontradas em outros estuários próximos. O grande diferencial, entretanto, é o grau de urbanização e intervenções antrópicas nesse setor norte litorâneo que evidenciam uma preocupação com a qualidade ambiental do Rio Timbó (como no caso da desembocadura), ou naquelas áreas mais conservadas (como nos tabuleiros com vegetação densa). Assim, é notável que o estado de conservação da área está diretamente relacionado com a questão urbana e o direcionamento do crescimento da cidade, pressionando uma importante área de mata atlântica.

Além disso, embora não tenha sido o intuito do trabalho, faz-se necessário, também reconhecer as populações tradicionais que estão alocadas no território do Rio Timbó, como destacou Cabral, *et al.* (2006), apontando para a existência das comunidades Maria Farinha, Porto Jatobá, Fábrica Poty, Jaguarana, Urubá, Porto do Arthur, Jaguaribe, Cuieiras e Sítio São Bento. É importante que as pautas de planejamento ambiental estejam alinhadas com o reconhecimento e diálogo com as comunidades locais.

As unidades que têm maiores extensões no território são, respectivamente, a 01 (Planícies Flúvio-marinhais com Bosque de Mangue) com 13%, seguidas de 12.5% das unidades 16 e 17 (Tabuleiros Costeiros dissecados com fragmento arbóreo denso); (Tabuleiros Costeiros dissecados com fragmento arbóreo aberto em processo de supressão pela atividade antrópica). E por último, com 10% do território, a unidade 11 (Planícies e Terraços Marinhos com construções compactas baixas divididas em quarteirões, árvores esparsas e áreas de solo exposto).

Observando a situação atual e imaginando possíveis cenários futuros ressaltam-se aqui as unidades 16 e 10, por tratar-se de feições especiais, tanto do ponto de vista da Geomorfologia, quanto da Cobertura Vegetal. Pois no caso da primeira, apresentam-se fragmentos conservados de Mata Atlântica, e no segundo caso, situa-se a vegetação herbácea de restinga no pontal arenoso, que é muito ameaçada pela movimentação regular turística e/ou recreativa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pernambuco possui 13 áreas estuarinas, no qual, muitas delas encontram-se densamente ocupadas pela urbanização, como no caso do estuário do presente trabalho. É uma demanda urgente o monitoramento e registro das imprudências nessas localidades, filtrando o efeito de borda na área em questão, tendo em vista que as adjacências dessas Áreas de Proteção Ambiental se encontram altamente urbanizadas. É justo imaginar que, nos próximos anos, essas áreas começem a receber investimentos maiores, com a construção de edifícios altos e mudanças nas formas de uso e ocupação do espaço. Isso pode perturbar o equilíbrio natural dos ecossistemas vinculados aos estuários. Portanto, faz-se necessário um acompanhamento contínuo das possíveis ameaças no âmbito desses territórios protegidos.

Do ponto de vista da APA Estuarina do Rio Timbó, é importante que haja um esforço maior em proteger os ecossistemas da área, que já se encontram bastante desejados pelo trade turístico, tanto no âmbito das navegações no rio, quanto na forma de hospedagens próximas ao estuário. Projetos de restauração florestal para sanar os efeitos deletérios das bordas desse espaço protegido podem ser uma alternativa viável, assim como a construção de corredores de ligação para viabilizar a dispersão de espécies que vivem nesse ecossistema litorâneo.

A pesquisa em paisagem pode trazer diferentes abordagens de interpretação dos padrões da natureza. Do ponto de vista de execução deste trabalho, ao direcionar o foco de mapeamento para o planejamento, entender as fisionomias naturais e sua respectiva relação com o funcionamento antrópico foi o eixo norteador das investigações. Para isso, houve um esforço maior em diferenciar as unidades, por meio da legenda, de modo a tornar favorável a comunicação cartográfica com órgãos responsáveis pelo gerenciamento da área.

Mapear unidades de paisagem em superfícies urbanas é uma tarefa complexa. Embora possa parecer intuitiva, é uma questão que ainda precisa ser mais bem trabalhada e discutida em termos de bibliografia. Um dos principais entraves dessa pesquisa foi de elaborar um raciocínio tipológico que fosse capaz de indicar onde se começa e onde termina uma unidade que partilhe certa similaridade de feições de relevo e construções urbanas. O motivo disso é a desconexão entre esses elementos, quando uma mesma unidade de relevo pode derivar inúmeras formas diferentes de ocupação humana. O resultado disso é um detalhamento muito refinado para áreas razoavelmente grandes, o que torna a tarefa de organizar paisagens um processo exaustivo. Uma solução para isso pode ser um modelo de detalhamento de construções urbanas voltados para a realidade brasileira, uma vez que as maioria desses documentos derivam de fontes estrangeiras (como no caso do *Local Climate Zones*), que, embora tenham o

objetivo de serem modelos generalistas, acaba-se encontrando algumas barreiras quando o objetivo é integrar essas descrições ao mapeamento de paisagens.

Por fim, ressalta-se aqui o mérito do profissional Geógrafo em lidar com pautas relacionadas à gestão ambiental. Por incluir em sua formação disciplinas voltadas à leitura do meio físico e humano, é o Geógrafo um profissional capaz de investigar, monitorar e diagnosticar os eventos que ocorrem na superfície terrestre. Dessa maneira, é uma vantagem grande inserir estudantes da graduação ou pós-graduação em projetos, firmando parcerias com órgãos – como no caso da CPRH, em Pernambuco – entrelaçando com êxito os objetivos acadêmicos e administrativos.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, Maria José de Oliveira. **Estudos sedimentológicos do estuário do Rio Timbó-PE**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.
- BERTRAND, Georges. Paisagem e Geografia Física Global. **Caderno de Ciências da Terra**, [S.l.], São Paulo, n. 13, 1972.
- CABRAL, Adilson Luiz. **Aspectos sócio-culturais e implicações ambientais das formas de uso e ocupação do espaço estuarino do Rio Timbó, Estado de Pernambuco, Brasil**. 2001. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Universidade Federal de Paraíba, João Pessoa, 2001.
- CAVALCANTI, Lucas Costa de Souza. **Cartografia de paisagens: fundamentos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.
- CAVALCANTI, Lucas Costa de Souza; CORREA, Antônio Carlos de Barros. Geossistemas e Geografia no Brasil. **Revista Brasileira de Geografia (RBG)**, Rio de Janeiro, v. 61, n.2, p. 3-33. 2016.
- CAVALCANTI, Lucas Costa de Souza. Perspectivas para classificação das paisagens do semiárido brasileiro. **II Gis Day UFPE**. Retratos da Geografia: olhares através das geotecnologias, Recife, p. 164-174, 2020.
- FIDEM. **Estudo geológico-ambiental do estuário do rio Timbó, município de Igarassu**. Recife: Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife, 1980.
- FONSECA, Sérgio de Mattos; DRUMMOND, José Augusto Leitão. Reflorestamento de manguezais e o valor do resgate para o sequestro de carbono atmosférico. **História, ciências, saúde**, Manguinhos, v. 10, n. 3, p.1071-1081, 2003.
- SILVA, Júlio César. SILVA, Victor Leonardo. Proposta de inclusão da restinga do pontal de Maria Farinha no território da APA Estuarina do Rio Timbó, Pernambuco. **Encontro de Meio Ambiente e Desenvolvimento (EDMA)**. [S.l.]: Itacaiúnas, 2020.

SIMENSEN, Trond.; HALVORSEN, Rune.; ERIKSTAD, Lars. Methods for landscape characterisation and mapping: a systematic review. **Land use policy**, [S.l.], v.75., p. 557-569, jun. 2018.

STEWART, Iain Douglas; OKE, Timothy Richard. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**. [S.l.], v. 93,p. 1879-1900, 2012.

SNYTKO, Valerian; SOBISEVICH, Alexey. Scientific path of Viktor Borisovich Sochava and his contributions for landscape analysis. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 41, n. 3, p. 1-7, 2020.

SOCHAVA, Viktor Borisovich. **Introdução à Teoria do Geossistema**. Novasibéria, Nauka, 1978.

SOCHAVA, Viktor Borisovich. O estudo de geossistemas. **Métodos em questão**, São Paulo, n.16, IGUSP. 1977.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977.

PAISAGEM URBANA: IMPACTOS NA CONFIGURAÇÃO E AMBIENTE URBANOS DECORRENTES DA FORMA DE APROPRIAÇÃO E OCUPAÇÃO DO ESPAÇO NA PROVÍNCIA DE LUANDA/ANGOLA

Khoky Sefo Maria BARROS

Aluno do Doutorado em Geografia (PPGEO) da Universidade Federal do Ceará, campus do
Pici

E-mail: sefobarros@gmail.com

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

Edson Vicente da SILVA

Docente do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará

E-mail: cacauceara@gmail.com

Orcid: <http://orcid.org/0000-0001-5688-750X>

José Tito MORAIS

Docente da Faculdade de Ciências Naturais da Universidade Agostinho Neto, Luanda-Angola

E-mail: josetitomoraes@hotmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-8049-9869>

Orlando Inácio JALANE

Aluno do Doutorado em Geografia (PPGEO) da Universidade Federal do Ceará, campus do

Pici

E-mail: ojalane@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5638-0311>

*Recebido
Julho de 2024*

*Aceito
Novembro de 2024*

*Publicado
Dezembro de 2024*

Resumo: As inundações em áreas urbanas geram impactos expressivos tanto na sociedade quanto no meio ambiente, especialmente em regiões com urbanização acelerada, como Luanda, Angola. Nas últimas décadas, a província passou por um intenso crescimento demográfico, impulsionado por movimentos migratórios e ocupações irregulares, resultando em vulnerabilidades crescentes. Este estudo analisou os efeitos do aumento populacional nas áreas suscetíveis a inundações ao longo de 40 anos, considerando os marcos de 1975, 2002 e 2022. A abordagem metodológica incluiu entrevistas, questionários, visitas a campo, uso de drones e análise de cartas cartográficas, complementada por ferramentas como QGIS 3.2 e software R para geoprocessamento e estatísticas. Os resultados apontam que o planejamento insuficiente e a ocupação de territórios ambientalmente frágeis ampliaram os riscos de alagamentos, ocasionando deslizamentos de terra, perdas materiais e até mesmo mortes. Esses fatores têm gerado uma redução significativa na qualidade de vida da população, refletida em indicadores socioeconômicos desfavoráveis. Além disso, a pressão urbana sobre áreas de risco compromete sistemas naturais de escoamento de águas pluviais, agravando os problemas relacionados às chuvas. A ausência de políticas públicas eficazes intensifica essas vulnerabilidades, tornando essencial a adoção de estratégias de planejamento urbano que incluem infraestrutura adequada, gestão territorial e educação ambiental. Este estudo reforça a necessidade de uma abordagem integrada e coordenada para mitigar os impactos das inundações e promover um desenvolvimento sustentável, capaz de transformar os desafios urbanos de Luanda em oportunidades para um futuro mais resiliente e equilibrado.

Palavras-chave: paisagem; vulnerabilidade; inundaçao; zonas urbanas; sociambiental.

URBAN LANDSCAPE: IMPACTS ON URBAN CONFIGURATION AND ENVIRONMENT ARISING FROM THE APPROPRIATION AND OCCUPATION OF TERRAIN IN THE PROVINCE OF LUANDA, ANGOLA

Abstract: Urban floods have significant impacts on both society and the environment, especially in regions experiencing rapid urbanization, such as Luanda, Angola. Over recent decades, the province has faced intense population growth driven by migration and informal settlements, leading to increasing vulnerabilities. This study analyzed the effects of population expansion in flood-prone areas over 40 years, focusing on the milestones of 1975, 2002, and 2022. The methodological approach included interviews, surveys, field visits, the use of drones, and cartographic analysis, supported by tools such as QGIS 3.2 and R software for geoprocessing and statistical analyses. The results highlight that inadequate planning and the occupation of environmentally fragile territories have heightened flood risks, causing landslides, material losses, and even fatalities. These factors have significantly reduced the population's quality of life, reflected in unfavorable socioeconomic indicators. Furthermore, urban pressure on high-risk areas has compromised natural drainage systems, exacerbating problems related to rainfall. The absence of effective public policies intensifies these vulnerabilities, making it essential to adopt urban planning strategies that incorporate proper infrastructure, territorial management, and environmental education. This study underscores the need for an integrated and coordinated approach to mitigate flood impacts and promote sustainable development, capable of transforming Luanda's urban challenges into opportunities for a more resilient and balanced future..

Keywords: landscape; vulnerability; flooding; urban areas; socio-environmental.

PAISAJE URBANO: IMPACTOS SOBRE LA CONFIGURACIÓN URBANA Y EL MEDIO AMBIENTE DERIVADOS DE LA FORMA DE APROPIACIÓN Y OCUPACIÓN DEL ESPACIO EN LA PROVINCIA DE LUANDA/ANGOLA

Resumen: Las inundaciones urbanas tienen impactos significativos tanto en la sociedad como en el medio ambiente, especialmente en regiones que experimentan una rápida urbanización, como Luanda, Angola. En las últimas décadas, la provincia ha enfrentado un intenso crecimiento poblacional impulsado por la migración y los asentamientos informales, lo que ha llevado a un aumento de las vulnerabilidades. Este estudio analizó los efectos de la expansión poblacional en las áreas propensas a inundaciones durante 40 años, centrándose en los hitos de 1975, 2002 y 2022. El enfoque metodológico incluyó entrevistas, encuestas, visitas de campo, uso de drones y análisis cartográfico, respaldado por herramientas como QGIS 3.2 y el software R para el procesamiento geoespacial y los análisis estadísticos. Los resultados destacan que la planificación inadecuada y la ocupación de territorios ambientalmente frágiles han intensificado los riesgos de inundaciones, provocando deslizamientos de tierra, pérdidas materiales e incluso muertes. Estos factores han reducido significativamente la calidad de vida de la población, lo que se refleja en indicadores socioeconómicos desfavorables. Además, la presión urbana sobre áreas de alto riesgo ha comprometido los sistemas naturales de drenaje, agravando los problemas relacionados con las lluvias. La ausencia de políticas públicas efectivas intensifica estas vulnerabilidades, lo que hace esencial adoptar estrategias de planificación urbana que incluyan infraestructura adecuada, gestión territorial y educación ambiental. Este estudio subraya la necesidad de un enfoque integrado y coordinado para mitigar los impactos de las inundaciones y promover un desarrollo sostenible, capaz de transformar los desafíos urbanos de Luanda en oportunidades para un futuro más resiliente y equilibrado.

Palabras clave: paisaje; vulnerabilidad; inundaciones; zonas urbanas; sociambiental.

INTRODUÇÃO

A ocupação desordenada de áreas urbanas emerge como um dos principais catalisadores da vulnerabilidade socioambiental de uma parcela significativa da população nas cidades angolanas. Nesse contexto, destaca-se a ameaça iminente das inundações. Nas últimas décadas, Angola tem testemunhado um aumento acentuado na frequência e na magnitude das inundações, afetando praticamente todas as regiões do país. Esse desafio preponderante é, em grande parte, atribuído ao processo desenfreado de ocupação das margens de rios e à crescente impermeabilização dos solos nas bacias urbanas (Hora; Gomes, 2009). Culminando na transformação das inundações em desastres que impactam anualmente milhões de pessoas, conforme dados fornecidos pela *International Disaster Databas*.

Diante dessa realidade alarmante, têm surgido discussões e debates sobre a necessidade de implementar medidas preventivas e estratégias de planejamento capazes de mitigar os impactos dos eventos extremos relacionados a inundações (Amaral; Ribeiro, 2009). Entre essas medidas, o mapeamento das áreas suscetíveis a inundações assume uma função crucial ao fornecer informações essenciais para a prevenção, o controle e a gestão eficaz das inundações

(Tucci; Bertoni, 2003). É importante, no entanto, reconhecer que o mapeamento das áreas de risco ou suscetíveis a inundações, por si só, pode não ser suficiente para compreender integralmente a dinâmica real e os impactos das inundações, uma vez que o potencial de danos também está intrinsecamente relacionado à vulnerabilidade socioeconômica das comunidades afetadas (Hogan, 2001).

Este estudo tem como propósito analisar a vulnerabilidade socioambiental na província de Luanda, focalizando na identificação e no mapeamento das áreas suscetíveis a inundações. Luanda é uma região de grande relevância industrial e tecnológica em Angola e passou por um período significativo de modernização nos setores industrial e agrícola nas últimas décadas INE (2014). O crescimento urbano dessa província esteve intimamente ligado à crise política e militar em Angola, a partir de 1975, que desencadeou a realocação de investimentos do setor agrícola para a construção civil. Esse deslocamento de recursos financeiros, aliado à extensa infraestrutura de transporte e à vocação da cidade como um centro comercial crucial, resultou na transformação de Luanda em um polo econômico de todo o país (Cano; Brandão, 2002).

Esse crescimento econômico acelerado conduziu a um processo rápido de urbanização e migração, porém, não foi acompanhado por uma expansão adequada dos serviços urbanos. Isso resultou em uma utilização desigual do espaço urbano, problemas relacionados ao fornecimento de água e tratamento de esgoto, ocorrências de inundações e questões de transporte, devido ao elevado fluxo de pessoas e mercadorias (Vitte, 2010). A província enfrenta eventos recorrentes de inundação, principalmente durante o período chuvoso, devido ao processo de expansão urbana que inicialmente ocorreu nas áreas planas de colinas e, posteriormente, ocupou as regiões de encostas e planícies aluviais que antes eram ocupadas por zonas de práticas agrícolas (Vitte, 2010). Portanto, é essencial compreender a problemática ambiental relacionada às inundações e identificar os distintos níveis de vulnerabilidade socioambiental existentes na região (Hogan, 2001).

Neste estudo, parte-se da premissa de que a vulnerabilidade socioambiental está intrinsecamente ligada ao potencial de risco de inundação nas áreas da província de Luanda. Assim, reconhecemos que há uma correlação entre a densidade populacional e sua estratificação em diversos estratos socioeconômicos. Além disso, é importante ressaltar que os aspectos pedo-geomorfológicos em uma área com clima tropical podem frequentemente desencadear eventos de risco associados a impactos sociais e ambientais (Tominaga, 2009).

METODOLOGIA

De acordo com Pelling (2003), a vulnerabilidade está intrinsecamente ligada à exposição ao risco e à capacidade limitada de prevenir ou absorver potenciais danos. Ele a classifica em três categorias: vulnerabilidade física (relacionada à infraestrutura física), vulnerabilidade social (associada ao sistema social, econômico e político) e vulnerabilidade humana (uma combinação das anteriores).

Uma abordagem mais concisa é apresentada pelo National Research Council (2006), que identifica dois principais tipos de vulnerabilidade: física e social. A vulnerabilidade física refere-se às ameaças às estruturas físicas, infraestruturas, meio ambiente e impactos econômicos. A vulnerabilidade social abrange as ameaças ao bem-estar e à normalidade da população, como mortes, ferimentos, necessidade de assistência médica e os impactos no funcionamento do sistema social devido à ocorrência de um desastre.

Concordamos com Barroca (2006) que as numerosas definições de vulnerabilidade são delineadas por seus aspectos específicos e dependem do tipo de estudo, da análise realizada e dos resultados pretendidos, bem como das características do perigo (fenômeno natural), da escala temporal e espacial e das particularidades do local de estudo.

Dessa forma, a adoção da abordagem de vulnerabilidade socioambiental permite a integração das dinâmicas sociais e ambientais, possibilitando a identificação de situações geográficas distintas, uma vez que as condições econômicas, sociais, políticas e culturais da população influenciam tanto a capacidade de absorver quanto de resistir aos impactos diante da materialização de um risco (Mendonça, 2016).

A análise dessa complexa problemática requer a utilização de uma ampla gama de variáveis, tornando essencial o emprego de técnicas e métodos adequados. Nesse contexto, a análise espacial se funde com a temática da vulnerabilidade socioambiental, emergindo como uma ferramenta para reestruturar e espacializar a integração de dados, visando à distribuição espacial e à identificação de padrões (Rosa, 2011). A análise espacial possibilita a representação de fenômenos físicos, ambientais e antrópicos, fornecendo, assim, uma contribuição valiosa para a compreensão das interações e dos processos de ocupação e transformação do espaço.

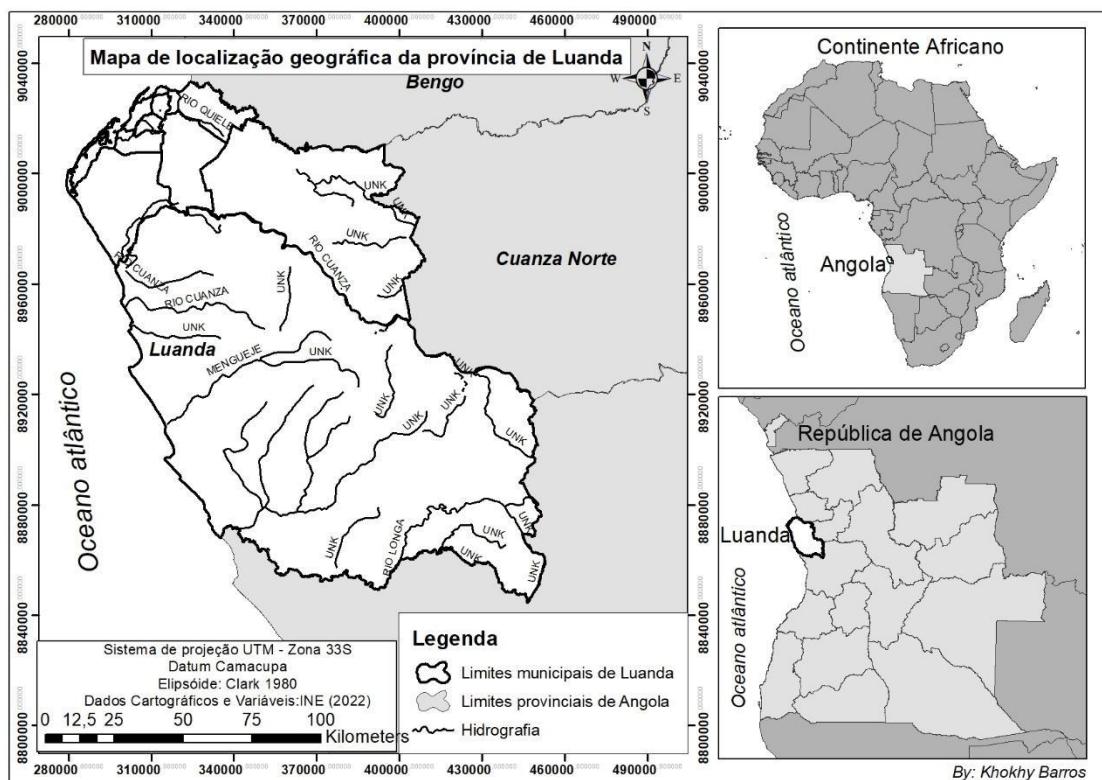
MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de Estudo

Para o estudo de caso desenvolvido, utilizou-se um recorte geográfico da região da província de Luanda, capital de Angola, que está localizada entre as latitudes 8°40'35''S e 9°20'25''S e longitudes 12°59'18''E e 13°38'53''E. Esta província situa-se na zona litoral,

sendo limitada geograficamente pela província do Bengo ao Este e o Oceano Atlântico a Oeste. Apresenta uma superfície territorial de 18 826 Km², ficando situada na zona de drenagem fluvial da Bacia Hidrográfica do Baixo Cuanza, ambiente de deposição dos sedimentos fluviais depositados pelo rio Cuanza, que é maior rio de Angola. Segundo o INE (2014), a população de Luanda era estimada em 6.945.386 pessoas, sendo 44% do género masculino e 56% do género feminino. Luanda possui nove municípios delimitados geograficamente, sendo o município de Luanda, Belas, Cacuaco, Viana, Cazenga, Kilamba Kaxi, Icole Bengo, Quissama e Talatona como ilustra a Figura 1.

Figura 1 – Mapa de localização geográfica da área de estudo



Fontes: INE (2022). Organização e Elaboração: Khokhy Barros (2023).

O território em questão encontra-se em uma região de transição entre duas unidades morfoestruturais distintas. A maior parte da área está localizada na Depressão Periférica de Luanda, caracterizada por um relevo predominantemente plano, especialmente na região costeira. A cidade em si está localizada em uma área de baixa altitude, com terreno relativamente plano. No entanto, existem algumas áreas mais elevadas e colinas ao redor da cidade, o que contribui para certa variação no relevo. A região costeira é marcada por terrenos mais planos, enquanto áreas mais distantes podem apresentar terrenos mais acidentados e elevados.

Procedimentos metodológicos

Inicialmente, construiu-se o referencial teórico a partir da análise de relatórios, livros, teses, dissertações, artigos científicos, entre outros, conforme a orientação de Marconi e Lakatos (2007). Este levantamento bibliográfico sobre a problemática abordada permitiu estabelecer e delimitar uma base referencial sólida, capaz de direcionar a trajetória da pesquisa.

Na sequência, foi efetuado um mapeamento da área de estudos. Para a confecção dos mapas, utilizou-se *software* de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), *QGIS 3.2*. Em todos os mapas, foram empregadas as bases cartográficas (*shapefiles*), disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) de 2019 (limites de Angola, das Regiões, Municípios, entre outros). Houve a configuração e padronização do sistema de referência, e aplicado: o Sistema Geodésico Angolano (Camacupa). As *shapefiles* dos dados geomorfológicos, pedológicos, geomorfológicos e de vegetação são disponibilizados pelo Instituto Geodesico e Cadastral de Angola (IGCA), na escala de 1:100.000. Os mapas são recursos de comunicação e linguagem, formados pelo tripé: cartógrafo, mapa e usuário. Com esse entendimento, construiu-se a intenção de cada mapa elaborado. Para confeccioná-los, lançou-se mão de sinais, símbolos e cores específicas, sendo que cada mapa possui suas especificidades qualitativas e quantitativas. Assim, os mapas são utilizados para indicar os elementos espaciais e territoriais, a fim de permitir a cognição, análise, interação e comunicação.

A elaboração de um mapa de crescimento urbano, Figura 2, começa com a coleta de dados históricos e atuais sobre o desenvolvimento da área de interesse, abrangendo várias décadas para permitir uma análise temporal detalhada. Inicialmente, reunir-se imagens de satélite históricas disponível de 1978 a 2022, fotografias aéreas de atualizadas de 2020, mapas topográficos que documentem a evolução urbana ao longo dos anos de 1975 a 2022. Essas imagens e mapas foram obtidos a partir do banco de dados do INE, IGCA e IPGUL. Além disso, foi fundamental coletar dados socioeconômicos que complementem a análise espacial. Esses dados incluem censos populacionais 2014, que forneceram informações sobre o crescimento demográfico; registros de migração, que ajudaram a entender os movimentos populacionais e suas causas; e dados sobre uso e ocupação do solo, que revelam como diferentes áreas urbanas são utilizadas, como residenciais, comerciais e industriais. A infraestrutura urbana também deve ser mapeada, detalhando a rede de transporte, serviços públicos e equipamentos urbanos, além de políticas de planejamento urbano que influenciam diretamente o desenvolvimento e a expansão da cidade. A compilação e integração desses dados variados ofereceram uma base sólida para compreender as tendências históricas de crescimento urbano, identificar os principais fatores que impulsionaram esse crescimento e avaliar as consequências

socioeconômicas e ambientais. Esta fase inicial de coleta de dados foi essencial para garantir que o mapa de crescimento urbano seja fundamentado em informações abrangentes e precisas, permitindo uma análise robusta e detalhada do desenvolvimento urbano ao longo do tempo.

Para realizar um mapa de vulnerabilidade social urbana de Luanda, foram identificados indicadores socioeconômicos e demográficos relevantes, como renda per capita, acesso a serviços básicos, taxa de desemprego e condições de moradia. Esses dados foram obtidos de fontes do censo populacionais 2014, e registros administrativos, foram manipulados utilizando técnicas de georreferenciamento e interpolação espacial (*krigagem*) e interpolação por inverso do quadrado da distância, para permitir a análise de padrões espaciais e a criação de mapas temáticos. Em seguida, os dados georreferenciados foram integrados e visualizados em mapas que representam a distribuição espacial da vulnerabilidade social de Luanda. Técnicas de análise de cluster, a análise de agrupamentos espaciais (*Spatial Clustering*), foram aplicadas para identificar áreas de alta concentração de vulnerabilidade. Além disso, métodos estatísticos como análise de regressão espacial foi utilizada para modelar e entender as relações entre os diferentes indicadores de vulnerabilidade social.

Para realizar um mapa de risco socioambiental para inundações urbanas utilizando o *QGIS 3.2*, foi necessário coletar e preparar os dados necessários para análise. Isso inclui dados históricos de inundações, dados geoespaciais como imagens de drone (*Phantom Pro 4*) e satélite de alta resolução da GeoEye-1, que oferece imagens com detalhes de até 0,41 metros por pixel em modo pancromático e 1,65 metros por pixel em modo multiespectral. Este satélite é conhecido por sua capacidade de capturar imagens de alta qualidade e precisão, adequadas para diversas aplicações, incluindo monitoramento ambiental, planejamento urbano, agricultura de precisão e gestão de desastres. Para processar os dados no *QGIS 3.2*, comece-se na importação dos arquivos vetoriais e *raster* através do menu `Layer` > `Add Layer` para adicionar *shapefiles* ou imagens de satélite. Em seguida, utilize ferramentas de processamento como `Vector` > `Geoprocessing Tools` para operações vetoriais ou `Raster` > `Analysis` para dados raster. A realização de *buffers* em polígonos usa-se `Vector` > `Geoprocessing Tools` > `Buffer(s)`. Para análise espacial, explore opções como `Vector` > `Spatial Analysis Tools` para operações vetoriais e `Raster` > `Raster Calculator` para manipulações em dados *raster*. Ajustou-se as simbologia e estilos das camadas usando o painel de propriedades de camadas (`Layer Properties`) e, para produzir mapas finais, crie um novo layout de impressão em `Project` > `New Print Layout`. Finalmente, exporte seus resultados usando `Project` > `Save As Image` para mapas ou `Layer` > `Export` > `Save As` para camadas vetoriais ou raster em diferentes formatos de arquivo.

Em seguida, utilizando ferramentas e *plugins* disponíveis no *QGIS* 3.2, realizou-se a análise de vulnerabilidade. Técnicas como análise multicritério (MCA) são aplicadas para combinar variáveis como proximidade a cursos d'água, declividade do terreno, densidade populacional e infraestrutura crítica. O *QGIS* 3.2, permitiu a criação de mapas temáticos que mostram áreas com diferentes níveis de vulnerabilidade às inundações, identificando locais onde a população e os recursos urbanos estão mais expostos aos riscos. Finalmente, a modelagem de risco foi realizada utilizando modelos hidrológicos e hidrodinâmicos disponíveis no *QGIS* 3.2. Isso inclui a simulação de cenários de inundaçao com base em diferentes condições meteorológicas e eventos extremos, utilizando *plugins* como o `Flood Simulation` e `Hydrology Tools`. Os resultados da modelagem foram integrados aos mapas de vulnerabilidade para produzir um mapa de risco completo, que não apenas identifica áreas suscetíveis a inundaçao, mas também quantifica o potencial impacto socioambiental e orientou a tomada de decisões para mitigação de riscos e planejamento urbano sustentável. Este processo integrado no *QGIS* 3.2, permitiu uma análise robusta e detalhada do risco socioambiental de inundaçao urbana de Luanda, fornecendo às autoridades locais e planejadores urbanas informações cruciais para a gestão de emergências e o desenvolvimento de políticas públicas eficazes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do crescimento urbano da província de Luanda é complexa e abrange diversos aspectos, incluindo o crescimento demográfico, expansão territorial, mudanças na infraestrutura, impacto ambiental e desigualdades sociais. O início desse crescimento remonta à fundação da cidade como litorânea portuguesa em 1576, com um projeto inicial para 500 mil habitantes. Com a independência de Angola em 1975 desencadeou um grande fluxo de migrantes de outras regiões do país, levando a um crescimento populacional descontrolado e à desconfiguração da estrutura urbana de Luanda. Os dados da Tabela 1, destacam a intensidade desse crescimento ao longo do tempo.

Tabela 1 - Crescimento e ocupação urbana da população na província de Luanda.

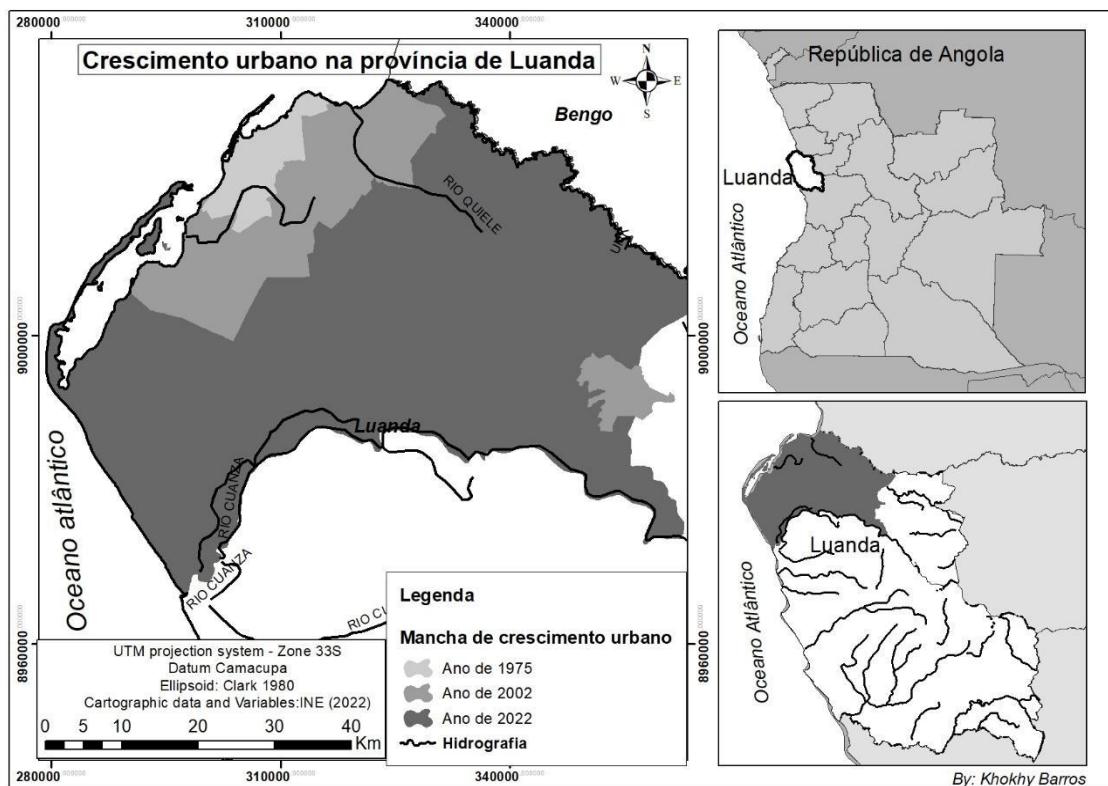
Ano	Nº populacional	Taxa de crescimento na zona urbana % >10	Ocupação territorial % > 100
1975	350.000	1.3	25
2002	1.222.408	2.6	45
2022	8.450.983	5.8	75

Fonte: INE (2023), Elaboração: Khokhy Barros (2023).

Durante o período que compreendeu a independência em 1975 até a fase de aclamação do fim da guerra civil em 2002, houve um notável impulso no processo de expansão da área urbana na província de Luanda. Durante esse período, a taxa de crescimento da população na zona urbana aumentou de 1,3% para 2,6%, e a ocupação do território da província de Luanda cresceu de 25% para 45%. Com a conquista da paz, houve um influxo significativo de pessoas de outras partes de Angola para Luanda, em busca de segurança e condições de vida melhores.

O rápido crescimento populacional que ocorreu de 2002 a 2022, resultando em uma ocupação desordenada das áreas urbanas. A taxa de ocupação das zonas urbanas aumentou significativamente, passando de 2,6% para 5,8%, o que levou ao surgimento de áreas periurbanas na principal província de Angola. Esse fenômeno representa um crescimento urbano descontrolado e exponencial, caracterizado pela falta de planejamento territorial adequado. Como resultado, houve uma carência generalizada de infraestrutura urbana e uma degradação dos serviços sociais, como ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Mapa do crescimento urbano na província de Luanda



Fonte: INE (2022). Organização e Elaboração: Khokhy Barros (2023).

O crescimento populacional que derivou da desestruturação das zonas urbanas em Luanda resultou em mudanças negativas na organização, infraestrutura e funcionamento dessas áreas. Isso é frequentemente associado a problemas sociais, ecológicos e ambientais que afetam

a qualidade de vida dos habitantes. Uma das principais causas dessa desestruturação foi a ocorrência frequente de inundações devido às fortes chuvas, que danificaram as infraestruturas urbanas. A falta de investimento na manutenção e melhoria de elementos como estradas, calçadas, transporte público e redes de abastecimento de água e energia também contribuiu para a deterioração das condições urbanas em Luanda.

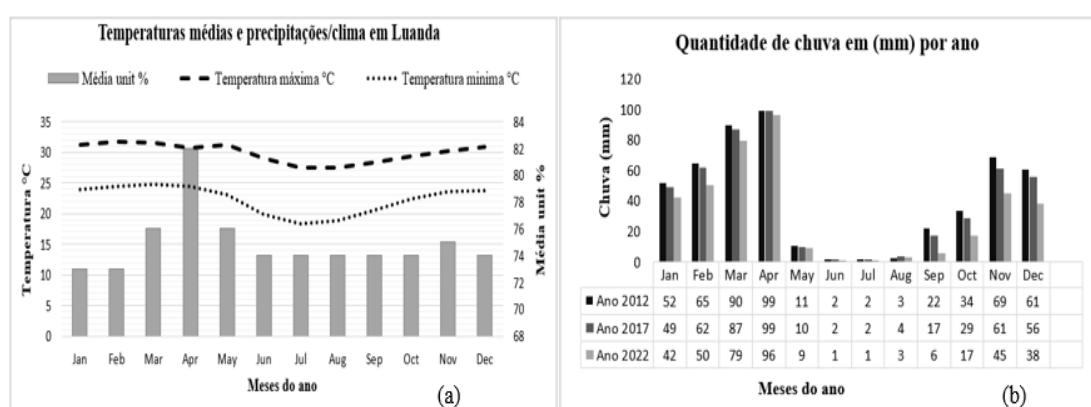
A província de Luanda recebe uma precipitação média anual de 387 mm devido à sua localização em uma zona temperada. Isso resulta em chuvas intensas ao longo do ano, tornando difícil definir estações distintas. Os meses mais chuvosos são janeiro, fevereiro, março, abril, setembro, outubro, novembro e dezembro, enquanto maio, junho, julho e agosto são considerados secos, com pouca ocorrência regular de chuvas, como mostrado no Gráfico 1-a.

As temperaturas médias em Luanda variam geralmente de 20°C a 25°C durante todo o ano. As chuvas são fortemente influenciadas pela estação, com a estação chuvosa trazendo uma quantidade significativa de precipitação. É importante observar que as condições climáticas podem variar de ano para ano, e os dados mencionados são baseados em médias históricas e padrões climáticos.

As áreas urbanas desempenham um papel relevante nas mudanças climáticas devido ao fenômeno conhecido como "Ilha de Calor Urbano". Isso ocorre quando as cidades têm temperaturas mais elevadas do que as áreas rurais circundantes devido à absorção e retenção de calor por estruturas urbanas, como edifícios e estradas. Esse fenômeno também pode ser observado em algumas partes de Luanda.

O Gráfico 1-b, apresenta um estudo temporal das precipitações ao longo dos anos de 2012, 2017 e 2022, fornecendo uma análise detalhada das variações na quantidade de chuva em uma determinada área.

Gráfico 1 - Temperatura médias e precipitação/clima e quantidade de chuva em Luanda.



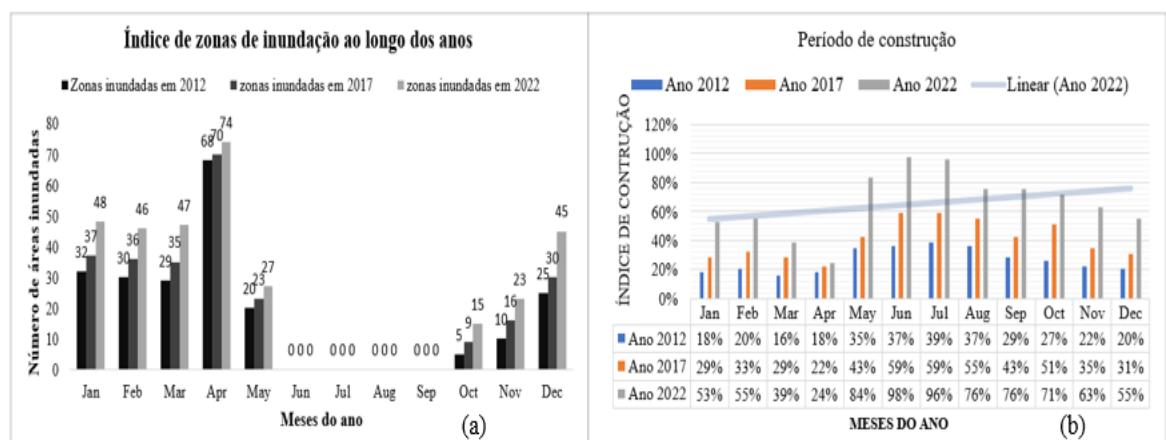
Fonte: INAMET (2023). Elaboração: Khokhy Barros (2023).

As flutuações climáticas em Luanda revelam padrões sazonais, tendências de longo prazo e eventos de chuvas intensas. Notou-se que o mês de Abril geralmente apresenta a maior quantidade de chuvas em milímetros, enquanto os meses de Janeiro, Fevereiro, Março e os meses de Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro são mais secos, com chuvas menos frequentes. O ano de 2022 registrou menos chuvas, possivelmente devido às atividades humanas que afetam o meio ambiente.

Para as populações urbanas de Luanda, a ocorrência de chuvas gera preocupação, variando de acordo com a situação específica e o contexto. A variação nos dias de chuvas ao longo de vários anos. Em 2012, os meses de Março e Abril tiveram cerca de 10 a 11 dias de chuva. Em contraste, 2017 teve uma redução significativa nos dias de chuva, com apenas 6 dias nos meses de Março e Abril. Já em 2022, o período chuvoso foi mais curto, com uma média de 2 dias de chuva nos meses normalmente mais chuvosos.

As chuvas desempenham um papel fundamental na formação e transformação da paisagem em Luanda ao longo do ano. A quantidade, distribuição e sazonalidade das chuvas influenciam diretamente a aparência e a composição da paisagem, bem como a formação de áreas propensas a inundações devido ao acúmulo de água. Chuvas intensas e frequentes em Luanda geram sérios problemas para a população, uma vez que contribuem para a formação de rios, riachos e córregos, resultando em inundações que afetam a malha urbana. A quantidade de água das chuvas determina o volume e a velocidade desses corpos d'água, moldando a topografia local. Quando as chuvas são intensas ou prolongadas, a quantidade de água pode exceder a capacidade dos sistemas de escoamento, como bueiros, galerias pluviais e valas de infiltração, resultando no acúmulo de água nas ruas e áreas de baixa altitude, conforme mostrado no Gráfico 2-a.

Gráfico 2 - Índice de zonas com inundações ao longo dos anos a província de Luanda



Fonte: INAMET (2023), Elaboração: Khokhy Barros (2023).

A falta de infraestrutura de drenagem adequada nas áreas urbanas de Luanda tem dificultado o escoamento eficiente da água da chuva. Além disso, o desmatamento, a impermeabilização do solo devido à pavimentação e o aumento da urbanização reduzem a capacidade do solo de absorver a água, levando ao aumento do escoamento superficial e, consequentemente, ao risco de inundações. Estes eventos climáticos extremos, têm contribuído na degradação ambiental da orla costeiras e aumentando a vulnerabilidade social das populações que vivem nas áreas urbanas da cidade de Luanda.

No que diz respeito à faixa etária dos entrevistados, a amostra apresentou pessoas com idades entre 10 e mais de 60 anos, e foram agrupadas em faixas de 10 a 18 anos, acima de 18 a 30 anos, acima de 30 a 40 anos, acima de 40 a 50 anos, acima de 50 a 60 anos e mais de 60 anos. A maioria dos entrevistados tinham entre 30 e 40 anos, seguida por pessoas de 40 a 50 anos. No entanto, também houve uma quantidade significativa de entrevistados com menos de 18 anos, indicando que o problema abrange todas as faixas etárias da sociedade.

Entre as variáveis sociais consideradas no estudo, a ocupação dos entrevistados foi um dos principais focos. A maioria dos entrevistados (67,1%) estava empregada, superando as expectativas iniciais da pesquisa. Em segundo lugar, estavam os estudantes (34,3%), seguidos por aqueles que relataram realizar outras atividades (7,7%). Aqueles que declararam não estudar e não trabalhar representaram 3,4% dos entrevistados. A maioria dos entrevistados (63,8%) afirmou ter mudado de bairro em algum momento, destacando a alta mobilidade da população na província de Luanda.

A construção de casas ou edifícios tende a ser mais comum durante os períodos de pouca chuva ao longo do ano, já que essas épocas oferecem condições de trabalho mais favoráveis. Em Luanda, a falta de chuvas cria um ambiente propício para a construção, facilitando escavações, preparação do terreno e outros trabalhos relacionados à construção. Isso também ajuda a reduzir os atrasos causados por condições climáticas adversas. O Gráfico 2-b, destaca que os meses de Maio, Junho, Julho e Agosto registram níveis mais altos de construção, em comparação com outros meses mais secos. Além disso, ao longo dos anos, observa-se um aumento no número de construções nas áreas urbanas.

O crescimento das zonas urbanas na província de Luanda tem sido uma tendência significativa e complexa. A zona urbana em desenvolvimento, muitas vezes experimentam um rápido crescimento populacional devido a uma combinação de migração rural-urbana, taxas de natalidade mais altas e outros fatores socioeconômicos. Isso leva a um aumento na demanda por habitação, serviços e infraestrutura. Foi visto no ano de 2022, que a taxa de crescimento de construções, subiu significativamente no mês de Junho a 98% e 96% no mês de Julho.

Na província de Luanda, o impacto da degradação ambiental é extremamente agravante, suscitando uma análise concreta da paisagem atual ao longo das áreas urbanas. Esses impactos ambientais ocorrem tanto de maneira direta quanto de forma indireta, como é demonstrado no Quadro 1.

Quadro 1 - Impacto de desmatamento na província de Luanda.

Desmatamento	Impacto diretos	Impacto indiretos
	Perda da biodiversidade	- Redução da fauna silvestre - Aumento de pragas
	Aumento da temperatura	- Modificações no regime de ventos e chuvas
	Aumento da erosão	- Turbidez de água - Diminuição da fotossíntese - Redução da ictiofauna - Perda de renda

Fontes: Elaboração: Khokhy Barros (2023).

Na província de Luanda, até 2022, cerca de 79,5% de toda a área desmatada correspondia a propriedades privadas, das quais 34,1% estavam situadas em zonas rurais. Além disso, 10,6% do desmatamento recaiu sobre o poder público, sendo que 8,9% das terras públicas não estavam designadas para ocupação. O desmatamento de áreas protegidas constituiu 6,3% do total, correspondendo a 1,2% nas Terras dos Nativos e 4,6% nas Unidades de Conservação Natural.

Até 2022, na província de Luanda, a maior parte do desmatamento, cerca de 79,5%, ocorreu em propriedades privadas, sendo que 34,1% delas estavam localizadas em áreas rurais. Além disso, aproximadamente 10,6% do desmatamento afetou terras públicas, com 8,9% dessas terras não sendo destinadas para ocupação. As áreas protegidas representaram 6,3% do desmatamento total, sendo 1,2% nas Terras dos Nativos e 4,6% nas Unidades de Conservação Natural. Nas proximidades das savanas da rede hidrográfica do rio Cuanza, a maior parte do desmatamento ocorreu em propriedades privadas, correspondendo a 73,1% e 52,9% respectivamente. Observou-se que os alertas de desmatamento estavam concentrados em vazios fundiários e a parte leste de Luanda registrou o maior aumento no desmatamento, afetando principalmente áreas privadas (84,2%), seguidas por áreas rurais (45,2%), terras públicas (37,8%) e áreas protegidas (29,2%). Nos últimos três anos, de 2018 a 2022, o desmatamento aumentou significativamente em todas as categorias fundiárias, enfatizando a importância

dessas áreas para a preservação ambiental. Os maiores aumentos ocorreram em vazios fundiários (84%), áreas públicas não destinadas (51%) e áreas privadas (41%).

O mapeamento de vulnerabilidade social revelou que as áreas do sul apresentam uma predominância das classes com Alta e Média Alta vulnerabilidade. Além disso, esse mapeamento permite quantificar a população que seria diretamente ou indiretamente impactada pela ocorrência do risco potencial em estudo (Tabela 2).

Tabela 2 - Análise multicritério ponderada

Mapas	Influência (%)	Classes	Escala de Valor
Índice de Vulnerabilidade Social	50	Alta	5
		Média-alta	4
		Média	3
		Média-baixa	2
		Baixa	1
Risco Potencial de Inundação	50	Alta	5
		Média-alta	4
		Média	3
		Média-baixa	2
		Baixa	1

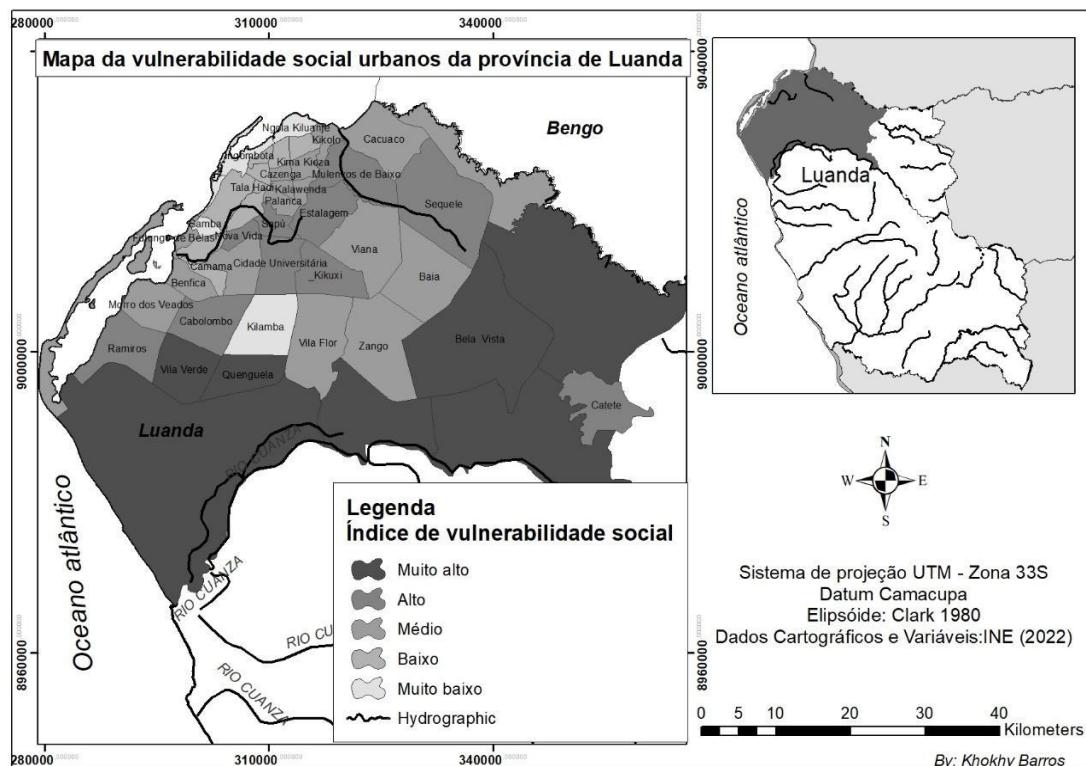
Fontes: Elaboração: Khokhy Barros (2023).

Os altos valores de vulnerabilidade social podem ser observados em toda província de Luanda, com uma concentração notável no setor sul da cidade. Essa configuração geográfica é resultado dos processos de urbanização que ocorreram desde os anos 1975, quando a industrialização começou a se desenvolver na região. No entanto, esse crescimento urbano não seguiu critérios técnicos de planejamento e careceu de orientações claras para o seu desenvolvimento. Um plano de modernização urbana foi implementado na década de 1980, mas as melhorias de infraestrutura e parcelamento de terras se concentraram principalmente no núcleo urbano, o que levou à valorização dessas áreas e ao deslocamento da população menos privilegiada para regiões mais distantes da cidade.

Nas décadas seguintes, houve um controle mais rígido do crescimento urbano. No entanto, a partir da década de 1990, devido ao aumento da atividade industrial e do crescimento populacional, Campinas experimentou um período de expansão mais intensa, mas os serviços e infraestrutura não acompanharam esse ritmo. Essa situação começou a ser abordada a partir dos anos 2000, com a elaboração e implementação de planos diretores municipais para melhorar a infraestrutura e o desenvolvimento urbano. A concentração de alta vulnerabilidade social no

setor sul de Luanda é resultado de um histórico de crescimento desordenado e desigual, impulsionado pela industrialização e pelo aumento populacional, mas que, ao longo do tempo, tem sido abordado por meio de planejamento urbano mais eficaz e políticas públicas de desenvolvimento (Figura 3).

Figura 3 – Mapa da vulnerabilidade social urbana da província de Luanda.



Fontes: INE (2022). Elaboração: Khokhy Barros (2023).

Foram consideradas várias variáveis que desempenham papéis essenciais nas diversas fases do macroprocesso de redução de risco de desastres, abrangendo desde a prevenção até a recuperação. Essas variáveis foram baseadas em dados do Censo de 2014 e apresentaram os seguintes indicadores que, a Densidade Demográfica (Peso: 15%): Este indicador avalia a concentração de pessoas em uma determinada área e desempenha um papel crucial na avaliação do risco de desastres, especialmente em áreas densamente povoadas. As Condições de Habitação e Infraestrutura (Peso: 45%): Esse é um fator crítico, pois as condições das habitações e a infraestrutura disponível desempenham um papel fundamental na mitigação dos riscos de desastres e na resposta a eles. A Estrutura Etária (Peso: 5%): A composição etária da população pode influenciar a capacidade de resposta e recuperação após um desastre. Por exemplo, uma população com uma proporção significativa de idosos ou crianças pode ter necessidades especiais. A Educação e Estrutura Etária (Peso: 10%): A educação desempenha

um papel importante na capacidade das pessoas de entender e responder aos riscos de desastres. A combinação com a estrutura etária ajuda a entender melhor as necessidades educacionais da população. A renda (Peso: 25%): A renda é um fator crucial que afeta a capacidade das pessoas de se prepararem para desastres, recuperarem-se deles e reduzirem os riscos. Populações de baixa renda podem enfrentar desafios adicionais. Essas variáveis foram ponderadas com base em sua importância relativa para a redução de riscos de desastres, contribuindo para a criação de um índice abrangente de vulnerabilidade social que pode informar políticas e estratégias de gerenciamento de desastres (Tabela 3).

Tabela 3 - Distribuição de área, população e rendimento médio nas classes do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental

IVsocioambiental	Área (km ²)	Área (%)	População	População (%)	Rendimento Médio (US\$)
Alta	88,11	11,09	191302	17,71	302,48
Média Alta	243,79	30,68	464489	43,00	510,89
Média	372,31	46,86	379717	35,16	1191,10
Média Baixa	77,05	9,70	38518	3,57	1405,78
Baixa	-	-	-	-	-
Não mapeado	13,31	1,68	6087	0,30	-
Total	794,57	100	1080113	100	-

Fontes: Elaboração: Khokhy Barros (2023).

A análise da distribuição espacial dos índices de vulnerabilidade revela um padrão distintivo em Luanda. As áreas classificadas como Média Baixa em vulnerabilidade são predominantemente encontradas no nordeste do município, abrangendo a Área de Proteção Ambiental (APA) de Luanda, bem como os municípios de Cazenga, Belas e Viana. Além disso, também se observam essas classificações em menor proporção nas áreas de cabeceiras de drenagem, com uma cota altimétrica superior a 600 metros.

Por outro lado, as áreas de Média vulnerabilidade estão distribuídas por todo o município, sendo menos frequentes na região sul. Na região sul, predominam as classes de Média Alta e Alta vulnerabilidade, devido ao alto índice de vulnerabilidade social. Isso ocorre porque as características físicas, assim como o risco potencial de inundação, assemelham-se às encontradas nas áreas adjacentes, principalmente na região central do município. É importante ressaltar que trechos da região oeste e norte também foram classificados como Média Alta e Alta vulnerabilidade, além de apresentarem um alto índice de vulnerabilidade social. Essas áreas estão inseridas nas planícies de inundação dos Rios Kwanza.

Tabela 4 - População e renda nas classes Alta e Média Alta vulnerabilidade socioambiental

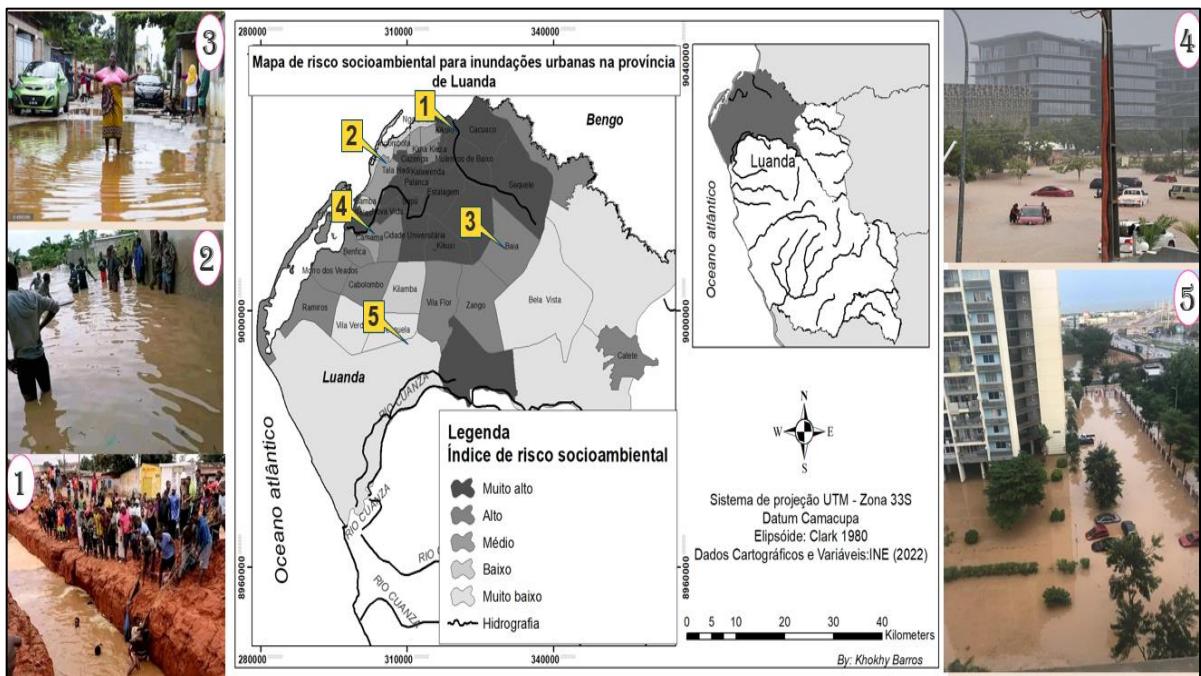
IVsocioambiental	Renda (US\$)	População (%)
Alta	≤ 120,00	73,21
	343,00 a 684,00	26,60
	685,00 a 1026,00	-
	≥1026,00	0,19
Média Alta	≤ 342,00	22,14
	343,00 a 684,00	64,31
	685,00 a 1026,00	7,83
	≥1026,00	5,72

Fontes: Elaboração: Khokhy Barros (2023).

A abordagem teórico-metodológica utilizada destacou que, além do risco potencial de inundação, as condições de vida da população, avaliadas pelos indicadores que compõem o Índice de Vulnerabilidade Social (IVsocial), desempenham um papel significativo no Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVsocioambiental). Isso significa que as áreas com população vulnerável, especialmente nas classes Alta e Média Alta do IVsocioambiental, estão localizadas em setores censitários onde a maioria dos residentes enfrenta uma alta vulnerabilidade social. (Tabela 4). Essas áreas também estão espacialmente associadas a zonas com alto potencial de ocorrência de inundações. Essa análise sistêmica ressalta a interconexão entre fatores sociais e ambientais na avaliação da vulnerabilidade da população. Além de considerar o risco ambiental, é essencial abordar as condições de vida das pessoas, uma vez que esses aspectos estão intrinsecamente ligados e podem influenciar significativamente a resiliência das comunidades frente a eventos de inundação (Figura 4).

Na província de Luanda, os impactos dos riscos socioambientais são amplos e variados, afetando tanto as comunidades humanas quanto o meio ambiente. Esses impactos podem se manifestar a curto ou longo prazo e têm implicações significativas na qualidade de vida das populações, afetando áreas como a saúde e a economia. Um exemplo notável desses efeitos é a poluição do ar, da água e do solo, que está associada a problemas de saúde pública em Luanda. Isso se reflete principalmente em doenças respiratórias, problemas de pele, intoxicação e um aumento substancial nas taxas de mortalidade, especialmente durante a temporada de chuvas.

Figura 4 – Mapa de risco socioambiental para inundações urbanas na província de Luanda.



Fontes: INE (2022). Elaboração: Khokhy Barros (2023).

Ao analisar os cenários apresentados na Figura 4, fica evidente que os processos que contribuem para o aumento dos índices de vulnerabilidade social estão diretamente relacionados aos níveis críticos de risco de inundaçāo destacados neste artigo. Esses processos consideram uma série de fatores sociais que foram mapeados nos setores censitários urbanos, onde a vulnerabilidade social e o perigo de inundaçāo interagem e se manifestam no contexto urbano de Luanda.

Classe de índice de risco socioambiental elevada, como retratada na imagem número um, destaca as chuvas que resultaram em trinta e cinco fatalidades no município do Cazenga. A principal causa das inundações é atribuída às construções anárquicas em locais inadequados, um fenômeno crescente em Luanda. Na categoria de índice de risco socioambiental alto, representada pela imagem número dois, as intensas chuvas desencadearam inundações na centralidade do Zango zero, afetando também outras regiões da província de Luanda. O desastre resultou na perda de onze vidas e no desaparecimento de mais de treze pessoas, além de deixar milhares de famílias desabrigadas. Ilustrando o índice de risco socioambiental médio na imagem três, a avaria da bomba manual no sistema de drenagem das águas pluviais na "Vida Pacífica", distrito Urbano do Zango zero, ocasionou inundações em muitos edifícios após chuvas intensas em janeiro. No índice de risco socioambiental baixo, correspondente à imagem quatro, no município de Viana, entre os mais densamente povoados de Luanda, muitas pessoas

ficaram impossibilitadas de deixar suas casas devido à inundação causada pela falta de esgotos. Esse cenário agravou doenças transmitidas por mosquitos, como o paludismo. Por fim, na categoria de índice de risco socioambiental muito baixo, retratada na imagem cinco, as chuvas recentes na província de Luanda continuam a deixar diversas famílias desabrigadas. No Cazenga, várias famílias foram forçadas a abandonar suas casas devido às inundações, buscando refúgio nas residências de familiares e vizinhos.

Os resultados enfatizam que a vulnerabilidade das comunidades é agravada por um processo de urbanização que exclui muitos residentes, especialmente aqueles que vivem em bairros ao longo da Orla Costeira.

A importância de considerar a vulnerabilidade socioambiental em relação ao potencial de danos às populações humanas, como apontado por Olimpio e Zanella (2017). Além disso, destaca que outros estudos, como os de Freitas e Cunha (2013) e Freitas *et al.* (2015), também identificaram a predominância de fatores sociais na classificação da vulnerabilidade socioambiental. Sugere que, além das variáveis sociais, outros indicadores relacionados à exposição ao risco, como estrutura das edificações e tipo de pavimentação, podem ser incorporados aos modelos de identificação da vulnerabilidade, conforme sugerido por Birkmann *et al.* (2013). No entanto, ressalta que a seleção de indicadores deve simplificar a realidade para facilitar a compreensão do fenômeno estudado, seguindo a abordagem de (Haggett; Chorley, 1974).

Além disso, os dados sobre a distribuição da vulnerabilidade e da renda de Luanda, evidenciando que uma grande parte da população em áreas de alta vulnerabilidade possui renda baixa. Também destaca que diferentes classes socioeconômicas estão expostas ao risco, mas a classe de menor renda é mais vulnerável devido à maior densidade populacional em áreas de risco de inundação. Essa concentração populacional em áreas vulneráveis é atribuída ao histórico de desenvolvimento urbano de Campinas, que se expandiu a partir do centro da cidade e das vias ferroviárias em direção às áreas de vertente e fundos de vales ao longo das décadas, conforme observado por (Badaró, 1996).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aprofundando a investigação sobre os efeitos decorrentes do uso irregular do solo e os impactos socioambientais relacionados aos riscos crescentes de inundações, emerge uma realidade multifacetada que vai muito além das fronteiras da preocupação ambiental. A ocupação desordenada não apenas aumenta a exposição a eventos climáticos extremos, mas

também corroí os alicerces do desenvolvimento humano. Essa dinâmica desorganizada resultou em comunidades vulneráveis, não apenas diante das intempéries naturais, mas também privadas de acesso a recursos essenciais, como infraestrutura adequada, serviços de saúde e educação de qualidade. As consequências são profundas, estendendo-se para além dos danos materiais, impactando diretamente a qualidade de vida e o potencial de crescimento dessas populações.

Assim, a busca por soluções não pode ser limitada a medidas isoladas. Enquanto esforços imediatos para manejear o solo e implementar sistemas de alerta precoce são urgentemente necessários, uma abordagem verdadeiramente abrangente requer um olhar holístico para a promoção do desenvolvimento humano. Investir em infraestrutura resiliente é apenas o primeiro passo; paralelamente, são cruciais iniciativas que promovam a educação, a saúde, o emprego e a igualdade de oportunidades. Essas ações são a base para uma sociedade mais resistente não apenas aos desastres naturais, mas também aos desafios sociais e econômicos.

Políticas públicas integradas, sensíveis às necessidades locais e participativas, são a chave para a construção de comunidades resilientes e prósperas. Ao unir esforços na busca por um equilíbrio entre a preservação ambiental e o fortalecimento dos alicerces do desenvolvimento humano, é possível criar um futuro em que a mitigação dos riscos de inundações coincide com a elevação da qualidade de vida e do bem-estar para todos os habitantes. Essa jornada demanda não apenas a proteção do ambiente, mas também a valorização e o empoderamento das pessoas, pois é nessa união que reside a força para construir um futuro sustentável e inclusivo.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, R.; RIBEIRO, G. Mapeamento de áreas suscetíveis a inundações como ferramenta para o planejamento urbano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v. 2, n. 4, p. 621-633, 2009. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/56231>. Acesso em: 24 fev. 2024.
- BARROCA, B. [et al.]. Indicadores de vulnerabilidade em análise de risco de inundações. **Revista de Gestão de Águas da América Latina**, [S.l.], v. 3, n. 1, p. 22-37, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/XnLJNmdCCTdVpNJT8KzMGQK/>. Acesso em: 15 mar. 2024.
- BIRKMANN, J. [et al.]. Framework for analyzing the vulnerability of socio-ecological systems to environmental hazards. **Ecological Indicators**, [S.l.], v. 9, n. 3, p. 622-638, 2013.
- CANO, W.; BRANDÃO, A. P. M. Urbanização e desenvolvimento: o caso de Luanda. **Revista de Estudos Angolanos**, [S.l.], v. 5, p. 48-65, 2002.

HAGGETT, P.; CHORLEY, R. J. **Modelos em Geografia.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1974.

HOGAN, D. J. [et al.]. A vulnerabilidade socioambiental, a construção de riscos e os desastres "naturais": sobre a necessidade de questionar os conceitos e redefinir abordagens. **Ambiente & Sociedade**, [S.I.], v. 4, n. 8, p. 5-22, 2001.

HORA, M. A.; GOMES, L. C. Vulnerabilidade urbana às inundações na Província de Luanda. **Revista Angolana de Sociologia**, [S.I.], v. 7, p. 97-112, 2009.

INE. **Angola em números.** Luanda: Instituto Nacional de Estatística, 2014. <https://www.ine.gov.ao/>. Acesso em: 27 mar. 2024.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2007. Disponível em: https://docente.ifrn.edu.br/olivianeta/disciplinas/copy_of_historia-i/historia-ii/chinaeindia/view. Acesso em: 2 abr. 2024.

MENDONÇA, F. [et al.]. Vulnerabilidade socioambiental, redução de riscos de desastres e construção de resiliência: Lições do terremoto no Haiti. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, [S.I.], v. 18, n. 1, p. 65-78, 2016.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Facing hazards and disasters:** Understanding human dimensions. Washington, DC: The National Academies Press, 2006. Disponível em: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/11671/facing-hazards-and-disasters-understanding-human-dimensions>. Acesso em: 24 mar. 2024.

OLIMPIO, J. A.; ZANELLA, M. E. Vulnerabilidade socioambiental e riscos de inundações: Estudo de caso em áreas urbanas. **Revista de Geografia**, [S.I.], v. 31, n. 2, p. 203-218, 2017.

PELLING, M. **The vulnerability of cities:** Natural disasters and social resilience. Londres: Earthscan, 2003. Disponível em: <https://www.routledge.com/The-Vulnerability-of-Cities-Natural-Disasters-and-Social-Resilience/Pelling/p/book/9781853838309>. Acesso em: 10 fev. 2024.

ROSA, R. D. Análise espacial na gestão da vulnerabilidade socioambiental. **Geografia em Atos**, [S.I.], v. 1, n. 22, p. 142-155, 2011. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/anpege/article/view/6571>. Acesso em: 16 abr. 2024.

TOMINAGA, L. K. [et al.]. **Desastres naturais:** conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. Disponível em: <https://acervo.enap.gov.br/cgi-bin/koha/opacdetail.pl?biblionumber=41362>. Acesso em: 12 jan. 2024.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Urban flood management.** Curitiba: ABRH, 2003. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=4&LIVRO=123>. Acesso em: 9 mar. 2024.

VITTE, A. C. [et al.]. A dinâmica da ocupação urbana e os desafios para a gestão das águas urbanas em Luanda. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, [S.I.], v. 7, n. 1, p. 55-70, 2010.

AGRADECIMENTOS

À CAPES PRINT Proc. 88887.312019/2018-00: Tecnologias e métodos socioambientais integrados para a sustentabilidade territorial: alternativas para comunidades locais no contexto das mudanças climáticas; e Programa CAPES/FUNCAP Proc. 88887.165948/2018-00: "Apoio às Estratégias de Cooperação Científica do Programa de Pós-Graduação em Geografia –UFC." Ao LAGEPLAN -Laboratório de Geoecologia das Paisagens e Planejamento Ambiental, Universidade Federal do Ceará-UFC. Ao Instituto Superior Politécnico de Ndalatando, e o INAGBE pelo apoio que tem dada nos nossos trabalhos de investigação científica.

ANÁLISE POR SENSORIAMENTO REMOTO DA EROSÃO EM SISTEMAS COSTEIROS AMAZÔNICOS NO PERÍODO DE 1984 A 2024

Flávia Rabelo **MOCHEL**

Profa. Dra. Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Laboratório de Recuperação de Manguezais (LAMA/CERMANGUE) –
Departamento de Oceanografia e Limnologia – DEOLI, São Luís, MA, Brasil

E-mail: flavia.mochel@ufma.br

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

Fabrício Ferreira **BALTAZAR**

Diretor Geral, UEB Bandeira Tribuzzi

Secretaria Municipal de Educação, Paço do Lumiar, MA, Brasil

E-mail: fabricio.baltazar@hotmail.com

Deuzamir da Conceição Amorim **LIMA**

Doutoranda PRODEMA, Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Oceanógrafa do Laboratório de Recuperação de Manguezais (LAMA/CERMANGUE) –
Departamento de Oceanografia e Limnologia – DEOLI, São Luís, MA, Bras

E-mail: deuzamiroceano@gmail.com

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

Denilson da Silva **BEZERRA**

Prof. Dr. Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

E-mail: denilson.bezerra@ufma.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9567-7828>

Recebido

Dezembro de 2024

Aceito

Dezembro de 2024

Publicado

Janeiro de 2025

Resumo: Realizou-se a análise espaço-temporal da Ilha de Boa Vista de São João, litoral maranhense de Luís Domingues, para verificar as transformações ocorridas nos ecossistemas costeiros de 1984 a 2024, resultantes de processos erosivos. Para os mapeamentos foram utilizadas imagens Landsat 5-TM, 8-OLI e Sentinel 2, órbita-ponto 222-61, do município de Luís Domingues, nos anos 1984, 2015 e 2024. As imagens foram geoprocessadas com o

programa QGis 3.28.6. para produção de mapas e cartas temáticas. Os resultados revelaram que paisagem costeira é constituída por extensos manguezais, apicuns, marismas, praias, baías, estuários, rios, ilhas aluvionares, lagoas salobras, vegetação de terra firme, várzeas e restingas. Na Ilha de Boa Vista de São João, os ecossistemas principais observados foram manguezais, apicuns, praias e marismas. Os manguezais são o ecossistema predominante na paisagem, (90%), seguidos pelos apicuns (8%), marismas (1%) e praias/cordões arenosos(1%). A análise multitemporal das imagens revelou, entre 1984 e 2015, o desaparecimento de cordões arenosos, a redução nas dimensões de feições costeiras na Ilha de Boa Vista de São João. Nos anos de 1984, 2008 e 2011 as perdas de áreas foram verificadas em manguezais, apicuns, marismas e praias na Ilha de Boa Vista. Constatou-se a perda progressiva de manguezais: 488,160 ha em 1984; em 2015 a área compreendia 278,820 ha e, em 2024, a área restante contabilizou 242,901 ha. Em 2024 ocorreu aumento apenas nas áreas de praias e apicuns em consequência do processo de sedimentação. As mudanças nos ecossistemas costeiros contabilizaram, no total, uma área de 915,93 ha em 1984. Em 2015 essa área foi 539,55ha e, em 2024, a área aumentou para 751,949ha. Recomenda-se associar estudos locais, de campo, com análises de imagens de satélite de diferentes sensores para avaliar com maior precisão as alterações na zona costeira provenientes dos processos de erosão e deposição.

Palavras-chave: processos erosivos; mudanças ambientais; mapeamento costeiro.

REMOTE SENSING ANALYSIS OF EROSION IN AMAZONIAN COASTAL SYSTEMS FROM 1984 TO 2024

Abstract: A spatio-temporal analysis of the Island of Boa Vista de São João, on the coast of Luís Domingues, was carried out to verify the transformations that occurred in coastal ecosystems from 1984 to 2024, resulting from erosive processes. For the mappings, Landsat 5-TM, 8-OLI and Sentinel 2 images, orbit-point 222-61, of the municipality of Luís Domingues, in the years 1984, 2015 and 2024, were used. The images were geoprocessed with the QGis 3.28.6 program. for the production of maps and thematic charts. The results revealed that the coastal landscape consists of extensive mangroves, apicuns, marshes, beaches, bays, estuaries, rivers, alluvial islands, brackish lagoons, upland vegetation, floodplains and sandbanks. On the island of Boa Vista de São João, the main ecosystems observed were mangroves, apicuns, beaches and marshes. Mangroves are the predominant ecosystem in the landscape, (90%), followed by apicuns (8%), marshes (1%) and sandy beaches/ridges (1%). The multitemporal analysis of the images revealed, between 1984 and 2015, the disappearance of sandy cords, the reduction in the dimensions of coastal features on the Island of Boa Vista de São João. In the years 1984, 2008 and 2011 the losses of areas were verified in mangroves, apicuns, marshes and beaches on the island of Boa Vista. The progressive loss of mangroves was observed: 488,160 ha in 1984; in 2015 the area comprised 278,820 ha and, in 2024, the remaining area accounted for 242,901 ha. In 2024, there was an increase only in the areas of beaches and apicuns as a result of the sedimentation process. Changes in coastal ecosystems accounted for a total area of 915.93 ha in 1984. In 2015 this area was 539.55ha and, in 2024, the area increased to 751,949ha. It is recommended to associate local field studies with analysis of satellite images from different sensors to more accurately assess the changes in the coastal zone from erosion and deposition process

Keywords: erosive processes; environmental changes; coastal mapping.

ANÁLISIS DE TELEDETECCIÓN DE LA EROSIÓN EN LOS SISTEMAS COSTEROS AMAZÓNICOS DESDE 1984 HASTA 2024

Resumen: Se realizó un análisis espacio-temporal de la isla de Boa Vista de São João, en la costa de Luís Domingues, para verificar las transformaciones ocurridas en los ecosistemas costeros desde 1984 hasta 2024, como resultado de procesos erosivos. Para los mapeos se utilizaron imágenes Landsat 5-TM, 8-OLI y Sentinel 2, orbit-punto 222-61, del municipio de Luís Domingues, en los años 1984, 2015 y 2024. Las imágenes fueron geoprocесadas con el programa QGis 3.28.6. para la elaboración de mapas y cartas temáticas. Los resultados revelaron que el paisaje costero está conformado por extensos manglares, apicuns, marismas, playas, bahías, esteros, ríos, islas aluviales, lagunas salobres, vegetación de tierras altas, llanuras aluviales y bancos de arena. En la isla de Boa Vista de São João, los principales ecosistemas observados fueron manglares, apicuns, playas y marismas. Los manglares son el ecosistema predominante en el paisaje (90%), seguido de los apicunes (8%), las marismas (1%) y las playas/cordilleras arenosas (1%). El análisis multitemporal de las imágenes reveló, entre 1984 y 2015, la desaparición de los cordones arenosos, la reducción de las dimensiones de los accidentes costeros en la isla de Boa Vista de São João. En los años 1984, 2008 y 2011 se verificaron las pérdidas de áreas en manglares, apicunes, ciénagas y playas de la isla de Boa Vista. Se observó la pérdida progresiva de manglares: 488.160 ha en 1984; En 2015 la superficie era de 278.820 ha y, en 2024, el resto de 242.901 ha. En 2024 se registró un incremento solo en las áreas de playas y apicuns como consecuencia del proceso de sedimentación. Los cambios en los ecosistemas costeros representaron una superficie total de 915,93 ha en 1984. En 2015 esta superficie fue de 539,55ha y, en 2024, la superficie aumentó a 751.949ha. Se recomienda asociar los estudios de campo locales con el análisis de imágenes satelitales de diferentes sensores para evaluar con mayor precisión los cambios en la zona costera por los procesos de erosión y deposición.

Palabras clave: procesos erosivos; cambios ambientales; cartografía costera.

INTRODUÇÃO

A linha de costa varia ao longo do tempo devido a fatores como as oscilações do nível do mar, a dinâmica das praias e eventos extremos, como tempestades e seu posicionamento fornece vários indicadores (Valderrama-Landeros e Flores-de-Santiago, 2019) importantes para o monitoramento e planejamento da gestão costeira.

Mudanças morfológicas na região costeira causam alterações nos ecossistemas costeiros e comunidades, afetando a biodiversidade, a geodiversidade, a economia, a cultura e o bem-estar social (Basheer; Ahammed; Pandey, 2022; Barros *et al.*, 2020; Konko *et al.*, 2018). A erosão costeira pode causar o recuo do litoral, destruição de habitats e perda de terrenos, resultando em impactos socioambientais consideráveis ao redor do mundo pela perda da proteção conferida por ecossistemas como praias, manguezais e dunas, contra os efeitos de tempestades e furacões (Liang *et al.*, 2022).

Relatórios do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) tem mostrado que as alterações no clima atual advêm de aumentos de temperatura em escala global e consequente aumento para o nível dos mares. A crise climática tem sido um elemento que impõe desafios para mitigação e adaptação aos efeitos do avanço do nível médio do mar e às mudanças no regime de chuvas e estiagem. Esses desafios são específicos a cada localidade e podem representar perdas consideráveis para a biodiversidade e para os seres humanos (Kelleway *et al.*, 2017). A erosão costeira impõe problemas desafiadores, como perdas dos ecossistemas e seus serviços, de propriedades públicas e particulares, assim como prejuízos à economia e comunidades tradicionais. No litoral amazônico brasileiro a erosão tem causado danos e prejuízos socioambientais, apesar da intensa deposição por sedimentos estuarinos (Souza e Andrade, 2024).

Situada na porção tropical da América do Sul, a zona costeira do Estado do Maranhão é a segunda mais extensa do Brasil, com 640 km, com regime semidiurno de macromarés, de até 7 metros de altura, e uma dinâmica muito expressiva (El Robrini *et al.*, 2012). A costa maranhense possui característica transgressiva, controlada por flutuações do nível do mar, submetida à neotectônica distensiva e exposta à correntes velozes, ventos alíseos de NE, encontra-se, em boa parte, sob erosão (El-Robrini, *et al.*, 2012). No litoral ocidental do Maranhão, denominado Reentrâncias Maranhenses, as planícies costeiras são profundamente recortadas, formando longos estuários que se abrem em enseadas e baías. A ampla rede hidrográfica e elevados índices de chuvas favorecem a intensa deposição de sedimentos, formando extensas planícies lamosas. As precipitações máximas superam 2.500 mm por ano, apresentando duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa (Kjerfve *et al.*, 2002). As precipitações são principalmente resultantes do efeito do posicionamento da Zona de Convergência Intertropical próxima ao litoral e, também, das Linhas de Instabilidade advindas da circulação da brisa marinha da Guiana Francesa até as Reentrâncias Maranhenses (El-Robrini *et al.*, 2012).

A totalidade do litoral ocidental maranhense, inserido no litoral amazônico, ou Amazônia Costeira, está incluído na Área de Proteção Ambiental das Reentrâncias Maranhenses. Nessa região, interagem complexos geossistemas e ecossistemas onde predominam as exuberantes florestas de manguezais, estruturalmente bem desenvolvidas, com seus apicuns, contendo uma expressiva biodiversidade de fauna e flora, além de um mosaico de rios, igarapés, estuários, praias arenosas, dunas, restingas, marismas e matas de várzeas (Mochel, 2011). Esses ecossistemas costeiros geram emprego, renda e alimentos para os municípios da região. Em

suas áreas vivem e trabalham milhares de comunidades tradicionais, principalmente as de pescadores e remanescentes de quilombos. Por seus bens e serviços ecossistêmicos, o litoral ocidental maranhense foi decretado, também, como Sítio RAMSAR, por sua importância para as aves limícolas (Mochel, 2011). Há poucos impactos de origem humana nas Reentrâncias, considerando a baixa densidade demográfica nas áreas rurais e nas áreas insulares, comumente chamadas de “praias” pelas comunidades locais. Ainda assim, observa-se, nas sedes municipais, problemas com a falta de saneamento básico, a deposição de resíduos sólidos que são frequentemente queimados a céu aberto, e o desmatamento para construção de casas, cercas e postes. Merecem destaque os impactos naturais, que são as respostas aos eventos extremos como tempestades tropicais, salinização, erosão e assoreamento.

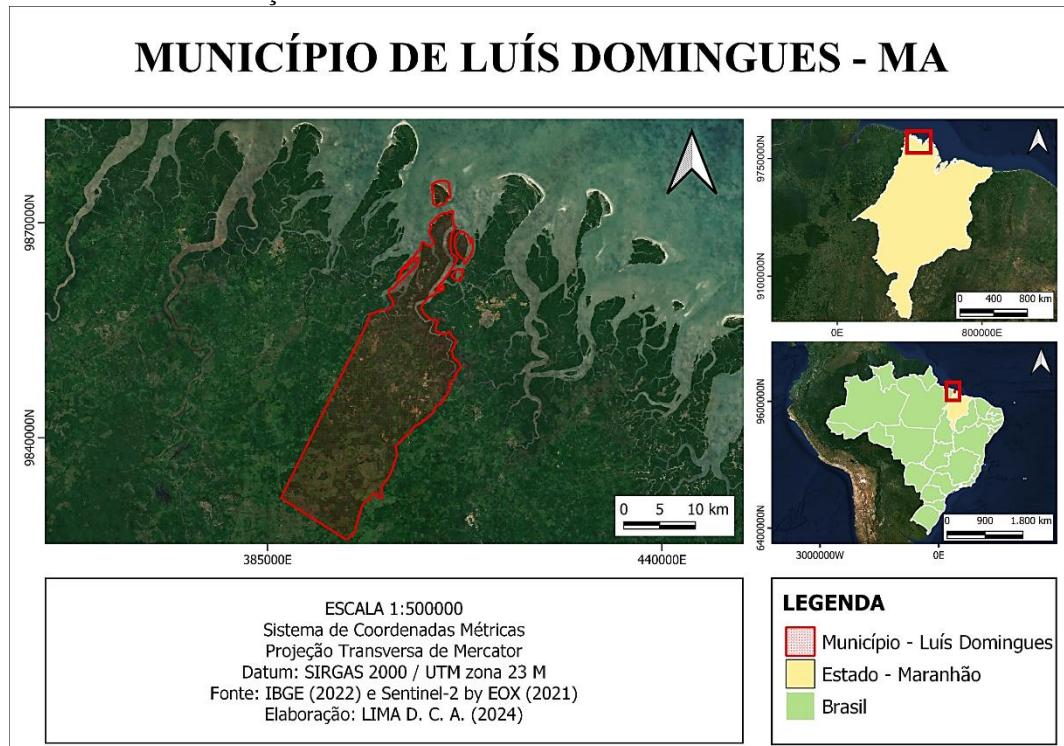
Realizou-se uma análise espaço-temporal na Ilha de Boa Vista, litoral ocidental maranhense do município Luís Domingues, para verificar as transformações ocorridas nos ecossistemas costeiros de 1984 a 2024, colocando em foco a vulnerabilidade socioambiental e a fragilidade dos ecossistemas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O município de Luís Domingues situa-se à noroeste do Estado do Maranhão, pertencente à região do Gurupi, localizado nas coordenadas $1^{\circ} 16' 4''$ S e $45^{\circ} 52' 22''$ W com uma área total de 464,057 Km² e uma população de 6.510 habitantes (IBGE, 2010). Englobando os Biomas Zona Costeira e Bioma Amazônico, esse município integra a Área de Proteção Ambiental (APA) das Reentrâncias Maranhenses e inclui parte da Reserva Extrativista (RESEX) de Arapiranga-Tromaí (BRASIL, 2018). Está delimitado ao norte pelo Oceano Atlântico, ao sul pelo remanescente da floresta Amazônica de terra firme, ao oeste pelo Rio Iriri-açu e a leste pelo Rio Tromaí. Suas bacias hidrográficas são a de Maracaçumé e Tromaí que correspondem a 5% do seu território, distribuídas em uma área de 21 km² (IMESC, 2009) e seus principais rios são o Iriri-açu, Barreiro, Igarapé-açu e Tromaí (Figura 1). O clima é quente e úmido com temperaturas que variam de 21 a 32°C ao ano, apresenta um período chuvoso mais intenso em março e abril com média de 450 mm.

Figura 1 - Localização do município de Luís Domingues nas Reentrâncias Maranhenses, na Área de Proteção Ambiental- APA das Reentrâncias Maranhenses



Fonte: IBGE (2022); Sentinel-2 by EO (2021). Organização: Os Autores (2024). Elaboração: LIMA, D. C. A. (2024).

De acordo com o CPRM (2012), a área que compreende ao manguezal é formada por solos aluvionares compostos de areias, pelitos e cascalho de depósitos fluviais recentes que datam da era Cenozóica e período Quaternário. São constituídos pelas areias de canais e pelitos de planícies de inundação e lagos de meandros abandonados (CPRM, 2001). Estas áreas sofrem influência das Unidades Suíte Intrusiva Tromaiá e do Grupo Aurizona, caracterizadas pela constante presença de veios de quartzo, por vezes auríferos, emprestando às unidades um significativo interesse econômico para as mineralizações auríferas primárias (CPRM, 2012). As principais atividades econômicas da região são a pesca artesanal de peixes, camarões, extração de caranguejos, ostras, sururus e turus, agricultura de subsistência e garimpo de ouro. O ouro é extraído nas localidades de Cavala e Pagão (Margem do Iriri-açu), Caxias, Serra Oca, Jacaré, Jabuti e Pedra de Fogo.

Atividades de campo e laboratório

O levantamento e análise de dados bibliográficos e de séries históricas foram realizadas nas Bibliotecas Central e Setoriais da Universidade Federal do Maranhão, em sítios eletrônicos

da WEB, na Diretoria de Hidrografia e Navegação, da Capitania dos Portos, no Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

Os trabalhos de campo foram realizados entre os anos de 2012 e 2014. Informações sobre o município de Luís Domingues foram obtidas com os moradores mais antigos, idade mínima de 40 anos, em todos povoados, servindo como referência histórica e de guia local. Todos os povoados do município foram percorridos por via terrestre e marítima registrando-se as informações acerca das alterações costeiras locais, bem como das dificuldades acarretadas por elas. Também foram reconhecidos os portos do município, e visitados, também os ecossistemas locais apicuns, praias, manguezais e marismas. Por via marítima, o município foi percorrido desde seu limite com Godofredo Viana e até o limite com Carutapera, com desembarques na Ilha da Boa Vista para obtenção de informações e coleta de dados em praias, manguezais e apicuns. Em ambos os municípios, os rios e cursos d’água navegáveis foram percorridos até o limite do calado da embarcação. Durante as campanhas realizou-se o georeferenciamento dos locais visitados e pontos de coleta utilizando GPS *Garmin eTrex 30*, e o registro fotográfico com câmera digital. Os mapeamentos para a análise espacial e multitemporal das unidades de paisagem de Luís Domingues, foram realizados com imagens Landsat 5-TM, 8-OLI e Sentinel 2, órbita-ponto 222-61 (Quadro 1).

Quadro 1 - Características das imagens LANDSAT e SENTINEL utilizadas na pesquisa no município de Luís Domingues, MA

ÓRBITA	PONTO	SENSOR	RESOLUÇÃO ESPECTRAL	RESOLUÇÃO ESPACIAL	BANDAS	DATA
222	61	5/TM	Multiespectral	30 m	3,4, 5	20/07/84
222	61	5/TM	Multiespectral	30 m	3,4 ,5	20/06/08
222	61	5/TM	Multiespectral	30 m	3,4 ,5	28/05/11
222	61	8/OLI	Multiespectral	30 m	2,3,4	2015
222	61	SENTINEL 2	Multiespectral	10 m	2,3,4	2024

Fonte: Autores (2024).

Para verificar as transformações ocorridas nos ecossistemas costeiros foi aplicada a classificação supervisionada por máxima verossimilhança em duas imagens raster de anos diferentes, 1984, 2015 e 2024 através da ferramenta Maximum Likelihood Classification (MAXVER) no ArcGis 10.5, utilizando 10 amostras para cada classe pré-determinada a partir da análise digital de imagem prévia. Foram treinadas 6 classes, dentre as quais: Mangue, Apicum, Marisma, Praia, Pluma de Sedimentos e Água. Após a classificação foi executada a ferramenta r.report para cálculo da área de cada classe em hectares e em quilómetros quadrados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As distintas unidades de paisagem presentes numa região indicam a existência de diferentes processos costeiros, continentais e muitas vezes antropogênicos, que devem ser considerados em conjunto, nas análises de ecossistemas e geossistemas, seja do ponto de vista da conservação, do manejo, da gestão, do planejamento ou dos impactos ambientais.

A paisagem costeira de Luís Domingues é composta por extensos manguezais, apicuns associados a marismas *Sporobolus virginicus*, *Batis maritima* e *Blutaparon portulacoides* (Figura 2) *Sesuvium portulacastrum*, *Eleocharis* spp., além de praias, baías, estuários, rios, ilhas aluvionares, lagoas salobras, vegetação de terra firme, várzeas, restingas e igarapés. As espécies de mangue da região são: *Rhizophora mangle* (mangue vermelho), *Avicennia germinans* (mangue negro), *Laguncularia racemosa* (mangue branco) e *Canocarpus erecta* (mangue-de-botão).

Figura 2 - Espécies de marismas observadas no litoral do município de Luis Domingues. (A) *Sporobolus virginicus*; (B) *Batis maritima* e (C) *Blutaparon portulacoides*



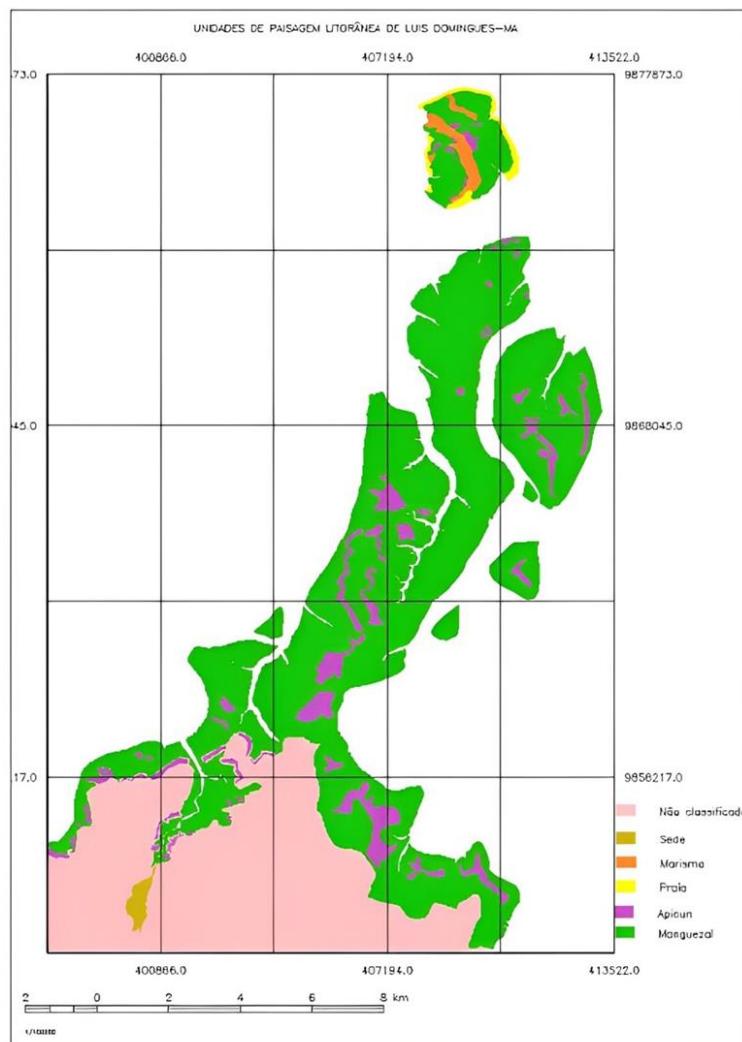
Fonte: Os autores (2024).

Os bosques de mangue compreendem uma sucessão de extensas zonas vegetacionais praticamente monoespecíficas, com fisiografia homogênea relativa (Mendes, 2005; Mochel, 2011). A dinâmica geomorfológica, sedimentológica e hidrodinâmica, agem intensamente na elaboração paisagística e as formações de “escada” (*Spartina* sp., *Laguncularia* sp., *Rhizophora* sp. e *Avicennia* sp.) e “paliteiro” (árvore adulta de *Avicennia* sp. e *Rhizophora* sp.) descritas por Mendes (2005) na costa paraense, também, são observadas em Luis Domingues.

O mapeamento realizado após a vetorização das unidades de paisagem mostrou que os apicuns localizados na porção continental do município de Luís Domingues eram numerosos e estavam distribuídos, em sua maioria, na interface médio/supralitoral, exercendo uma importante relação com os manguezais às margens dos rios Iriri-açu, Igarapé-açu e Tromai (Figura 3) . Nas ilhas, como em Boa Vista de São João, os apicuns se apresentavam, muitas

vezes margeados por marismas que formavam campos de marismas hipersalinos, onde se encontravam encontradas pequenas lagoas de água salobra (Figura 3).

Figura 3 - Mapeamento vetorizado das unidades de paisagem do município de Luís Domingues, Landsat-5/TM com passagem em 20/06/08



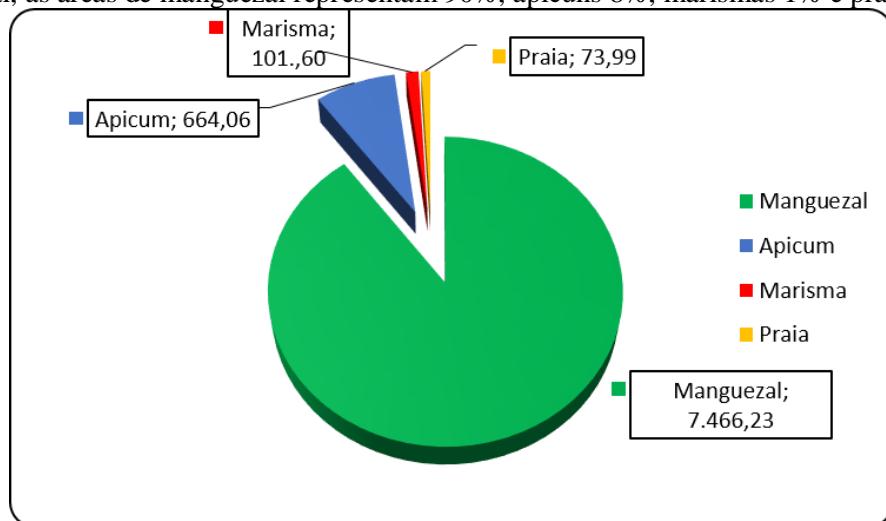
Fonte: Os autores (2024).

Praias e marismas foram mapeadas principalmente na Ilha de Boa Vista de São João. O mapeamento de manguezais mostrou que esses ecossistemas apresentam extensa distribuição no município seguido pelos apicuns. Em Luís Domingues, o mapeamento por segmentação de imagem gerou um número de classes satisfatórias para o mapeamento, demonstrando precisão na delimitação dos ecossistemas e na discriminação das marismas e apicuns. Antes desse processamento, os apicuns mostravam-se maiores do que realmente são, por estarem, muitas vezes, associados às áreas de marismas.

Os manguezais representaram o ecossistema predominante na paisagem, (90%), seguidos pelos apicuns (8%), marismas (1%) e praias/cordões arenosos (1%) (Figura 4). Os

apicuns localizados no continente eram numerosos e distribuídos, em sua maioria, na interface médio e supralitoral, exercendo uma importante relação com os manguezais às margens dos rios Iriri-açu, Igarapé-açu e Tromaí.

Figura 4 - Área total (ha) por unidade de paisagem, na zona costeira do município de Luís Domingues.
Em percentual, as áreas de manguezal representam 90%, apicuns 8%, marismas 1% e praias 1%



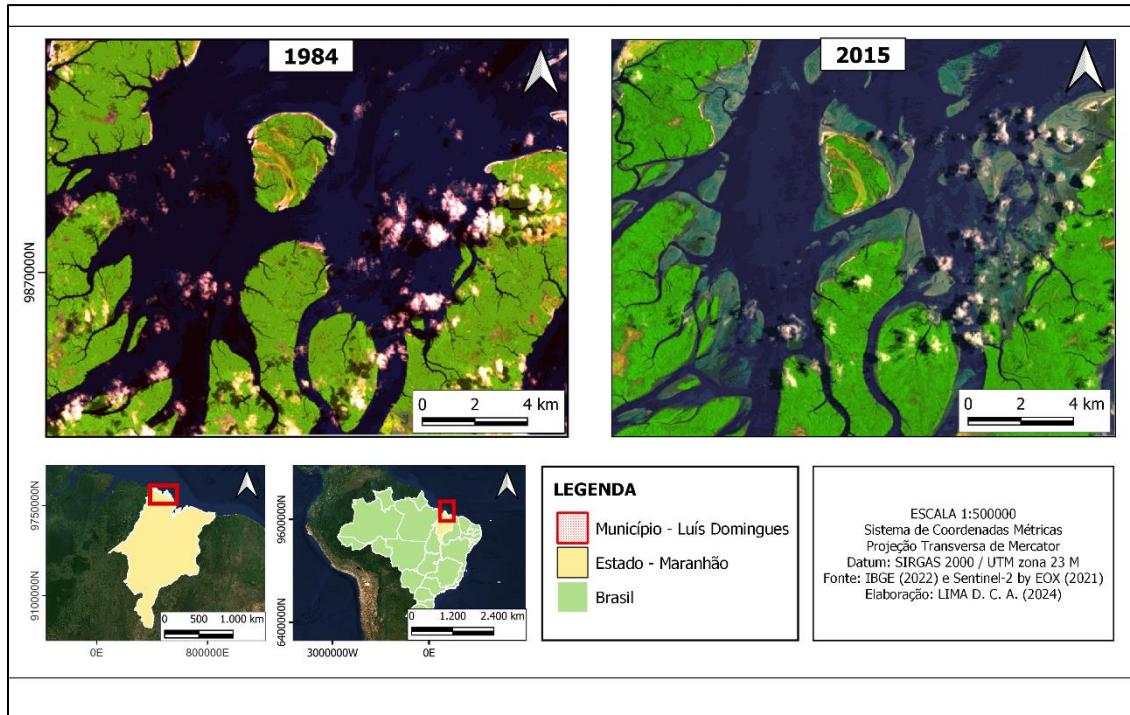
Fonte: Os autores (2024).

Os resultados mostraram um mosaico de ecossistemas intrinsecamente relacionados, identificando-se manguezais, apicuns, terra firme e praias onde suas funcionalidades, estrutura e relações com as demais unidades de paisagem dependem amplamente de sua conectividade.

A zona costeira é um sistema que se encontra num equilíbrio dinâmico, resultante da interferência de inúmeros fatores, quer sejam naturais quer sejam antrópicos, podendo ser chamada também de faixa litorânea, corresponde à zona de transição entre o domínio continental e o domínio marinho. É uma faixa complexa, dinâmica, mutável e sujeita a vários processos geológicos, físicos, químicos e biológicos. As ações das ondas, das correntes e das marés são importantes fatores modeladores, cujas consequências estão dispostas sob a forma de erosão ou deposição.

Em Luís Domingues, a análise multitemporal das imagens revelou, entre 1984 e 2015, as modificações fisiográficas marcantes foram o desaparecimento de cordões arenosos, a redução nas dimensões de feições costeiras como ilhas, e, em alguns lugares, o aumento de plumas de sedimentos nas águas estuarina e nas baías, com o surgimento de novos bancos de areia e lama (Figura 5).

Figura 5 - Alterações na fisiografia costeira ocorridas no município de Luís Domingues, destacando-se a Ilha da Boa Vista ao centro, nos anos de 1984 e 2015. Landsat 5 TM, 1984 (maré alta) e Landsat 8 OLI/TIRS, 2015 (maré baixa)



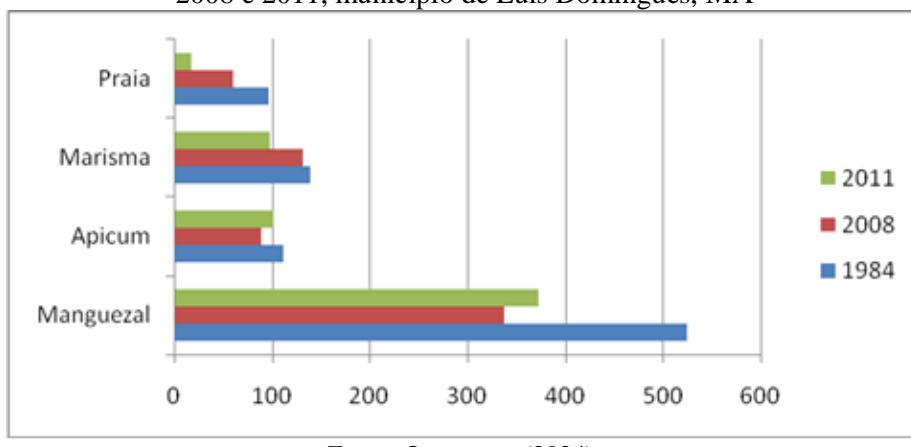
Fonte: IBGE (2022); Sentinel-2 by EO (2021). Organização: Os autores (2024). Elaboração: LIMA, D. C. A. (2024).

No mapeamento multitemporal é visível a erosão ou recuo praial (Figura 5), que se trata de uma dinâmica natural recorrente nas Reentrâncias Maranhenses. Segundo Suguio (2003) esse fenômeno é oriundo do balanço sedimentar resultante dos processos de acreção costeira, lavagem por tempestade, braços de maré, estruturas costeiras, processos eólicos, transportes costa afora e dos processos costeiros resultantes do regime de ondas, correntes de deriva litorânea, descarga fluvial, agradação ou incisão de vale, marés, ventos e tempestades. A erosão da linha de costa na área de estudo não é um caso local restrito, pois na literatura outros estudos podem ser citados como os realizados por Mendes (2005) na costa do Pará e Batista *et al.* (2009) na zona costeira dos cabos Cassiporé e Orange no Amapá e Nascimento (2009) em Macau no Rio Grande do Norte, dentre outros.

Na Ilha de Boa Vista é notável a transformação de 1984 a 2015 (Figura 5). Essas modificações estão relacionadas ao recuo da linha de costa e ao aumento e/ou diminuição de áreas de unidades de paisagem. No mapeamento do ano de 1984 há uma extensa faixa contínua de praia voltada para o Oceano Atlântico e a área da praia de Boa Vista é bem representativa (Figuras 5). Ao nordeste da ilha, observa-se um canal de maré de 375 m, que penetra na ilha e estreita gradativamente até o interior do mangue. No mapeamento de 2015 nota-se uma área

em intenso processo de erosão marinha no nordeste da ilha (Figura 5), o que representa uma perda, em comparação ao mapeamento de 1984, de aproximadamente 36,26 ha de manguezal. Nota-se, também, a redução da praia de Boa Vista, ao sul da ilha. Nos anos de 1984, 2008 e 2011 houve perdas de áreas de manguezais, apicuns, marismas e praias na Ilha de Boa Vista de São João (Figura 6). A oscilação na dinâmica costeira pode ser observada nos manguezais e apicuns que apresentaram redução de 1984 a 2008 e aumentaram de 2008 a 2011, apesar de sua área estar mais reduzida do que em 1984.

Figura 6 - Redução de áreas (ha) das unidades de paisagem na Ilha de Boa Vista nos anos de 1984, 2008 e 2011, município de Luís Domingues, MA

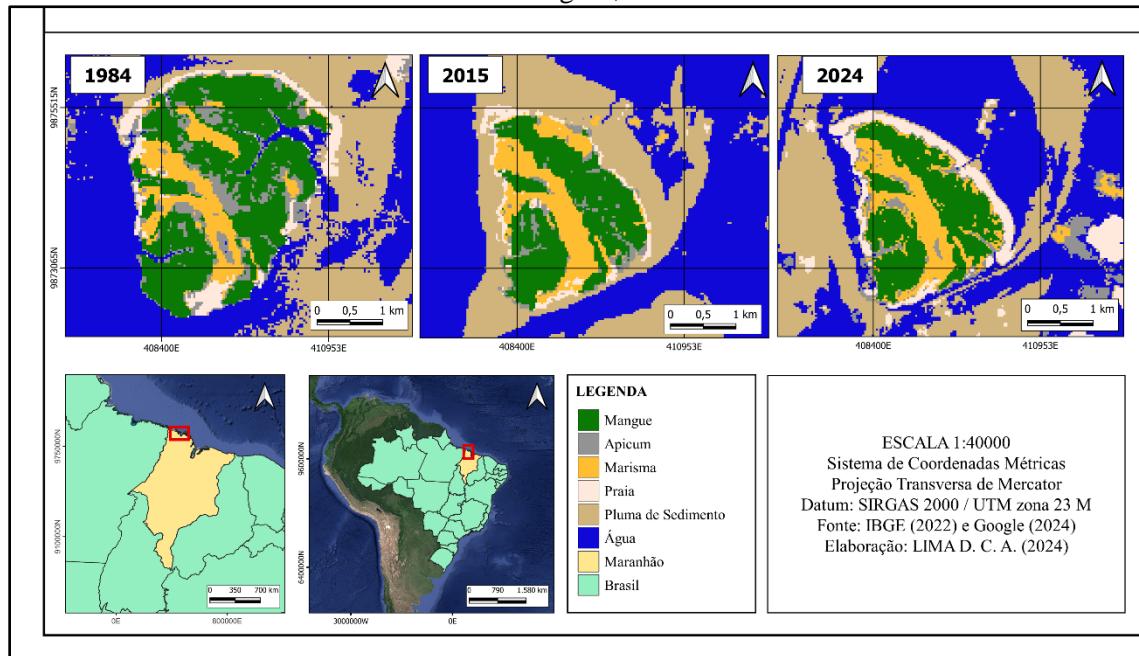


Fonte: Os autores (2024).

Uma das formas de erosão consideradas no presente estudo é resultante do desgaste provocado pelo impacto dos movimentos das ondas contra a costa. As formas de deposição são consequências da acumulação dos materiais arrancados pelo mar ou transportados pelos rios. Essa dinâmica é representada por uma evolução que aconteceu nestas áreas, onde ocorreram modificações, acumulações, desgastes e construções.

Nas Reentrâncias Maranhenses, as dinâmicas na linha de costa são direcionadas pela sedimentação e compactação tectônica, pelo aumento do nível do mar, ação das ondas, correntes e marés, pela provisão de sedimentos dos rios e pela dinâmica das atividades humanas sobre o espaço, o território, ao longo do tempo. Entre 2015 e 2024 observou-se outra transformação na zona costeira. A praia apresentou-se mais larga em 2024, do que em 2015 , evidenciando um processo de deposição no entorno dos cordões arenosos (Figura 7) .

Figura 7 - Transformações nas unidades de paisagem ocorridas na Ilha da Boa Vista, nos anos de 1984 e 2015. Landsat 5 TM, 1984 (maré alta) e Landsat 8 OLI/TIRS, 2015 (maré baixa), município de Luís Domingues, MA



Fonte: IBGE (2022); Google (2024). Organização: Os autores (2024). Elaboração: LIMA, D. C. A. (2024).

Quadro 2 - Modificações nas áreas das unidades de paisagem na Ilha de Boa Vista de São João, município de Luís Domingues, nos anos de 1984, 2015 e 2024

Unidades de Paisagem (Classe)	Ilha de Boa Vista de São João		
	Data	Área (ha)	
		1984	2015
Mangue	488,160	278,820	242,901
Apicum	172,710	50,130	116,045
Marisma	147,690	158,220	156,679
Praia	107,370	52,380	236,324
Área dos ecossistemas	915,93	539,55	751,949
TOTAL			
Pluma de sedimento	987,030	786,486	1.278,747

Fonte: Os autores (2024).

Esse fato parece indicar que, na Ilha de Boa Vista, o material erodido de determinados pontos acumulou-se em outros locais através das plumas de sedimento, constituindo pontos de depósito sedimentar, causando o aumento da feição praial e dos apicuns. A alternância entre erosão e deposição em diferentes partes de uma zona costeira ocorre mundialmente, a exemplo da costa amazônica, e são respostas à diferenças na dinâmica costeira (Barros *et al.*, 2024). Por

outro lado, o manguezal foi o ecossistema que apresentou a maior área perdida entre 1984 e 2024 (Quadro 2). Nas coletas de campo, observou-se que, nas áreas erodidas, o manguezal apresenta diversas árvores de baixo porte.

Ao longo do litoral da Costa Rica, entre 1986 e 2019, observou-se acreção relacionada à foz de rios e erosão intensa nas praias, baseando-se em imagens Landsat e no seu processamento com GIS "Digital Shoreline Analysis System" (DSAS) (Barrantes-Castillo & Keilor Ortega-Otaírola, 2023). A descarga de rios é um importante fator que contribui com sedimentos para a acreção da zona costeira (Valderrama-Landeros & Flores-de-Santiago, 2019; Liang *et al.*, 2022). Entretanto, em mapeamentos utilizando Landsat TM, Landsat OLI e GIS DSAS, foi identificada uma alta taxa de erosão em diversas bacias hidrográficas na costa da Índia, entre 1988 e 2018, revelando uma tendência de recuo da linha costeira (Sekar *et al.*, 2024). Outro estudo, analisando as alterações na zona costeira da Índia, também com imagens Landsat 30m de resolução espacial e GIS DSAS, verificou que 71% da costa estava estável mais de 16% em erosão, e mais de 12% em acreção, nos anos 2000 a 2020 (Pereira *et al.*, 2022). Na Ilha de Boa Vista não há expressivas bacias hidrográficas que possam depositar sedimentos em volume suficiente para justificar acreção observada entre 2015 e 2024. Esse fato, reforça o ganho dos sedimentos por fatores oceanográficos como ventos, deriva litorânea, entre outros atuantes sobre a pluma de sedimentos e bancos de areia nas águas em torno da Ilha de Boa Vista de São João.

De acordo com El Robrini *et al* (2012), há poucos trabalhos sobre o transporte de sedimentos costeiros no litoral maranhense e, nos trabalhos investigados por esses autores, há informações que, no litoral oriental maranhense a deriva litorânea de sedimentos apresenta um sentido único, de leste para oeste. As praias são influenciadas principalmente pelas correntes de deriva litorânea (correntes longitudinais), marés e correntes fluviais. A erosão das praias é acelerada quando o déficit de fornecimento de sedimentos é superior em relação à taxa de remoção. Muitos autores têm considerado o aumento relativo do nível do mar como a causa mais importante da a tendência à erosão das praias . Nas últimas décadas, a erosão ocorre em 70% das costas (Bird, 2008)

Boa Vista de São João está sujeita à fatores climáticos e oceanográficos presentes nas Reentrâncias Maranhenses como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), altas temperaturas do ar e elevados índices pluviométricos, ventos alísios de E-NE. Esses fatores parecem influenciar as alterações na remobilização de areias e plumas de sedimentos, assim como a energia de ondas geradas por ventos também contribuem com a morfodinâmica costeira

(Silva e Lima, 2016; Silva e Lima ,2017).Uma vez que erosão e sedimentação costeiras são processos muito dinâmicos e influenciados por um conjunto de fatores específicos, cujos cenários variam no tempo e no espaço, faz-se necessário estudo detalhado, dados locais, que aumentem a confiança nas ferramentas de previsões de respostas às mudanças climáticas (Masselink *et al* ., 2020; Pang *et al* ., 2023).

O grau de exposição à energia de ondas e marés, além de influenciar a ocorrência e a distribuição das comunidades biológicas do litoral, também é um indicador de vulnerabilidade à erosão costeira, como foi observado no litoral paraense (Negrão *et al.*, 2022). Considerando o grau de exposição à energia de ondas e marés, percebe-se que a costa de Luís Domingues é bastante vulnerável, o que implica em um maior grau de sensibilidade, logo, a área é menos sustentável em relação ao grau de exposição da costa e a capacidade de suportar as ações dos impactos naturais do ambiente (Figura 8). A exposição de uma costa ao mar e o potencial de formação das ondas determinam o impacto da energia das ondas sobre essa costa, fato que ocorre também no litoral norte fluminense (Machado *et al.*, 2024). As consequências das mudanças climáticas sobre a porção insular do município de Luís Domingues deve ser considerada, tanto em relação ao efeitos do aumento do nível do mar quanto alterações climáticas. É esperado que as taxas de erosão costeira aumentem mundialmente, ou até mesmo áreas que atualmente estão estáveis ou em acreção podem entrar em uma fase de erosão (Masselink *et al.*, 2020).

Figura 8 - Consequências do avanço do mar na Ilha de Boa Vista, município de Luis Domingues, MA, entre agosto e novembro de 2012



Fonte: Acervo Baltazar (2012).

A localização geográfica de Luís Domingues expõe esse município aos processos erosivos e sedimentares decorrentes da intensa dinâmica oceanográfica, especialmente a Ilha de Boa Vista de São João e demais ilhas.

A população de Luís Domingues, em sua maioria, está baseada em uma economia concentrada no litoral IBGE (2010). Na Ilha de Boa Vista identificou-se um conjunto de riscos socioeconômicos associados ao avanço do mar. A intensa dinâmica de erosão e assoreamento configura um elevado grau de sensibilidade ambiental. De acordo com Lima & Oliveira (2012), a feição mais típica do litoral, nessa região, é a praia, que é o conjunto de sedimentos depositados em constante movimentação, se ajustando às condições de ondas e marés sofrendo remodelagem constante.

O processo erosivo traz consigo o aumento da salinidade na água, acarretando efeitos adversos, como a retrogradação das florestas de mangue, a redução de dunas, a redução de habitats valiosos para plantas e animais e da produtividade costeira (Raha *et al.*, 2012). Esses processos acarretam forte influência sobre a população residente em ambientes litorâneos. Soluções de mitigação dos impactos da erosão costeira usadas no litoral amazônico são estruturas rígidas com baixa eficiência (Lopes e Andrade, 2024) algumas, porém, mostraram alguma proteção, retardando a erosão. Prejuízos em setores como pesca, habitação, abastecimento de água, assim como o déficit de informações técnico-científicas referentes ao município, ressaltam a relevância do conhecimento da dinâmica erosiva sobre a sustentabilidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os ecossistemas costeiros analisados, os manguezais foram os mais afetados pela erosão, apresentando uma perda progressiva de área em 40 anos, entre os anos 1984 e 2024. A área total de apicuns mostrou um déficit resultante da erosão, considerando-se o início e o final do período estudado. Embora tenha ocorrido uma diminuição muito acentuada de praias e apicuns, em 2015, constatou-se, ao final do estudo, um incremento dessas áreas, principalmente das praias, resultante de processos deposicionais. É possível que o aumento das praias e, em menor medida, dos apicuns tenha sido favorecido pela deposição das frações arenosas enquanto o declínio de manguezais e marismas pode ser atribuído ao transporte dos sedimentos finos, dos quais esses dois ecossistemas são dependentes. A pesquisa limitou-se à análise por sensoriamento remoto, que restringe a confirmação dessas questões e da interferência humana. É relevante a realização de estudos locais, tanto granulométricos, físicos e oceanográficos, quanto socioambientais, pois verifica-se o uso de recursos naturais, apesar da ocupação humana local ser muito reduzida. Recomenda-se associar estudos locais, de campo, com análises de imagens de satélite de diferentes sensores e ferramentas de geoprocessamento para avaliar com

maior precisão as alterações na zona costeira provenientes dos processos de erosão e deposição. Recomenda-se, também, envolver as comunidades em boas práticas integradas aos ODS, quanto à ações de educação ambiental, disposição de resíduos sólidos, desmatamento, restauração de matas ciliares e manguezais, visando o manejo sustentável e o enfrentamento das mudanças climáticas que podem exacerbar os processos erosivos ocasionando salinização, assoreamento de estuários, perda de serviços ecossistêmicos e de territórios.

REFERÊNCIAS

BARROS, V. de H. C. de B.; MENEZES, R. A. A.; PAULA, E. M. S. de; VELOSO, G. A. Alterações recentes da Linha Costeira na Região do Salgado Paraense (Amazônia Oriental-Brasil). **Revista Verde Grande: Geografia e Interdisciplinaridade**, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 382-416, 2024. DOI: 10.46551/rvg2675239520242382416. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/verdegrande/article/view/7398>. Acesso em: 8 set. 2024.

BARROS, J. S.; PFALTZGRAFF, P. A. dos S. **Geodiversidade da ilha do Maranhão** BARROS, José Sidney; BANDEIRA, Íris Celeste Nascimento (org.). Teresina: CPRM, 2020. (Levantamento da geodiversidade: nota explicativa).

BASHEER AHAMMED, K. K.; PANDEY, A. C. Assessment and prediction of shoreline change using multi-temporal satellite data and geostatistics: A case study on the eastern coast of India. **Journal of Water and Climate Change**, [S.l.], v. 13 n.3, p. 1477-1493. March 2022; DOI: <https://doi.org/10.2166/wcc.2022.270>.

BIRD, Eric Charles Frederick. **Coastal Geomorphology:** an introduction. 2. ed. Chichester. Wiley and Sons, 2008.

BRASIL. **Decreto nº 9.339, de 05 de abril de 2018.** Cria a Reserva Extrativista Arapiranga-Tromaí, localizada nos Municípios de Carutapera e Luís Domingues, Estado do Maranhão. Diário Oficial da União, Brasília, DF, de 05 abr. 2018; n. 197 da Independência, n. 130 da República. Disponível em: <https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/563694675/decreto-9339-18#art-3>. Acesso em: 01 ago. 2024.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Turiacu**, 2012. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/arquivos/pdf/turiacu/turiacu_ctgeologico.pdf. Acesso em: 12 dez. 2012.

EL-ROBRINI, M.; MARQUES, J. V.; SILVA, M. M. A., EL-ROBRINI, M. H. S.; FEITOSA, A. C.; TAROUCO, J. E. F.; DOS SANTOS, J. H. S.; VIANA, J. S Maranhão. In: **Erosão e progradação no litoral brasileiro**. Brasília: MMA. MUEHE, D. (org.). Brasília, D.F., 2012. ISBN 85-7738-028-9. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/_publicacao78_publicacao12122008084856.pdf e os outros capítulos disponíveis em <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 01 ago. 2024.

BARRANTES-CASTILLO, Gustavo; ORTEGA-OTÁROLA, Keilor. Coastal erosion and accretion on the Caribbean coastline of Costa Rica long-term observations. **Journal of South American Earth Sciences**, [S.I.], v. 127, 2023, 104371, ISSN: 0895-9811, <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2023.104371>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **IBGE Cidades**. 2010. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/luis-domingues/panorama>. Acesso em: 03 jun. 2023.

KELLEWAY, J. J.; CAVANAUGH, K.; ROGERS, K.; FELLER, I. C.; ENS, E.; DOUGHTY, C.; SAINTILAN, N. Review of the ecosystem service implications of mangrove encroachment into salt marshes. **Global Change Biology**, [S.I.], v. 23, n.10, p. 3967-3983, 2017.

KJERFVE, B.; PERILLO, G. M.; GARDNER, L. R.; RINE, J. M.; DIAS, G. T. M.; MOCHÉL, F.R. Morphodynamics of muddy environments along the Atlantic coasts of North and South America In: Healy, T., Wang, Y & Healy, J.-A. (ed.). **Muddy coasts of the world: Processes, deposits and functions**. Elsevier Science, 2002, p. 479-532.

KONKO, Y.; BAGARAM, B.; JULIEN, F.; AKPAMOU, K.G.; KOKOU, K. Multitemporal Analysis of Coastal Erosion Based on Multisource Satellite Images in the South of the Mono Transboundary Biosphere Reserve in Togo (West Africa). **Open Access Library Journal**, [S.I.], v.5, n. 4526, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4236/oalib.1104526>

LIANG, T.-Y.; CHANG, C.-H.; HSIAO, S.-C.; HUANG,W.-P.; CHANG,T.-Y.; GUO,W.-D.; LIU, C.-H.; HO, J.-Y.; CHEN,W.-B. On-Site Investigations of Coastal Erosion and Accretion for the Northeast of Taiwan. **Journal of Marine Science and Engineering**, [S.I.], v. 10, n. 2, p. 282, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/jmse10020282>

LIMA, C. O.; OLIVEIRA, R. G. Os processos de erosão e progradação no município de Ilha Comprida- Sp. **Revista Geonorte**, [S.I.], Edição Especial, v.1, n.4, p.902 - 915, 2012.

LOPES,W.F.L; ANDRADE, M.M.N. Análise de medidas estruturais de mitigação à erosão costeira no município de Belém, Pará, **Brasil Territorium**, [S.I.], v. 31 (I), p. 59-71 2024, Disponível em: <https://territorium.riscos.pt/numeros-publicados/> DOI: https://doi.org/10.14195/1647-7723_31-1_5

MACHADO, B. A.; ROCHA, T. B. da; FERNANDEZ, G. B.; OLIVEIRA FILHO, S. R. de. Dinâmica da linha de costa no flanco meridional do delta do rio Paraíba do Sul entre 1954-2018: considerações sobre o fenômeno da erosão costeira em Atafona (RJ) e diferentes métodos de análise. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. I.], v. 25, n. 1, 2024. DOI: [10.20502/rbgeomorfologia.v25i1.2272](https://doi.org/10.20502/rbgeomorfologia.v25i1.2272). Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/2272>. Acesso em: 8 set. 2024.

MASSELINK, G.; RUSSELL, P.; RENNIE, A.; BROOKS, S.; SPENCER, T. Impacts of climate change on coastal geomorphology and coastal erosion relevant to the coastal and marine environment around the UK. MCCIP. **Science Review**, [S.I.], p.158-189, 2020.

MOCHÉL, F. R. Manguezais amazônicos: status para a conservação e a sustentabilidade na zona costeira maranhense. In: MARTINS, M. B.; OLIVEIRA, T. G. de (org.). **Amazônia**

Maranhense: diversidade e conservação. Belém: Editora do Museu Paraense Emílio Goeldi, 2011, p. 93-118. (v. 1).

NEGRÃO, Y. de S.; SOUSA, H. C.; RANIERI, L. A. Vulnerabilidade à erosão costeira em praias amazônicas e a ocupação populacional em áreas de riscos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S.I.], v. 23, n. 2, p.1264-1284, 2022. DOI: 10.20502/rbg.v23i2.1951. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1951>. Acesso em: 20 ago. 2024.

PANG, T.; WANG, X.; NAWAZ, R. A.; KEEFE, G. ; ADEKANMBI, T. Coastal erosion and climate change: A review on coastal-change process and modeling. **Ambio**, [S.I.], v. 52, n. 12, p. 2034-2052, 2023.

PEREIRA, G. F.; GURUGNANAM, B.; GOSWAMI, S. *et. al.* Application of Geospatial Techniques to Determine Coastal Erosion and Accretion along the Ramanathapuram Shore, Tamil Nadu, India. **Journal of the Geological Society of India**, [S.I.], v. 98, n.9, p. 1261–1270, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12594-022-2161-4>

RAHA, A.; DAS, S.; BANERJEE, K.; MITRA, A. Climate change impacts on Indian Sunderbans: a time series analysis (1924–2008). **Biodivers Conserv**, [S.I.], v. 21, p. 1289-1307, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-012-0260-z>

SEKAR, L.G.; ANDROWS, X.; ANNAIDASAN, K.; KUMAR, A., KANNAN, R., MUTHUSANKAR, G., BALASUBRAMANI, K. Assessment of shoreline changes and associated erosion and accretion pattern in coastal watersheds of Tamil Nadu, India, **Natural Hazards Research**, [S.I.], v. 4, n. 2, 2024, p. 231-238, ISSN: 2666-5921, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nhres.2023.09.008>.

SILVA, C.; LIMA, I.. Falésia da Baronesa, Alcântara-Maranhão: formação e evolução recente. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, [S.I.], v.1, p. 2758-2764, 2017. DOI: <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.1984>.

SILVA, C. H.S.; LIMA, I. M. M. F. Caracterização do terraço de abrasão da falésia da Baronesa e sua utilização na cidade de Alcântara-MA. **REGNE**, [S.I.], v. 2, Número Especial, 2016.

SOUZA, E. M. da S.;ANDRADE, M. M. N. de. Dinâmica da linha de costa na Zona Costeira Amazônica: estudo de caso na ilha de Atalia (Salinópolis, PA). **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.I.], v. 17, n. 4, p. 2911-2929, 2024. DOI: 10.26848/rbgf.v17.4.p2911-2929. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/261144>. Acesso em: 11 set. 2024.

VALDERRAMA-LANDEROS, L.; FLORES-DE-SANTIAGO, F. Assessing coastal erosion and accretion trends along two contrasting subtropical rivers based on remote sensing data, **Ocean & Coastal Management**, [S.I.], v. 169, 2019, p. 58-67, ISSN: 0964-5691, <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.12.006>

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Maranhão, à Prefeitura de Luís Domingues, ao Sr Davi Gomes, técnico do DEOLI, pelo apoio recebido em campo e em laboratório.

ANÁLISE GEOECOLÓGICA DA PAISAGEM DE VÁRZEA NO PARANÁ DE PARINTINS (AM) COMO SUBSÍDIO AO ZONEAMENTO AMBIENTAL INTEGRADO NA AMAZÔNIA

Carlossandro Carvalho de **ALBUQUERQUE**

Docente no Departamento de Geografia da Universidade do Estado do Amazonas, campus do
Amazonas

E-mail: cscarvalho@uea.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8399-6170>

Carlos Henrique das Chagas **ALBUQUERQUE**

Aluno do mestrado ProfÁgua da Universidade do Estado do Amazonas, campus do
Amazonas

E-mail: chdca.mgr23@uea.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-7258-1426>

Ieda Hortêncio **BATISTA**

Docente no Departamento de Geografia da Universidade do Estado do Amazonas, campus do
Amazonas

E-mail: ibatita@uea.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8465-3129>

Recebido

Setembro de 2024

Aceito

Dezembro de 2024

Publicado

Janeiro de 2025

Resumo: A Amazônia, dentro do território brasileiro, está distribuída ao longo da extensão do rio Amazonas, no sentido leste/oeste. Nessa área, dois tipos de ambientes naturais caracterizam a região: a várzea, como é chamada a área de planície fluvial inundada anualmente, e a terra firme, terras acima do nível dos rios que consistem em imensas extensões de planaltos e depressões. Esta pesquisa teve por objetivo realizar uma análise geoecológica da paisagem nos ambientes de várzea, na área do Paraná de Parintins, no município de Parintins (AM), avaliando sua contribuição aos modelos de desenvolvimento sustentável regional. A ideia central foi analisar a paisagem existente na várzea da Amazônia Central, de forma que os parâmetros estabelecidos na construção desta análise possam servir como diretrizes para futuros

zoneamentos ecológico-econômicos. A pesquisa apoiou-se no enfoque geossistêmico como referencial para a integração dos componentes naturais e socioeconômicos que formam a paisagem de várzea no Paraná de Parintins. Com as unidades identificadas e mapeadas, foi possível elaborar uma proposta de uso da área, a partir da elaboração de um zoneamento ambiental. Devido à dimensão territorial escolhida para a pesquisa na escala da geofácies, definiu-se para o Paraná de Parintins 3 (três) zonas: Zona de Uso Produtivo (ZUP) Zona de Uso Restrito Comunitário (ZURC) e a Zona de Preservação Integral Ambiental (ZPIA). Este estudo apresenta, ainda, recomendações para fortalecer as ações voltadas ao desenvolvimento sustentável na planície fluvial do rio Amazonas.

Palavras-chave: Zoneamento Ambiental; ambiente ribeirinho; geossistema; comunidades; Gestão Territorial.

GEOECOLOGICAL ANALYSIS OF THE FLOODPLAIN LANDSCAPE IN PARINTINS (AM): SUPPORT FOR INTEGRATED ENVIRONMENTAL ZONING IN THE AMAZON

Abstract: The Amazon, within Brazilian territory, is distributed along the length of the Amazon River in an east-west direction. In this area, two types of natural environments characterize the region: the floodplain, as the area of river plain that is flooded annually is called, and the terra firme, lands above the river level that consist of immense extensions of plateaus and depressions. This research aimed to perform a geoecological analysis of the landscape in the floodplain environments, in the area of Paraná de Parintins, in the municipality of Parintins-AM, evaluating their contribution to models of regional sustainable development. The central idea was to analyze the existing landscape in the floodplain of Central Amazonia, so that the parameters established in the construction of this analysis can serve as guidelines for future ecological-economic zoning. The research was based on the geosystemic approach as a reference for the integration of the natural and socioeconomic components that form the floodplain landscape in Paraná de Parintins. With the identified and mapped units, it was possible to develop a proposal for the use of the area, based on the development of an environmental zoning plan. Due to the territorial dimension chosen for the research on the geofacies scale, 3 (three) zones were defined for Paraná de Parintins: Productive Use Zone (ZUP); Restricted Community Use Zone (ZURC) and the Integral Environmental Preservation Zone (ZPIA). This study also presents recommendations to strengthen actions aimed at sustainable development in the Amazon River plain.

Keywords: Environmental Zoning; riverine environment; geosystem; communities; Territorial Management.

ANÁLISIS GEOECOLÓGICO DEL PAISAJE INUNDABLE EN PARANÁ DE PARINTINS (AM): SUBSÍDIO PARA LA ZONIFICACIÓN AMBIENTAL INTEGRADA EN LA AMAZONÍA

Resumen: El Amazonas, dentro del territorio brasileño, se distribuye a lo largo del río Amazonas en dirección este/oeste. En esta zona, dos tipos de ambientes naturales caracterizan la región: la llanura aluvial, como se denomina a la zona de llanura fluvial que se inunda anualmente, y la tierra firme, terreno sobre el nivel del río que consta de inmensas extensiones de mesetas y depresiones. Esta investigación tuvo como objetivo realizar un análisis geoecológico del paisaje en ambientes de llanura inundable, en el área de Paraná de Parintins, en el municipio de Parintins-AM, evaluando su contribución a los modelos regionales de desarrollo sostenible. La idea central fue analizar el paisaje existente en la llanura aluvial de la

Amazonía Central, de modo que los parámetros establecidos en la construcción de este análisis puedan servir como lineamientos para una futura zonificación ecológico-económica. La investigación se basó en el enfoque geosistémico como referencia para la integración de los componentes naturales y socioeconómicos que forman el paisaje de llanura inundable en Paraná de Parintins. Con las unidades identificadas y mapeadas, fue posible elaborar una propuesta de uso del área, a partir de la elaboración de una zonificación ambiental. Debido a la dimensión territorial elegida para la investigación a escala de geofacies, se definieron 3 (tres) zonas para Paraná de Parintins: Zona de Uso Productivo (ZUP); Zona de Uso Restringido Comunitario (ZURC) y Zona de Preservación Integral del Medio Ambiente (ZPIA). Este estudio también presenta recomendaciones para fortalecer acciones encaminadas al desarrollo sostenible en la llanura fluvial del río Amazonas.

Palabras clave: Zonificación Ambiental; ambiente ribereño; geosistema; comunidades; Gestión Territorial.

INTRODUÇÃO

A Amazônia dentro do território brasileiro apresenta uma distribuição ao longo dos 3.000 km de extensão do rio Amazonas (Filizola, 1999). Nessa área, ocorrem dois tipos principais de ambientes naturais que configuram a região: a várzea, como é chamada a área de planície fluvial inundada anualmente, e a terra firme, terras altas que consistem em extensões de baixos platôs que chegam a alcançar as bordas dos rios. Esses dois tipos de ambiente se alternam ao longo das margens do rio da bacia amazônica.

Para Junk (1989), a várzea é caracterizada por ser uma planície fluvial inundável sujeita ao regime sazonal das águas do rio Amazonas, em áreas alagadas, apenas no período das enchentes. Vieira (1992), ao analisar os ambientes naturais amazônicos, considera que a várzea, apesar de sua imensa dimensão, representa uma parcela relativamente pequena, de 1,5 a 2%, em relação à área total da Amazônia no Brasil, que corresponde aproximadamente a uma área de 75 a 100 mil km², contrastando, em variados aspectos, com a maior parte da região, constituída de terras que não são inundadas pelos rios, denominadas de terra firme.

É um dos intuios deste estudo desvendar um pouco a várzea amazônica, a partir do ritmo da vida que segue a variação do nível da água, alterando seu conjunto de elementos naturais que formam a paisagem, como o solo, a flora e a fauna, adaptados ao ciclo das águas, assim como os moradores dessa região, que condicionam suas vidas aos períodos de inundações anuais, pois esses períodos de cheias cobrem suas plantações e moradias, inclusive com o desmoronamento de barrancos nas margens do rio, contudo trazem os nutrientes que enriquecem e favorecem sua produção agrícola.

Cada um desses domínios paisagísticos de várzea e terra firme são constituídos por uma diversidade de ambientes que fazem da região amazônica um mosaico de ecossistemas bem

diferenciados. A caracterização da várzea será baseada na ação do rio Amazonas, na dinâmica da precipitação e dos fenômenos climatológicos da região.

Na descrição das unidades geoecológicas do Paraná de Parintins, são identificados locais geográficos e o diagnóstico socioambiental, com seu respectivo mapa, que identificam os ambientais naturais e sociais, as potencialidades e as limitações do uso da várzea.

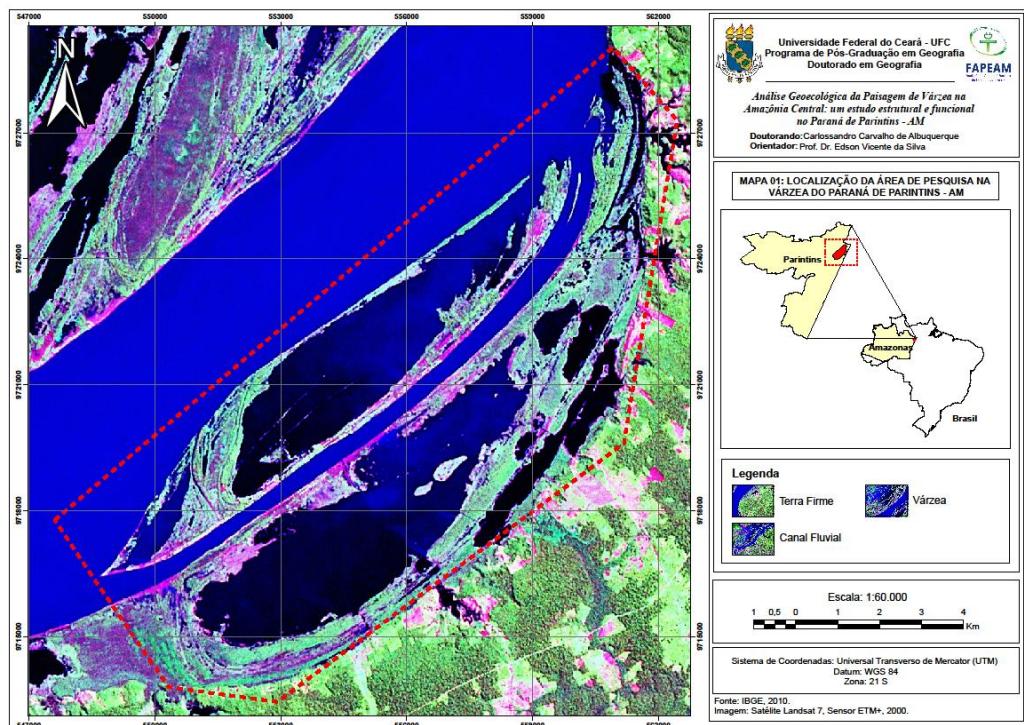
Uma nova proposição de zoneamento ambiental integrado para a área de várzea do Paraná de Parintins, com seus usos, dá ênfase a um modelo de desenvolvimento sustentável para as comunidades localizadas nessa área.

A várzea amazônica apresenta variações em sua constituição paisagística, que são produtos das diversas condições naturais e das distintas formas de ocupação antrópica. Assim, esta pesquisa visou estudar a dinâmica da construção das paisagens natural e social desse ambiente natural, em especial na região do médio Amazonas, na área do Paraná de Parintins (AM), elaborando uma proposta de uso da área, a partir da proposição de um zoneamento ambiental voltado para o desenvolvimento sustentável da região.

METODOLOGIA

A área de estudo compreende uma faixa da planície de inundação na margem direita do rio Amazonas, localizada entre os paralelos 02°28' e 02°36' S e os meridianos 56°36' e 56°24' W, na divisa do estado do Amazonas com o Pará, conforme a Figura 1.

Figura 1 – Mapa de localização do Paraná de Parintins, Amazonas.



Fonte: IBGE (2010). Elaboração: Albuquerque e Silva (2012)

Essa área da planície fluvial foi selecionada por ser uma zona de várzea com feições geomorfológicas próprias e, principalmente, pelo seu sistema fluviolacustre, além da intensa ocupação antrópica, de sua organização comunitária e das tentativas de projetos de sustentabilidade para o local na zona rural do município de Parintins.

Método da Pesquisa

A pesquisa aqui elaborada apoiou-se no enfoque geossistêmico como referencial para a integração dos componentes geoambientais e socioeconômicos que formam o conjunto da várzea do Paraná de Parintins, considerada como um sistema natural e antrópico. A pesquisa foi desenvolvida buscando a identificação das unidades geossistêmicas ambientais definidas de acordo com seus atributos e propriedades, suas potencialidades e limitações voltadas à construção de uma análise ambiental que proponha mecanismos de sustentabilidade em função das atividades fixadas ou que poderão ser fixadas no local.

A metodologia empregada permitiu a delimitação das unidades da paisagem, identificando suas características naturais e socioeconômicas, em escala local. Com as unidades identificadas e mapeadas, foi possível elaborar uma proposta de uso de uma área, a partir da elaboração de um zoneamento ambiental que vise à sustentabilidade.

Procedimentos da pesquisa

A pesquisa de campo seguiu em duas etapas, com visitas nos períodos da cheia e vazante do rio Amazonas, na área do Paraná de Parintins, observando a dinâmica dos elementos naturais e sociais nos dois períodos distintos. As idas a campo foram apoiadas por imagem de satélite Landsat obtida na base de dados do SIPAM, nos anos de 2009 e 2010. Foi utilizado um GPS de marca Garmin II, modelo Etrex HC, para localizar as coordenadas geográficas dos pontos observados, tais como as comunidades Menino Deus e Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, sítios dos comunitários, fazendas, lagos e diques, e para posterior montagem de uma carta-imagem localizando dos pontos georreferenciados.

Na sequência, foi realizada a construção cartográfica da paisagem a partir da visão da geoecologia, que procurou reproduzir uma relação dialética entre o ambiente natural e a ação antrópica. Essa relação dinâmica pode ser representada por intermédio da produção cartográfica, a partir da utilização do software ArcGIS 10, em uso das imagens de satélite, com as correções e calibrações prévias, constantes neste artigo: *LANDSAT 5, sensor TM*, ano de 2000, e *LANDSAT 7, sensor ETM+*, anos de 2009 e 2010.

Buscou-se pesquisar o acervo cartográfico existente, oriundo de levantamentos dos recursos naturais do estado do Amazonas, em especial da região do médio Amazonas, onde está localizado o Paraná de Parintins, objeto da pesquisa. Essas informações básicas forneceram os requisitos fundamentais para definir a qualidade dos atributos naturais, em termos de identificação das unidades geoecológicas, para posterior determinação de suas potencialidades e limitações, tendo em vista a ordenação do espaço da várzea amazônica.

As informações foram plotadas sobre as bases cartográficas após o devido trabalho de reambulação em campo, dando origem a uma cartografia temática em escala regional (1:500.000) e local (1:60.000), contendo as unidades geoecológicas da paisagem com representações de suas propriedades, uso e ocupação, síntese do diagnóstico socioambiental e a proposta de manejo ambiental em forma de zoneamento ambiental.

Foi realizada a análise geoecológica da paisagem descrita por Rodriguez e Silva (2007), observando a seguinte estrutura: o estudo da organização paisagística, a avaliação do potencial, a análise da planificação e a proteção das paisagens, bem como a organização estrutural-funcional da paisagem. A caracterização e a delimitação das unidades geoecológicas que constituem as geofácies da várzea precederam uma análise sobre cada componente ou atributo natural.

A cobertura vegetal e a fauna foram analisadas através da consideração dos diversos ecossistemas existentes na área de várzea do Paraná de Parintins. Buscou-se caracterizar as principais evidências das unidades geoecológicas e seu grau de conservação, para subsidiar a compreensão da dinâmica do meio ambiente e seu estado de degradação. Além da identificação de seus aspectos fitofisionômicos, foram enfocadas as principais características florísticas das unidades fitoecológicas e os usos dados para esses componentes.

Os dados coletados foram devidamente sistematizados, representados cartograficamente e interpretados, a fim de que pudesse subsidiar a elaboração do diagnóstico socioambiental do Paraná de Parintins, baseado nas informações dos principais problemas, limitações, fragilidades e potencialidades da área pesquisada. A partir desse diagnóstico, foi construída uma proposta de zoneamento ambiental integrado que incluiu as diferentes unidades paisagísticas analisadas e a proposição de formas de uso sustentável para a várzea.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cobertura vegetal da várzea no Paraná de Parintins

Na área de várzea do Paraná de Parintins, a cobertura vegetal se concentra sobre os diques marginais, nos canais anastomosados e nas áreas deprimidas, sujeitas à influência das inundações. Nessas áreas, o solo possui a característica hidromórfica: é coberto por formações arbóreas, herbáceas e gramíneas adaptadas aos períodos de inundaçāo e por um conjunto de plantas aquáticas.

As plantas aquáticas geralmente apresentam folhagem larga, com destaque para murerú (*Eichhornia sp.*) e alface d'água (*Pistia sp.*). Esses vegetais são responsáveis pela ciclagem de nutrientes e fazem parte da cadeia alimentar dos peixes, nos lagos, rios e no paraná. Outras formações de gramíneas encontradas são as canarana-fluvial (*Eichnochloa polystachya*), perimembeca ou canarana-rasteira (*Paspalum repens*), capim-murim (*Paspalum fasciculatum*) e as espécies do gênero *Oryza* (arroz-bravo, capim-arroz) e matapasto (*Senna sp.*). Essa vegetação é encontrada principalmente nas margens dos lagos, furos e no paraná, e algumas espécies entram na cadeia alimentar do gado e carneiro, por serem consideradas boas forrageiras.

Na formação de herbáceas, destaca-se a presença da aninga (*Montrichardia arborescens*) e da buritirana (*Maurita sp.*), encontradas principalmente nos lagos isolados no interior das ilhas fluviais. Essa vegetação exerce a função de abrigo e alimentação para os peixes. Na associação de arbóreas, destaca-se, nas margens dos rios e lagos, a presença das embaúbas (*Cecropia sp.*) e as formações de floresta de médio porte, chamada de “mata de várzea”.

Uso dos diques marginais para pecuária extensiva e criação de pequenos animais na várzea

A pecuária extensiva é praticada na várzea do Paraná de Parintins, a partir das áreas expostas na estação da seca e durante o período das cheias, quando o gado é transportado para a terra firme. A vantagem econômica dessa produção extensiva do gado são os baixos custos com a força de trabalho e de capital necessário para seu investimento, devido à disponibilidade de pastagem natural na várzea.

Na área de várzea do Paraná de Parintins, ocorre a atividade baseada na pecuária extensiva, em função da formação de gramíneas de base alimentar, que, juntamente com a suplementação alimentar, servem de alimento para o gado. A capacidade de suporte dessa área é pequena, de 4 a 5 unidades de animais por hectare, tornando frágil o ambiente.

A criação de aves é uma atividade basicamente de subsistência, praticada por todos os comunitários, nas duas comunidades, que criam basicamente a galinha caipira no sistema

extensivo, no terreno em volta de cada casa. Os caprinos e ovinos são, em média, de 10 a 20 unidades por criador. Esses animais dividem os pastos com o gado e a alimentação fornecida para eles se constitui de castanha-de-macaco, restos de culturas, ração e milho.

A produção agrícola nos diques fluviais na várzea

A atividade agrícola se caracteriza por culturas de ciclo rápido, praticadas nos períodos da vazante e da seca. São cultivadas plantas alimentícias e algumas medicinais, em uma área média de meio hectare, com as funções de suprir as necessidades de subsistência familiar. Os medicamentos caseiros, segundo a medicina popular, para algumas famílias, significam, ainda, o complemento de sua renda.

Todo o preparo da área ocorre entre agosto e setembro, consistindo na roçagem, derrubada, queima e coivara. Após as colheitas, as áreas são abandonadas, para descanso e reposição dos nutrientes do solo pela cheia.

Os comunitários também produzem olerícolas em pequenos canteiros suspensos de madeira, com dimensões variando de tamanho. Quando sobe o nível do rio, esses canteiros ficam submersos. As principais hortaliças cultivadas são as folhosas do tipo couve, alface e chicória, vargem, couve e condimentares do tipo cebolinha e coentro, além de feijão-de-corda e tomate.

Caça e pesca na várzea

A caça ainda é praticada principalmente nos lagos, durante o período da cheia do rio Amazonas. Os animais mais caçados são o “pato-do-mato” e o jacaré, consumidos como alimentos pelos ribeirinhos.

A pesca, uma das principais atividades de subsistência e geração de renda para os moradores no Paraná de Parintins, é feita nos rios e lagos de várzea. No período de cheia do rio Amazonas, ocorre o momento em que diversas espécies de peixes entram nos lagos a fim de se reproduzirem e buscarem alimentos na floresta de várzea inundada.

As comunidades da área da pesquisa possuem um acordo de pesca firmado com o IBAMA, conforme a Instrução Normativa nº 29, como resultado da realização do projeto Terra e Água, executado pelo Grupo Natureza Viva (GRANAV). Nesse documento, são identificados os locais de pesca, assim como o uso de determinada técnica, o período de defeso e controle dos barcos de pesca. No período da vazante, de agosto a setembro, os rios e os lagos apresentam redução do nível e do volume de água, o que favorece o aumento da pesca nessa área, pois os

peixes ficam retidos no interior dos lagos. E, na fase da seca, de outubro a dezembro, quando os lagos estão totalmente isolados do rio, é o momento em que atividade pesqueira torna-se produtiva para a população local.

Comunidade local no Paraná de Parintins

Após a caracterização do quadro natural existente no Paraná, optou-se por conhecer a visão dos moradores da várzea sobre o ambiente onde vivem. Destacaram que a várzea é mais viável para morar e trabalhar, pois consideram o retorno de seu esforço produtivo na roça e na pesca maior que na terra firme. Embora apontem as vantagens, também reconhecem as desvantagens de morar na várzea, principalmente no período das cheias, que gera grandes inundações, perda de materiais e destruição da produção agrícola, obrigando-os a migrarem para a terra firme. Ou seja, a produtividade da várzea não é uma garantia de renda para a manutenção da família durante o ano.

As atividades agrícolas são desenvolvidas no final de junho e início de julho, quando começa o chamado “verão amazônico”, e estão voltadas ao preparo da terra para o plantio de culturas de ciclo rápido, tais como a mandioca, a melancia, o milho, o feijão, o jerimum e o maxixe, e de frutas, como o maracujá. A colheita ocorre no final de novembro e início de dezembro, período de formação da chuva na região, conhecido localmente por “inverno amazônico”. Com a subida do rio e a forte precipitação, o Paraná fica submerso e sua atividade agrícola cessa. Os moradores ainda apontam a falta de assistência técnica e apoio do governo como os principais responsáveis pelas dificuldades da produção.

Observa-se que não há conflitos de forma acentuada entre vizinhos, nem mesmo quando há fazendas nas proximidades. Por outro lado, a presença dessas fazendas pode se constituir numa fonte de renda para as famílias de pequenos produtores, já que os contratam como vaqueiros para cuidar dos rebanhos. Na várzea, as práticas econômicas são desenvolvidas observando-se os ciclos da água. Para superar as limitações do ambiente, os moradores recorrem a certas estratégias produtivas, diversificando as culturas e os locais de cultivo.

Em relação à moradia dos ribeirinhos e sua convivência com as inundações, suas casas são construídas nos diques fluviais mais altos, em forma de palafitas, o que proporciona um maior número de dias no local, mesmo no período de cheia, até ficarem totalmente submersas. Destaca-se, também, a mobilidade para deslocar suas casas e a área produtiva, quando há ameaça do fenômeno da terra caída ou a formação de praias e ilhas, que os isolam da comunidade e do rio.

Unidades geoecológicas da paisagem de várzea no Paraná de Parintins (AM)

Pode-se definir a unidade geoecológica como a base na interação e articulação dialética entre as paisagens naturais e antrópicas, suas relações e como cada uma foi construída natural e culturalmente, pois refletem as percepções e capacidades sociais de grupos que a compõem e a usam (Rodriguez *et al.*, 2003). A seguir estão as descrições das unidades geoecológicas da várzea do Paraná de Parintins (Figura 2). A paisagem da várzea no Paraná de Parintins é composta por uma superfície formada pela forte ação dos agentes naturais hídrico, climático e geomorfológico, e pela ação antrópica, produzida pela atividade agrícola de subsistência, pela pecuária extensiva, além do passivo ambiental que ocorreu em décadas anteriores, com a retirada da cobertura vegetal de maneira irregular na área.

Figura 2 – Vista parcial do Paraná de Parintins

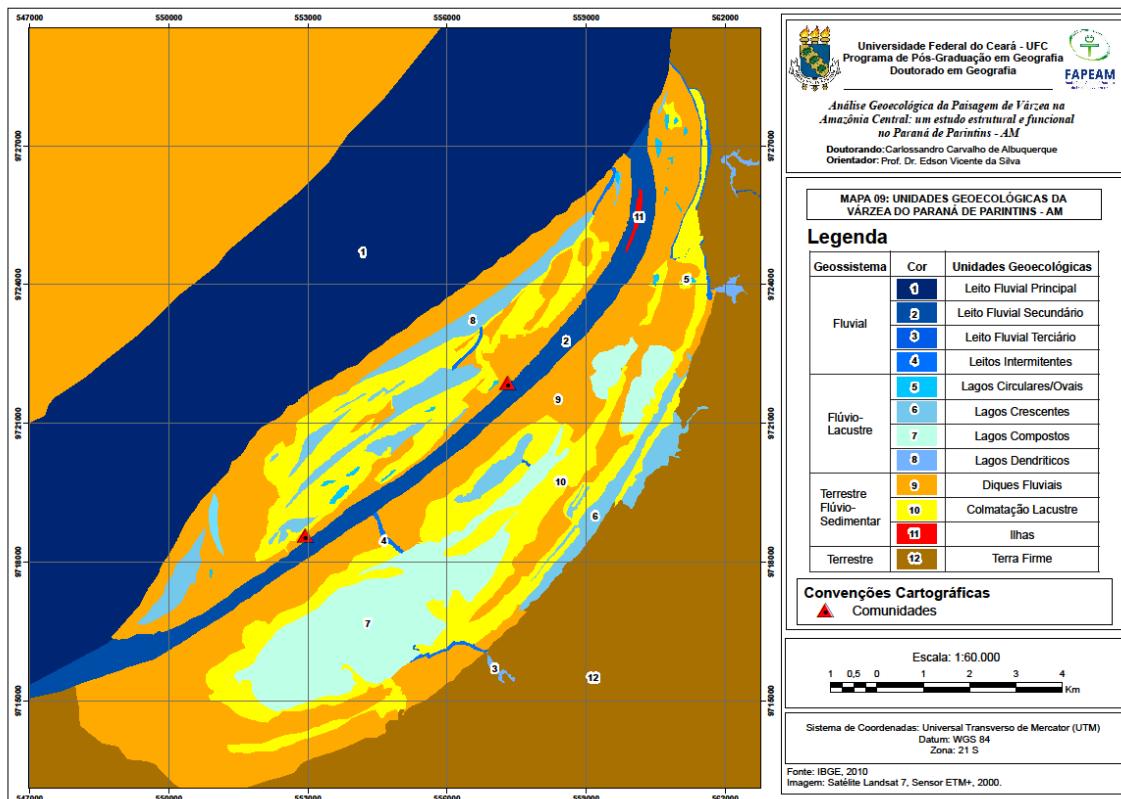


Fonte: Acervo de Albuquerque (2012).

Com base nos critérios metodológicos citados anteriormente, foram estabelecidos dois níveis de análise para identificação das unidades geoecológicas. O primeiro nível é de ordem geossistêmica, com quatro unidades: fluvial, flúvio/lacustre, terrestre/flúvio sedimentar e terrestre. O segundo nível está no plano das geofácies, composto por 12 unidades com características distintas: leito fluvial principal, leito fluvial secundário, leito fluvial terciário e leitos intermitentes no geossistema fluvial; lagos crescentes, lagos compostos, lagos circulares/ovais e lagos dendríticos no geossistema flúvio/lacustre e os depósitos arenoso-

argiloso, diques fluviais e áreas de colmatação lacustre no terrestre/flúvio sedimentar e terra-firme na unidade terrestre, conforme a Figura 3.

Figura 3 – Unidades geoecológicas da várzea do Paraná de Parintins (AM)



Fonte: IBGE (2010). Elaboração: Albuquerque e Silva (2012).

Unidade geossistêmica fluvial

O geossistema fluvial corresponde ao conjunto de corpos hídricos existentes na área do Paraná de Parintins, principalmente o rio Amazonas, componente que controla toda a dinâmica dos demais elementos hídricos localizados na área da pesquisa, devido à sua imensa característica física, representada pela dimensão, massa e volume de água transportada no canal principal, tornando-se responsável direto pela formação da várzea.

No Paraná de Parintins, foram identificadas as seguintes unidades geoecológicas: leito fluvial principal (rio Amazonas); leito fluvial secundário (Paraná de Parintins); leito fluvial terciário (igarapés); e leitos intermitentes (furos)

Leito fluvial principal – rio Amazonas

O leito fluvial principal é um trecho do rio Amazonas que apresenta a forma linear, com 17,0 km de comprimento, no sentido de leste para oeste, tomando como marco de referência

inicial a entrada do Paraná de Parintins até a base, na Serra da Valéria, limite político-administrativo entre o estado do Amazonas e do Pará.

Na margem esquerda do rio, está a APA de Nhamundá, uma unidade de conservação estadual, localizada integralmente na área de várzea, entre o município de Parintins e Nhamundá, ocupando uma área aproximada de 1.959 km².

A variação média do nível de água do rio Amazonas considerada para área do Paraná de Parintins foi de 7 m, entre os períodos de maior cheia e menor vazante. Essa marca equivale às registradas na estação da ANA na sede do município, haja vista a sua relativa proximidade de 20 km da sede municipal ao Paraná.

O movimento de migração lateral do canal do rio Amazonas demonstra que não é contínuo, pelo contrário, é intermitente, em função dos intervalos maiores ou menores da variação na intensidade da flutuação do nível da água. Isso produz o pulso de inundação que pode ser observado entre os meses de maio a julho, no período da cheia e no final da vazante, e início da seca, entre os meses de setembro a novembro.

Com a inundação, as margens do rio são tomadas por águas com grande quantidade de sedimentos em suspensão, que foram erodizados e transportados da sua nascente nos Andes e ao longo do curso do Amazonas, contribuindo para a formação das várzeas na planície fluvial. Seu aspecto de cor é considerado “barrento”, em decorrência da quantidade de partículas argilosas em suspensão.

Leito fluvial secundário – “Paraná” de Parintins

No trecho do rio, predominam canais anastomosados, caracterizados por sucessivas ramificações e posteriores reencontros de seu curso, separando ilhas assimétricas de barras arenosas. Essas ramificações são leitos fluviais secundários denominados localmente de paraná (Pereira, 2007). Segundo Guerra (2005), o termo paraná é uma terminologia amazônica de origem indígena e que significa o braço de um grande rio, contornando uma grande ilha.

O Paraná de Parintins está na margem direita do rio Amazonas e forma um canal secundário de forma convexa, que circunda a ilha principal e uma pequena ilha existente no seu leito. A água mantém a característica físico-química do leito principal do rio Amazonas.

Nas margens convexas do canal, predominam os processos construtivos, formando umas barras de sedimentos ou diques, também conhecidos pelas populações ribeirinhas da Amazônia como “restinga”. Esses diques marginais depositados na forma de ilha são os divisores entre o canal fluvial principal e o canal secundário.

Leito fluvial terciário – os “igarapés”

O conceito de igarapé, para Guerra (2006), é aplicado aos pequenos rios com volume de água reduzido e extensão variada na Amazônia. O termo é uma expressão indígena, que significa “caminho da canoa” (de igara – canoa e pé – trilha, caminho).

Os principais igarapés localizados na área estão na borda do terraço fluvial do baixo platô da Amazônia Centro-Oriental e realizam as drenagens dos pequenos cursos d’água da terra firme para o canal principal do grande rio Amazonas na planície fluvial. Dessa forma, o relevo de terra firme apresenta colinas amplas, com topos convexos e escarpas nas bordas, a exemplo do morro identificado como Serra da Valéria pela comunidade, com 150 m de altitude.

O Paraná de Parintins recebe a contribuição dos três maiores igarapés, denominados de igarapés do Laguinho, da Santa Maria do Murituba e Santa Rita de Cássia, que deságuam nos lagos com a respectiva nomenclatura dos igarapés.

Leitos intermitentes – os furos

Os canais que nas várzeas amazônicas estabelecem comunicação entre o rio principal e o seu afluente mais próximo, acima da confluência definitiva, são denominados de “furos” (Soares, 2008). Para Guerra (2005), o termo “furo” é uma denominação regional amazônica para os braços d’água que ligam um curso d’água a outro ou a um lago, ou, ainda, pelo montante da foz, ao curso d’água em que deságua.

Os principais furos identificados na área do Paraná de Parintins interligam os lagos do Laguinho e Santo Antônio do Murituba ao Lago Grande, o igarapé da Santa Rita de Cássia ao rio Amazonas, o Lago Grande ao Paraná de Parintins, o Lago do Pato ao Lago do Preto e este, por sua vez, ao Lago do Comprido, assim como, em seguida, o Lago do Comprido ao rio Amazonas.

Os furos possuem importante função de comunicação entre os diversos cursos d’água existentes na área do Paraná de Parintins, especialmente para as populações ribeirinhas que utilizam o pequeno transporte fluvial para se comunicar entre elas e com a cidade de Parintins. Não ocorre a pesca nesse curso, em razão da pequena dimensão de tamanho e profundidade do leito do furo.

Unidade geossistêmica fluviolacustre

Os lagos amazônicos se caracterizam por serem corpos d'água interiores, que, no período das cheias, estabelecem comunicação direta com o rio principal ou secundário e, no período da seca, perdem a comunicação direta com esses cursos d'água.

A dinâmica dos rios é responsável pela formação dos diferentes tipos de lagos, seja pela inundação das várzeas, seja pela deposição de sedimentos ou fechamento de meandros (Sperling, 1999). Na área do Paraná de Parintins, os lagos podem ser caracterizados como lagos de origem lateral (*lateral lake*) (Wetzel, 2001), originados pelo transbordamento lateral do rio Amazonas nos períodos de cheia. Com a diminuição da velocidade do rio, ocorre o processo de sedimentação das partículas em suspensão, formando os diques marginais. Esses diques, após os períodos da cheia, formam depressões interiores, dando forma aos lagos.

Neste trabalho, adotou-se a identificação dos lagos segundo a morfologia lacustre definida por Melack (1984) para a várzea amazônica. Ressalta-se que as classes aqui definidas consideraram apenas a superfície de águas abertas para a época de vazante e seca, pois, na época da cheia, os lagos muitas vezes ficam encobertos pelo rio Amazonas, tornando-se um corpo uniforme de água superficial, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Classe morfológica de lago.

FORMA	DESCRÍÇÃO
Circular/oval	Lagos de formas circulares, subcirculares e elípticas.
Alongada	Lagos que apresentam forma alongada.
Composto	Lagos que não apresentam uma forma definida e são combinações de outras classes.
Dendrítico	Lagos de aspecto ramificado.

Fonte: Adaptada de Melack (1984).

No Paraná de Parintins, foram identificadas as classes de lagos nas formas circular/oval, alongada, composta e dendrítica, distribuídas na seguinte ordem, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Classe e nomenclatura dos lagos do Paraná de Parintins.

CLASSE	NOMENCLATURA
Lago circular/oval	Lago do Pato, Laguinho e vários lagos menores, distribuídos na margem direita a jusante do paraná.
Lago alongado	Lago do Mureru, Lago do Preto, Lago da Baixa do Preto, Lago da Baixa do Murizal, Lago do Barro e o Lago do Comprido.
Lago composto	Lago Santa Maria do Murituba, os lagos do Aningal I e II e o Lago Grande, o maior em extensão e comprimento da margem direita do paraná.
Lago dendrítico	Laguinho, Lago do Murituba e o Lago da Santa Rita de Cássia.

Fonte: Elaborado por Albuquerque e Silva (2012).

Unidade geossistêmica terrestre/flúvio sedimentar

O rio Amazonas deposita sua carga de sedimentos em qualquer ponto ao longo de seu curso, chegando, inclusive, até a foz no oceano Atlântico. Filizola (1999) afirma que a maior parte é depositada nas seções onde o gradiente do canal é pequeno, ou onde há mudança brusca no gradiente e na profundidade do canal, bem como na velocidade do escoamento. Partindo dos princípios definidos anteriormente, o trecho do Amazonas, em contato com o terraço fluvial na base do baixo platô conhecido como Serra de Parintins, onde há uma restrição do canal, favorece, assim, a deposição de sedimento no Paraná de Parintins.

Depósito arenoso-argiloso - ilha fluvial

A ilha fluvial, para Guerra (2005), são porções de terras emersas, relativamente pequenas, circundadas e de água doce, aparecendo no leito de um rio, e sua origem está ligada à própria sedimentação fluvial. Para Pereira (2007), as ilhas atuais formadas na planície fluvial resultam dos processos de construção da fase atual do rio Amazonas.

No Paraná de Parintins, foram identificadas duas ilhas. A maior delas em dimensão é conhecida localmente como Ilha do Paraná de Parintins e representa o local onde há concentração antrópica com fixação de moradia e atividades produtivas baseadas na pecuária, pesca e agricultura.

A segunda ilha foi formada pela sedimentação exclusiva do canal secundário, o paraná, não possuindo contato com o canal principal. Essa ilha apresenta pequena dimensão, sem formação de lago em seu interior. Exibe uma formação de cobertura vegetal pioneira que reduz os contínuos processos de erosão fluvial. Contudo, essa ilha pode desaparecer, ou, então, migrar, dependendo da predominância de processos construtivos ou erosivos que atuam no local.

Dique fluvial ou “restinga”

Os diques fluviais, para Christofoletti (1999), são saliências alongadas compostas de sedimentos bordejando os canais fluviais. Tais diques resultam do transbordamento e sedimentação relacionados com as cheias, que inundam as depressões da planície. Soares *et al.* (2000) os consideram como corpos elevados, alongados em faixas sinuosas junto às bordas do canal, formados pela sedimentação em períodos de inundação do rio. Guerra (2005) avalia o pequeno declive do rio como principal fator na formação dos diques fluviais, isso porque favorece a acumulação de material aluvial ao longo do curso do rio.

Os diques do Paraná de Parintins são formados a partir da inundação da planície fluvial do rio Amazonas, provocada pelo extravasamento das águas do canal principal e secundário, associada à diminuição brusca da velocidade do transporte de sedimentos e à deposição de areia fina próximo das margens.

Uma vez formados os diques, o processo de estabilização ocorre pela deposição de sedimentos mais finos, transportados pelo rio no período da enchente dos anos seguintes, criando camadas de sedimentação. Posteriormente, haverá o estabelecimento de uma cobertura vegetal, que, além de dificultar a erosão, favorece a deposição de mais sedimentos finos, estabilizando o dique. As comunidades Menino Deus e Nossa Senhora do Perpétuo Socorro estão alocadas sobre os diques marginais.

Área de colmatação lacustre

A colmatagem, segundo Guerra (2005), significa o trabalho de atulhamento ou de enchimento realizado pelos agentes naturais ou pelo homem, nas áreas deprimidas. Christofolletti (1980) descreve que, no decorrer das cheias, grande quantidade de água e de sedimentos é dirigida para as bacias de inundação e os depósitos gerados pelo transbordamento fixam-se nas margens côncavas do rio e dos lagos.

Na área do Paraná de Parintins, os depósitos de colmatação estão situados no interior da maior ilha, nas bordas interiores dos diques, entre as margens dos furos e dos lagos. Na planície de impedimento, os depósitos estão também na parte interna do dique marginal e nos entornos dos lagos.

Unidade geossistêmica terrestre – terra firme

A unidade geoecológica terrestre faz parte do limite da planície fluvial do rio Amazonas, com domínio geomorfológico de baixos platôs da Amazônia Centro-Oriental. Caracteriza-se por possuir uma floresta de grande porte, denominada de Mata de Terra Firme, a qual ocupa expressivas extensões sobre terrenos baixos, com cotas inferiores a 200 m e solos espessos e bem drenados, em geral latossolos amarelos. Essa floresta apresenta grande número de espécies e indivíduos.

Essa unidade geoecológica estabelece o limite da área de estudo desta pesquisa, nas seguintes direções: a leste, o morro ou Serra de Parintins faz o limite com o rio Amazonas e a foz do Paraná de Parintins (AM); ao sul, limita a planície de impedimento do Lago Grande; e, a oeste, limita a montante do Paraná e rio Amazonas.

Zoneamento ambiental integrado da várzea no Paraná de Parintins (AM)

O zoneamento proposto é produto da percepção do pesquisador sobre os fundamentos legais dos zoneamentos expostos nas leis e diretrizes governamentais e a relação da comunidade com o ambiente da várzea no Paraná de Parintins, devido à dimensão territorial escolhida para a pesquisa na escala das geofácies.

A Política Nacional do Meio Ambiente no Brasil (PNMA), estabelecida na Lei n. 6.938, de 31/08/1981, considera, no art. 9º, o zoneamento como principal instrumento voltado à concretização da preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental favorável à vida e, ao mesmo tempo, ferramenta que assegura as condições de desenvolvimento socioeconômico da população (Brasil, 1981).

Para Becker e Egler (1996), o zoneamento ambiental é um instrumento técnico de informação sobre o território, de caráter corretivo e estimulador, necessário na ocupação racional e no uso sustentável dos recursos naturais de determinado espaço. O zoneamento visa integrar os componentes ambientais, com destaque à caracterização do meio terrestre, suas vocações e fragilidades, os usos dos recursos hídricos e os diferentes tipos de ocupação pelo grupo humano fixado no local, buscando-se estabelecer uma setorização desse espaço geográfico, de acordo com as suas potencialidades, usos atuais e restrições, estimando-se os limites máximos para a sua exploração racional e sustentável.

O zoneamento ambiental proposto para o Paraná de Parintins foi o resultado de uma pesquisa científica balizada nos princípios da análise da geoecologia da paisagem para várzea amazônica. Não visa se tornar um instrumento de regulação obrigatória, mas contribuir como ferramenta de investigação e interpretação dos componentes naturais e da ação antrópica nessa área em futuros planos de intervenção, tanto da esfera governamental, quanto da iniciativa privada. Esse zoneamento teve sua análise elaborada em microescala, na faixa das geofácies, em função da pequena dimensão espacial do Paraná, de aproximadamente 104,06 km². Destaca-se que a área foi eleita motivada pelo seu processo histórico de ocupação, o intenso uso dos recursos naturais, as políticas governamentais aplicadas sobre o território e a forte organização comunitária.

A abordagem dos estudos efetuados possibilitou a integração dos dados analíticos relativos ao potencial geoambiental e os aspectos socioeconômicos, para avaliar a sustentabilidade das unidades geoecológicas em face das pressões e necessidades das comunidades. Através da avaliação, foram diagnosticadas as potencialidades, os problemas e as alternativas de usos adequados.

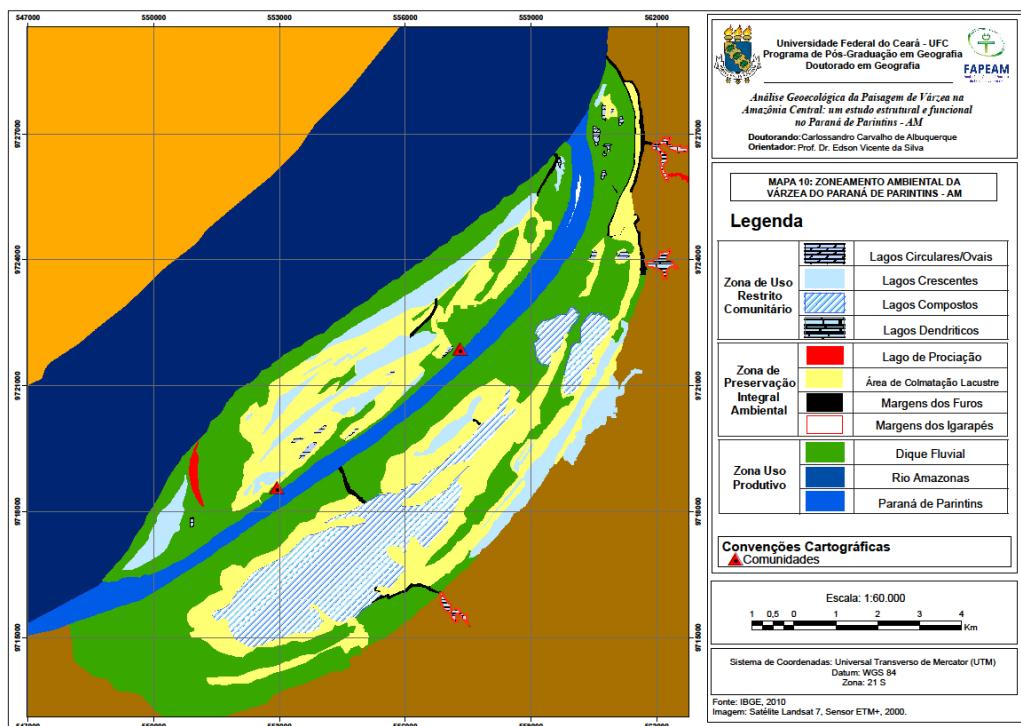
Os princípios fundamentais estabelecidos para o zoneamento ambiental integrado do Paraná foram baseados na dinâmica da água e uso do solo, que levaram à identificação das unidades de intervenção. Destaca-se que as unidades de intervenção tiveram o papel de descrever os ambientes sob o foco da vulnerabilidade ambiental e dos danos resultantes da ação antrópica sobre esses ambientes.

O diagnóstico ambiental do Paraná de Parintins apontou para um zoneamento ambiental fortemente ligado ao manejo dos recursos hídricos e à conservação do solo. Com o indicativo desses critérios, realizou-se a integração do diagnóstico ambiental, a partir das unidades geoambientais identificadas na área, para posterior estabelecimento das zonas.

As zonas foram definidas pelo critério de similaridades referentes a: potencialidades e limitações ao uso; sustentação ambiental em face à ocupação e exploração dos recursos; e a condição de vida da população da várzea. Então, porções do território passaram a ser consideradas zonas homogêneas, nas quais os parâmetros ambientais e socioeconômicos podem ser englobados em planos específicos para a ordenação da várzea.

Utilizando-se dos critérios citados anteriormente, definiu-se para o Paraná de Parintins 3 (três) zonas: Zona de Uso Produtivo (ZUP); Zona de Uso Restrito Comunitário (ZURC); e a Zona de Preservação Integral Ambiental (ZPIA), conforme Figura 4.

Figura 4 – Mapa do Zoneamento ambiental da várzea do Paraná de Parintins (AM)



Fonte: IBGE (2010). Elaboração: Albuquerque e Silva (2012).

Zona de Uso Produtivo (ZUP)

As zonas de uso produtivo (ZUP), conforme a Figura 4, correspondem às áreas dos diques fluviais (restingas), localizados nas bordas da maior ilha e em seu interior, à superfície de contato (diques) na planície de impedimento com a margem direita do Paraná, áreas elevadas no interior da planície de impedimento, à margem direita do rio Amazonas em contato com a ilha principal e ao canal do Paraná de Parintins, totalizando uma área de 58,79 km², equivalente a 56,49% do total da área do zoneamento do Paraná. Esse ambiente é especificado pela formação de diques marginais que representam as maiores elevações do relevo na planície fluvial.

Essa área apresenta uma vulnerabilidade ambiental, classificada como fortemente instável (Tricart, 1977), provocada pela ação do rio Amazonas, que produz o fenômeno das terras caídas nas margens dos diques fluviais. Esse fenômeno gera como consequências fortes impactos sobre o local, tais como a redução do tamanho das propriedades rurais e a perda da produção agrícola e de bens materiais arrastados pelo desmoronamento das margens para o rio.

Nessa zona de uso produtivo, estão as comunidades de Menino Deus e Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, também conhecidas no local, respectivamente, por Paraná do Meio e Paraná de Baixo, correspondendo ao total de 45 famílias fixadas na área e distribuídas entre as duas comunidades.

Atualmente, a principal atividade produtiva dessa zona é a agropecuária extensiva de bovinos, seguida pela agricultura de ciclos rápidos, com destaque para a mandioca, a melancia, o milho e as hortaliças, além da produção de mel, em 23 propriedades, e a pesca.

A pesca constitui-se como uma atividade tradicional dessa zona, sendo predominantemente exercida no rio Amazonas e no Paraná. Essas áreas estão no acordo de pesca elaborado pelas comunidades, contudo tem-se registrado uma diminuição na produção, em decorrência da pesca predatória feita por barcos regionais de porte médio do Pará e Amazonas, na forma de “arrastões” com redes de grande dimensão, e da falta de controle da pesca pelos órgãos governamentais.

Os principais problemas ambientais relacionam-se principalmente à pesca predatória, ao desmatamento nas margens dos rios, paraná, lagos e furos; ao lixo despejado nas margens do Paraná e rio Amazonas; ao esgotamento sanitário feito de forma precária no sistema de fossa negra, que durante o período de cheia fica submerso, ou diretamente no Paraná; e à prática da pecuária bovina extensiva nas áreas de sedimentação nas margens dos lagos.

No campo socioeconômico, os principais problemas estão relacionados à falta de assistência técnica rural, as grandes cheias que destroem as plantações e inundam as moradias, o isolamento das comunidades e o transporte com custo elevado.

Zona de Uso Restrito Comunitário (ZURC)

A finalidade de se estabelecer uma Zona de Uso Restrito Comunitário (ZURC) para a água na várzea é buscar a preservação e manutenção dos grandes recursos hídricos existentes nos rios, paranás, lagos e igarapés, permitindo, assim, a perpetuação e uso das espécies, em especial dos peixes, com a possibilidade de melhoria da qualidade de vida dos ribeirinhos.

O relevo caracteriza-se pela formação de suaves depressões no interior da planície fluvial, resultando na formação dos lagos. A área sofre intenso processo de sedimentação provocado pelo transbordamento do rio Amazonas nos períodos da cheia; e, na seca, fica isolada do contato com o canal principal. No aspecto da vulnerabilidade, são consideradas áreas fortemente instáveis, em virtude da pequena formação de floresta em suas margens, baixa profundidade dos lagos e o risco de rompimento dos diques marginais que os contornam.

O zoneamento de uso restrito comunitário, conforme o Mapa 10, compreende as formações de lagos, situados no interior da ilha do paraná e na planície de impedimento. Exclui-se dessa zona os lagos considerados de procriação e as margens dos igarapés. Abrange uma área de 23,20 km², que representa 22,29% da área total desta pesquisa na várzea do Paraná de Parintins.

Na ZURC, estão os lagos denominados do Pato, Laguinho, Mureru, Lago do Preto, da Baixa do Preto, do Barro, do Comprido, Santa Maria do Murituba, do Aningal I e II, da Santa Rita de Cássia e o Lago Grande, o maior em extensão e comprimento na margem direita do paraná, e os igarapés da Santa Rita, Santa Maria do Murituba e Laguinho.

Nessa área de formação lacustre, a principal atividade produtiva se restringe à pesca artesanal realizada pelos moradores das duas comunidades do paraná, conforme determina o Acordo de Pesca, voltado principalmente à subsistência das famílias. Ocorre, no entanto, a invasão dos lagos por barcos pesqueiros, causando impacto por utilizar redes de grande dimensão no arraste do peixe.

Os problemas ambientais nessa zona estão relacionados à pesca predatória praticada pelos barcos pesqueiros, à criação da pecuária bovina extensiva durante a seca do rio Amazonas, que provoca o pisoteio das margens dos lagos, e à caça de patos selvagens que migram durante a seca, motivados pelo aprisionamento dos peixes e a retirada da vegetação ciliar de forma irregular para comercialização como lenha.

Zona de Preservação Integral Ambiental (ZPIA)

A Zona de Preservação Integral Ambiental (ZPIA) corresponde às situações enquadradas e definidas no Código Florestal e outros instrumentos legais que regulamentam as Áreas de Preservação Permanente (APP). Aqui são considerados os lagos que têm a função de procriação de peixes, as áreas de colmatação no entorno dos lagos e as margens de furos e igarapés.

Essa zona possui uma área de 22,07 km² e representa 21,20% da área total, conforme o Mapa 10. Trata-se da terceira zona em dimensão do Paraná de Parintins. Seu relevo é caracterizado por pequenas áreas deprimidas entre os diques e as margens dos lagos, furos e igarapés no interior da ilha e da planície de impedimento, com variação de declividade entre 2 a 6 m, entre os períodos de cheia e seca do rio Amazonas.

Na legislação municipal de Parintins, as áreas de APP estão definidas na Lei n. 387, 22 de dezembro de 2006, que instituiu o Código Ambiental do Município, e na Lei n. 09/2006, que regulamentou o Plano Diretor. Destaca-se que o Plano de Diretor, em seu art. 21, classifica a ilha de várzea do Paraná de Parintins como uma unidade de conservação.

Essa é uma área onde a vulnerabilidade ambiental é classificada como fortemente instável, em função da cobertura vegetal e da sedimentação. A sedimentação é controlada pelo pulso de inundação do rio Amazonas, que alcança o interior da várzea, com formação de depósitos areno-argilosos mais finos nas margens dos lagos, paraná e furos. Devido à interação dos componentes vegetais e da fauna com o ambiente aquático, ainda são poucos os conhecimentos científicos dessas inter-relações, o que reforça os aspectos críticos de sua fragilidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar a estrutura e a funcionalidade da paisagem da várzea amazônica por intermédio de uma base conceitual geossistêmica, foi possível compreender a formação e a diferenciação dos componentes naturais, além de observar as transformações dos processos de ocupação realizados pelos grupos humanos que habitam, em particular, a planície fluvial amazônica.

Observou-se que a várzea amazônica, embora seja um ambiente produtivo e rico em recursos, se comparada aos ambientes de terra firme, se constitui como um espaço de desafio para os pequenos agricultores familiares. Isso principalmente em decorrência da dinâmica do rio Amazonas, que impõe flutuações semestrais de seu nível, provocando a instabilidade de

seus ambientes e estabelecendo limitações nas formas de uso produtivo dos recursos disponíveis.

Com o exame da dinâmica espaço-temporal da paisagem na área do Paraná de Parintins (AM), constatou-se que a paisagem é produto da própria formação antropo-natural formada por elementos naturais, pela ação dos grupos humanos fixados nessa área e pela presença do avanço tecnológico ali condicionado socialmente.

Um importante resultado da pesquisa foi a construção de um diagnóstico integrado da paisagem de várzea existente no Paraná de Parintins, a partir de uma instrumentação geoecológica que pudesse ser aplicada na elaboração de um planejamento ambiental sustentável.

Por intermédio desse diagnóstico geoecológico, foi elaborada uma proposta de zoneamento que procurou demonstrar medidas de manejo que se adéquam a um padrão de uso sustentável dos recursos naturais existentes na várzea, a fim de que se traduzam em desenvolvimento social e econômico à população ribeirinha do Paraná de Parintins.

A várzea é um ambiente natural que deverá ser usado pela família ribeirinha e para onde políticas públicas específicas de produção e inserção social precisam ser direcionadas, visando manter os ambientes naturais da Amazônia.

REFERÊNCIAS

BECKER, B. K.; EGLER, C. A. G. **Detalhamento da metodologia para execução do ZEE pelos Estados da Amazônia Legal.** Rio de Janeiro: LAGET/UFRJ/SAE-PR, 1996.

BRASIL. **Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002.** Regulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE, e dá outras providências. Diário oficial da União, Brasília, DF, 2002. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4297.htm. 19/10/2012, acesso em: 12 out. 2012.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais.** São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

FILIZOLA JR., N. P. **O fluxo de sedimentos em suspensão nos rios da Amazônia brasileira.** Brasília, DF: Aneel, 1999.

GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico.** 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

JUNK, W.J. Flood tolerance and tree distribution in central Amazonian floodplains. In: L.B., Holm-Nielsen, I.C. Nielsen and H. Balslev (ed.), **Tropical Forests: Botanical dynamics, speciation and diversity**. Academic Press Limited, London, 1989. p. 47 -64.

MELACK, J. M. Amazon floodplain lakes: Shape, fetch, and stratification. **Verh. Internat. Verein. Limnol.** v. 22, p. 1278-1282, Oct. 1984

PEREIRA. H. S. A dinâmica da paisagem socioambiental das várzeas do rio Solimões-Amazonas. In: FRAXE, T. J. P., PEREIRA, H. S., WITKOSKI, A. C (org.). **Comunidades ribeirinhas amazônicas: modos de vida e uso dos recursos naturais**. Manaus: EDUA, 2007.

RODRIGUEZ, J. M; SILVA, E. V. **Planejamento e Gestão Ambiental:** subsídios da Geocobiologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica. 6 ed. ampliada Fortaleza, Edições UFC, 2022.

RODRIGUEZ, J. M; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. **Geocologia das Paisagens:** uma visão geossistêmica da análise ambiental. 2 ed. Fortaleza: Edições UFC, 2007.

RODRIGUEZ, J. M. [et. al.]. **Geocología de los paisajes**. Mérida, Editora de la ULA, 2003.

SOARES, E. A. A.; RICCOMINI, C. O Registro Sedimentar Pleistoceno Nas Depressões Tectônicas Da Região De Confluência Dos Rios Negro E Solimões, Amazonas. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 44., 2008, Curitiba. **Anais** [...],Curitiba, 2008.

SPERLING, E.V. **Morfologia de Lagos e Represas**. DESA/UFMG, Belo Horizonte, 1999.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro. IBGE-SUPREN, 1977.

VIEIRA, R. S. **Várzea Amazônicas e a legislação ambiental brasileira**. IBAMA/INPA/Marx-Planck/UA. Manaus, 1992. 39 p.

WETZEL, R.G. **Limnology: lake and river ecosystems**. San Diego: Academic: 2001. 1006 p.

AGRADECIMENTOS

À Universidade do Estado do Amazonas (UEA). Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará (UFC). À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM).