



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgf>



Análise geoambiental da Bacia do Rio Timbó – PE: geomorfologia, hidrologia e uso e ocupação do solo.

Elton Januario Silva¹, Janaina Barbosa da Silva²

¹Mestrando em Gestão de Recursos Naturais Da Universidade Federal de Campina Grande, R. Aprígio Veloso, 882 - Universitário, Campina Grande, Paraíba, 58429-900. eltonjsilva@outlook.com. ²Profa. Dra. Da Universidade Federal de Campina Grande, R. Aprígio Veloso, 882 - Universitário, Campina Grande, Paraíba, 58429-900. janainasimov@yahoo.com.br

Artigo recebido em 30/06/2023 e aceito em 12/12/2023

RESUMO

As bacias hidrográficas confluem as águas da chuva e dos rios de uma determinada região. Para entender a sua dinâmica, realiza-se a sua análise em função dos elementos naturais correlacionados aos socioeconômicos. O local do trabalho foi a Bacia Hidrográfica do Rio Timbó, PE. O estudo foi realizado no software QGIS. Realizou-se a extração da rede de drenagem para estabelecimento da Hierarquia Fluvial, Densidade de Drenagem e Índice de Sinuosidade. Calculou-se o Coeficiente de Compacidade, Índice de Sinuosidade e Hipsometria. Foram obtidos dados sobre a geologia, pedologia, uso e ocupação do solo e vegetação da região da BHRT. A área da Bacia Hidrográfica é de 9546,26 ha, com escoamento exorreico e padrão de drenagem dendrítico. O coeficiente de compacidade foi de 2,18. O índice de sinuosidade foi de 1,29 e a densidade de drenagem 1,829 km/km e os maiores valores de hipsometria estão entre 75 e 155 m. O relevo apresenta em sua maioria a categoria Suave Ondulado, variando entre 3 e 8%. As formações Barreiras e Gramame predominam na geologia da região. Os Solos de Mangue e Neossolos Quartzarênicos predominam na área estuarina, com a presença dos Latossolos em zonas de planícies e planaltos. A influência da urbanização é alta, com acentuada presença antrópica através da agricultura seguida da industrialização.

Palavras-chave: bacia hidrográfica; geoprocessamento; geologia; pedologia; manguezal.

Geoenvironmental analysis of the Timbó Watershed – PE: geomorphology, hydrology and land use and occupation.

ABSTRACT

The watersheds converge rainwater and rivers in a given region. In order to understand its dynamics, its analysis is carried out according to the natural elements correlated to the socioeconomic ones. The work site was the Rio Timbó Watershed, PE. The study was carried out in the QGIS software. The drainage network was extracted to establish the Fluvial Hierarchy, Drainage Density and Sinuosity Index. The Compactness Coefficient, Sinuosity Index and Hypsometry were calculated. Data on the geology, pedology, use and occupation of soil and vegetation in the Rio Timbó Watershed region were obtained. The Rio Timbó Watershed area is 9546.26 ha, with exorheic flow and dendritic drainage pattern. The compactness coefficient was 2.18. The sinuosity index was 1.29 and the drainage density 1.829 km/km and the highest hypsometry values are between 75 and 155 m. The relief is mostly in the Smooth Wavy category, varying between 3 and 8%. The Barreiras and Gramame formations predominate in the geology of the region. Mangrove Soils and Quartzarenic Neosols predominate in the estuarine area, with the presence of Oxisols in plains and plateaus. The influence of urbanization is high, with a strong anthropic presence through agriculture, followed by industrialization.

Keywords: watershed; geoprocessing; geology; pedology; mangrove.

Introdução

As bacias hidrográficas (BHs) são unidades de paisagem onde há a convergência das águas advindas da pluviosidade e hidrografia de uma determinada região. A precipitação chuvosa

perpassa das áreas superiores para inferiores através da gravidade, seguindo por diversos cursos d'água até chegar em um rio principal denominado de exutório. São unidades extremamente

importantes, no que concerne ao monitoramento de parâmetros hidrológicos. Sua forma e distribuição original possuem relação com diversas variáveis geomorfológicas surgidas em séculos de atividades naturais climáticas e geológicas, que moldaram a estrutura das BHs em função de suas variações ao longo do espaço-tempo (Tassinari et al., 2021; Souza et al., 2023).

Nas BHs onde há presença constante de atividades antrópicas, os corpos aquáticos naturais sofrem constantemente com a contaminação advinda do processo de urbanização. Grande parte deste problema está atrelado a falta de saneamento básico em muitas localidades, que se reflete no lançamento de efluentes sem o devido tratamento diretamente nos recursos hídricos (Silva et al., 2021).

As propriedades físicas e bioquímicas presentes nas BHs também são características afetadas em locais com presença de indústrias e atividades agrícolas, pois há aumento da temperatura dos corpos d'água em relação à BHs onde existe a preservação da vegetação natural. Em conjunto a isto, a erosão também pode diminuir a qualidade da água, através do processo de transporte dos sedimentos ao longo dos seus cursos d'água (Silva, 2021).

Por possuírem uma intrínseca relação com os sistemas ecológicos nos quais estão inseridos, as BHs são unidades indispensáveis ao se tratar de análise e planejamento ambiental, dentro de uma conjuntura sistêmica, ou seja, em diferentes áreas do conhecimento. O seu entendimento é importante para caracterizar, diagnosticar, avaliar e planejar o uso dos recursos naturais. A compreensão de suas diversas componentes é indispensável para um gerenciamento sustentável destes recursos (Ebling, 2022).

Escolher as BHs como tópicos-gerne a serem estudados possibilita analisar e interpretar alterações físicas e ambientais, visto que suas áreas ocupadas pela atividade antrópica inevitavelmente possuem a dinâmica natural alterada. A presença do ser humano, através das cidades e empreendimentos, influenciam substancialmente a composição dos seus cenários. Desta forma, sua pesquisa age como ferramenta fundamental para preservação e conservação do ambiente e seus arredores. Estudos geoambientais podem ser empregados na avaliação da perturbação dos meios físicos, recuperação de áreas degradadas e monitoramento do meio ambiente (Encina et al., 2018; Mariano Neto e Silva, 2022).

Para entender a dinâmica das BHs, é realizada fundamentalmente a análise dos seus elementos físicos e biogeográficos, relacionando-os com as variáveis socioeconômicas nelas inseridas. Desta forma, elas constituem sistemas onde as associações entre os seus componentes estruturais devem ser avaliadas de forma conjuntural, permitindo assim uma visão aprofundada dos seus aspectos físicos, econômicos e sociais. A compreensão das características de uma BH é imprescindível para a preservação de seus recursos naturais (Claudino-Sales; Lima; Diniz, 2020; França; Santos; Souza Costa, 2022).

A pesquisa através de estudos geoambientais possui especificidade interdisciplinar, tendo como ideia prevaiente observar a dinâmica dos agentes naturais em face ao uso dos espaços. A ferramenta da análise geoambiental, quando utilizada nas BHs, visa demonstrar a correlação existente entre seus elementos biogeográficos e físicos, em conjunto as variáveis socioeconômicas nas quais estão inseridos. (Mayer, 2021; Souza Robaina e Trentin, 2021).

No tocante a realização desses estudos, é necessário que haja a delimitação das BHs, e seus divisores de águas, que são responsáveis por informar a direção principal do seu escoamento. Isto permite a realização de uma análise geoambiental estruturada de seus elementos; das relações ambientais, sociais e econômicas a partir de serviços existentes em sua área. Neste sentido as geotecnologias são ferramentas significativas, pois possibilitam, além da delimitação, realizar a avaliação de seus parâmetros hidromorfológicos, uso e cobertura do solo e vegetação através da manipulação de dados vetoriais e matriciais de um banco de dados georreferenciado (Encina et al., 2018; Carvalho, 2020).

A Bacia Hidrográfica do Rio Timbó (BHRT) está presente entre os municípios de Abreu e Lima, Igarassu e Paulista. Nesta região, há um intenso processo de urbanização e industrialização, além de diversas regiões com policultura e granjas (Souza, 2011).

Em sua área, está inserido o Estuário do Rio Timbó (ERT). Ao longo deste estuário é possível destacar a presença de diversas indústrias (têxtil, metalúrgica, gráficas, produtos alimentares, etc.) (CPRH, 2003.), e também a prática da pesca artesanal, principalmente por meio de mão-de-obra familiar (Posey, 1987).

Tendo como base o exposto, o seguinte estudo objetivou realizar uma análise geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Timbó, através da investigação de suas características geomorfológicas, hidrológicas e de uso e ocupação do solo. Por ser uma região altamente urbanizada, entende-se que há a necessidade da compreensão de quais elementos ambientais e antrópicos compõem a sua paisagem, bem como aqueles que o influenciam, de forma a entender o seu atual cenário. Desta forma, pretende-se também agregar informação aos debates acadêmicos em torno deste sistema geofluvial, além da criação de produtos que sirvam como aporte a gestão pelos municípios que a circundam.

Metodologia

Área de Estudo

O estudo foi realizado na Bacia Hidrográfica do Rio Timbó (BHRT) (Figura 1), localizada nos municípios de Abreu e Lima, Paulista e Igarassu, que detêm 32,5%, 25,7% e 7,7% de sua área, respectivamente. Limita-se com a bacia hidrográfica do Rio Igarassu e a microbacia do Rio Engenho Novo a norte, com a Bacia do Rio Paratibe a sul, com a união entre as bacias do Rio

Igarassu e Paratibe a oeste e com as microbacias que banham a planície costeira a leste. O Rio Barro Branco nasce na região do Tabuleiro do Araçá, no município de Abreu e Lima-PE, quando adentra o município de Paulista, passa a ser denominado de Rio Timbó, nomeando todo o Estuário. A área estuarina do Rio Timbó é de 1.397 ha, com relevante vegetação de mangue (Oliveira, 2015).

A BHRT está inserida no Grupo de Bacias de Pequenos Rios Litorâneos 1 (GL1), localizado no estado de Pernambuco. Este grupo possui uma área de 1199,11 km², correspondendo a 1,21% do estado de Pernambuco. Ao norte, faz limite com a bacia do Rio Goiana, ao sul com a bacia do Rio Capibaribe, ao leste com o Oceano Atlântico e ao oeste novamente com as bacias do Rio Capibaribe e Goiana (APAC, 2023).

O clima da região é do tipo As', de acordo com a classificação de Köppen, descrito como tropical quente e úmido e chuvas de outono-inverno, principalmente nos meses de março a agosto. A temperatura média anual é de 26°C, possuindo uma amplitude térmica de aproximadamente 3°C devido à relativa proximidade equatorial e da influência marinha. O regime pluviométrico anual da região é de aproximadamente 1500 mm (Oliveira, 2015).

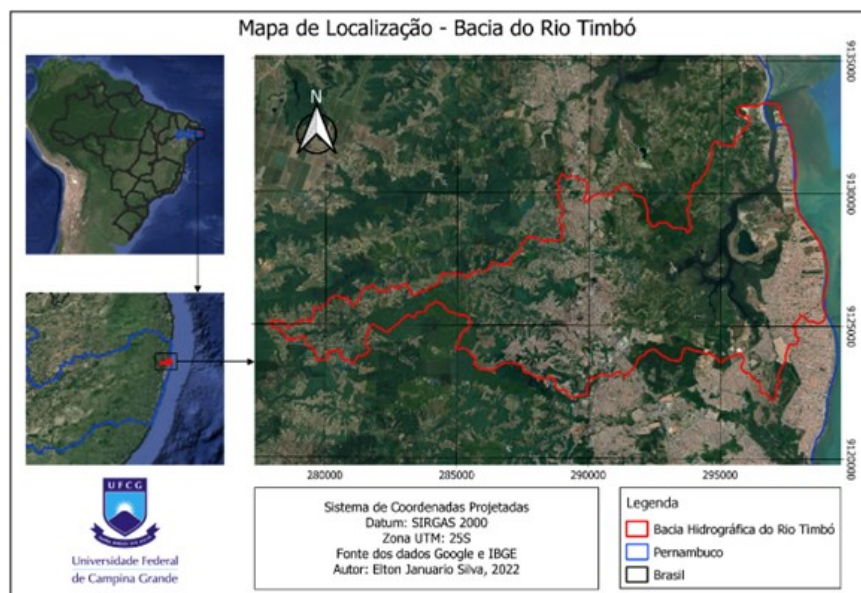


Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Timbó (BHRT) e o polígono com sua delimitação.

Processamento dos dados

O processamento dos dados foi realizado no software de geoprocessamento QGIS, versão

3.26 -Buenos Aires, com o uso de suas ferramentas, seguindo o fluxo disposto na Figura 2.

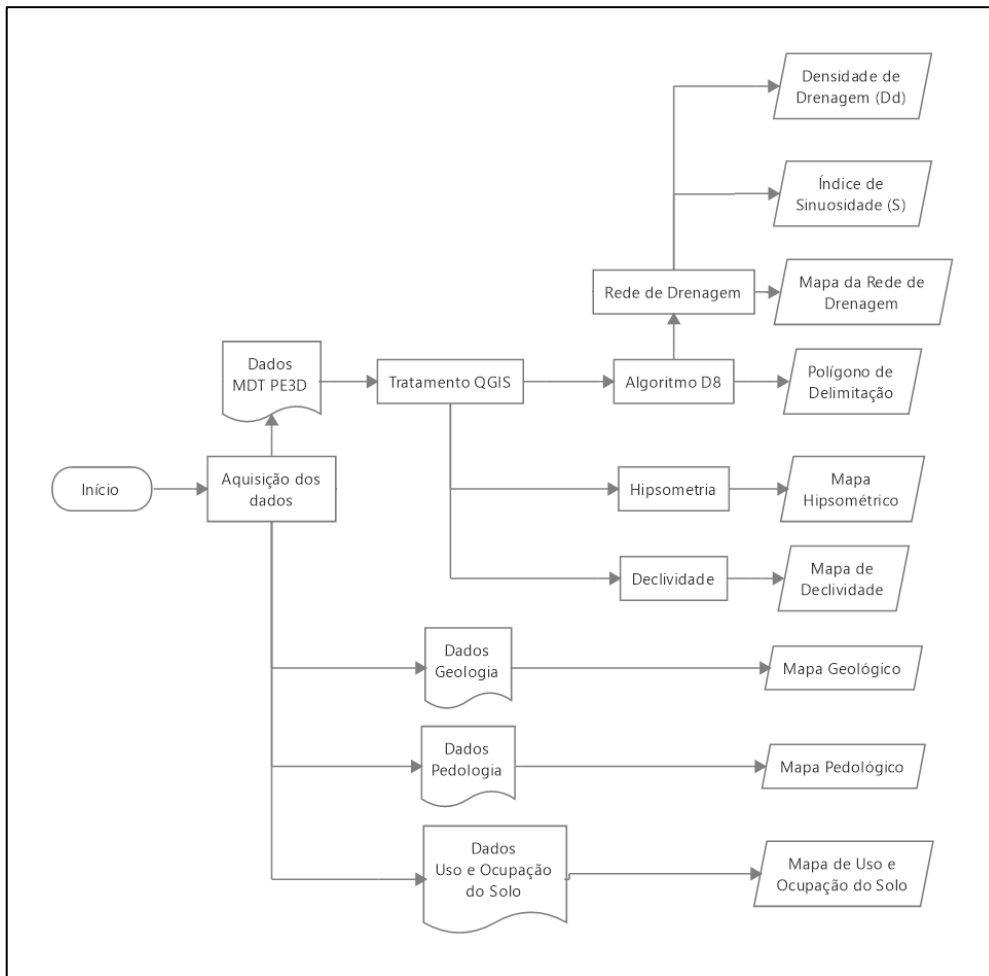


Figura 2. Fluxograma do processamento dos dados.

Iniciou-se com a criação da rede de drenagem e o polígono de delimitação da área da Bacia. Utilizou-se imagem do tipo Modelo Digital de Elevação (MDT) com a extensão *.tif* adquirida no site do programa Pernambuco Tridimensional

(PE3D) (Governo do Estado de Pernambuco, 2022), que realizou o mapeamento aerofotogramétrico de todo o território do estado de Pernambuco, mais especificamente para a área da Bacia (Figura 3).

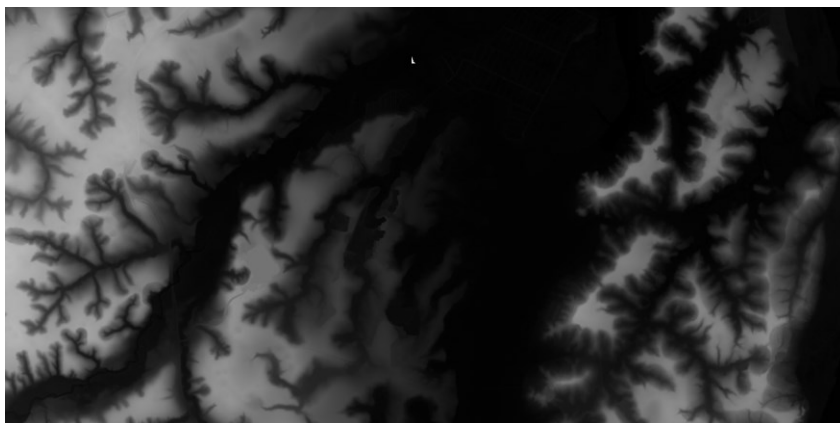


Figura 3. Imagem obtida por varredura a laser no projeto PE3D utilizada no trabalho.

De acordo com Cirilo et al. (2014), a aquisição destes dados pelo projeto foi realizada através de varredura a *laser* do terreno, que consiste na observação da altura dos pontos de uma superfície através de sua projeção denominado *Light Detection and Ranging* – (LiDAR).

A rede de drenagem corresponde a área de recepção da água da chuva onde é realizado o escoamento superficial, que levará o fluxo para o rio principal e adjacentes. É parte essencial no gerenciamento dos recursos de uma bacia hidrográfica, através da caracterização dos seus canais fluviais e arranjo estrutural. Sua disposição é um importante indicador de mudanças em sua

paisagem e possui relação com as estruturas geológica e geomorfológica em conjunto as condições climáticas presentes na Bacia (Pereira et al., 2019; Santos; Nascimento, 2019; Carmo et al., 2021).

Para a obtenção da rede de drenagem, foi utilizada a ferramenta *r.watershed* do QGIS. Esta emprega do algoritmo denominado de D8, onde em cada célula (*pixel*) da imagem MDT é definida uma entre oito direções de escoamento, e cada uma destas células pode escoar para uma de suas oito adjacentes, numa janela de 3x3 células (Fan et al, 2013). O resultado pode ser visto na Figura 4.

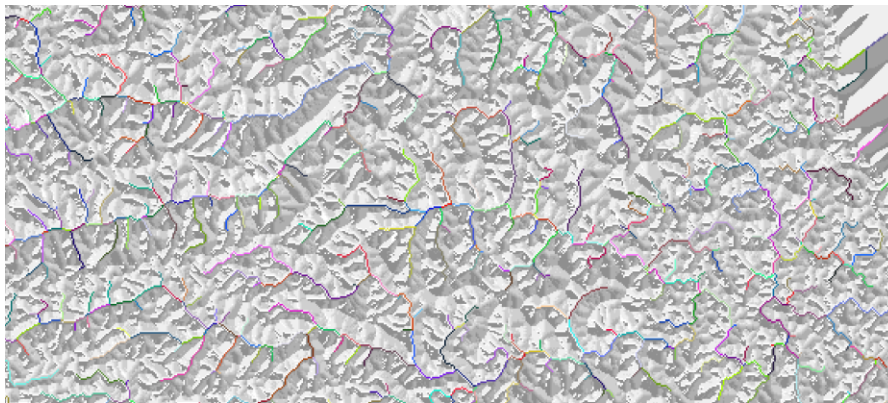


Figura 4. *Raster* Direção de drenagem, com a hidrografia obtida da região da BHRT, através da ferramenta *r.watershed*.

Após o processamento, criou-se o polígono de delimitação da região da bacia (Figura 5), tomando como base o resultado final da rede de drenagem no QGIS. Para isto, foi utilizada a

ferramenta *r.water.outlet*, onde foi inserido o *raster* Direção de Drenagem.

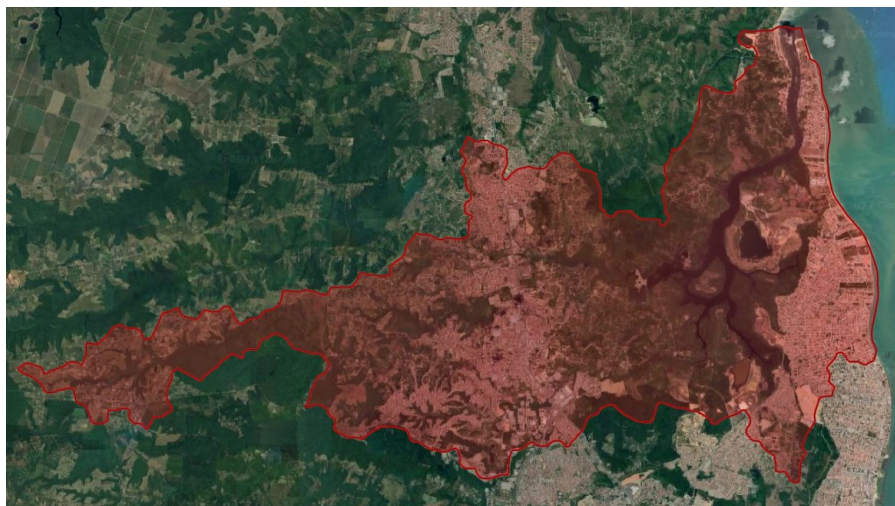


Figura 5. Delimitação realizada através da ferramenta *r.water.outlet* no QGIS.

Análise dos dados

após a criação da delimitação da bacia, foram estabelecidos então a hierarquia fluvial, densidade de drenagem e índice de sinuosidade do canal mais longo da Bacia do Timbó. A hierarquia fluvial foi identificada através da própria rede de drenagem utilizando-se da metodologia de Strahler descrita por Collischonn e Dornelles (2013), no *software* QGIS. A densidade da drenagem (Dd) foi calculada através do comprimento de todos rios e cursos d'água que compõem a bacia em sua delimitação previamente encontrada através do QGIS, utilizando-se a Equação 1:

(1)

$$D_d = \frac{\sum L}{A}$$

Onde o comprimento dos cursos d'água é dado por "L" e a área da bacia é dada por "A".

Ainda com o polígono de delimitação, foi calculado o Coeficiente de Compacidade (Kc), através da relação entre o perímetro da BHRT e a circunferência de um círculo com área equivalente (Equação 2):

(2)

$$K_c = 0,28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Onde "A" é a área da BHRT e "P" seu perímetro. Valores de Kc mais próximos de 1 indicam que a bacia apresenta formatos mais próximos de um círculo, enquanto valores maiores demonstram uma maior irregularidade em sua área e menor probabilidade de cheias.

Por fim, foi calculado o índice de sinuosidade (S), representando a relação entre distância retilínea nascente-foz (Dc) e o comprimento do canal principal (Lc) (Equação 3). Através deste índice, define-se se um rio possui seus canais meândricos (sinuosos) ou não. Considera-se como meândrico os rios com índice igual ou superior a 1,5. No caso de bacias formadas por mais de um rio principal, escolhe-se o maior rio para definição do índice (Christofolletti, 2017).

(3)

$$S = \frac{L_c}{D_c}$$

Procedeu-se então com o estabelecimento da hipsometria e declividade da BHRT. A hipsometria consiste em uma técnica de representação através de cores para o estudo do relevo, ou seja, a elevação de terrenos, enquanto a declividade é o dado caracteriza a inclinação do terreno, representado pela diferença entre as regiões mais altas e mais baixas, geralmente representada em termos de porcentagens (%) (Francischett et al., 2020; Vasconcelos, 2022). Neste trabalho, ambas foram obtidas através dos dados de altitude presentes nas imagens do PE3D tratadas no *software* QGIS para representar os valores encontrados na região da BHRT. Para a Hipsometria, a classificação em cores realizada reflete diretamente as diferentes altitudes do local, enquanto a Declividade, também classificada através de diferentes cores, foi representada em porcentagem.

A partir de buscas exploratórias em sites oficiais, foram obtidos dados matriciais (*rasters*) relativos à geologia do estado de Pernambuco no banco de dados do Serviço Geológico do Brasil, disponível no site do Repositório Institucional de Geociências (2022); pedologia no Mapa de Solos do Brasil da Embrapa disponível no site do GEOINFO (2022); e uso e ocupação do solo e vegetação do Banco de Dados de Informações Ambientais – BDIA do IBGE (2022) da BHRT.

Com o auxílio do mesmo arquivo de delimitação, todos os dados foram extraídos para confecção de mapas representando a região das feições supracitadas, referente apenas a BHRT. Os resultados foram discutidos a partir de pesquisa bibliográfica pertinente em revistas, periódicos, teses e dissertações obtidas através dos portais Google Acadêmico e CAPES Periódicos.

Resultados e discussão

Área da BHRT e Rede de Drenagem

A área total da Bacia Hidrográfica do Rio Timbó (BHRT) encontrada foi de 9546,26 ha. Dentro dos seus limites, a BHRT possui dois cursos d'água principais, o maior é o Rio Barro Branco (Figura 6A), o segundo é o Rio Desterro (Figura 6B). Esses, desaguam na área estuarina do estuário do Rio Timbó (Figura 6C), com foz no Oceano Atlântico, mais precisamente seguindo o Canal de

Nova Cruz, Pontal de Maria Farinha na cidade de Paulista. Para este trabalho, visto que a Bacia se apresenta com o mesmo nome do estuário, o nome

utilizado para representar o Rio Barro Branco será Rio Timbó.

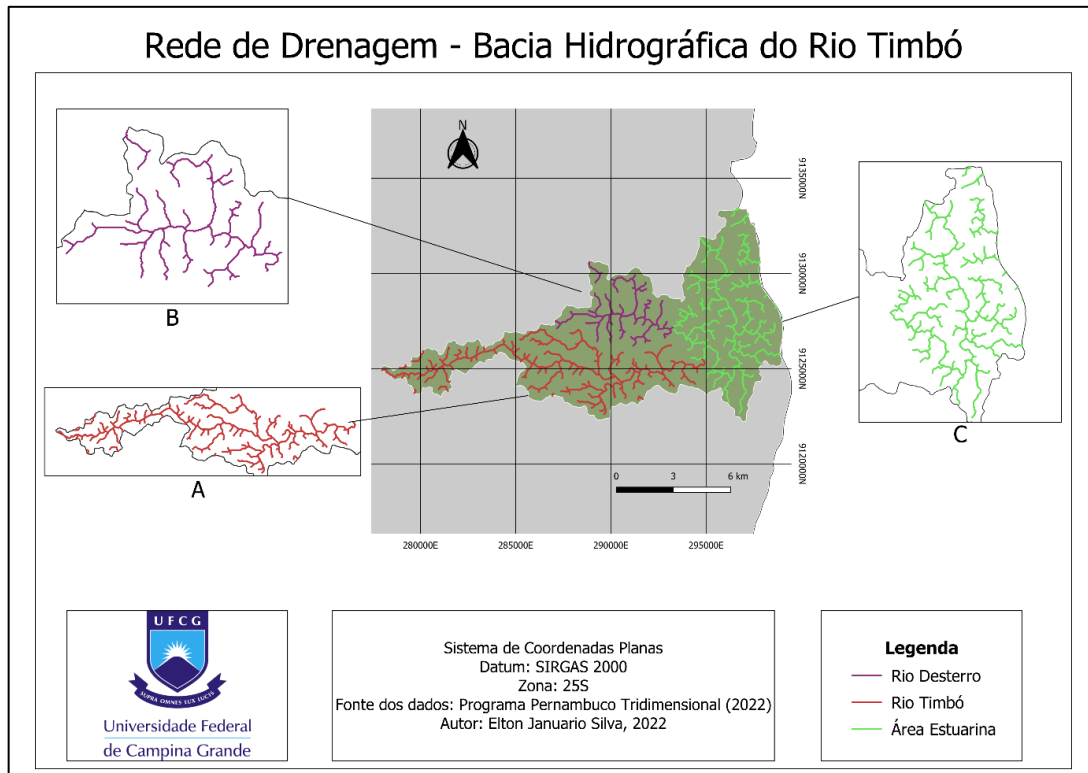


Figura 6. Mapa da Rede de Drenagem da BHRT.

Ao se observar o tipo de escoamento padrão da BHRT, classifica-se como exorréica, ou seja, os cursos d'água seguem o seu fluxo de continuidade até a sua foz, através da área estuarina. (Christofoletti, 2017). Os rios Timbó e Desterro possuem como padrão de drenagem o tipo dendrítico ou arborescente, denotado através da visualização dos cursos d'água em formato de “tronco de árvore”, em angulações de vários graus, mas nunca chegando em ângulo reto (Figura 6A e 6B).

Em relação a hierarquia fluvial, que compreende a classificação fluvial em função da ordem de grandeza dos cursos d'água que compõem a bacia segundo a metodologia de Strahler, a BHRT possui afluentes de até com classificação de até a quarta ordem alimentando os seus principais leitos (Collischonn e Dornelles, 2013).

O coeficiente de compacidade (K_c) obtido para a BHRT foi de 2,183, indicando que a BHRT possui baixa tendência a enchentes. Isto é perceptível pelo

seu formato alongado, que facilita o escoamento rápido das águas advindas da precipitação chuvosa. No entanto, sabe-se que outros fatores como solos, geologia, declividade, etc., influenciam no escoamento superficial das águas, portanto estes devem ser levados em consideração na probabilidade do acontecimento de cheias em bacias hidrográficas, apesar da notória relevância do dado (Collischonn e Dornelles, 2013; Lopes; Leal; Ramos, 2018).

O índice de sinuosidade (S) do canal principal da BHRT correspondente ao Rio Timbó obtido foi o de 1,29, sendo considerado como pouco sinuoso. Valores de sinuosidade que estejam acima de 1,5 evidenciam canais sinuosos, enquanto valores abaixo são associados aos mais retilíneos. O valor da densidade da drenagem obtido foi de 1,829 km/km², caracterizando a BHRT com uma drenagem regular, visto que a densidade pode variar entre 0,5 km/km² (típico de bacias mal drenadas por causa da alta permeabilidade ou baixa precipitação chuvosa a 3,5 km/km² de bacias bem

drenadas presentes em áreas com alta precipitação chuvosa ou alta impermeabilidade, (Christofolletti, 2017; Marcuzzo; Romero; Cardoso, 2011).

Hipsometria e Declividade

Os valores de altitude encontrados na BHRT estão representados na Figura 7 (A, B e C).

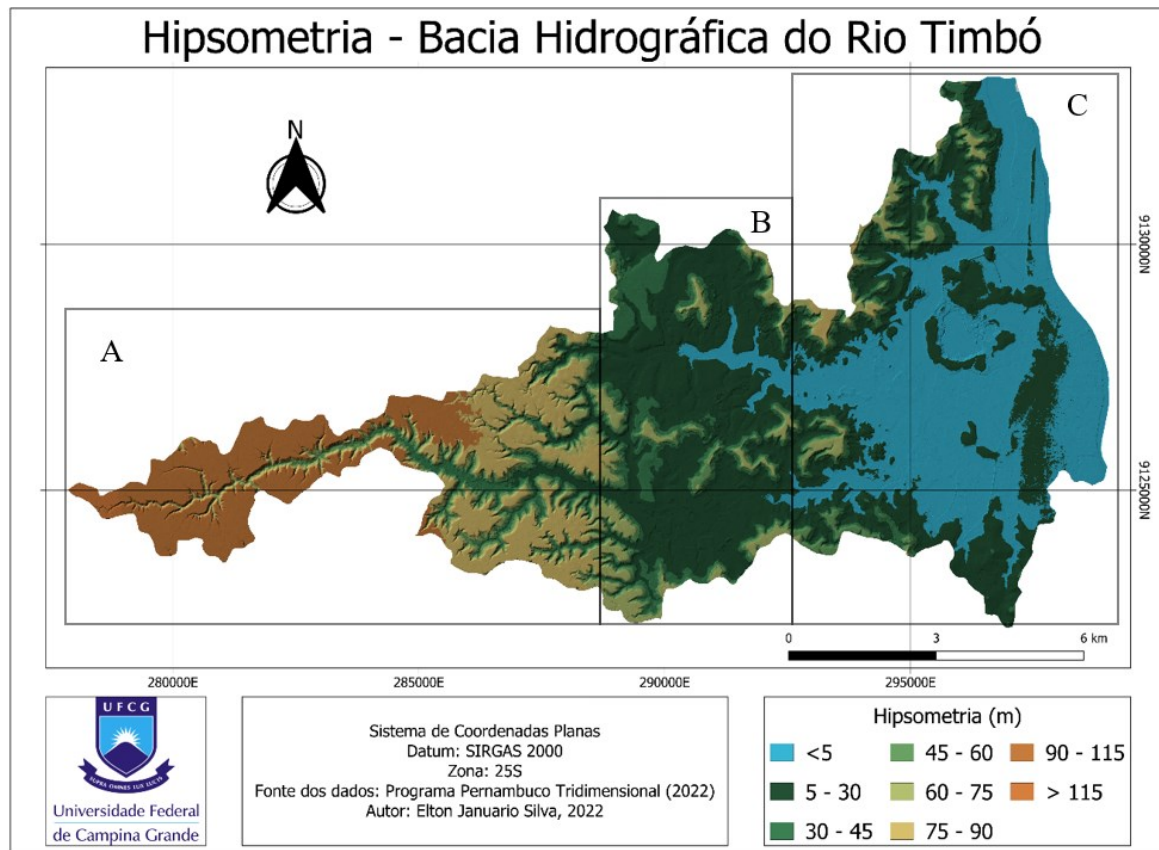


Figura 7. Mapa de Hipsometria da BHRT. Região com altitudes entre 115 e 75 m (A); região com altitudes entre 5 e 75 m (B); e região com altitudes menores que 5 m (C).

As maiores altitudes (de 75 a 115 m) são pertencentes a fisionomia geoambiental denominada Tabuleiros Costeiros. Esta corresponde a uma faixa que atravessa o litoral brasileiro que se origina no estado do Amapá até aproximadamente o estado do Rio de Janeiro. São formados por planaltos sedimentares correlacionados a formação Barreiras, e possuem uma largura entre 100 e 200 quilômetros, com altitudes que variam entre 20 a 50 metros (Faria et al., 2020). Nestes locais onde estão os maiores remanescentes de florestas da região, que será visto mais à frente.

Há elevada presença de ocupações antrópicas, visto que a partir dos 75 aos 90 m de altitude há uma estabilização, com a presença de planaltos que favorecem a construção de moradias.

Estas áreas planas são cortadas por regiões com altitudes menores, nos locais onde há a presença dos cursos d'água que perpassam a região (Figura 8). Ao se analisar a região, é possível encontrar residências dispostas nas áreas de encostas. O meio físico (relevo, rochas, solo, etc.) onde as populações se estabelecem criam potencialidades que beneficiam a ocupação. No entanto, também podem expor características que, devido ao impacto desta ocupação, serão danosas aos próprios seres humanos. A região descrita foi amplamente ocupada de forma desordenada, o que pode acarretar em prejuízos sociais e ambientais, posto que nestas áreas a maioria da população não possui recursos que possibilite melhores condições de habitação. (Cheliz; Rodrigues; Ladeira, 2022; Duarte e Nóbrega, 2021).



Figura 8. Regiões de baixa altitude entrecortando os tabuleiros costeiros da BHRT, com a presença de residências.

Na faixa entre 75 e 5 m (Figura 6B) está presente a região com mais interferência antrópica da BHRT. Este local é majoritariamente ocupado por empresas, comércio e moradias, se

aproximando à BR-101. (Figura 9A e 9B). O rio Timbó corta esta região, sendo amplamente usados para o despejo de efluentes sem o devido tratamento para o descarte (Figura 9C e 9D).



Figura 9. Áreas entre 75 e 5 m na BHRT. Região densamente ocupada às margens da BR-101 (A e B); afluentes do Rio Timbó utilizados para o despejo de efluentes (C e D).

O crescimento desta região está atrelado ao fenômeno da metropolização existente em toda a Região Metropolitana do Recife (RMR), que se iniciou nos anos 50 tendo como núcleo a cidade do Recife, seguido ao longo da BR-101 e adjacências (Maciel e Crespo, 2021).

Analisando a área estuarina da Bacia (Figura 7C), é perceptível que a grande maioria da região possui altitudes próximas ao nível do mar (≤ 5), tendo também como regiões entre 5 e 30 metros, densamente ocupada por habitações. Devido a ampla área estuarina ocupada, o Estuário

do Rio Timbó, presente na região, é classificado como de Planície Costeira, caracterizado pela invasão da água do mar que inundou as áreas marginais, gerando uma feição morfológicamente diferenciada e com a sua largura reduzida em direção ao continente. As dimensões destes tipos de estuário estão correlacionadas com a área fluvial que recebe esta influência marinha. Este tipo é considerado um estuário clássico, por serem os primeiros descritos na literatura (Lessa, 2020) (Figura 10).



Figura 10. Região estuarina da BHRT.

Em relação a declividade da Bacia, utilizando-se da classificação da EMBRAPA (Santos et al., 2018), encontrou-se na BHRT todas as categorias, variando entre o Escarpado ($> 75\%$) e Plano ($\leq 3\%$) (Figura 11). A maior parte da região apresenta relevos dentro da categoria Suave

Ondulado (3 a 8%), sendo a presença dos Tabuleiros Costeiros uma das causas das poucas variações pois, como descrito anteriormente, as regiões mais altas são locais com planaltos bastante extensos.

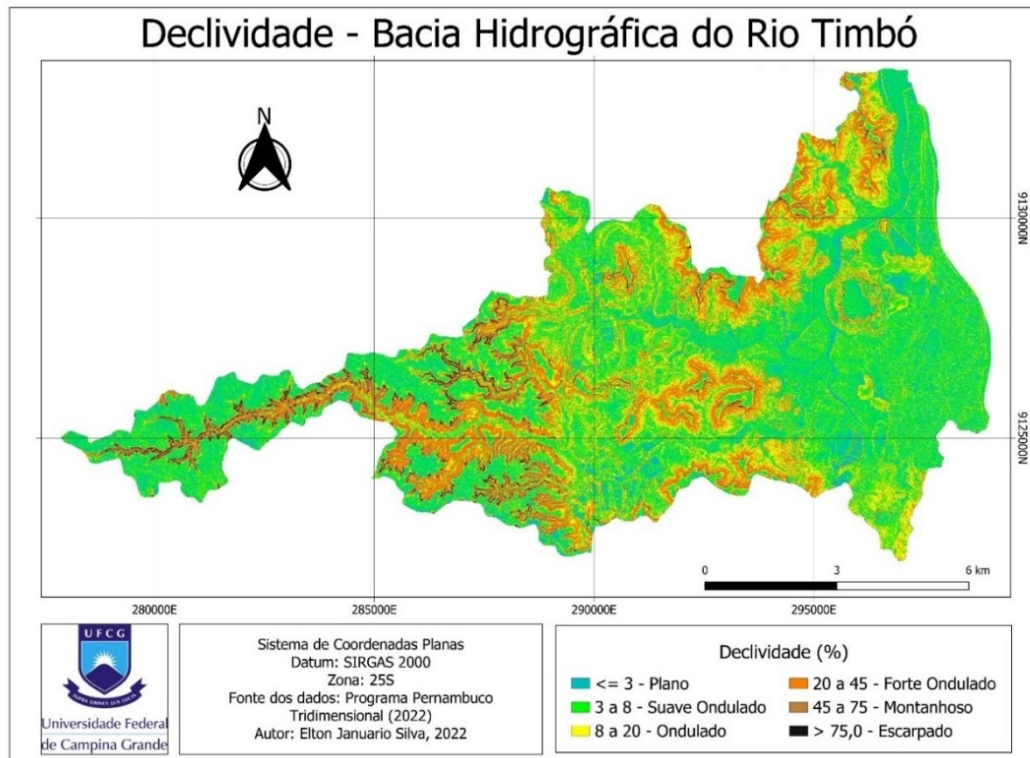


Figura 11. Mapa de Declividade da BHRT.

As áreas que possuem os maiores valores de declividade são as encostas destes Tabuleiros, como visto previamente na Figura 7, com o relevo variando entre Forte Ondulado e Montanhoso. Isto se verifica principalmente nas regiões dos cursos d'água principais da Bacia.

Percebe-se que a região do ERT possui uma vasta extensão, com pouca variação de declividade (3 a 8%). Isto está atrelada a característica deste tipo de estuário, o de Planície Costeira, citado anteriormente. Segundo Miranda, Castro e Kjerfve (2002), o processo de inundação responsável pelo surgimento deste tipo de estuário

estabiliza a declividade destes ambientes em função da consolidação dos sedimentos em suas áreas.

Geologia

Ao longo da BHRT, percebe-se a presença de diversas formações geológicas, tendo como destaque as Formações Barreiras e Gramame. Também são observadas as formações Beberibe em associação aos Depósitos Aluvionares, ao norte da BHRT, bem como Depósitos Fluviomarinhos e Litorâneos, na região do Estuário (Figura 12).

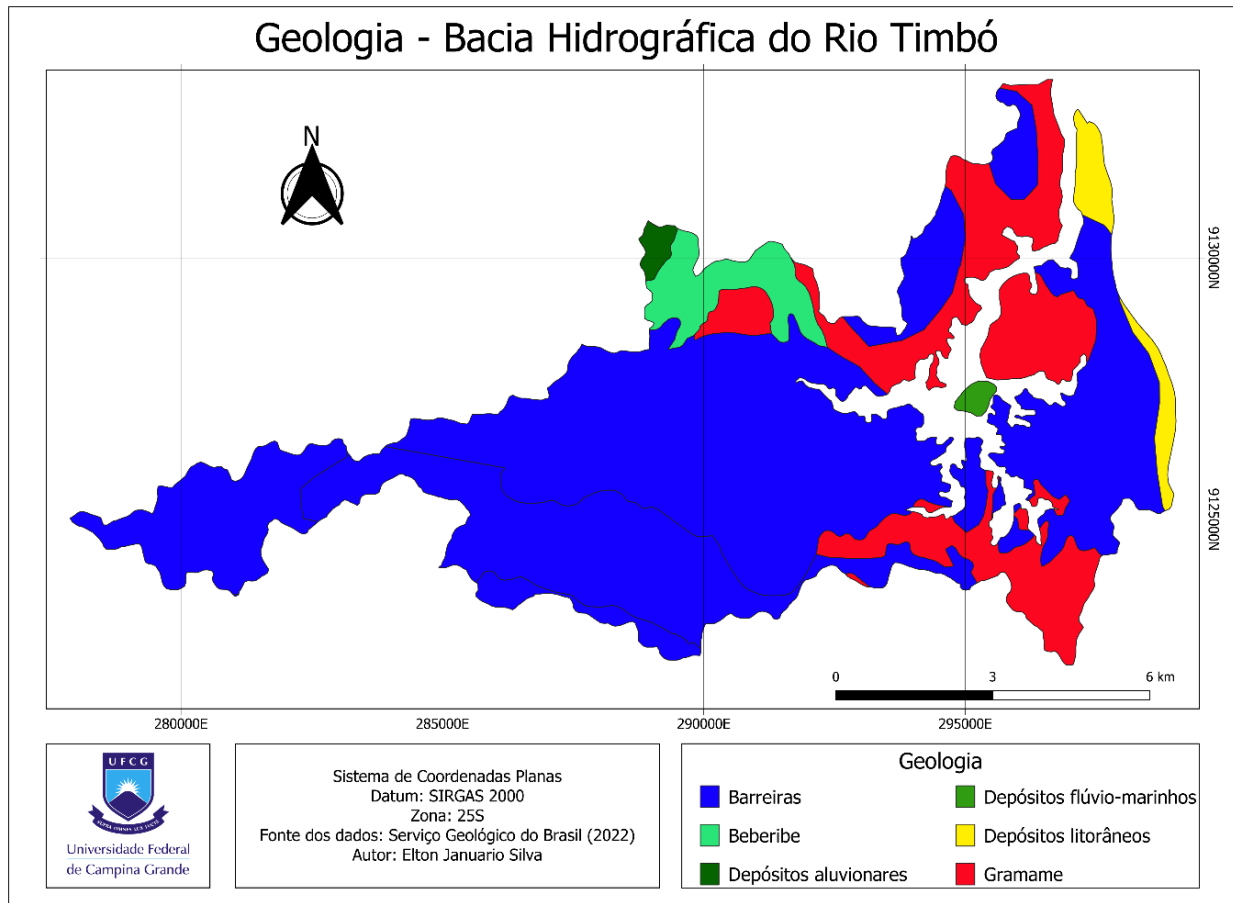


Figura 12. Mapa das Formações Geológicas da BHRT.

A Formação Barreiras (Figura 13A) é predominante em toda Bacia, com formações de falésias erodidas ao longo de praias, vales e taludes ao longo de rodovias. É constituída por uma cobertura sedimentar que se estende desde a foz do

Amazonas, seguindo pela região costeira norte e nordeste chegando até o estado do Rio de Janeiro. Apresentam tonalidades com coloração vermelhas, amarelas e brancas (Souza, 2018).



Figura 13. Formação Barreiras (A) e Gramame (B) presentes no Estuário da BHRT.

A Formação Gramame (Figura 13B) é composta por calcários margosos sem influência siliclástica depositadas em plataforma rasa com rasa ou baixa energia, com ação regular de tempestades (Topan e Lima Filho, 2017). Esta deposição se deu principalmente no período Masstrichtiano, através da deposição de camadas finas de sedimentos intercaladas com outras argilosas e intensamente bioturbadas (Oliveira, 2017).

Ao longo da região estuarina da BHRT são encontradas outras formações: Depósitos Aluvionares, resultado dos sedimentos de qualquer natureza carregados em suspensão pelos rios e por

fim se acumulando em bancos (Silva et al, 2014); Formação Beberibe, composta principalmente por arenitos continentais, quartzosos, com uma espessura média de 50 metros e texturas de solo médias finas e grossas (Oliveira e Rego, 2019); e Depósitos Litorâneos, formados principalmente por areias de textura média a grossa e presença de conchas, localizados na área de atuação das marés até o limite do início do pós-praia (Morais e Araújo, 2015). Na BHRT, esta última formação está presente principalmente nas praias do Janga e Marinha Farinha, pertencentes ao município do Paulista (Figura 14).



Figura 14. Depósitos Litorâneos presentes na praia de Maria Farinha, Paulista – PE.

Os Depósitos Aluvionares são formações encontradas no leito de rios ou riachos por onde estes percolam. São compostos por detritos (cascalho, areia, silte e argila) gerados por sucessivos processos erosivos ao longo dos cursos d'água e trazidos pelas correntezas até o leito, onde se deposita ou sedimenta ao longo dos anos em camas contínuas ou descontínuas (Santos, 2018). Os Depósitos Fluvio-marinhos se formaram através dos sedimentos argilosos ou muito argilosos originados da última presença marinha na região com posterior decantação destes sedimentos (Farias Filho, Bueno e Valladares, 2020).

Pedologia

Como se vê na Figura 13, há a presença dos Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos nas zonas de planícies e planaltos mais distantes do Estuário; Espodossolos Ferrihumilúvicos Hidromórficos e Gleissolos Háplicos próximos as margens dos Rios Timbó e Desterro; e Neossolo Quartzarênico e Solos de Mangue também nas margens dos cursos d'água e Estuário, respectivamente.

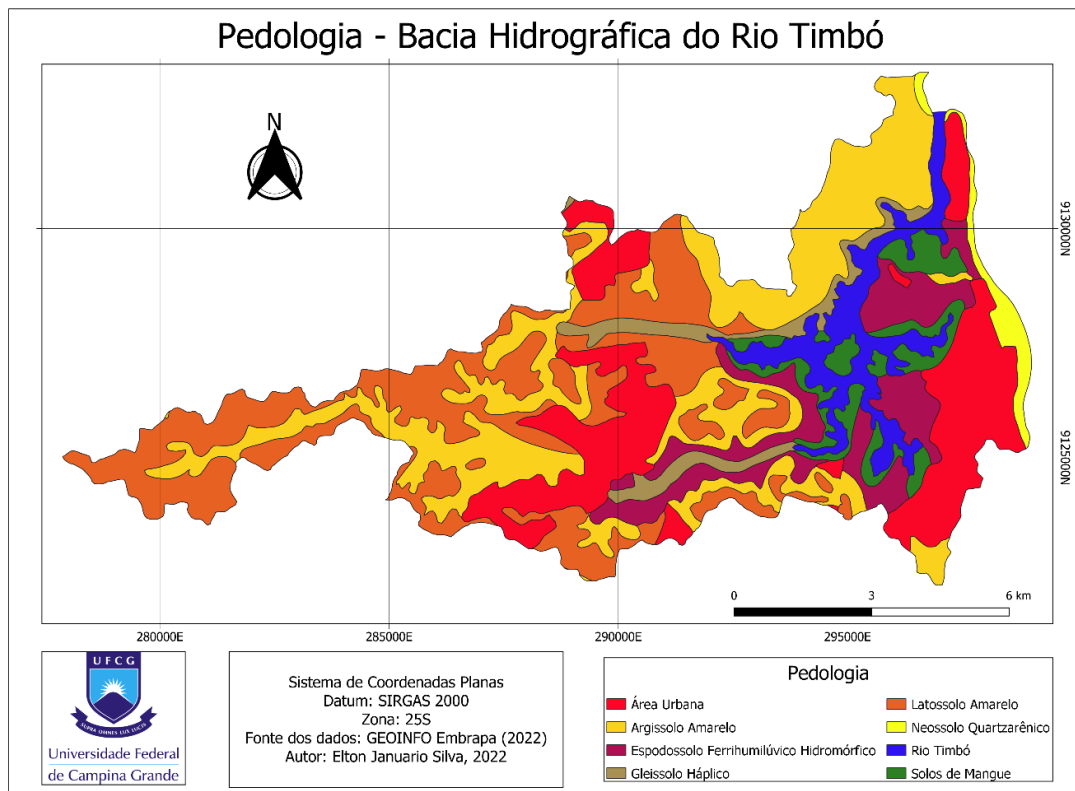


Figura 13. Pedologia da Bacia Hidrográfica do Rio Timbó - PE.

A ordem Latossolo é caracterizada por possuir um avançado estágio de intemperização resultante de transformações intensas no material matriz. É majoritariamente profundo e raramente apresenta menos de um metro de profundidade. Surge em áreas de baixa declividade, onde o relevo varia de plano a suave ondulado. Está presente em regiões equatoriais e tropicais, principalmente em antigas superfícies de erosão e terraços fluviais antigos formados por rochas e sedimentos (Santos et al., 2018).

No Brasil, ocupa aproximadamente 32% do território brasileiro; o Argissolo do tipo amarelo é a segunda ordem com mais presença no Brasil. São compostos por material mineral e possuem como característica marcante a presença do horizonte B textural devido ao acúmulo de argila; os Neossolos apresentam-se como a terceira ordem mais abundante em solo brasileiro. possuem baixo grau de desenvolvimento em comparação ao material originário por consequência da intensidade baixa de atuação de processos pedogênicos. O caráter quartzarênico está relacionado a presença de textura areia ou areia franca em todos os horizontes e profundidade de

150 cm (Santos et al., 2018; Pinheiro Junior et al, 2020).

Espodossolos são formados pela acumulação de materiais orgânicos em conjunto a íons de Fe e Al, com horizonte B espódico abaixo de 200 cm do solo. Os ácidos orgânicos configuram estes íons em substâncias compostas, conferindo a eles maior estabilidade química após a translocação. Os Gleissolos têm como principal processo formador a gleização, que consiste na ação dos microrganismos na redução e remoção do Fe, com horizonte glei surgindo geralmente a partir dos 50 cm de profundidade; (Santos et al., 2018; Pinheiro Junior et al, 2020).

O solo do mangue (Figura 14) tem como principais características ser lodoso, possuir alta salinidade, baixa taxa de oxigenação e odor característico devido a decomposição da matéria orgânica (mais acentuado em locais poluídos). Esta matéria orgânica é a chave para uma extensa cadeia alimentar, onde a vegetação é a principal encarregada pela dinâmica produtiva dos estuários tropicais e subtropicais (Barreto et al, 2020).



Figura 14. Solo de Mangue do Estuário da BHRT.

Uso e Ocupação do Solo e Vegetação

A área BHRT é densamente ocupada pela Agricultura, Agropecuária e Urbanização, em substituição as terras preenchidas anteriormente por Florestas Ombrófilas Densas de Terras Baixas

e Submontanas (Figura 15). Na região da orla, pertencente ao município de Paulista-PE, e o centro da cidade de Abreu e Lima-PE são os locais onde se apresenta a maior ocupação urbana.

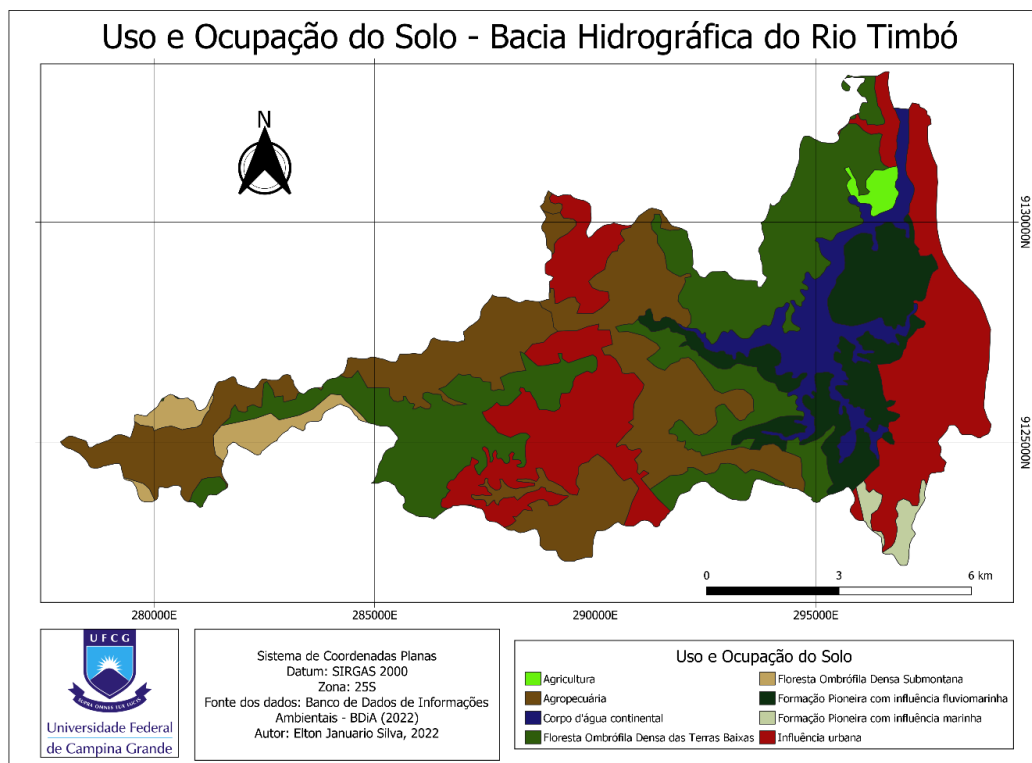


Figura 15. Mapa de Uso e Ocupação do Solo da BHRT.

A Tabela 1 apresenta os valores da ocupação das áreas da BHRT por suas diversas feições em ordem de grandeza.

Tabela 1 – Uso e Ocupação do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Timbó – PE

Feição	Área (ha)	% da área ocupada
Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas	2.525,48	26,45
Agropecuária	2.465,47	25,82
Influência Urbana	2.408,31	25,22
Formação Pioneira com Influência Fluvio-marinha	1.000,50	10,48
Corpo d'água Continental	680,17	7,12
Floresta Ombrófila Densa Submontana	290,46	3,05
Formação Pioneira com Influência Marinha	98,56	1,04
Agricultura	77,31	0,82
Total	9.546,26	100

É possível identificar duas faixas principais de uso e ocupação do solo, a saber: a faixa a oeste da RMR, com a presença predominante da policultura, fazendas e granjas associadas a remanescentes da Mata Atlântica e usos urbanos; e a faixa litorânea, onde também são encontradas as feições citadas anteriormente, porém com a presença do ecossistema manguezal e instalação de indústrias (Maciel e Crespo, 2021).

A Floresta Ombrófila de Densa das Terras Baixas ocupa a maior parte da região das planícies costeiras da região da Bacia, enquanto a Floresta Ombrófila Densa Submontana, identificada em locais com relevos montanhosos ou de planaltos. A Vegetação com Influência Marinha e Fluvio-marinha (Figura 16) do Estuário da BHRT é composta por espécies vegetais comuns às restingas e manguezais no Brasil (BDiA, 2022).



Figura 16. Vegetação com Influência Marinha e Fluvio-marinha presente no Estuário da BHRT.

A Influência Urbana é significativa e evidente na BHRT, destacando-se os municípios de Abreu e Lima e Paulista, sendo a terceira em área de ocupação. Destaca-se os municípios de Abreu e Lima e Paulista. Na orla das praias de Paulista-PE, nos bairros de Maria Farinha e do Janga (Figura 17 A e B). As praias são os espaços ao longo das orlas são os que sofrem mais pressão, devido a

construção de residências secundárias que funcionam geralmente como propriedades para ocasiões turísticas, descanso e veraneio. O acentuado procedimento de utilização dos recursos praias reflete em uma devastação que acaba por atingir níveis socioambientais severos (Silva, Carvalho e Oliveira, 2018).

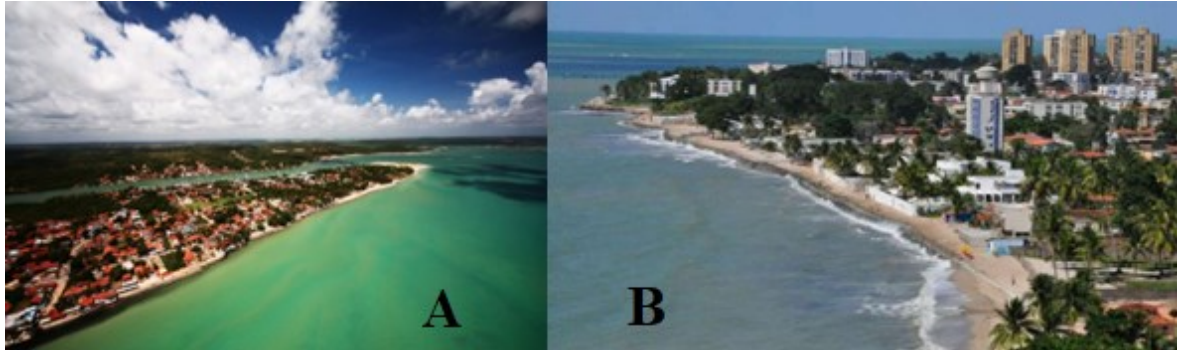


Figura 17. Orla da praia de Maria Farinha e da Praia do Janga, Paulista-PE.

O município de Abreu e Lima-PE é a região da BHRT possui um intenso processo de Urbanização (Figura 18 A e B). Diversos bairros despejam efluentes domésticos diretamente nos cursos d'água. Também existem denúncias de indústrias à Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH) e ao Ministério Público de Pernambuco relativas ao despejo de efluentes, aterro ilegal de mangue e extração ilegal de argila. Dentre as indústrias denunciadas, estão a Saint-Gobain, Janga e Mercofricon. Houve uma intensa

mobilização popular, com protestos que repercutiram nos meios de comunicação, o que levou a CPRH em 2007 a realizar vistoria nas empresas citadas acima. Com isto, a empresa Saint-Gobain foi autuada em 50 mil reais e firmou junto ao ministério público um TAC (Termo de Ajuste de Conduta) para compensação do dano causado pelo despejo irregular de efluentes sem tratamento no riacho arroio Desterro, visto que a sua estação de primária de tratamento estava fora dos padrões ambientais (Paiva, Silva e Fernandes, 2010).



Figura 18. Região do município de Abreu e Lima-PE próximo ao estuário do Rio Timbó, com intenso processo de urbanização.

Em Abreu e Lima, os principais bairros que descartam efluentes na Bacia são Caetés 3, Centro e Timbó, que foram construídos sem planejamento de um sistema de tratamento de efluentes, com isto lançando-os diretamente nestes canais (Santana e Machado, 2017). No bairro de Caetés 3 há a presença de uma invasão populacional nas margens do rio Barro Branco, onde não há sistema de coleta de esgoto. Esta situação obriga os residentes a fazer o descarte no rio da água residual das fezes, urina e higiene pessoal através de tubos de PVC. A poluição causada por esgotos sanitários e efluentes industriais não devidamente tratados acaba por reduzir drasticamente a qualidade da água fluvial, além de que o despejo direto de matéria orgânica reprime a concentração do oxigênio dissolvido em suas águas, influenciando negativamente na biota

ao longo do seu curso (Silva Júnior e Azevedo, 2022).

A presença da agropecuária está em segundo lugar na quantidade de área ocupada da BHRT, com 2.465,47 ha. Esta atividade é realizada principalmente nas áreas que circundam os rios da Bacia. Como exemplo, uma das áreas utilizadas para a agricultura é a da Reserva de Floresta Urbana Mata de São Bento. Esta, possui 109,6 ha, e apresenta como função a proteção as nascentes dos rios, realizar a manutenção e proteção do solo, redução da poluição atmosférica, etc., (CPRH, 2022). Percebe-se que boa parte das suas terras atualmente é utilizada para a criação de animais e plantio de árvores frutíferas, combinadas com áreas de regeneração natural (Figura 19).

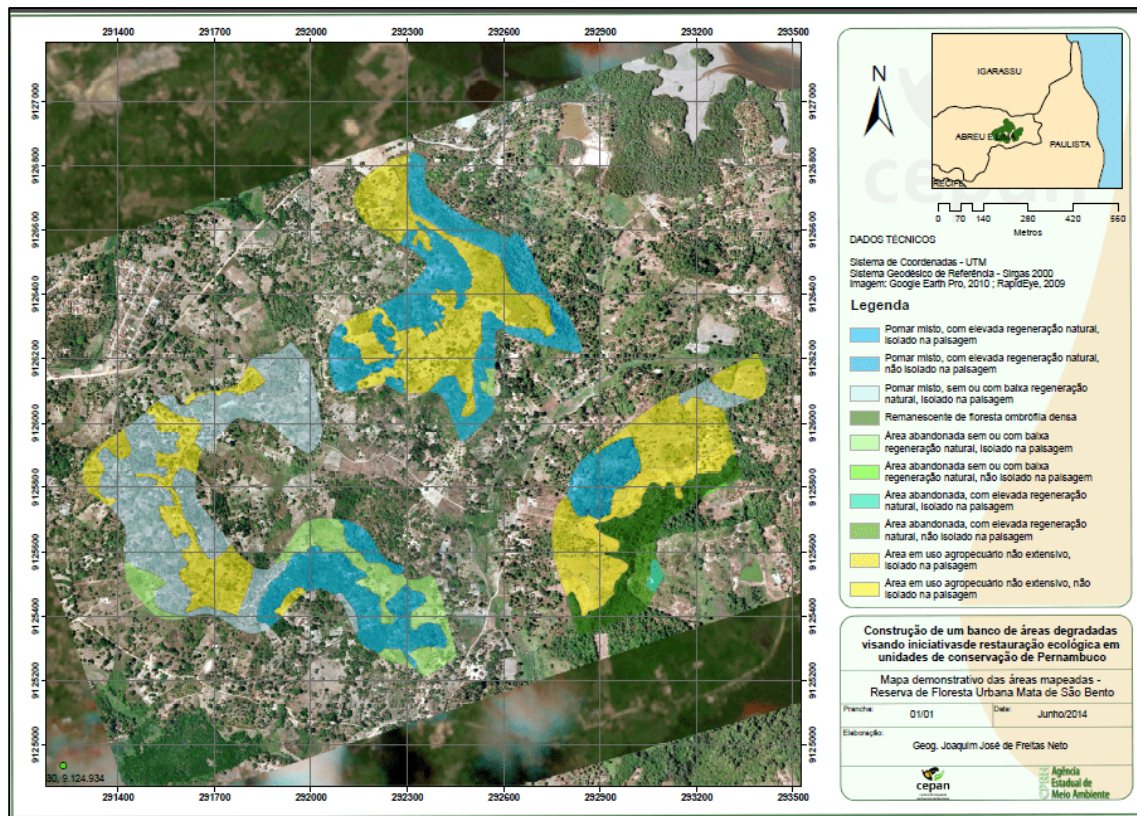


Figura 19. Reserva de Floresta Urbana Mata de São Bento - Abreu e Lima, PE.

Na região estuarina, há presença também da carcinocultura, com diversos recintos de criação de camarão localizados próximos as regiões de maior influência das marés. Este tipo de atividade está diretamente relacionado a inúmeros impactos

ambientais, como o acréscimo da erosão, diminuição da biodiversidade, perda da qualidade hídrica e modificações na paisagem (Figura 20) (Silva-Júnior, Nicácio e Rodrigues, 2020).



Figura 20. Recinto sendo preparado para a carcinocultura, presente no Estuário da BHRT.

Conclusões

Através do presente estudo, foi possível entender características concernentes a geomorfologia e uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Timbó. Foi possível desta forma entender quais aspectos socioambientais influenciam na atual situação de conservação ambiental da região, e compreender espacialmente como se distribui o uso e ocupação do solo.

Tornou-se evidente que os seus cursos d'água são utilizados principalmente para a agropecuária, seguida pela ocupação urbana e instalação de empresas. O descarte de água de efluentes, devido a ocupação desordenada de suas terras, traz sérios problemas ambientais a região, pois incrementa a degradação tanto nas áreas a oeste, onde há a presença de vegetação nativa remanescente de Mata Atlântica, quanto na região estuarina, área utilizada para a subsistência de pescadores e comunidades ribeirinhas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais (PPGEGRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), pelo apoio concedido à realização deste trabalho, tanto no âmbito do apoio acadêmico como financeiro.

Referências

APAC. Agência Pernambucana de Águas e Clima, 2023. Bacias Hidrográficas GL-1. Disponível em: [https://www.apac.pe.gov.br/184-bacias-](https://www.apac.pe.gov.br/184-bacias-hidrograficas-gl-1/222-gl-1)

[hidrograficas-gl-1/222-gl-1](https://www.apac.pe.gov.br/184-bacias-hidrograficas-gl-1/222-gl-1). Acesso em 05 jun. 2023.

Barreto, A. D. et al., 2020. Relações socioambientais nas áreas de manguezais na cidade de Magé no estado do Rio de Janeiro. *Revista Augustus* 25, 92–110. DOI: <https://doi.org/10.15202/1981896.2020v25n50p92>

Carmo, B. A. et al., 2021. Vulnerabilidade à contaminação por agrotóxicos da rede de drenagem na unidade de gerenciamento de recursos hídricos Pontal do Paranapanema – São Paulo. *Caderno Prudentino de Geografia*, 3 201–223. Disponível em: <https://200.145.6.156/index.php/cpg/article/view/7710>. Acesso em 10 jun. 2023.

Carvalho, A. T. F., 2020. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. *Caderno Prudentino de Geografia* 1, 140–161. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/6953>. Acesso em 08 jun. 2023.

Claudino-Sales, V., Lima, E. C., Diniz, S. F., 2020. Análise geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú, Ceará, Nordeste do Brasil. *Revista Geonorte* 11, 90–109. DOI: <https://doi.org/10.21170/geonorte.2020.V.11.N.38.90.109>.

Cheliz, P. M., Rodrigues, J. A., Ladeira, F. S. B., 2023. O papel do meio físico e relevo na ocupação humana: potencialidades, vulnerabilidades e impactos ambientais (enchentes, erosão e assoreamento) na trajetória histórica da região de Araraquara (SP). *Revista*

- Brasileira de Geografia Física, 16, 584-632. DOI: 10.26848/rbgf.v16.1.p584-632.
- Christofoletti, A., 2017. Geomorfologia. Edgard Blücher, São Paulo.
- Collischonn, W., Dornelles, F., 2013. Hidrologia: para engenharia e ciências ambientais. 2. ed. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre.
- Companhia Pernambucana De Recursos Hídricos, 2003. Diagnóstico socioambiental do litoral norte de Pernambuco. Recife, 2003, 214p.
- CPRH. Companhia Pernambucana De Recursos Hídricos, 2022. Unidade de conservação – FURB Mata de São Bento. Disponível em <http://www2.cprh.pe.gov.br/uc/furb-mata-sao-bento/>. Acesso em 27 jun. 2023.
- Duarte, C. C., Arruda Nóbrega, J. V., 2021. Cartografia da vulnerabilidade socioambiental da área urbana do município de Abreu e Lima-PE. Revista de Geografia (Recife), v. 38, n. 2. DOI: 0.51359/2238-6211.2021.248656.
- Ebling, E. D., 2022. Monitoramento, dinâmica e modelagem hidrossedimentológica de duas bacias hidrográficas rurais com produção de leite e grãos Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/25630>. Acesso em 15 jun. 2023.
- Encina, C. C. C. et al., 2018. Geotecnologias aplicadas à análise ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Olho d'Água, município de Jardim, Mato Grosso do Sul - Brasil. Anuário do Instituto de Geociências 41, 577–584. DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2018_2_577_584.
- Fan, F. M. et al. 2013. Sobre o início da rede de drenagem definida a partir dos modelos digitais de elevação. Revista Brasileira de Recursos Hídricos 18, 241–257. DOI: 10.21168/rbrh.v18n3.p241-257
- Faria, M. T. P. et al., 2020. Entre naturalistas e cronistas: viajantes que percorreram o norte-fluminense entre os séculos XVII e XIX, suas respectivas percepções do “novo mundo” e a expansão biológica na região. Revista Mundo Livre 6, 93–209.
- Farias Filho, M. S. F., Bueno, C. R. P., Valladares, G. S., 2020. Caracterização e classificação de solos hidromórficos sobre os aluviões fluviomarinhos no município de Arari - MA. Revista RA'EGA 47, 85–98. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v47i1.61912>.
- França, D. A. F., Santos, V. C., de Souza Costa, C. E. A. 2022. Análise do escoamento superficial em pequenas bacias hidrográficas no leste da Amazônia. Conexões-Ciência e Tecnologia, 16, 7p.
- Francischett, M. N.; Biz, A. C., 2020. O mapa hipsométrico no estudo dos continentes. Signos Geográficos 2, 25. Disponível em <https://revistas.ufg.br/signos/article/view/62428/34510>. Acesso em 08 jun. 2022.
- Governo do Estado de Pernambuco, 2023. Imagens do Modelo Digital de Elevação do Estado de Pernambuco. Pernambuco Tridimensional - PE3D. Pernambuco. Disponível em: <http://www.pe3d.pe.gov.br/>. Acesso: 27 jun. 2023.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística, 2023. Banco de Dados de Informações Ambientais - BDIA. Disponível em <https://bdiaweb.ibge.gov.br/>. Acesso: 27 jun. 2023.
- GEOINFO. Infraestrutura de Dados Espaciais da Embrapa, 2023. Mapa de Solos do Brasil. Disponível em http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode/%3Abrasil_solos_5m_20201104. Acesso: 27 jun. 2023.
- Lessa, G. Aspectos básicos da circulação estuarina e sua relação com o ambiente costeiro. In: Muehe, D.; Lins-De-Barros, F. M.; Pinheiro, L.S. (org.), Geografia Marinha: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos, 2020. Rio de Janeiro, pp. 74-103. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/348115841_Lessa_GC_2020_Aspectos_Basicos_da_Circulacao_Estuarina_e_sua_relacao_com_o_Ambiente_Costeiro_In_Muehe_Lins-de-Barros_Pinheiro_GEOGRAFIA_MARINHA_PGGM. Acesso em 07 jun. 2023.
- Lopes, I., Leal, B. G., Ramos, C. M. C. Morphometric characterization of the basin in the semi-arid region of Pernambuco using SRTM data in free software, 2018. Journal of Hyperspectral Remote Sensing 8, 31-40. DOI: <https://doi.org/10.29150/jhrs.v8.1.p31-40>.
- Maciel, S. J.; Crespo, J. L., 2021. Desafios urbanos contemporâneos: a problemática da habitabilidade na Região Metropolitana do Recife (Brasil). 9º Congresso luso-brasileiro para o planejamento urbano, regional, integrado e sustentável (PLURIS 2021 digital): Pequenas cidades, grandes desafios, múltiplas oportunidades, 13p. Disponível em:

- <https://pluris2020.faac.unesp.br/Paper886.pdf>. Acesso em 08 jun. 2023.
- Marcuzzo, F. F. N., Romero, V., Cardoso, M. R. D. Detalhamento hidromorfológico da Bacia do Rio Mundaú, 2011. Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Maceió, Alagoas. Disponível em: https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=3&ID=81&SUMARIO=1334&ST=detalhamento_hidromorfolologico_da_bacia_do_rio_mundau. Acesso em 07 jun. 2023.
- Mariano Neto, M., Silva, J. B., 2022. Análise geoambiental do Baixo Mamanguape - Paraíba, Brasil. GeoTextos 18, 193–220. DOI: <https://doi.org/10.9771/geo.v18i1.48142>.
- Mayer, M. C., 2021. Caracterização ictiológica e geoambiental da bacia do rio São Francisco Falso-braço sul, oeste do Paraná. Dissertação (Mestrado). Recursos Naturais e Sustentabilidade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/26561>. Acesso em: 22 jun 2023.
- Miranda, L. B., Castro, B. M., Kjerfve, B., 2002. Princípios de Oceanografia Física dos Estuários, 1 ed. Edusp, São Paulo.
- Morais, R. C. S., Araújo, I. R. G., 2015. Análise espacial da concentração de sólidos totais dissolvidos (STD) em águas subterrâneas da Região Norte do Piauí. Revista Equador 4, 67–80. DOI: <https://doi.org/10.26694/equador.v4i4.3657>
- Oliveira, D. S., 2017. Fósseis e paleoambientes da Formação Gramame, Maastrichtiano da Bacia da Paraíba, Pedreira do Roger, João Pessoa - PB. Dissertação (Mestrado). Recife, Programa de Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco.
- Oliveira, G. S., Rêgo, J. C., 2019. Estimativa dos parâmetros Hidráulicos/Hidrodinâmicos da Bacia Sedimentar Costeira Paraíba/Pernambuco. Anais do IV CONAPESC. Campina Grande, Paraíba. Disponível em <https://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/56808>. Acesso em 05 jun. 2023.
- Oliveira, T. R. S., 2015. Ecologia de foraminíferos bentônicos no Estuário do Rio Timbó, município de Paulista-PE: influência da geoquímica ambiental. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco. Disponível em <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/16197>. Acesso em 07 jun. 2023.
- Paiva, M. V. C., Silva, J. B., Fernandes, J. G., 2010. Estuário do Rio Timbó-PE: territorialidade da pesca e impactos ambientais. Revista de Geografia 26, 185-199. Disponível em <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/228764/23178>. Acesso em 09 jun. 2023.
- Pereira, L. E. et al., 2019. Comparação e análise de redes de drenagem geradas através de modelos digitais de superfície na Bacia Hidrográfica do Rio Formoso. Anuário do Instituto de Geociências 42, 311–320. DOI: DOI:10.11137/2019_3_311_320.
- Pinheiro Junior, C. R., Pereira, M. G., Silva Neto, E. C., Anjos, L. H. C., Fontana, A., 2020. Solos do Brasil: gênese, classificação e limitações ao seu uso. in: Ribeiro, J. C. (org.), Ciência exatas e da Terra: conhecimentos estratégicos para o desenvolvimento do país, 1 ed. Atena, Ponta Grossa, pp. 183-199. DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.60220020715>.
- Posey, D.A., 1987 Etnobiologia: teoria e prática. Suma etnológica brasileira, v. 1, p. 15-25.
- Repositório Institucional De Ciências, 2022. Mapa Geodiversidade do Estado de Pernambuco: Serviço Geológico do Brasil. Disponível em <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/14707>. Acesso em 27 jun 2023.
- Santana, J. F. C., Machado, J., 2017. Sanitary Exhaustion in Abreu e Lima City: The shocks caused in Timbó river. Revista GEAMA 3, 29-36. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/1066/1529>. Acesso em 03 jun. 2023.
- Santos, H. G. et al., 2018. Embrapa: Sistema brasileiro de classificação de solos.
- Santos, G. T. L., 2018. Influência da espessura da zona não saturada na dinâmica da água em depósito aluvionar no semiárido. Dissertação (Mestrado). Recife, Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/35489>. Acesso em 10 jun. 2023.
- Santos, L. A. N., Nascimento, P. S. R., 2019. Espacialização da suscetibilidade erosiva a partir da densidade de drenagem pelo interpolador Kernel. Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto Santos, São Paulo. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2019>

- 2019/trabalhos/espacializacao-da-susceptibilidade-erosiva-a-partir-da-densidade-de-drenagem-pelo?lang=pt-br#. Acesso em: 11 jun. 2023.
- Silva, A. L. B., Carvalho, R. G., Oliveira, A. R., 2018. Percepção ambiental de usuários de praia no Litoral Setentrional Potiguar:-RN: embates e perspectivas frente a ocupação da orla marítima. *Geotemas* 8, 17–41. Disponível em: https://periodicos.apps.uern.br/index.php/GEO_Temas/article/view/867. Acesso em: 11 jun. 2023.
- Silva, F. L. et al., 2021. Gestão de recursos hídricos e manejo de bacias hidrográficas no Brasil: elementos básicos, histórico e estratégias. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14(3), p. 1626-1653. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Fabio-Silva-11/publication/353496778_Gestao_de_recurso_s_hidricos_e_manejo_de_bacias_hidrograficas_no_Brasil_elementos_basicos_historico_e_estrategias/links/61008e7c1e95fe241a918a32/Gestao-de-recursos-hidricos-e-manejo-de-bacias-hidrograficas-no-Brasil-elementos-basicos-historico-e-estrategias.pdf. Acesso em 11 jun. 2023.
- Silva Júnior, L. C. S., Azevedo, J. P. S., 2022. Influência do saneamento na qualidade da água em rios: uma análise através da modelagem de qualidade de água. *Mix Sustentável* 8, 41–52. DOI: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2022.v8.n1.41-52>.
- Silva, T. A., 2021. Uso do solo e sua influência na qualidade da água e produção de sedimentos em reservatórios de abastecimento de água do município de Sorocaba–SP. 2021. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/bb4379e3-6a7e-47b1-83c0-b55df20c2caa>. Acesso em 04 ago. 2023.
- Silva, T. S. C. et al., 2014. Caracterização dos depósitos aluvionares do igarapé Paiva na Serra do Tepequém-RR. *Revista Geonorte* 10, 196–201. Disponível em <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1545>. Acesso em 05 jun. 2023.
- Silva-Júnior, J. J., Nicácio, G., Rodrigues, G. G. A., 2020. Carcinicultura nos manguezais do Nordeste brasileiro: problemáticas socioambientais nas comunidades tradicionais. *Revista Movimentos Sociais e Dinâmicas Espaciais* 9, p. 70. DOI: 10.46802/rmsde.v9i2.245816
- Sousa, J. M., 2011. Desafio da medição experimental da descarga de fundo no estuário do Timbó: construção e testes de um amostrador. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco. Disponível em <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/5381>. Acesso em 12 jun. 2023.
- Sousa, V. et al., 2023. A questão da mineração nos planos de recursos hídricos das bacias hidrográficas da Bahia. *Cadernos de Geociências* 18(especial), p. 11. DOI: DOI:10.9771/geocad.v18i0.55966.
- Souza, R. A., 2018. Resistência e compressibilidade dos solos da formação Barreiras na região de Natal/RN. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/25168>. Acesso em: 03 jun. 2023.
- Souza Robaina, L. E.; Trentin, R., 2021. Compartimentação geoambiental no município de São Vicente do Sul, RS, Brasil. *Terr@ Plural*, 15, 1-15. DOI: 10.5212/TerraPlural.v.15.2113645.008
- Tassinari, D., et al, 2023. Caracterização fisiográfica e vazão de duas bacias hidrográficas do sítio PELD TURF na Chapada do Couto, Serra do Espinhaço Meridional. *Revista Espinhaço* 21, p. 15. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7858872>.
- Topan, J. G. O., Lima Filho, M., 2017. Estudo aeromagnetométrico e morfotectônico da Sub-Bacia Olinda, Bacia Paraíba, e do embasamento adjacente. *Anuário do Instituto de Geociências*, 40, p. 281–293. DOI: 10.11137/2017_3_281_293
- Vasconcelos, B. R., 2022. Análise do uso da terra e da declividade na sub-bacia hidrográfica do Córrego do Pombal. *Geofrontier* 8, p. 1–19. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/GEOF/article/view/6792>. Acesso em 29 mai. 2023.