

**CLASSIFICAÇÃO DAS UNIDADES DE PAISAGEM NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO PITIMBU/RN, BRASIL: UMA ABORDAGEM
GEOECOLÓGICA**

CLASSIFICATION OF LANDSCAPE UNITS IN THE PITIMBU/RN RIVER BASIN,
BRAZIL: A GEOECOLOGICAL APPROACH

CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES DE PAISAJE EN LA CUENCA DEL RÍO
PITIMBU/RN, BRASIL: UN ENFOQUE GEOECOLÓGICO

Gabriella Lima¹

Juliana Felipe Farias²

Resumo: A gestão sustentável de bacias hidrográficas é essencial para a conservação dos recursos naturais e a manutenção da qualidade ambiental. O objetivo central deste estudo é o de classificar as unidades de paisagem da Bacia Hidrográfica do rio Pitimbu (BHRP, RN) com base na Geoecologia das Paisagens. A pesquisa identificou unidades geoecológicas relacionadas a características geomorfológicas, padrões de uso do solo e aspectos culturais da região. A metodologia combinou fases operacionais da Geoecologia das Paisagens e técnicas de geoprocessamento, criando arquivos vetoriais (shapefiles) a partir dos dados geomorfológicos, seguidos pela edição e diferenciação das unidades geoecológicas com a ferramenta "symbology". A análise espacial identificou cinco unidades geoecológicas: Tabuleiros dos Palmares, Tabuleiros das Vitóriaas, Tabuleiros do Jiqui, Planície Potiguar e Depósitos do Pitimbu, cada uma com suas próprias potencialidades e limitações. Os resultados indicam que, a BHRP enfrenta desafios significativos, como expansão urbana desordenada, poluição e assoreamento do leito principal. Conclui-se que é necessária uma abordagem integrada e uma gestão eficaz para mitigar esses problemas e melhorar a qualidade ambiental da área. Recomenda-se a implementação de políticas de conservação do solo, controle de erosão e manejo sustentável dos recursos hídricos e vegetais, alinhadas com o desenvolvimento sustentável da região.

Palavras-chave: Dinâmica da Paisagem; Uso e ocupação do solo; Conservação dos recursos hídricos; Potencialidades e Limitações.

Abstract: Sustainable watershed management is essential for conserving natural resources and maintaining environmental quality. The main objective of this study is to classify the landscape units of the Pitimbu River Basin (BHRP, RN) based on Landscape Geoecology. The research identified geoeological units related to geomorphological characteristics, land use patterns and cultural aspects of the region. The methodology

¹ Doutoranda em Geografia no Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Email: gabriella.lima.078@ufrn.edu.br. Lattes ID: <http://lattes.cnpq.br/8006298489893767>. Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-4228-1934>.

² Professora Adjunta no Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Doutora em Geografia pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Email: juliana.farias@ufrn.br. Lattes ID: <http://lattes.cnpq.br/3431876696268959>. Orcid ID: <http://orcid.org/0000-0002-0185-2411>.

combined the operational phases of Landscape Geoecology and geoprocessing techniques, creating vector files (shapefiles) from the geomorphological data, followed by editing and differentiating the geoecological units with the "symbology" tool. The spatial analysis identified five geoecological units: Tabuleiros dos Palmares, Tabuleiros das Vitórias, Tabuleiros do Jiqui, Planície Potiguar and Depósitos do Pitimbu, each with its own potential and limitations. The results indicate that the BHRP faces significant challenges, such as disorderly urban expansion, pollution and silting up of the main riverbed. It is concluded that an integrated approach and effective management are needed to mitigate these problems and improve the environmental quality of the area. It is recommended that policies be implemented for soil conservation, erosion control and sustainable management of water and plant resources, in line with the sustainable development of the region.

Keywords: Landscape dynamics; Land use and occupation; Conservation of water resources; Potentialities and limitations.

Resumen: La gestión sostenible de las cuencas fluviales es esencial para conservar los recursos naturales y mantener la calidad del medio ambiente. El principal objetivo de este estudio es clasificar las unidades de paisaje de la cuenca del río Pitimbu (BHRP, RN) basándose en la geoecología del paisaje. La investigación identificó las unidades geoecológicas relacionadas con las características geomorfológicas, los patrones de uso del suelo y los aspectos culturales de la región. La metodología combinó las fases operativas de la Geoecología del Paisaje y las técnicas de geoprocésamiento, creando archivos vectoriales (shapefiles) a partir de los datos geomorfológicos, seguidos de la edición y diferenciación de las unidades geoecológicas con la herramienta "simbología". El análisis espacial identificó cinco unidades geoecológicas: Tabuleiros dos Palmares, Tabuleiros das Vitórias, Tabuleiros do Jiqui, Planície Potiguar y Depósitos do Pitimbu, cada una con su propio potencial y limitaciones. Los resultados indican que el BHRP se enfrenta a importantes retos, como la expansión urbana desorganizada, la contaminación y la sedimentación del cauce principal. Se concluye que es necesario un enfoque integrado y una gestión eficaz para mitigar estos problemas y mejorar la calidad medioambiental de la zona. Se recomienda aplicar políticas de conservación del suelo, control de la erosión y gestión sostenible de los recursos hídricos y vegetales, en consonancia con el desarrollo sostenible.

Palabras clave: Dinámica del paisaje; Uso y ocupación del suelo; Conservación de los recursos hídricos; Potencialidades y limitaciones.

Introdução

Ocorrências passadas, como erupções vulcânicas, mudanças climáticas e desmatamento, sejam eles causados pela natureza ou pela intervenção humana, têm impactos significativos nos ecossistemas, influenciando sua dinâmica e persistindo por longos períodos, às vezes centenas de milhares de anos. Essas mudanças podem afetar diversos aspectos, como a vegetação, a diversidade de espécies, a circulação de nutrientes, o fluxo de água e até mesmo o clima (Rhemtulla; Mladenoff; Clayton, 2007).

Com a emersão da questão ambiental entre os anos 1960 e 1970, houve um aumento significativo no interesse científico, nos movimentos ambientalistas e nas atividades de entidades não governamentais em relação aos usos desordenados dos recursos naturais. As demandas humanas, sejam sociais ou econômicas, têm demonstrado impactos adversos sobre os recursos naturais (Lima, 2021).

Diante do exposto, torna-se imprescindível adotar processos contínuos de planejamento e gestão ambiental e territorial. Essas medidas devem visar a ordenação da exploração dos territórios, levando em consideração tanto a conservação ambiental quanto as complexas relações socioeconômicas, garantindo que nenhum desses aspectos seja negligenciado (Ross, 2012). Logo, insere-se o contexto da bacia hidrográfica como célula de estudo e planejamento para análise e aplicação dos estudos da dinâmica da paisagem, por ter um caráter integrador, contemplando processos históricos, econômicos, culturais e sociais.

Ao estudar minuciosamente os componentes físicos, biológicos e socioeconômicos da bacia, e entender como esses fatores interagem e influenciam uns aos outros, é possível identificar as potencialidades e limitações intrínsecas à área. (Lima, 2021). Essa compreensão detalhada permite desenvolver estratégias de gestão e planejamento que respeitem e aproveitem as características naturais da bacia, promovendo a sustentabilidade e a resiliência do ecossistema

A necessidade de considerar a importância da Geocologia das Paisagens reside na sua capacidade de fornecer uma análise detalhada dos padrões e processos que ocorrem na paisagem. Isso permite uma abordagem mais holística e integrada na gestão e planejamento ambiental, contribuindo para uma utilização mais sustentável dos recursos naturais e uma melhor compreensão dos impactos das atividades humanas sobre o meio ambiente. Dentro dos estudos integrados, difundidos por Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004); Farias (2012; 2015); Vidal e Mascarenhas (2020); Lima (2021) e Miranda (2022), a Geocologia das Paisagens desempenha um papel fundamental na delimitação e caracterização das unidades geológicas.

Os estudos mencionados anteriormente, fornecem uma base consolidada para o desenvolvimento dos dados aqui apresentados, uma vez que, através da abordagem geológica, é possível identificar e avaliar com maior precisão as mudanças nos padrões paisagísticos e suas implicações para a sustentabilidade ambiental. Assim, faz-se

possível obter uma compreensão mais aprofundada das dinâmicas geossistêmicas e dos processos ocorridos a partir da identificação das unidades paisagísticas, suas potencialidades e limitações.

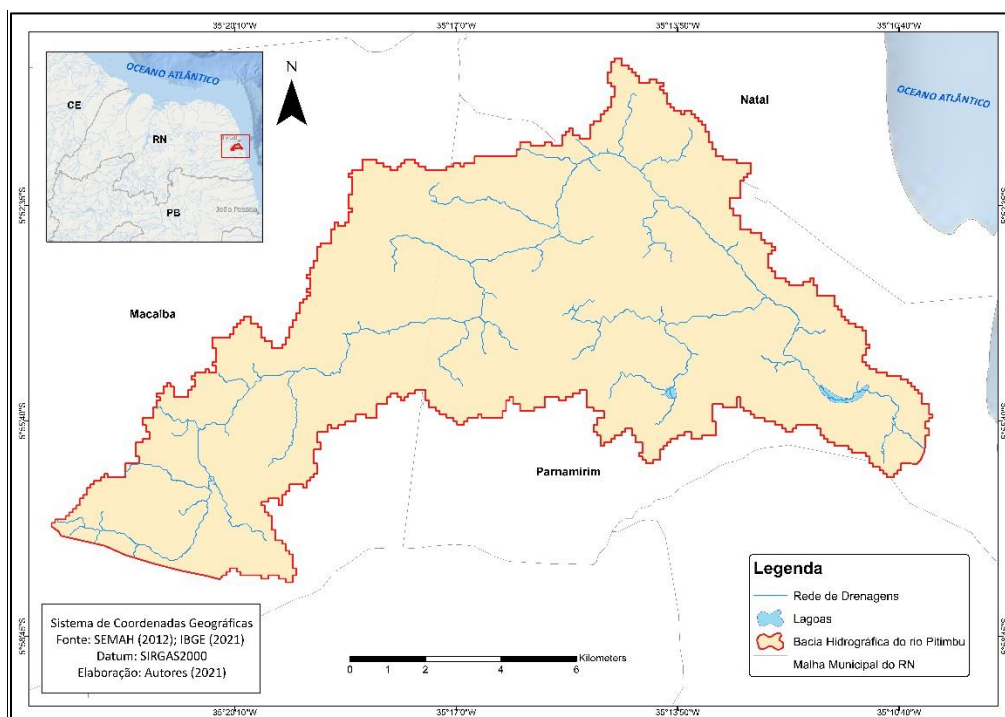
Através da análise da paisagem é possível a conferência de atributos para a preservação, conservação e ordenamento territorial entre as diferentes unidades que a compõe, por isso, faz-se necessário um olhar integrado dos componentes físicos ambientais e perspectivas de uso para entender a diversidade e complexidade das paisagens. Assim, a paisagem como complexo territorial permite compreender suas estruturas, processos, dinâmica e estado atual sobre a ótica sistêmica (Rodríguez; Silva; Cavalcanti, 2004; Vidal, 2014; Martinez; Rodríguez; Hernández, 2014).

Portanto, o objetivo deste trabalho é classificar as unidades de paisagem da Bacia Hidrográfica do rio Pitimbu (BHRP/RN). Para isso, serão aplicados procedimentos fundamentados na teoria e metodologia da Geoecologia das Paisagens, visando uma abordagem sistêmica que considere as interações entre os componentes naturais e antrópicos da paisagem. Essa abordagem permite a identificação detalhada das unidades geocológicas, fornecendo subsídios importantes para a gestão ambiental e o planejamento sustentável da região.

Material e Métodos

Caracterização da Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do rio Pitimbu, a qual se constitui como objeto desta pesquisa, possui uma área de 132,46 km² e localiza-se nas coordenadas 5° 50'00'', 5° 57'53'' latitude Sul e 35° 11'08'', 35° 23'19'' longitude Oeste, abarcando os municípios de Natal, Macaíba e Parnamirim, como demonstra a Figura 1. Apresenta escoamento do tipo endorréico com drenagem dentritica, desaguando na Lagoa do Jiqui. Possui sua nascente localizada no município de Macaíba, sendo responsável pelo abastecimento de água para uma grande área da Região Metropolitana de Natal (RMN).

Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do rio Pitimbu

Fonte: Autores (2023) com base em SEMARH (2012) e IBGE (2021).

De acordo com os critérios estabelecidos por Christofolletti (1999), a Bacia Hidrográfica do rio Pitimbu se encaixa na categoria de tamanho médio, considerando sua área de drenagem, que varia entre 100 e 1000 km². Ao longo da extensão da bacia, é possível identificar uma diversidade de ocupações, começando desde sua nascente, onde predominam áreas rurais, até alcançar os limites entre Natal e Parnamirim, onde se observa uma intensificação da ocupação urbana em direção às suas margens, se constituindo como uma área urbana em feições de tabuleiro costeiro.

Nas proximidades da planície do rio Pitimbu, observam-se extensas áreas cobertas por cordões de dunas que abrangem grande parte dessa região, formando cordões alongados paralelos, especialmente próximos à margem esquerda, no município de Natal, conforme caracterizada por Lima (2021, p.13).

A diversidade das características paisagísticas presentes resulta da interação entre diversos elementos geológicos, geomorfológicos, climáticos, hidrológicos, pedológicos e vegetacionais, combinados com as atividades socioeconômicas desenvolvidas ao longo da bacia, o que proporciona uma dinâmica singular.

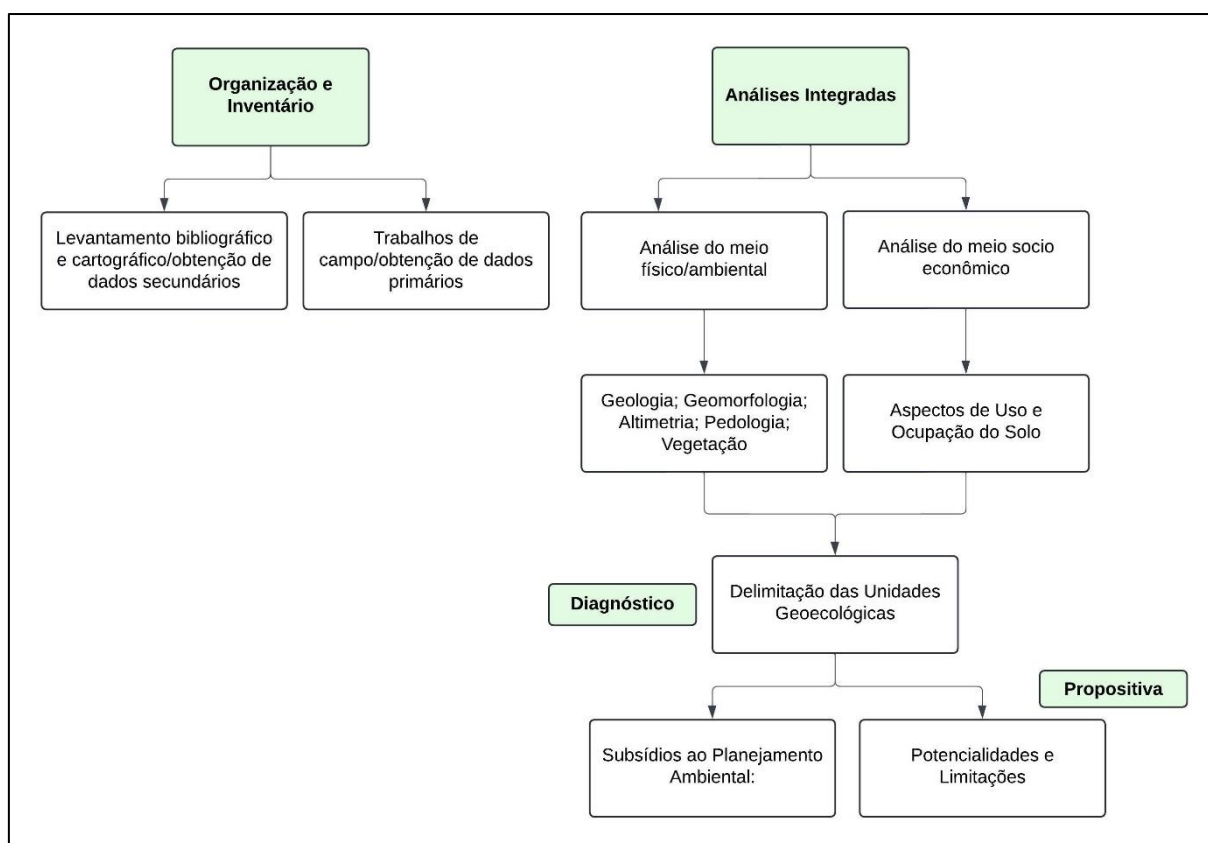
Dado o exposto, essa área engloba uma diversidade de características e particularidades que unem elementos naturais e socioeconômicos. Portanto, torna-se

essencial dar prioridade à preservação desses aspectos ambientais, uma vez que a região não é apenas explorada visando lucro, mas também sustenta uma variedade de atividades fundamentais para a subsistência e para o equilíbrio entre o ser humano e os recursos naturais.

Procedimentos Metodológicos

Os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento do trabalho foram propostos por Rodriguez et al. (2013), Rodriguez e Silva (2013) e Farias (2015), e distribuem-se em fases: organização e inventário, análise, diagnóstico e propositiva. A partir desta perspectiva, as referidas fases foram seguidas com o objetivo de fomentar a aplicação geocológica na bacia hidrográfica do rio Pitimbu e, assim, propor subsídios para o planejamento ambiental. A Figura 2 apresenta uma síntese das etapas metodológicas realizadas.

Figura 2 – Síntese metodológica das fases da pesquisa



Fonte: Autores (2022).

Durante a fase de organização e inventário, foram agrupados e organizados os materiais bibliográficos e cartográficos dos temas que norteiam e que tem correlação com

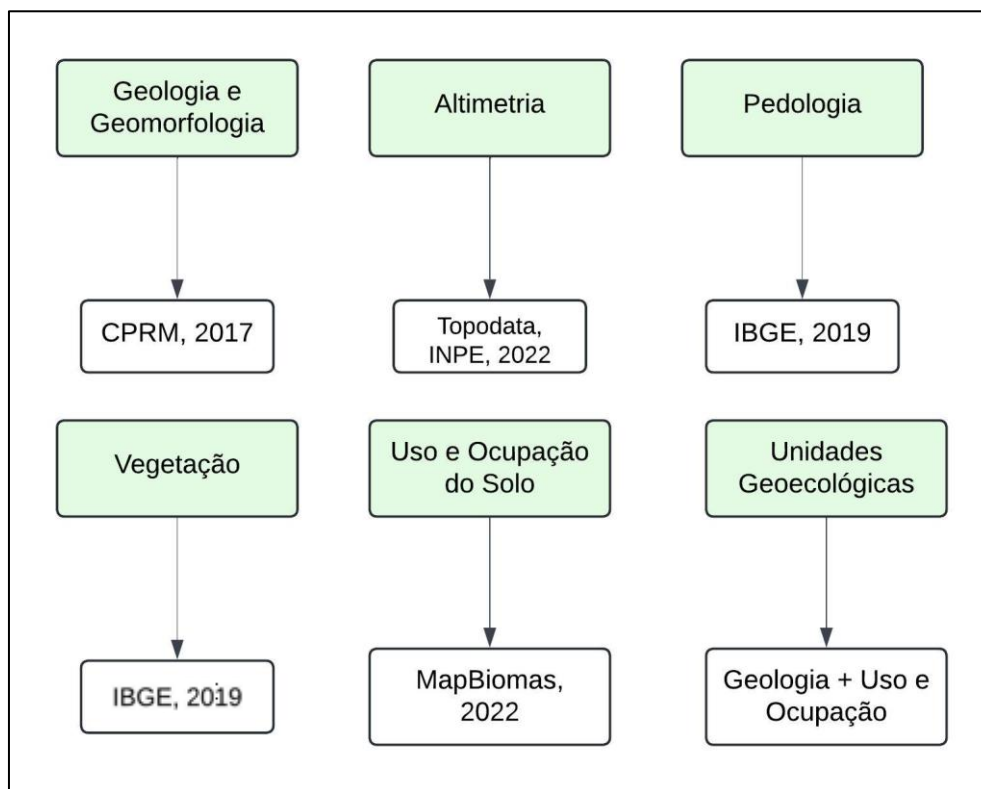
a área de estudos. Documentos e dados advindos de órgãos do âmbito federal, estadual e municipal corroboraram para que informações referentes ao panorama socioeconômico e ambiental dos municípios nos quais a bacia abrange fosse realizado com um caráter eficaz e atualizado.

Como instrumento de apoio para operacionalizar o trabalho, foram utilizadas ferramentas do Sistema de Informações Geográficas (SIG), viabilizadas pelo software QGIS versão 3.23 em conjunto com outros programas de caráter livre que ofereceram aparato no processamento dos dados. Essas ferramentas possibilitam uma maior aproximação e conhecimento da área de estudo, além de permitirem a elaboração de materiais cartográficos que contribuem para a representação espacial e viabilizam possíveis intervenções.

Para que fossem obtidas as bases cartográficas, foi realizada uma consulta em plataformas digitais de órgãos os quais viabilizaram a disponibilização do material, sendo eles: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Secretaria de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (SEMARH) Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente (IDEMA), Instituto de Gestão de Águas do Estado do Rio Grande do Norte (IGARN).

Mediante a realização da fase de análises integradas, compreende-se compilação do material levantado e organizado na fase anterior com vistas à análise integrada da área de estudo. Por conseguinte, nesta fase foi destinada para a delimitação das classes de uso e ocupação do solo, identificação das unidades geoecológicas, reconhecimento das fragilidades e potencialidades da área de estudos e da proposição das diretrizes de planejamento ambiental.

Os mapas temáticos confeccionados nesta fase de pesquisa são fundamentais para que se haja a correlação dos aspectos físicos e socioeconômicos, delimitando resultados mais satisfatórios, uma vez que há uma sobreposição das classes predominantes nestes atributos ambientais. Assim, os materiais foram elaborados seguindo a escala de trabalho a nível local, contemplando as respectivas fontes de dados apresentadas na Figura 3.

Figura 3 – Fontes de dados dos mapas temáticos

Fonte: Autores (2022).

Em relação ao mapa de uso e ocupação do solo, foi utilizada a plataforma MapBiomas, assim obtidos dados para processamento do *Google Earth Engine*. Por conseguinte, os dados utilizados na pesquisa, são do ano de 2022, adquiridos a partir do recorte vetorial (*shapefile*) da bacia hidrográfica pertencente à coleção 7.1 da plataforma. Assim, ao serem tratados no software Quantun Gis, foram realizados os cálculos da área de cada classe e a composição dos mapas que permitiu analisar as transformações paisagísticas e territoriais.

Para além da confecção dos mapas, foram organizados gráficos e tabelas de precipitação coletados diretamente na sede da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN). Assim, destaca-se que os dados de precipitação (1994-2023), e temperatura (2010-2023) coletados, correspondem ao município de Parnamirim uma vez que é a estação na qual registra os dados pluviométricos mais coerentes com a área de estudo

Diante da perspectiva da fase de diagnósticos, têm-se que o objetivo central está em interpretar o material produzido na fase anterior, tanto textuais quanto cartográficos,

descrevendo os principais problemas, potencialidades e limitações da área de estudo tendo como base os mapas temáticos de uso e ocupação do solo e dos recursos naturais.

Destaca-se que, nesta fase, a escolha da geomorfologia como base para compartimentar as unidades geológicas foi fundamental devido à sua capacidade de refletir as variações no relevo e na morfologia da área de estudo. Utilizando os dados geomorfológicos da área, foram criados arquivos vetoriais (shapefiles) que delimitaram as unidades geológicas preestabelecidas com base nas características do relevo. Em seguida, com a ferramenta "symbology", foram editadas e atribuídas cores e símbolos para diferenciar cada uma das unidades. Além disso, foi realizada uma análise detalhada de cada unidade geológica, contemplando suas potencialidades, limitações e impactos ambientais registrados.

Esse processo permitiu uma representação visual clara e detalhada das características e limites das diferentes unidades geológicas na região estudada, e, posteriormente foram inseridos os aspectos de uso e ocupação. Na análise do uso e ocupação do solo na bacia, foram utilizadas imagens de satélite Landsat 8, do ano de 2022, com resolução espacial de 30 metros, através da plataforma do MapBiomas, foram identificadas com os códigos da legenda 6 (seis) classes de uso, sendo elas: Água, Agricultura; Área Urbana; mosaico de usos; Pastagem e Vegetação.

Com as unidades geomorfológicas delimitadas e visualmente diferenciadas, foi possível realizar uma análise espacial detalhada. Isso incluiu a sobreposição de camadas de uso do solo, vegetação, hidrografia e outros elementos ambientais, permitindo observar como cada unidade geológica é utilizada e ocupada. Essa análise espacial aprofundada é essencial para identificar padrões de uso do solo que podem não ser evidentes sem a integração de múltiplas camadas de dados.

A partir da reunião dos materiais confeccionados nas fases anteriores, em concomitância com o resultado do mapeamento geológico foi possível a integração dos aspectos estudados para que as estratégias de planejamento ambiental pudessem atender a realidade da área, bem como fornecessem alternativas práticas, viabilizando uma melhor manutenção e preservação do ambiente.

A fase propositiva, por sua vez, apresenta como centralidade as proposições de estratégias de planejamento ambiental elaboradas para bacia de acordo com a realidade encontrada e estando embasadas na Geoecologia e na interpretação e espacialização dos

dados físicos-ambientais, compartimentação e uso e cobertura do solo, nos quais irão corroborar para um conhecimento detalhado do funcionamento da bacia.

Por isso, faz-se necessário o aprofundamento das características físicas e socioeconômicas da área por meio dos procedimentos metodológicos adotados. Os resultados e discussões derivados dessas análises não apenas destacam a diversidade e inter-relações dos elementos naturais e antrópicos presentes, mas também fornecem subsídios para compreensão da realidade ambiental e paisagística da área.

Resultados e Discussões

Atributos físicos-ambientais

Para realizar uma análise integrada de forma eficaz, é crucial ter um conhecimento aprofundado e uma interpretação precisa da dinâmica da paisagem, incorporando o funcionamento de seus componentes físico-ambientais de maneira detalhada, conforme destacado por Lima (2021). Portanto, visando a análise da evolução da paisagem em sua totalidade, elenca-se aqui o contexto físico-ambiental da área. Nesse sentido, os fatores geocológicos que contribuem para a formação da paisagem incluem: geologia, geomorfologia, altimetria, clima, recursos hídricos, pedologia e vegetação.

Geologia

A geologia é um dos componentes mais importantes do meio físico para caracterizar as disponibilidades hídricas subterrâneas, uma vez que busca apresentar os elementos fundamentais para as relações litoestruturais com o relevo e os solos, como aborda Botelho (1999). Assim, foram identificadas na extensão da área de estudos as unidades da era Cenozóica: Depósitos eólicos litorâneos de paleodunas, Depósitos colúvio-eluviais, Depósitos de Mangue e Grupo Barreiras (CPRM, 2017), sendo os Depósitos colúvio-eluviais, a unidade mais expressiva no contexto da área, abrangendo 82,12 km², o que corresponde a 62% da área estudada.

Geomorfologia

Na bacia hidrográfica do rio Pitimbu foram identificadas diversas unidades geomorfológicas e feições do modelado, conforme detalhado pelo CPRM (2017). Entre elas destacam-se o Glácis de deposição pré-litorânea e a Planície de acumulação, além

das feições como Tabuleiros Costeiros, Campos de Dunas e Planícies Flúvio-Marinhas e Flúvio-Lagunares. O Tabuleiro Costeiro, abrangendo uma área significativa de 99,3 km², corresponde a 75% da extensão total da bacia.

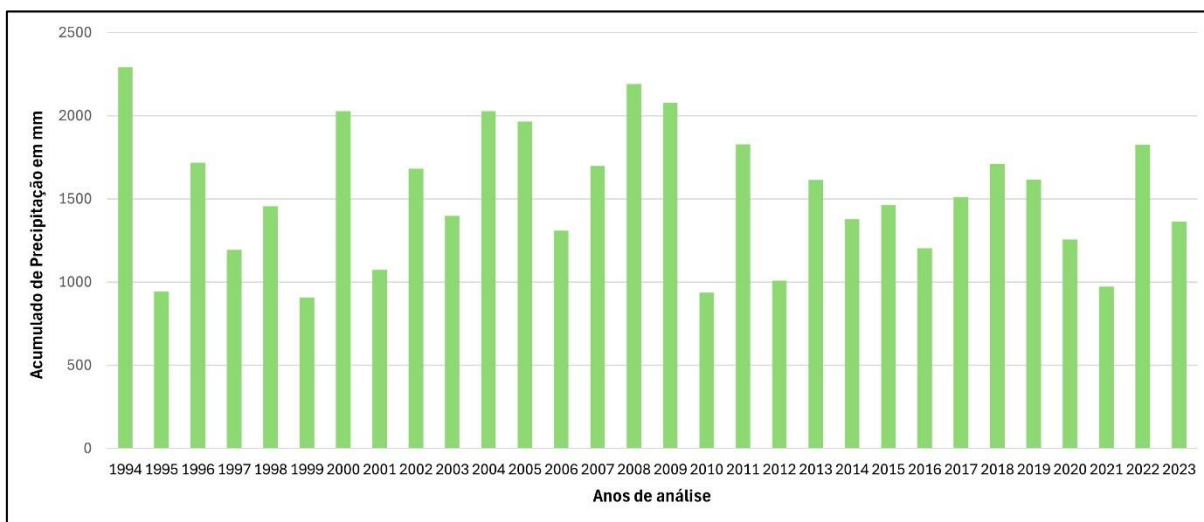
As características altimétricas da região também são distintas ao longo da bacia. As áreas de menor altitude são encontradas principalmente na planície do baixo curso, variando entre 3 e 25 metros. Já os tabuleiros apresentam altitudes que variam de 25 a 41 metros, estendendo-se ao médio curso com altitudes de 41 a 54 metros, e alcançando até 64 metros em algumas partes do alto curso.

Aspectos Climáticos

A área da bacia estudada, está inserida em uma zona onde os mecanismos dinâmicos que produzem chuvas no Nordeste do Brasil (NEB) podem ser classificados em mecanismos de grande escala ou sinótica, mesoescala e microescala, sendo os dois primeiros, responsáveis pela maior parte da precipitação observada no Rio Grande do Norte, conforme Molion e Bernardo (2002).

Nesse sentido, têm-se a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) atuando em uma escala sinótica. Ela se constitui enquanto fator mais importante na determinação de chuvas do Nordeste, formada pela confluência dos ventos alísios do hemisfério Norte com os do hemisfério Sul. Em termos de mesoescala, elencam-se: Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN); Ondas de Leste; Linhas de Instabilidade (LI) e das Brisas Marítima e Terrestre. Não obstante, a classificação climática da área de estudos, pode ser considerada de Clima tropical, com inverno seco, segundo Koppen; Geiger (1901).

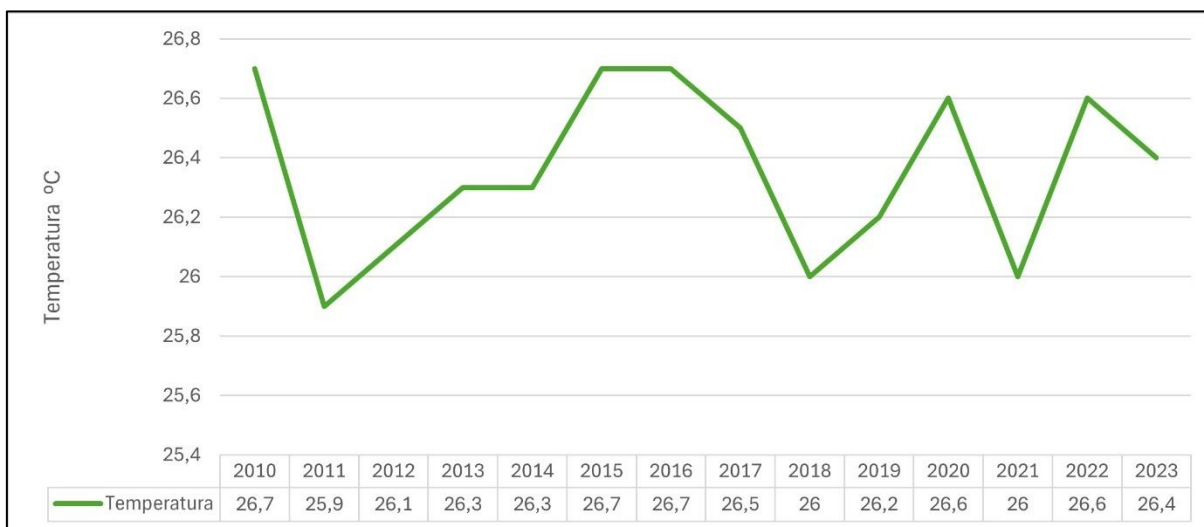
A classificação climática influencia diretamente os índices de precipitação e temperatura dos municípios, o que por sua vez afeta diversos aspectos dentro da bacia hidrográfica. Em 1994, registrou-se o maior volume médio de precipitação, totalizando 2291,6 mm, com chuvas concentradas nos meses de junho e agosto. Em contrapartida, o ano menos chuvoso ocorreu em 2010, com 937,8 mm de precipitação. No gráfico 1 é possível a verificação dos totais pluviométricos para área de estudos no período estudado.

Gráfico 1 – Totais Pluviométricos da BHRP (1994 – 2023)

Fonte: Elaboração dos autores (2023) com base nos dados da EMPARN (2023).

A concentração dessas chuvas no referido ano, sugere uma distribuição sazonal intensa, possivelmente associada a fenômenos atmosféricos como sistemas de baixa pressão ou eventos de monções regionais. Esse período de alta precipitação direciona a impactos positivos, como o reabastecimento dos recursos hídricos locais e o estímulo ao crescimento vegetal. Por outro lado, em 2010, a diminuição de precipitação relaciona-se com padrões climáticos que influenciam a formação e deslocamento de sistemas meteorológicos de precipitação, o que gera implicações negativas para atividades econômicas como agricultura e pecuária.

Em relação ao acumulado de precipitação, as temperaturas na área da bacia mostram-se estáveis, com médias variando de 25,9 a 26,7 °C. A temperatura mais baixa foi registrada em 2011, enquanto a mais alta ocorreu em 2015. O gráfico 2 ilustra a distribuição das temperaturas médias ao longo dos anos de 2010 a 2023, período para o qual há dados disponíveis para a Bacia Hidrográfica do rio Pitimbu (BHRP).

Gráfico 2 – Temperatura da BHRP (2010 – 2023)

Fonte: Elaboração dos autores (2023) com base nos dados da EMPARN (2023).

A partir da análise dos dados sobre precipitação e temperatura média, reflete-se que a estabilidade das temperaturas, com médias oscilando entre 25,9 e 26,7 °C ao longo do período analisado, indica um padrão climático relativamente constante nesse aspecto. Isso pode ser interpretado como um fator estável para práticas agrícolas, como por exemplo os cultivos de feijão e milho, que dependem das condições térmicas consistentes ao longo do ano.

Caracterização de solos

Na análise da bacia hidrográfica em questão, identificaram-se quatro tipos de solo, conforme definido pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SIBCS EMBRAPA – 2018): Latossolo Amarelo Distrófico (LAd), Argissolo Amarelo Distrófico (PAd), Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo) e Neossolo Flúvico Ta Eutrófico (RYve). Destaca-se que o Latossolo Amarelo Distrófico é o tipo de solo predominante, abrangendo aproximadamente 86 km², o que corresponde a 65% da área de estudo. Este tipo de solo também é encontrado nas zonas úmidas costeiras, caracterizando as áreas de tabuleiros, onde possibilita o cultivo de uma variedade significativa de culturas.

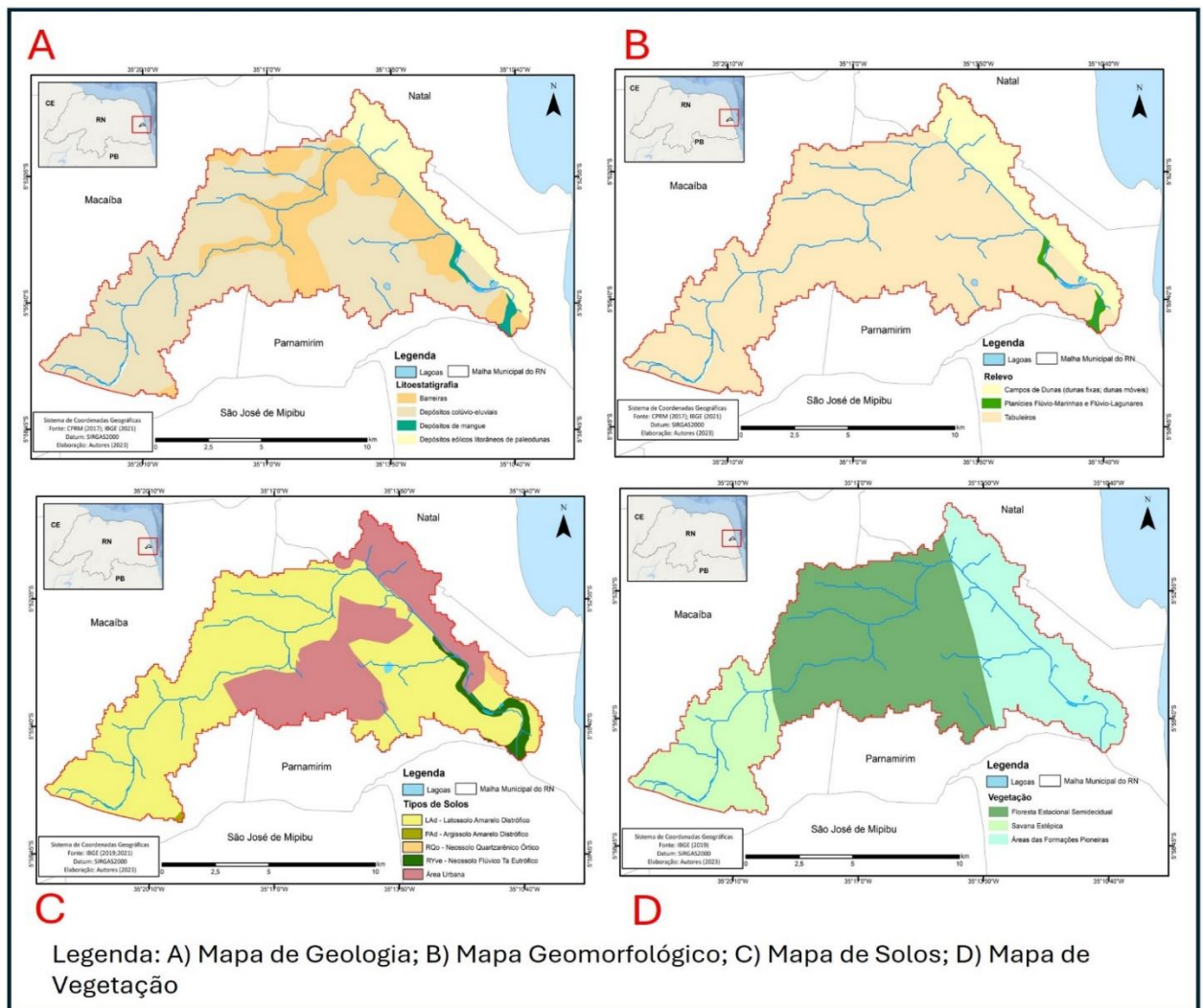
Vegetação

Na bacia hidrográfica do rio Pitimbu, verifica-se que a vegetação predominante ao longo de toda sua extensão são os remanescentes do bioma Mata Atlântica. Dessa

forma, com maior predominância na área da bacia, aparecem as Áreas das Formações Pioneiras e a Savana-Estépica Arborizada, segundo o Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012). Junto as referidas classes, a ANA (2018), também registra a existência da Floresta Estacional Semidecidual, sendo esta, a classe com maior representação na área, abarcando 88,76 km² (67%).

A análise dos fatores físico-ambientais relevantes para a área de estudo evidencia a importância de compreender a origem das características e atributos predominantes da bacia hidrográfica, constituindo assim, os condicionantes geocológicos de formação da Paisagem. A Figura 4 apresenta um mosaico compilando os mapas temáticos de cada atributo supracitado.

Figura 4 – Mosaico dos condicionantes físicos ambientais da BHRP



Fonte: Elaboração dos autores (2023).

Uso e Ocupação do Solo

As classes de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Pitimbu refletem a interação entre atividades humanas e o ambiente natural. Essas classes são essenciais para entender como o território é utilizado e como isso impacta os recursos naturais e a paisagem local. Dessa maneira, destacam-se aqui as 6 (seis) classes identificadas na área estudada.

Com relação à classe de corpos d'água é destacado o corpo hídrico principal da bacia hidrográfica, abrangendo 0,21 km² (0,16%). A classe área urbana 63,87 km² (48,2%) insere-se no contexto de áreas antrópicas não agrícolas, onde encontram-se as coberturas referentes as áreas abertas construídas, caracterizadas pela existência de edificações, pelos processos de expansão urbana e por complexos industriais. Nessa classe inserem-se os núcleos urbanos como as sedes municipais e distritais.

A classe de agricultura 14,27 km² (10,7%) está inserida nas áreas antrópicas agrícolas, onde corresponde aos espaços destinados para produção de alimentos e insumos designados ao consumo doméstico ou comercialização. Dentro do perímetro da bacia hidrográfica, há a predominância da agricultura de subsistência da mandioca, banana e do coco.

Por sua vez, a classe dos mosaicos de ocupação – 3,24 km² (2,44%), faz relação as áreas de vegetação urbana, incluindo vegetação cultivada e vegetação natural que não apresentam nenhum tipo de cobertura vegetal ou encontram-se em estado de degradação. Na bacia hidrográfica, essa classe está presente em áreas nas quais ocorreram e persiste na retirada dos recursos naturais, principalmente em aspectos relacionado ao manejo inadequado dos solos através de práticas rudimentares, destacadas no alto curso da bacia.

A Pastagem, ocupa 13,80 km² (10,4%) da área estudada e corresponde predominantemente a áreas plantadas, diretamente relacionadas à atividade agropecuária. As áreas de pastagem natural, por sua vez, são predominantemente caracterizadas como formações campestres ou campo alagado, podendo ser submetidas ou não a práticas de pastejo (Mapbiomas, 2022).

Por fim, na classe de vegetação, que ocupa 37,34 km² (28,1%) da área, são incluídas as áreas com espécies conservadas, destacando-se especialmente os remanescentes de Mata Atlântica na região de estudo. Esta classe agrupa e generaliza as

subdivisões das tipologias vegetacionais, enfatizando sua importância para a área. Assim, as classes definidas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Pitimbu (2022)

Classe de Uso	Área (km ²)	Área (%)
Água	0,21	0,16
Agricultura	14,27	10,7
Área Urbana	63,87	48,2
Mosaico de Ocupação	3,24	2,44
Pastagem	13,80	10,4
Vegetação	37,34	28,1
Total da área	132,5	100%

Fonte: Elaboração dos autores (2023).

A partir do verificado acerca do uso e ocupação, as alterações paisagísticas estão presentes na extensão do território da bacia hidrográfica. Dessa forma, a predominância da área urbana fica evidente, uma vez justificada pela expansão diante do acelerado desenvolvimento da região metropolitana do estado. A classe de vegetação, ocupa o segundo lugar em abrangência na área. Sua expressiva parcela demonstra que existem áreas ainda preservadas no que cerne a existência de vegetação natural que se configuram como remanescentes de mata atlântica e corroboram para a recarga dos aquíferos presentes na área de estudos.

As áreas associadas às atividades econômicas exibem uma proporção consideravelmente menor em comparação com outras áreas. No entanto, evidenciam um processo de degradação do solo resultante da remoção da vegetação nativa, que abre caminho para o cultivo de espécies secundárias, enquanto simultaneamente ocorre o desmatamento pela extração de madeira nas nascentes da bacia.

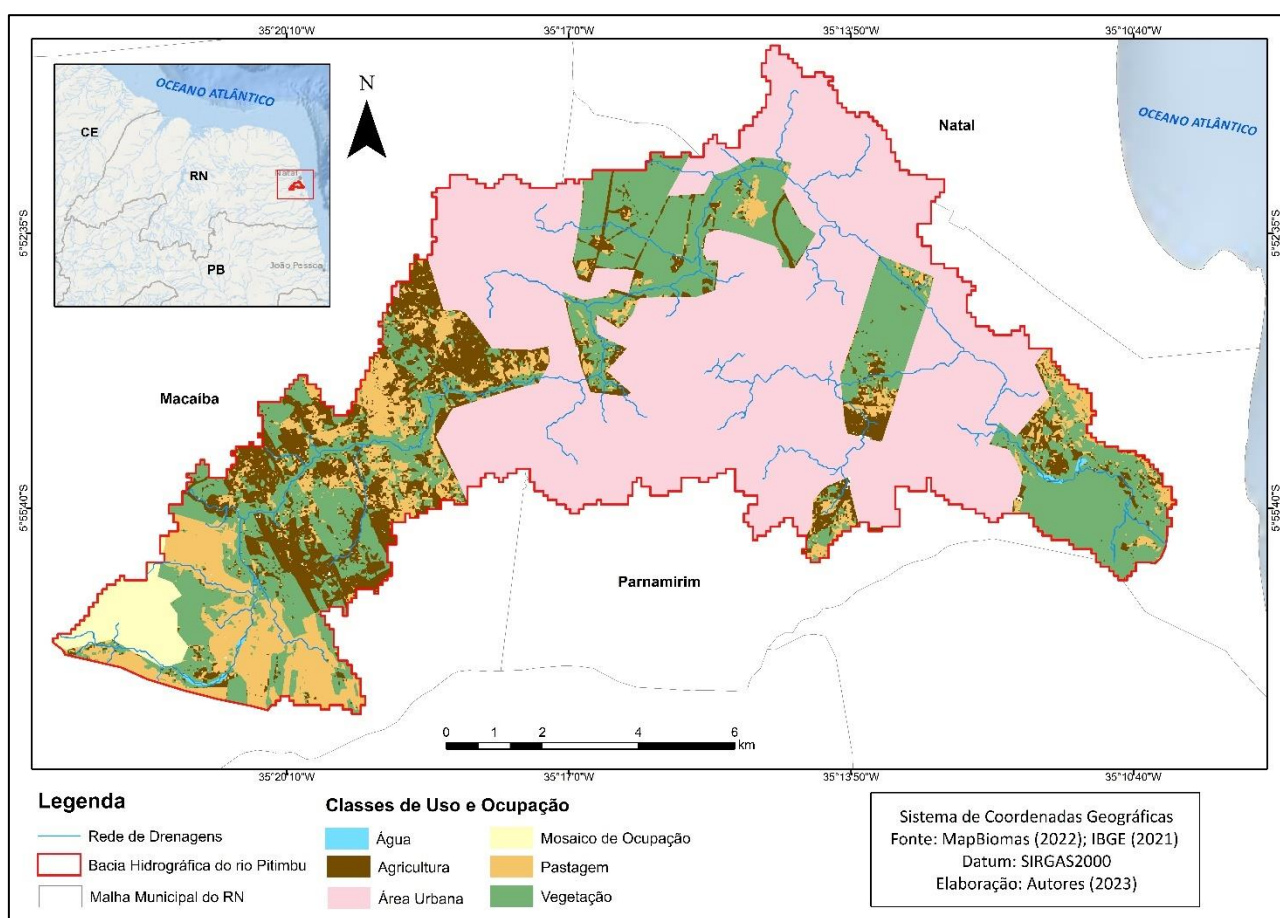
Existe uma disparidade notável em relação aos corpos hídricos quando comparada com outros usos da área, o que pode ser atribuído ao conflito de interesses entre os municípios, especialmente mais pronunciado no baixo curso, onde a água é destinada ao abastecimento da região metropolitana.

Ressalta-se ainda que a distinção entre a área urbana conforme aparece no mapa de uso do solo e no mapa de solos é advinda da finalidade de cada mapeamento. Enquanto o mapa de uso do solo enfoca principalmente a finalidade e o tipo de ocupação urbana

(residencial, industrial etc.) o mapa de solos detalha as características físicas e abrangência da tipologia pedológica no contexto da bacia hidrográfica.

Ao analisar o uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica, percebe-se que a distribuição espacial das atividades revela a diversidade de setores presentes ao longo da área e que tais atividades não apenas impulsionam o desenvolvimento econômico e dinamizam a região, mas também influenciam as características da paisagem e o comportamento dos recursos naturais. Contudo, a Figura 5 apresenta o mapa das classes de uso e ocupação do solo da BHRP.

Figura 5 – Mapa de uso e ocupação do solo da BHRP



Fonte: Autores (2023) com base em MapBiomias (2022).

Mapeamento Geocológico

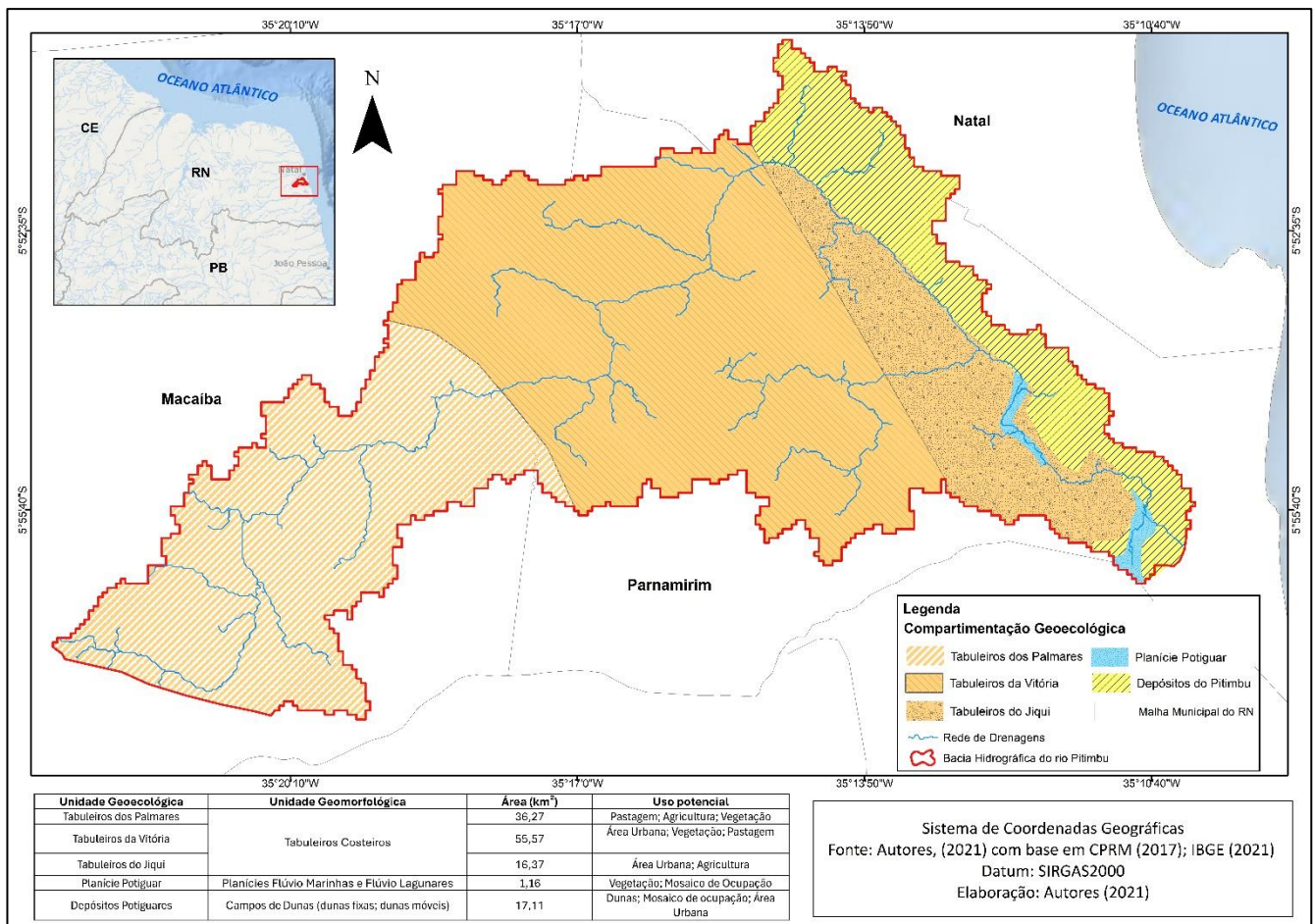
Para compreender a importância das unidades geocológicas nos estudos das bacias hidrográficas, é essencial entender sua definição. De acordo com Rodriguez, Silva

e Cavalcanti (2013), as unidades geológicas são concebidas como a identificação, tipificação e unidades básicas locais na análise da paisagem.

Por conseguinte, a compartimentação das unidades geológicas da BHRP foi realizada a partir de critérios geomorfológicos e socioeconômicos, materializados pelo uso e ocupação do solo. Dessa forma, sua nomenclatura foi delimitada a partir de acontecimentos ou fatores marcantes para aquela porção do território da área de estudos, sejam eles de caráter histórico/econômico ou naturais.

Logo, as unidades geológicas mapeadas foram: Tabuleiro dos Palmares; Tabuleiros da Vitória; Tabuleiros do Jiqui; Planície Potiguar e Depósitos do Pitimbu. Estas unidades estão dispostas no alto, médio e baixo curso da bacia hidrográfica, onde terão suas características e sua localização por setor especificadas a seguir com foco no uso e ocupação, limitações, potencialidades e impactos registrados naquela determinada porção. A Figura 6 apresenta o mapa geológico da BHRP.

Figura 6 – Mapa Geológico da BHRP



Fonte: Autores (2021) com base em CPRM (2017) e IBGE (2021)

A unidade Tabuleiro das Vitórias se insere como a maior unidade delimitada, abarcando 42% da área estudada (55,57 km²). Esta se localiza no médio curso da bacia, ocupando uma altitude de 54-64m de altitude. A dinâmica da paisagem do local é predominantemente antrópica, uma vez que, seus ambientes naturais foram sendo modificados pela ação humana (Lima, 2021).

A nomenclatura da região está relacionada à sua unidade geomorfológica predominante, os tabuleiros costeiros, e a um aspecto histórico de seu território. A expressão "da vitória" faz referência à importância que o município de Parnamirim, onde está situada em grande parte, adquiriu durante a Segunda Guerra Mundial, como enfatizado por Lopes (2014),

O município abrigava uma base aérea importante, conhecida como "Trampolim da Vitória", que servia como ponto de partida para voos de transporte de suprimentos e tropas para o teatro de operações na África e na Europa. Além disso, Parnamirim foi fundamental para a rota de abastecimento de aeronaves entre os Estados Unidos e a África, desempenhando um papel significativo no apoio logístico às forças aliadas durante o conflito (Lopes, 2014, p.04).

O Tabuleiro dos Palmares é a segunda maior área na bacia, cobrindo 36,27 km² (27,37%) e localizando-se no alto curso. Situa-se em altitudes entre 64 e 86m, sendo a unidade mais elevada da região. Sua paisagem combina elementos naturais com áreas modificadas para sustentar a população local que ali reside.

Sua nomenclatura advém da Agrovila Quilombo dos Palmares, localizada no entorno da nascente do rio Pitimbu. A Agrovila nasceu em 2005 quando foi então criada pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Esta localidade é beneficiada partir do abastecimento da água retirada do rio Pitimbu, viabilizando a realização de atividades econômicas como: agricultura, pecuária, artesanato etc.

Com relação as potencialidades da área, destaca-se a fertilidade do solo para cultivos como mamão, macaxeira, coco etc. atrelado também a atividades de uso agropecuário. Suas limitações encontram-se inseridas no que cerne a má utilização dos recursos naturais, provocando a retirada da vegetação por queimadas, tornando os solos propensos a erosão.

Na unidade, destaca-se majoritariamente uma intensa atividade econômica baseada nas indústrias, impulsionando o setor da bacia com a maior densidade populacional, o que paralelamente está agregado com a capacidade de resposta dos

recursos naturais da área, nos quais, acabam tendo maior demanda de utilização e indicam um aumento dos impactos ambientais negativos para a área, como por exemplo, os focos de poluição dos recursos hídricos, desencadeando as limitações.

Por outro lado, a respeito de suas potencialidades, é possível destacar uma boa manutenção de vegetação, sendo predominada pela Savana estépica arborizada, bem como a presença do solo Latossolo Amarelo Distrófico que permite o cultivo de culturas de rápida dinamicidade como a cana de açúcar, onde ocorre em áreas destinadas utilizando técnicas específicas e manejo adequado dos solos.

Os Tabuleiros do Jiqui apresentam uma abrangência de 16,37 km² (12,35%) estão localizados no baixo curso com a porção do relevo mais plana, ocupa altitudes entre 3 – 25m de altitude e se destaca por compreender o exutório da bacia hidrográfica do rio Pitimbu. A dinâmica da paisagem abarca uma grande proporção de áreas urbanas e amplamente modificadas, entretanto, ainda detém parcelas naturais, principalmente próximo a lagoa do Jiqui.

Sua nomenclatura tem relação com aspectos locais referentes a Lagoa onde se concentra a foz do rio principal quanto na notável representatividade no que cerne o abastecimento de água da região metropolitana de Natal, viabilizando não apenas atividades de cunho econômico, como também interesses políticos e sociais, correspondendo a usos relacionados as infraestruturas urbanas e pela especulação imobiliária.

Por isso, suas potencialidades estão na existência das áreas de vegetação natural onde podem ser realizadas prática de esportes, turismo e lazer, e destaca-se a alta fertilidade dos solos, propiciando o cultivo de culturas dependentes de alta disponibilidade hídrica, como a banana. Suas limitações estão interligadas com as atividades e impactos ambientais ali registrados, como por exemplo o assoreamento de uma parcela do rio Pitimbu e atividades incompatíveis com a capacidade de resposta do manancial.

A Planície Potiguar, corresponde a unidade com menor abrangência na bacia. Sua área abarca 1,16 km² (0,87%) e está concentrada no baixo curso da área. Suas cotas altimétricas são advindas de um relevo suave que propicia a acumulação de sedimentos, predominando os processos de deposição das áreas a montante, como aborda Farias (2015).

Sua nomenclatura relaciona-se com o território potiguar, uma vez que se localiza inteiramente na região metropolitana de Natal. Dessa forma, *Potiguar* é o nome de uma grande tribo Tupi que habitava a região litorânea do que hoje são os estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba, como aborda Teixeira (2017).

Por conseguinte, sua potencialidade está nas reservas de água e na retirada e tratamento da água para o abastecimento do entorno da bacia hidrográfica. As limitações enfrentadas estão diretamente relacionadas à exploração de recursos naturais na unidade.

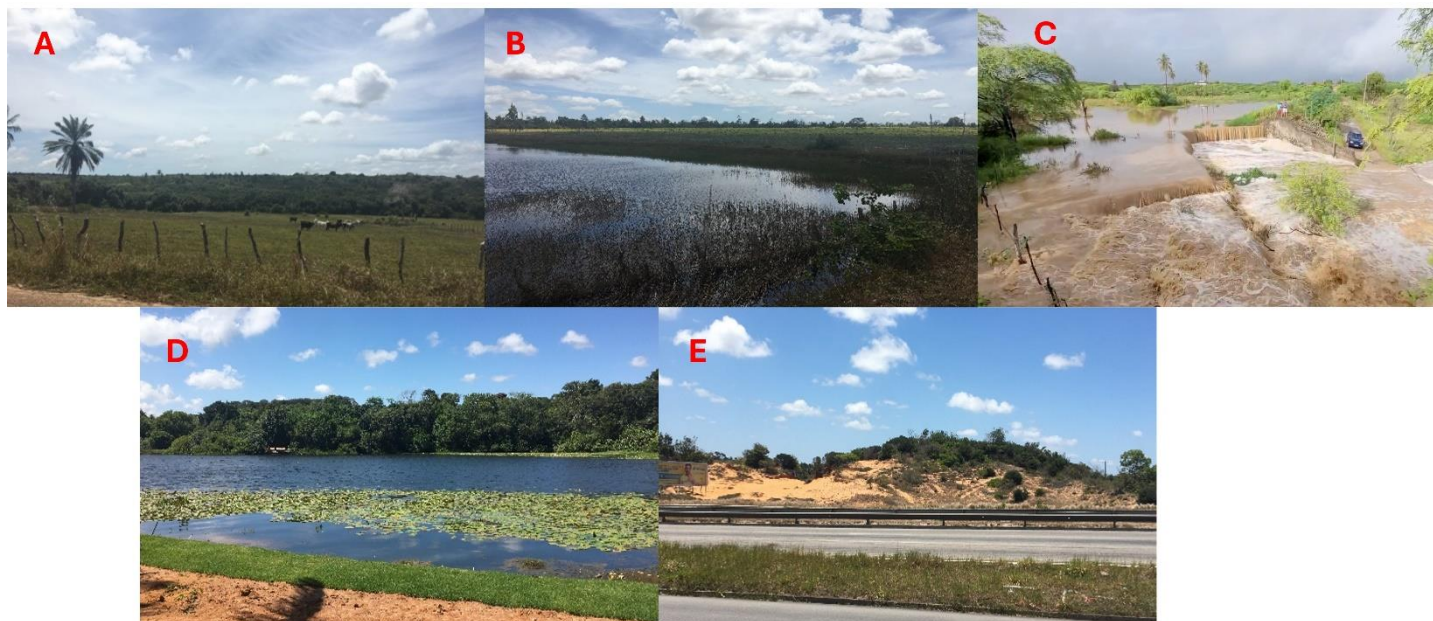
A retirada de sedimentos para a construção civil representa uma ameaça significativa ao equilíbrio ambiental. Essa prática pode causar a erosão do solo e a degradação dos cursos d'água, afetando diretamente a qualidade do manancial. Além disso, o desmatamento das matas ciliares agrava ainda mais a situação, uma vez que, desempenham um papel fundamental na proteção dos corpos d'água, ajudando a manter a qualidade da água e controle do processo erosivo.

Os Depósitos do Pitimbu representam uma notória faixa de dunas e se configuram como a transição do médio para o baixo curso. Sua abrangência é de 17,11 km² (12,9%). Sua altitude predominante é de 41-54 m. Sua paisagem é composta de áreas modificadas pela ação antrópica e expansão urbana que a influenciam diretamente.

Esta unidade recebe tal nomenclatura baseada em sua unidade geomorfológica, onde a partir da ação eólica são criadas superfícies de deposição para os sedimentos transportados, sendo correlacionados com a localização desta unidade geocológica dentro da bacia hidrográfica, onde abrange o perímetro do rio Pitimbu.

As limitações da unidade estão intimamente ligadas ao uso e aos impactos ambientais, pois a ocupação dessas áreas tende a acelerar a dinâmica ambiental, levando à descaracterização da paisagem e ao aumento dos processos naturais, como os deslizamentos, resultantes da remoção da vegetação original para construções e do desmatamento nessas áreas. No que diz respeito às potencialidades, destaca-se uma boa regularidade pluviométrica, que desempenha um papel crucial no abastecimento das reservas hídricas. A Figura 7 aborda um mosaico com as imagens de cada unidade delimitada.

Figura 7– Mosaico das Unidades Geoecológicas da BHRP



Legenda: A) Tabuleiro dos Palmares; B) Tabuleiro das Vitóriaias; C) Tabuleiros do Jiqui; D) Planície Potiguar; E) Depósitos do Pitimbu

Fonte: Acervo dos autores (2021;2022;2023).

No entanto, embora as unidades geoecológicas delimitadas na área de estudo estejam correlacionadas com as atividades econômicas e o uso do solo, elas enfrentam desafios que afetam a dinâmica natural da paisagem, exigindo uma manutenção contínua de suas limitações. O Quadro 1 apresenta uma síntese das informações supracitadas e a Figura 8 um mosaico retratando algumas das limitações apontadas na área.

Quadro 1 – Síntese das Unidades Geoecológicas da BHRP

Unidade Geoecológica	Descrição	Potencialidades	Limitações
Tabuleiro dos Palmares	-Segunda maior unidade da bacia hidrográfica; -Apresenta uma ocupação baseada em atividades de subsistência da população com destaque para agricultura	Apresenta solos férteis que propiciam a agricultura e o desenvolvimento da agropecuária	Retirada da vegetação por queimadas, tornando os solos propícios a erosão
Tabuleiros da Vitória	-Maior unidade da bacia hidrográfica; -Tem sua ocupação predominantemente norteada pela atividade industrial; -Apresenta alta densidade populacional	Preservação da vegetação original e os aspectos pedológicos propiciam culturas como a cana de açúcar	Deposição de dejetos industriais nos recursos naturais

Tabuleiros do Jiqui	-Ocupação predominantemente urbana; -Abriga o exutório da bacia	Disponibilidade hídrica fundamental para o abastecimento humano e cultivo de lavouras como a da banana	Assoreamento do rio Pitimbu devido a acelerada expansão urbana e especulação imobiliária
Planície Potiguar	- Menor unidade da bacia hidrográfica; - Paisagem baseada nas matas ciliares e depósitos de sedimentos		Retiradas de sedimentos para a construção civil; Desmatamento das matas ciliares
Depósitos do Pitimbu	-Predomínio da vegetação natural; -Onde está localizada a Zona de proteção Ambiental 3; -Faixa de área urbana com alta densidade populacional	Regularidade pluviométrica e conservação do patrimônio paisagístico	Retirada da vegetação para construções e ocupação antrópica nas áreas de dunas

Fonte: Autores (2023).

Figura 8 – Mosaico das limitações da BHRP



Legenda: A) Lixo no manancial; B) Erosão dos solos; C) Assoreamento do rio; D) Deposição de óleo próximo ao leito do rio;

Fonte: Acervo dos autores (2021); Tribuna do Norte (2022; 2023); Agora RN (2023).

As limitações da área estão intimamente ligadas ao uso e aos impactos ambientais, pois a ocupação dessas áreas acelera a dinâmica ambiental, levando à descaracterização

da paisagem e à intensificação dos processos antrópicos sob os recursos naturais. Isso inclui deslizamentos de terra, resultantes da remoção da vegetação original para construção e do desmatamento nessas áreas, bem como a falta de manejo dos mananciais. Por isso, faz-se necessária uma abordagem integrada de gestão ambiental que considere não apenas os aspectos econômicos e sociais, mas também os impactos ambientais associados à ocupação e uso do solo na área.

Considerações finais

Ao analisar os aspectos da bacia hidrográfica de forma integrada, fica evidente que a abordagem geocológica é essencial para compreender não apenas os aspectos físico-ambientais que a moldam, mas também sua dinâmica de funcionamento. Isso se materializa através do estudo do uso e ocupação do solo e da identificação das unidades geocológicas. Nesse contexto, percebe-se que a bacia está inserida em uma área influenciada pelos conflitos de uso dos recursos hídricos e pela expansão urbana dos territórios municipais, o que impacta diretamente as mudanças na paisagem e no quadro ambiental.

Abordando os aspectos ambientais da bacia, observa-se que, embora a disponibilidade hídrica seja elevada, a degradação dos recursos naturais em certos pontos, como o médio curso, não atinge um nível satisfatório. Isso é evidenciado pelos diversos impactos ambientais negativos registrados, como poluição do rio, deposição de dejetos industriais e desmatamento.

Diante das potencialidades e limitações das unidades geocológicas, torna-se imperativo promover a união entre sociedade, entidades públicas e demais atores envolvidos. Somente através de uma abordagem colaborativa e integrada será possível implementar medidas eficazes para a conservação e o uso sustentável dos recursos naturais da bacia hidrográfica, visando garantir sua preservação e qualidade ambiental para as gerações presentes e futuras.

Referências

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). **Cobertura Vegetal Nativa do Brasil**. 2019. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/search?keyword=GEOFT_COBERTURA_VEGETAL_NATIVA. Acesso em: 07 mar. 2024.

BRASIL. EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 2018. 355 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Editora Blucher, 1999.

CPRM. (2017). **Mapa Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Norte**: Escala 1:500.000. Recife: CPRM/Serv. Geol. Brasil, SGM, MME. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/14709>. Acesso em: 07 jan. 2022.

EMPARN (Rio Grande do Norte). **Monitoramento da rede de estações**. 2023. Disponível em: <https://meteorologia.emparn.rn.gov.br/monitoramento/est>. Acesso em: 01 mar. 2024.

FARIAS, J. F. **Aplicabilidade da Geoecologia Das Paisagens no Planejamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do rio Palmeira-Ceará/Brasil**. 2015. 224 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

FARIAS, J. F. **Zoneamento Geoecológico como subsídio para o Planejamento Ambiental no âmbito municipal**. 2012. 195 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

IBGE (Brasil). **Malha Municipal do estado do Rio Grande do Norte**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 02 mar. 2024.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugweise nachihren Beziehungen zur Pflanzenwelt**. – Meteorol. Z. 18, 106–120, 1901.

LIMA, G. C. A. **Geoecologia das Paisagens aplicada ao Planejamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do rio Pitibu/RN, Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Curso de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.

LOPES, P. **Parnamirim Field**: uma base americana durante a 2ª Guerra. Centro de apoio a imprensa: EDUFRN. Natal, 2014.

MARTINEZ, A. A. A.; RODRIGUEZ, J. M. M.; HERNÁNDEZ, A. C. **los paisajes de humedales, marco conceptual y aspectos metodológicos para su estudio y ordenamiento**. *Mercator*, Fortaleza, v. 13, n. 2, p. 169-191, mai./ago. 2014.

MIRANDA, M.S.A. **Estado ambiental e graus de sustentabilidade da bacia hidrográfica do Rio do Carmo-RN, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022, 180p.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, 2002. p. 1-10.

PROJETO MAPBIOMAS. Projeto MapBiomass – Coleção 7.1 da **Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. MAPBIOMAS, 2022. Disponível em: <<http://mapbiomas.org>>. Acesso em: Junho 2023.

RHEMTULLA, J.M.; MLADENOFF, D.J.; CALYTON, M.K. Regional land-cover conversion in the U.S. upperMidwest: magnitude ofchangeandlimitedrecovery (1850-1935-1993). **LandscapeEcology**, v.22, p. 57-75, 2007.

RODRIGUEZ, J. M. M., SILVA, E. V.; CAVALCANTE, A. P. B. **Geocologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e gestão ambiental: subsídios da Geocologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica**. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

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

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 2012.

TEIXEIRA, R. B. Gênese e formação histórica do território potiguar: uma breve análise a partir da cartografia. **Confins [Online]**, 32. 2017.

VIDAL, M. R. **Geocologia das paisagens: fundamentos e aplicabilidades para o planejamento ambiental no baixo curso do Rio Curu-Ceará-Brasil**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014. 193p

VIDAL, M. R.; MASCARENHAS, A. L. S. **Estrutura e funcionamento das paisagens litorâneas cearenses à luz da Geocologia das Paisagens**. Geosp – Espaço e Tempo (On-line), v. 24, n. 3, p. 600-615, dez. 2020.

Recebido em 17 de abril de 2024.

Aceito 27 de junho de 2024.

Publicado em 30 de julho de 2024.