

## Manoel Mariano Neto

Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECA),  
na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)  
marianop.paiva2@gmail.com

## Janaína Barbosa da Silva

Doutora em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE),  
Professora associada da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)  
janainasimov@yahoo.com.br

---

# Análise geoambiental do Baixo Mamanguape - Paraíba, Brasil

### Resumo

Este trabalho objetivou analisar as características morfométricas, geomorfológicas e a variação das classes de cobertura do solo, no baixo curso do rio Mamanguape na Paraíba. A caracterização morfométrica foi realizada a partir dos atributos geométricos, das características de relevo e da rede de drenagem da região hidrográfica. Para o mapeamento geomorfológico, foram elencadas as unidades geológicas, pedológicas e de relevo. Quanto à cobertura do solo, empregou-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN), através de imagens dos satélites Landsat 5-TM e Landsat 8-OLI, para os anos de 1985 e 2018. Constatou-se que a sub-bacia apresenta forma pouco alongada, baixas altitudes, relevo predominantemente plano e suavemente ondulado, aspectos que contribuem para a ocorrência de planícies de inundação. Trata-se de um sistema majoritariamente sedimentar, com predominância de tabuleiros, planícies e colinas amplas e suaves, constituídos por solos argilosos e areno-argilosos, de baixa fertilidade. A variação de cobertura do solo indica a expansão da carcinicultura e da cana-de-açúcar, fazendo surgir conflitos ambientais. Observou-se também a melhoria da atividade fotossintética na área delimitada como sendo de relevante interesse ecológico, fator de grande relevância devido à presença do manguezal, alvo de constantes pressões antrópicas.

**Palavras-chave:** Morfometria, Geologia, Geomorfologia, Cobertura do solo, Conflitos Ambientais.

## Abstract

### GEOENVIRONMENTAL ANALYSIS OF BAIXO MAMANGUAPE - PARAÍBA, BRAZIL

This work aimed to analyze the morphometric and geomorphological characteristics and the variation of the soil cover classes, in the lower course of the Mamanguape River - Paraíba. The morphometric characterization was carried out from the geometric attributes, the relief characteristics and the drainage network of the hydrographic region. For the geomorphological mapping, the geological, pedological and relief units were listed. As for the soil cover, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was used, through images from the Landsat 5-TM and Landsat 8-OLI satellites, for the years 1985 and 2018. Basin has a slightly elongated shape, low altitudes, predominantly flat and gently undulating relief, aspects that contribute to the occurrence of floodplains. It is a mostly sedimentary system, with a predominance of flats, plains and broad and smooth hills, made up of clayey and sandy-clay soils, with low fertility. The variation in soil cover indicates the expansion of shrimp farming and sugarcane, giving rise to environmental conflicts. It was also observed the improvement of photosynthetic activity in the delimited area as being of relevant ecological interest, a factor of great relevance due to the presence of the mangrove, target of constant anthropic pressures.

**Key-words:** Morphometry, Geology, Geomorphology, Ground cover, Environmental Conflicts.

## 1. Introdução

A bacia hidrográfica configura um sistema físico de captação dos fluxos naturais da água e está sujeita aos fenômenos hidrometeorológicos, como a precipitação e a evapotranspiração (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013). Essa unidade territorial ganha ampla significância para os estudos ambientais, sobretudo, pelo fato de seus elementos constitutivos, isto é, a geologia, a geomorfologia, a cobertura vegetal, o clima e a rede de drenagem estarem interligados (COLIADO; SIMONETTI; SILVA, 2020).

Dessa maneira, é considerada a unidade territorial mais adequada para a gestão dos recursos naturais e da paisagem, devido aos impactos oriundos das atividades antrópicas sobre os recursos disponíveis e o uso e a ocupação do solo (BERNARDI et al., 2012; SILVA; GIRÃO, 2020). Nesse sentido, os estudos geoambientais, no âmbito da bacia hidrográfica, ampliam a compreensão das dinâmicas ambientais e permitem avaliar de maneira rápida o potencial de degradação, a suscetibilidade à ocorrência

de enchentes, processos erosivos e a evolução dos usos do solo (SANTOS et al., 2018). Logo, são de grande utilidade para a elaboração de projetos, planejamentos e tomadas de decisão.

Ao encontro dos aspectos elencados, Medina et al. (2007) afirmam que os estudos geoambientais fornecem subsídios para identificação das potencialidades naturais e limitações face ao uso do solo, além de prover informações indispensáveis para a prevenção de desastres de ordem natural ou antrópica. Ainda em consonância com os autores, a análise geoambiental pode ser empregada na avaliação de impactos sobre o meio físico, na recuperação de áreas degradadas e no monitoramento ambiental.

Mediante tais discussões, este estudo objetivou analisar as características morfométricas e geomorfológicas, bem como a variação das classes de cobertura do solo, no baixo curso do rio Mamanguape, situado no Litoral Norte do estado da Paraíba. A intenção é contribuir para as discussões acadêmicas acerca desse sistema fluvial, e gerar produtos que auxiliem no planejamento e na gestão da sub-bacia.

Para além do texto introdutório, o trabalho é composto por outras quatro seções: a área de estudo, onde são descritos os principais aspectos sociais e ambientais pertinentes ao baixo Mamanguape; a metodologia, que descreve os procedimentos empregados para caracterização morfométrica, geomorfológica e análise da cobertura do solo; os resultados e discussão; e as considerações finais.

## **2. Área de estudo**

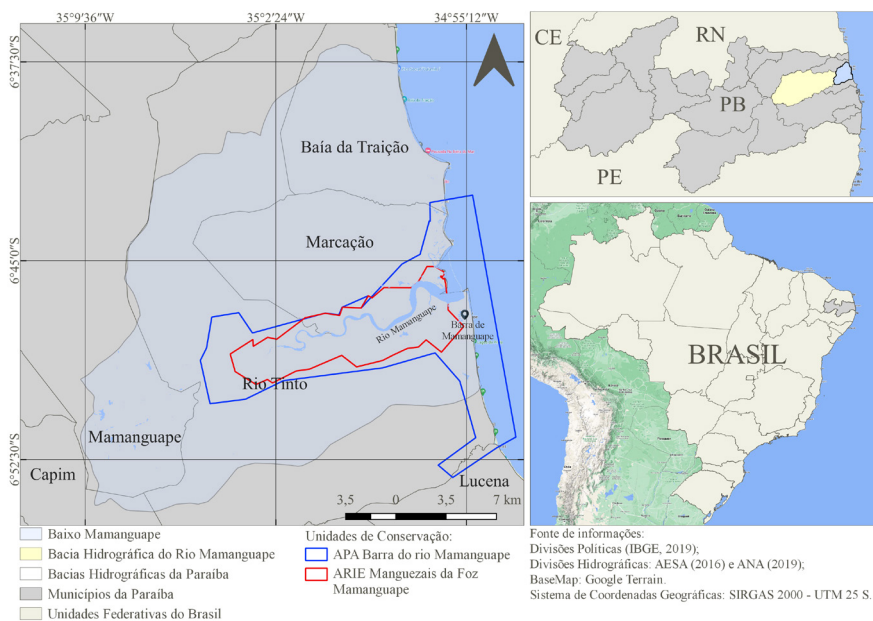
A porção territorial analisada (figura 1) está situada no Litoral Norte do estado da Paraíba, entre as coordenadas  $6^{\circ}36'29''$  e  $6^{\circ}54'47''$  de latitudes sul,  $34^{\circ}57'22''$  e  $35^{\circ}09'25''$  de longitudes oeste. Integra a bacia hidrográfica do rio Mamanguape, abrangendo cinco municípios: Baía da Traição (86,43%), Capim (4,12%), Mamanguape (18,20%), Marcação (100%) e Rio Tinto (60,86%), que acomodam uma população estimada em 94,3 mil pessoas (IBGE, 2021).

O baixo curso do rio Mamanguape sofre influência da Massa Equatorial Atlântica (mEa), que, ao adentrar o continente, perde umidade

gradativamente. O período chuvoso ocorre entre os meses de março e julho, a precipitação pluviométrica anual média varia entre 1800 mm e 1400 mm, reduzindo à medida em que se distancia do litoral (SANTOS; ARAÚJO; MARCELINO, 2015). Logo, considerando a classificação de Köppen e Geiger, apresenta clima tropical úmido e seco (Aw e Am) (FRANCISCO et al., 2015).

Essa região possui uma ampla biodiversidade, dada a ocorrência de manguezais, restingas e outros ecossistemas remanescentes da Mata Atlântica. Dispõe de praias, dunas e recifes, que constituem a diversidade geológica; e acomoda comunidades tradicionais, formadas por remanescentes do povo Potiguara, e não-índios, oriundos da miscigenação de índios, negros e brancos (COSTA et al., 2020).

**Figura 1**  
LOCALIZAÇÃO DO BAIXO CURSO DO RIO MAMANGUAPE



Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Assim, criou-se, a partir do Decreto nº 91.890/1985, a Área de Relevante Interesse Ecológico – ARIE Manguezais da Foz Mamanguape, com 57,2 km<sup>2</sup>, destinada à proteção de amostras representativas da vegetação de

mangue, do habitat natural do peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*) e das demais espécies existentes na área. Posteriormente, por meio do Decreto nº 924/1993, foi criada a Área de Proteção Ambiental Barra do Rio Mamanguape, com 146,4 km<sup>2</sup>, que se sobrepõe à ARIE, abrangendo também outras paisagens marinhas e terrestres (ICMBIO, 2018). Essas unidades de conservação resguardam aproximadamente 60 km<sup>2</sup> de manguezais, que constituem a maior reserva preservada do estado da Paraíba.

### 3. Metodologia

#### 3.1 Caracterização morfométrica

A caracterização morfométrica foi realizada a partir dos atributos geométricos, das características de relevo e da rede de drenagem, que definem a região hidrográfica do baixo curso do rio Mamanguape. A configuração geométrica foi determinada pelos seguintes parâmetros: área, perímetro, padrão de drenagem, padrão de escoamento fluvial e coeficiente de compacidade.

A área da bacia hidrográfica faz referência à área plana entre os divisores topográficos, projetados verticalmente (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013). O perímetro corresponde ao comprimento da linha imaginária que determina os divisores de água (CHRISTOFOLETTI, 2017). O padrão de drenagem é determinado pela organização espacial dos cursos de drenagem, definidos a partir de características geométricas (SUMMERFIELD, 2014).

O coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) é calculado pela relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área equivalente (equação 01):

$$K_c = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (01)$$

Onde, "A" corresponde à área da bacia hidrográfica e "P" ao perímetro. Por definição, quando  $K_c = 1$ , a bacia assume a forma de um círculo perfeito. Todavia, tende a apresentar formas mais irregulares, de maneira

que, quanto maior o valor do coeficiente, menor a tendência à ocorrência de cheias (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

As características de relevo empregadas foram a hipsometria e a declividade da microbacia, ambas foram obtidas mediante emprego de um Modelo Digital de Elevação (MDE) com resolução espacial de 30 metros, derivado de dados produzidos pela *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponibilizados pela *United States Geological Survey* (USGS). Foi utilizado o software *Quantum GIS* (QGIS) versão 3.10.13 para o processamento das informações.

A hipsometria representa altitudes em relação ao nível do mar. Já a declividade é mensurada a partir da diferença de altura entre dois pontos e a distância entre eles. No caso da declividade, foi calculada em porcentagem e categorizada de acordo com as classes estabelecidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2018).

A rede de drenagem foi caracterizada através da hierarquia fluvial, da densidade de drenagem e do índice de sinuosidade do canal principal. No que concerne à hierarquia dos canais que drenam a bacia hidrográfica, foi obtida pela ferramenta "*channel network and drainage basins*" que adota os critérios de ordenamento de Strahler. Já a densidade de drenagem (Dd), é calculada a partir da soma do comprimento de todos os canais da bacia (L), dividida pela área (A) da bacia (equação 02), permitindo analisar o quanto a drenagem é eficiente em relação à capacidade de escoamento (SILVA; GIRÃO, 2020):

$$Dd = \frac{\sum L}{A} \quad (02)$$

Para determinar o índice de sinuosidade (S) foram considerados o comprimento do canal principal ( $L_c$ ) e a distância ( $D_c$ ) entre a nascente e o exutório (equação 03). Este elemento possibilita mensurar a curvatura do rio principal, de modo que valores acima de 1,5 são considerados sinuosos e abaixo dessa referência, caracterizam rios mais retilíneos (CHRISTOFOLETTI, 2017):

$$S = \frac{L_c}{D_c} \quad (03)$$

### 3.2 Mapeamento geomorfológico

As estruturas geomorfológicas são pertinentes para este trabalho por permitirem compreender a dinâmica da paisagem do Baixo Mamanguape (SILVA; GIRÃO, 2020). Para o mapeamento geomorfológico, foram elencadas as unidades geológicas, pedológicas e geomorfológicas, a partir dos Levantamentos da Geodiversidade, realizados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2016).

### 3.3 Cobertura do solo

Foram utilizadas as bandas 3 e 4 do satélite Landsat 5 (sensor *Thematic Mapper - TM*), de 05/02/1985; e as bandas 4 e 5 do Landsat 8 (sensor *Operational Land Imager - OLI*), de 28/09/2018, referentes à órbita/ponto 65/214.

Para analisar a variação de cobertura do solo, empregou-se o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), que consiste na razão entre a diferença de refletividade das bandas do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (RED) pela soma das mesmas (equação 04):

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (04)$$

As imagens possuem resolução espacial de 30 metros e foram obtidas no site da USGS. Para a classificação do NDVI (tabela 1) considerou-se as mesmas classes de cobertura do solo indicadas por Bandeira e Cruz (2021).

**Tabela 1**  
CLASSES ATRIBUÍDAS AO NDVI

Intervalos do NDVI	Classes
-0,157 a 0,089	Corpos hídricos
0,089 a 0,527	Solo exposto/Área urbana
0,527 a 0,627	Atividade fotossintética baixa
0,627 a 0,715	Atividade fotossintética moderadamente baixa
0,715 a 0,785	Atividade fotossintética média
0,785 a 0,838	Atividade fotossintética moderadamente alta
0,838 a 1,000	Atividade fotossintética alta

Fonte: Bandeira e Cruz (2021).

## 4. Resultados e discussão

### 4.1 *Análise morfométrica*

A sub-bacia hidrográfica possui uma área de aproximadamente 567,77 km<sup>2</sup> e um perímetro de 107,12 km (tabela 2). Esses dados não representam a totalidade do sistema fluvial, visto que se adotou como objeto de estudo a porção mais baixa do rio Mamanguape.

Quanto ao escoamento fluvial, é do tipo exorréico, visto que desagua no oceano Atlântico Sul, em dois pontos distintos: na foz do rio Mamanguape, entre os municípios de Rio Tinto e Marcação; e em uma segunda foz, denominada rio da Estiva, situada em Baía da Traição. Apresenta padrão de drenagem dendrítico, isto é, semelhante à estrutura de uma árvore. Esse padrão está associado às áreas com ocorrência de rochas heterogêneas, pouco uniformes e pouco deformadas, que tendem a apresentar arranjos irregulares e ângulos variados entre o canal principal e os tributários (CHRISTOFOLETTI, 2017).

O coeficiente de compacidade corresponde a 1,26, indicando uma tendência mediana à ocorrência de enchentes acentuadas (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013). Este valor está intrinsecamente relacionado ao formato pouco alongado da bacia, que reduz o tempo de escoamento da água nos canais, reduzindo também o tempo de concentração.

Mesmo se tratando de um parâmetro relevante, o coeficiente de compacidade não é suficiente para determinar a ocorrência de cheias. Logo, sugere-se que os dados geométricos da bacia sejam contextualizados com outros aspectos, como o uso e a ocupação do solo (LOPES; LEAL; RAMOS, 2018).

Ao analisar as condições do relevo (Figura 2), verifica-se que as altitudes variam entre 0 metros e 214 metros. A maior porção da bacia apresenta baixas altitudes, uma vez que 81,62% (463,41 km<sup>2</sup>) possuem valores entre 0 metros e 95 metros, propiciando a formação de planícies e tabuleiros. Ademais, 9,99% (56,74 km<sup>2</sup>) possuem altitudes variando entre 95 metros e 121 metros; e 8,39% (47,64 km<sup>2</sup>) entre 121 metros e 214 metros, favorecendo a ocorrência de colinas suaves. Dentre os aspectos que justificam os baixos valores registrados, destaca-se o fato de se tratar do baixo curso da bacia hidrográfica, logo, tende a apresentar as menores altitudes desse sistema ambiental.

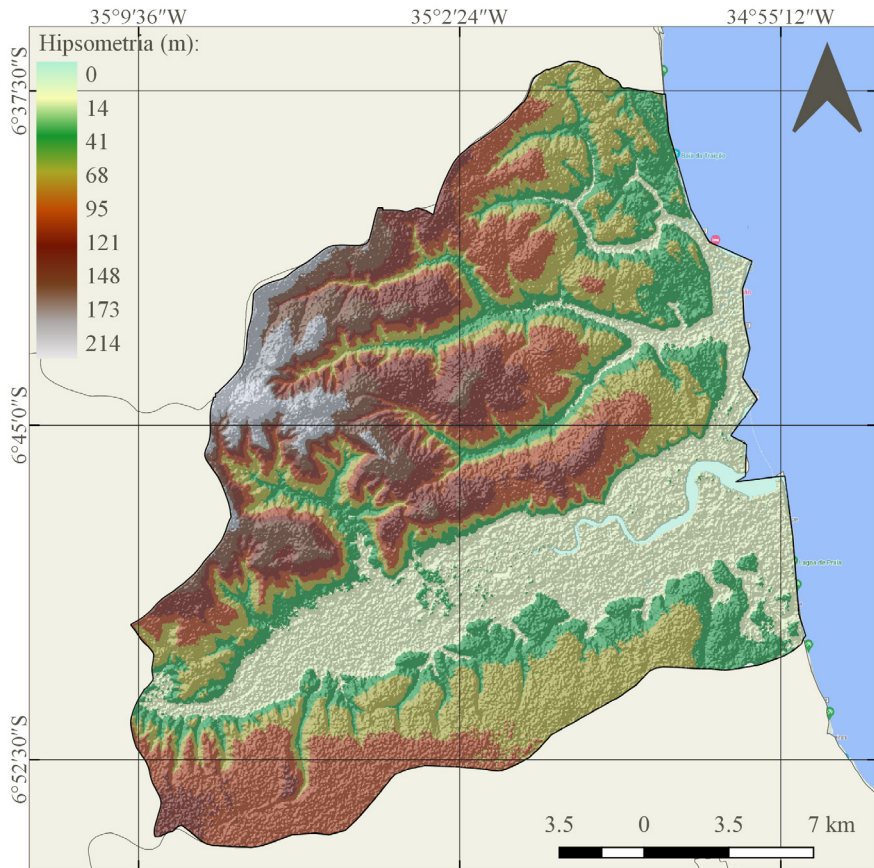


**Tabela 2**  
MORFOMETRIA DO BAIXO MAMANGUAPE

<b>Características</b>	<b>Índices morfométricos</b>	<b>Resultados</b>
Geométricas	Área da bacia	567,77 km <sup>2</sup>
	Perímetro da bacia	107,12 km
	Escoamento fluvial	Exorréico
	Padrão de drenagem	Dendritico
Relevo	Coefficiente de compactidade	1,26
	Declividade mínima	0,00%
	Declividade máxima	36,17%
	Altitude mínima	0 m
	Altitude máxima	214 m
	Ordem dos canais	3ª Ordem
Rede de drenagem	Densidade de drenagem	0,30 km/km <sup>2</sup>
	Índice de sinuosidade do canal principal	1,23
	Comprimento do canal principal	28,98 km
	Comprimento de todos os canais	168,64 km

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

**Figura 2**  
HIPSOMETRIA DO BAIXO MAMANGUAPE

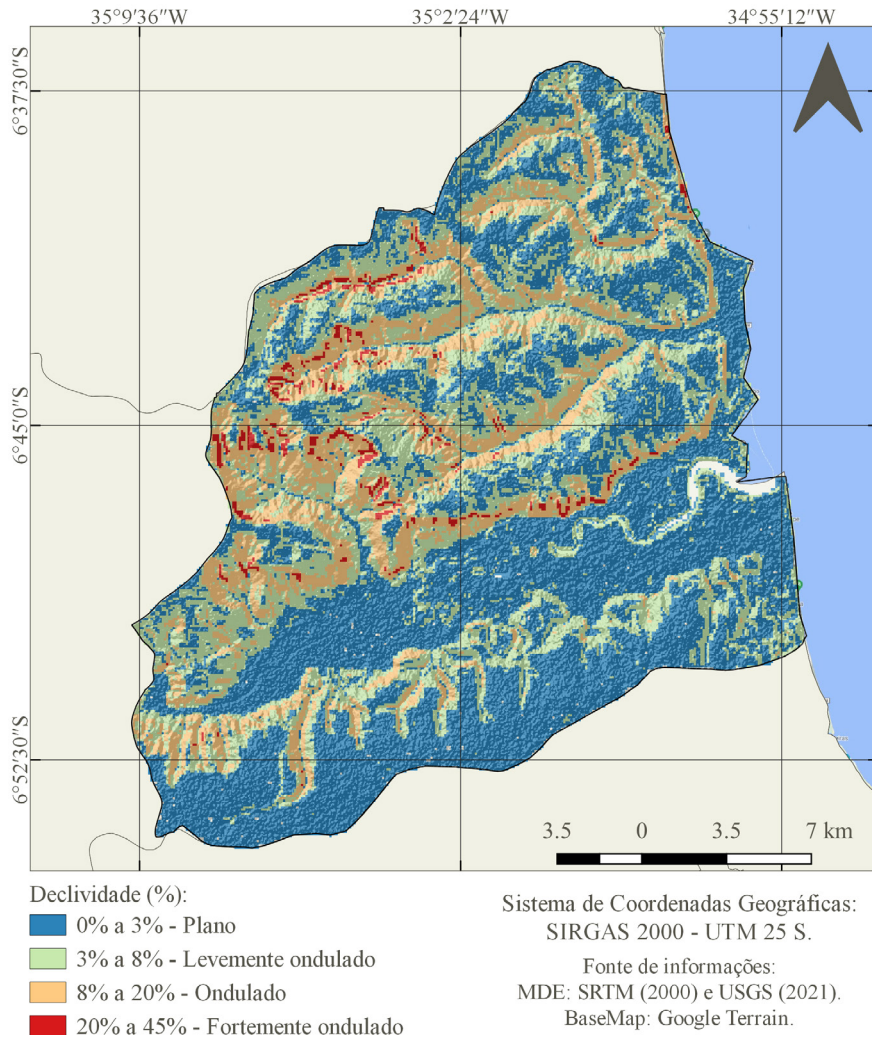


Fonte de informações:  
MDE: SRTM (2000) e USGS (2021).  
BaseMap: Google Terrain.

Sistema de Coordenadas Geográficas:  
SIRGAS 2000 - UTM 25 S.

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

**Figura 3**  
DECLIVIDADE BAIXO MAMANGUAPE



Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

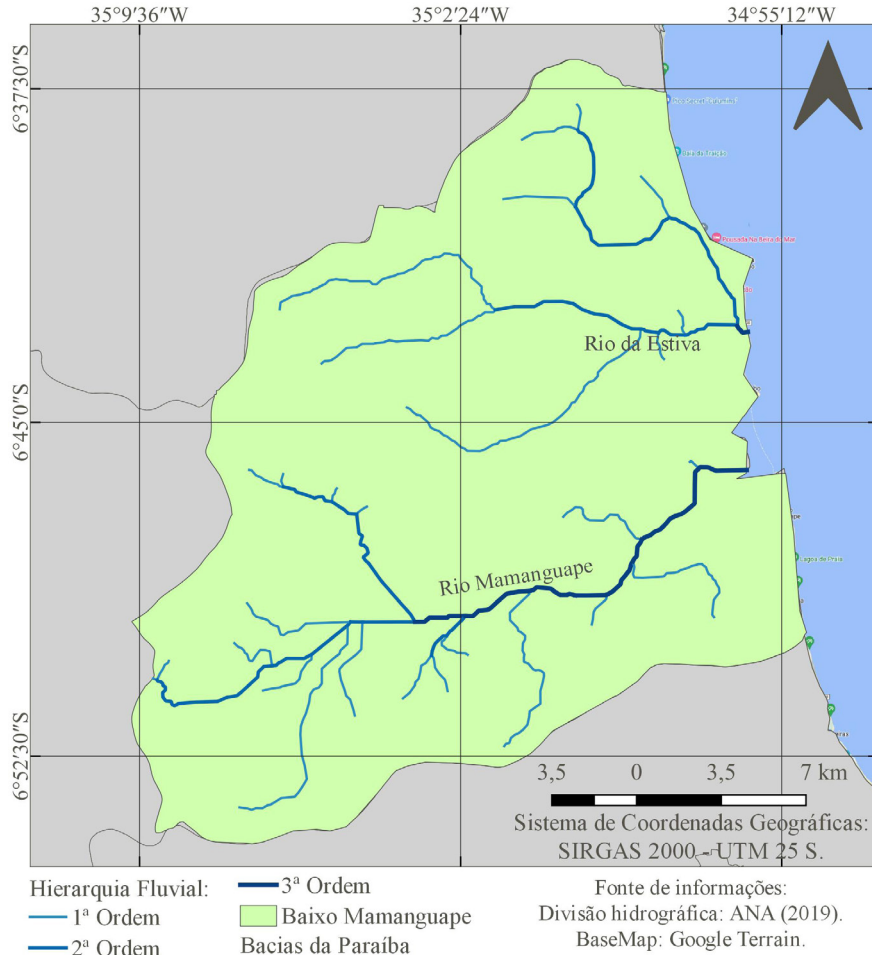
Em relação à declividade (figura 3), os valores estão entre 0% a 36,17%. As classes predominantes são o “plano” e o “suavemente ondulado”, correspondendo a 50,09% (284,41 km<sup>2</sup>) e 31,17% (176,97 km<sup>2</sup>), respectivamente. Enquanto as faixas “ondulado” e “fortemente ondulado” ocorrem em 17,26% (98 km<sup>2</sup>) e 1,48% (8,39 km<sup>2</sup>), respectivamente.

A declividade é uma característica importante por afetar a velocidade do escoamento, de modo que, quanto mais acentuado o declive, mais rápido a água escoar ao longo dos canais (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013). Dessa maneira, valores elevados findam por intensificar processos erosivos e a movimentação de sedimentos ao longo da bacia hidrográfica, aspectos que lhe conferem elevada importância diante da dinâmica superficial (SOUZA et al., 2021). Neste caso, dadas as configurações geométricas e as condições do relevo, observa-se que o baixo Mamanguape apresenta planícies de inundação.

A rede de drenagem do baixo curso (figura 4) é constituída pelo trecho do Rio Mamanguape, que configura o canal principal e possui 28,98 km de comprimento, e o Rio da Estiva, juntamente com seus afluentes, que juntos totalizam 168,64 km de extensão. A sub-bacia apresenta hierarquia fluvial de 3<sup>a</sup> ordem, fato associado ao baixo grau de dissecação do relevo. Contudo, Collischonn e Dornelles (2013) afirmam que a hierarquização dos cursos d'água é um parâmetro de caráter qualitativo, variável em função da escala do mapa.

A densidade de drenagem corresponde a 0,30 km/km<sup>2</sup>, caracterizando uma drenagem pobre, devido à baixa transmissibilidade do terreno (SOUZA et al., 2021). Já o índice de sinuosidade do canal principal é de 1,23, evidenciando se tratar de rio pouco sinuoso. Christofolletti (2017) afirma que valores acima de 1,5 estão associados a canais sinuosos enquanto os valores menores caracterizam trechos mais retilíneos.

**Figura 4**  
REDE DE DRENAGEM DO BAIXO MAMANGUAPE



Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

#### 4.2 Mapeamento geomorfológico

A geologia da sub-bacia é formada por sete unidades: a formação Barreiras, depósitos aluvionares, depósitos colúvio-eluviais, depósitos flúvio-marinhos, depósitos litorâneos, granitóides indiscriminados e o complexo São Caetano (figura 5 e tabela 3). As unidades geológicas

discriminadas pertencem à era cenozóica, especificamente ao período neogênico (GONÇALVES; FONSECA; CORREA, 2017) e permitem classificar a área como sendo majoritariamente sedimentar, aspecto característico do litoral brasileiro (RAMOS et al., 2021).

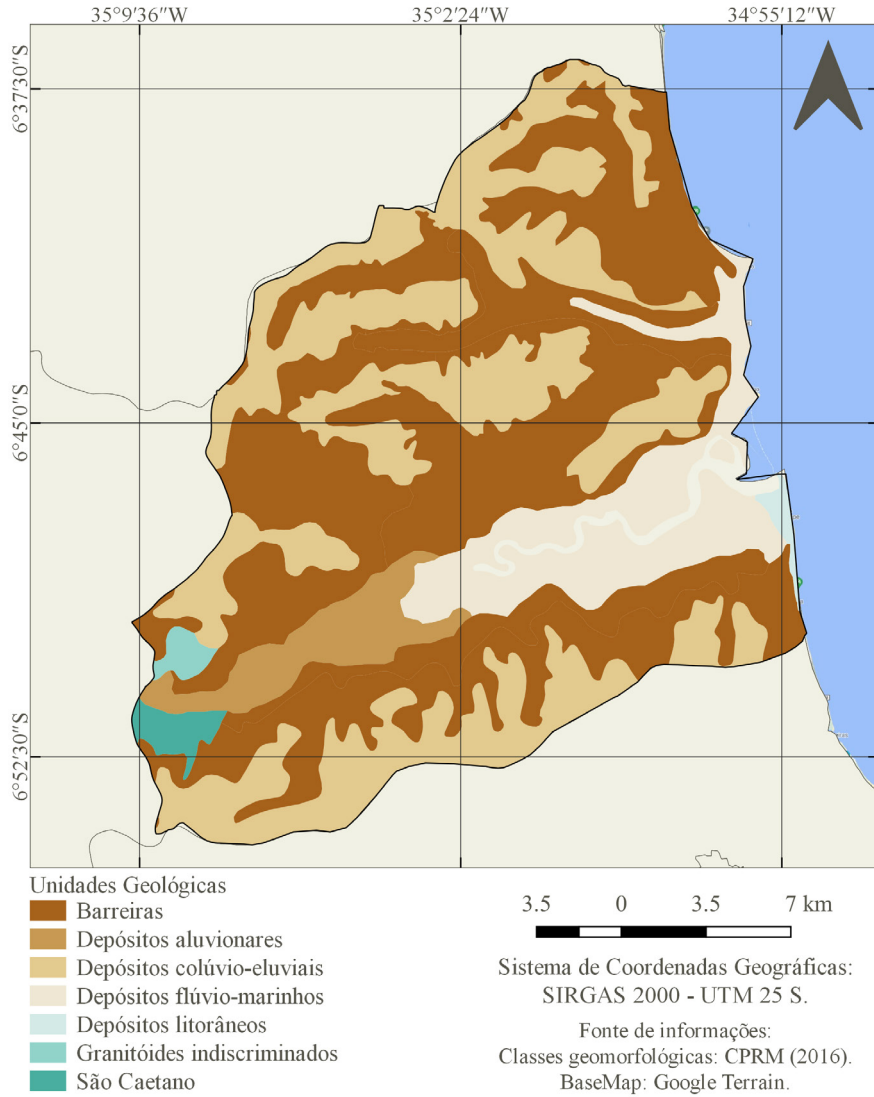
A formação Barreiras e os depósitos colúvio-eluviais são os afloramentos predominantes. A primeira pode ser facilmente identificada nas falésias, situadas ao longo da costa, apresentando granulação de média a grossa e coloração avermelhada, o que sugere elevada oxidação do ambiente. Também ocorrem níveis argilosos com colorações variadas (RAMOS et al., 2021). Já a segunda cobertura caracteriza depósitos detríticos, semiconsolidados ou não-consolidados, constituídos por materiais argilosos, de coloração avermelhada e alaranjada (GONÇALVES; FONSECA; CORREA, 2017).

Quanto aos depósitos aluvionares, flúvio-marinhos e litorâneos, eles são formados a partir de sedimentos originados da rede de drenagem, da ação combinada de processos fluviais e litorâneos, e de sedimentos marinhos, respectivamente (IBAMA, 2008). Para o primeiro caso, a composição é determinada por materiais quartzosos siltosos, de coloração amarronzada. No segundo caso, dadas as condições locais, são denominados “depósitos de mangue”, apresentando composição lamosa, com granulação variável entre silte e argila, e com elevada contribuição de matéria orgânica (RAMOS et al., 2021). Ainda em consonância com os autores, os depósitos litorâneos são formados por areia quartzosa, de coloração esbranquiçada e granulometria muito fina.

Os granitóides indiscriminados configuram uma classe de cobertura com composição diversa. Para este caso, é formada por metagranito, monzogranito, granito pórfiro, biotita granito e granodiorito. Já o complexo São Caetano é constituído por materiais ígneos, como o metabassalto, o quartzomonzonito e o migmatito; e sedimentares, dentre eles, o paragnaisse e o biotita-muscovita-quartzo xisto (CPRM, 2016).

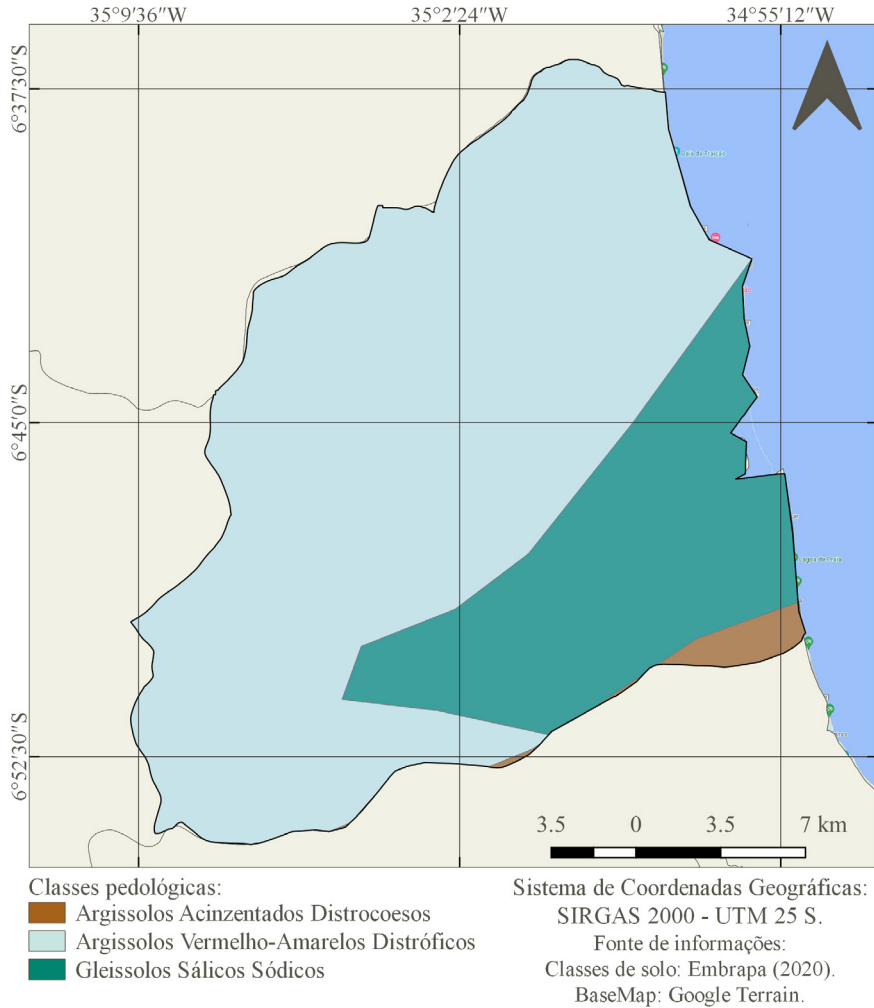
Em relação à pedologia (figura 6), identificou-se três classes na sub-bacia: os argissolos acinzentados distrocoesos, que ocorrem em 1,56% do território (8,88 km<sup>2</sup>); os gleissolos sálicos sódicos, presentes em 25,22% (143,22 km<sup>2</sup>); e os argissolos vermelho-amarelos distróficos, com uma predominância de 73,21% (415,67 km<sup>2</sup>).

**Figura 5**  
GEOLOGIA DO BAIXO CURSO DO RIO MAMANGUAPE



Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

**Figura 6**  
CLASSES PEDOLÓGICAS COM OCORRÊNCIA NO BAIXO MAMANGUAPE



Fonte: Elaborada pelos autores (2022).



**Tabela 3**  
GEOLOGIA DO BAIXO MAMANGUAPE

Classe	Área (km <sup>2</sup> )	%
Formação Barreiras	274,11	48,28%
Depósitos aluvionares	28,49	5,02%
Depósitos colúvio-eluviais	184,06	32,42%
Depósitos flúvio-marinhos	63,93	11,26%
Depósitos litorâneos	2,63	0,46%
Granitóides indiscriminados	3,48	0,61%
Complexo São Caetano	5,98	1,05%
Sem informações	5,09	0,90%

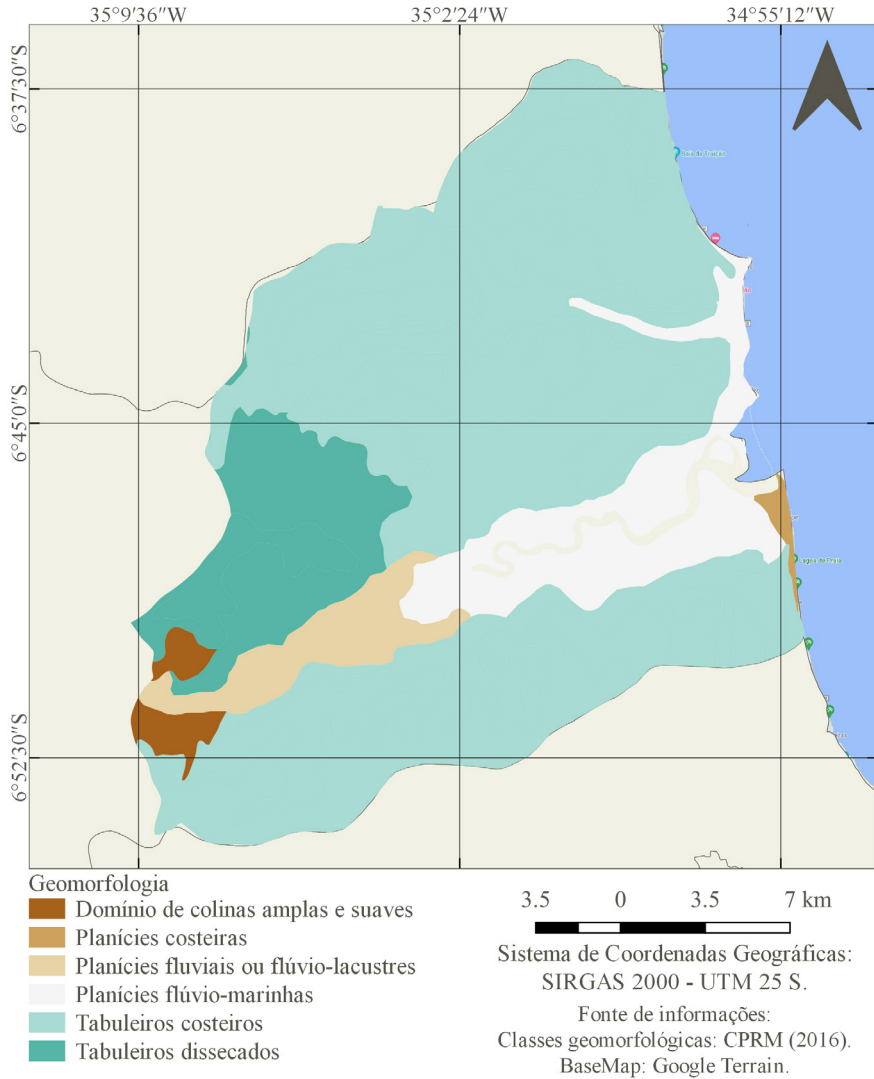
Fonte: CPRM (2016). Elaborada pelos autores.

Os argissolos acinzentados distrocoesos possuem baixa fertilidade, são adensados, formados por materiais argilosos e areno-argilosos, em áreas planas ou de relevo suave ondulado, nos tabuleiros sedimentares da formação Barreiras. Os gleissolos sálicos sódicos, por sua vez, devido ao elevado teor de sódio, podem causar toxidez para a maioria das plantas, afetando seu crescimento, ocorrendo em áreas de relevo plano e se associando à presença de manguezais e aos baixos cursos dos rios da região Nordeste. Já os argissolos vermelho-amarelos distróficos também apresentam baixa fertilidade e estão presentes em todo o território nacional (EMBRAPA, 2020).

As unidades geomorfológicas encontradas foram: domínio de colinas amplas e suaves, que correspondem a 1,67% da sub-bacia; planícies, organizadas em três sub-unidades, que compreendem 16,39% da área estudada, diferenciando-se devido ao ambiente de deposição sedimentar; e os tabuleiros, que caracterizam o segmento predominante, distinguindo-se a partir da dissecação (figura 7 e tabela 4).

O domínio de colinas amplas e suaves situa-se na região onde ocorrem, majoritariamente, o complexo São Caetano, com rochas ígneas e sedimentares; e granitóides indiscriminados. Essa unidade geomorfológica está localizada na porção oeste, com altitudes de até 173 metros e declividades levemente ondulada e ondulada.

**Figura 7**  
**CLASSES GEOMORFOLÓGICAS DO BAIXO MAMANGUAPE**



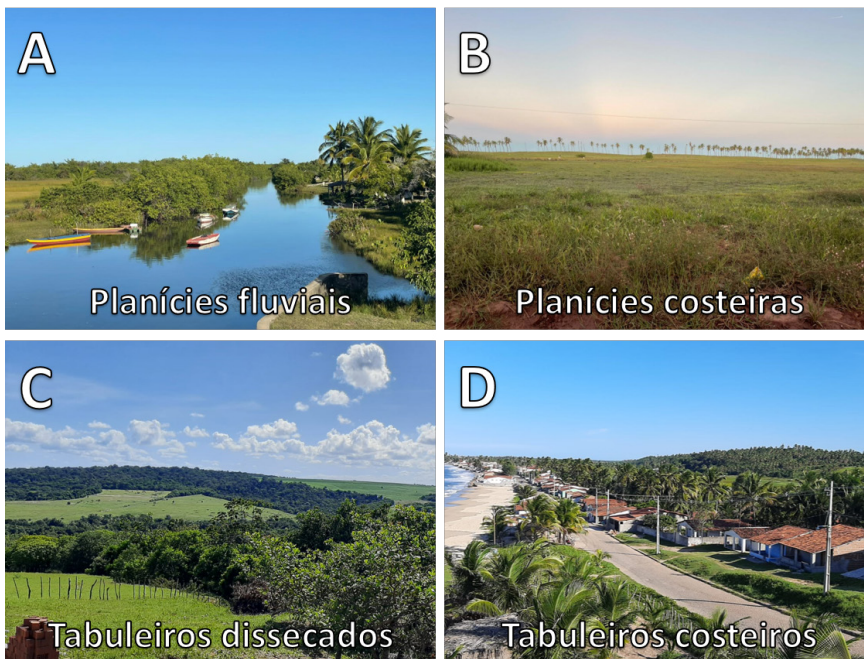
Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

**Tabela 4**  
GEOLOGIA DO BAIXO MAMANGUAPE

Classes	Área (km <sup>2</sup> )	%
Domínio de colinas amplas e suaves	9,46	1,67%
Planícies costeiras	2,63	0,46%
Planícies fluviais	26,49	4,67%
Planícies flúvio-marinhas	63,93	11,26%
Tabuleiros costeiros	392,49	69,13%
Tabuleiros dissecados	65,68	11,57%
Sem informações	7,09	1,25%

Fonte: CPRM (2016). Elaborada pelos autores.

**Figura 8**  
UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS



Fonte: Acervo dos autores (2022).

Já as planícies fluviais e costeiras (figuras 8a e 8b) ocorrem na faixa centro-sul, atravessando toda a extensão do Baixo Mamanguape. Configuram superfícies planas e rebaixadas, de até 14 metros de altitude. Quanto à cobertura superficial, a planície costeira é composta por depósitos litorâneos, a planície fluvial é constituída por depósitos aluvionares, e a planície flúvio-marinha é formada pelo “sedimento de mangue”.

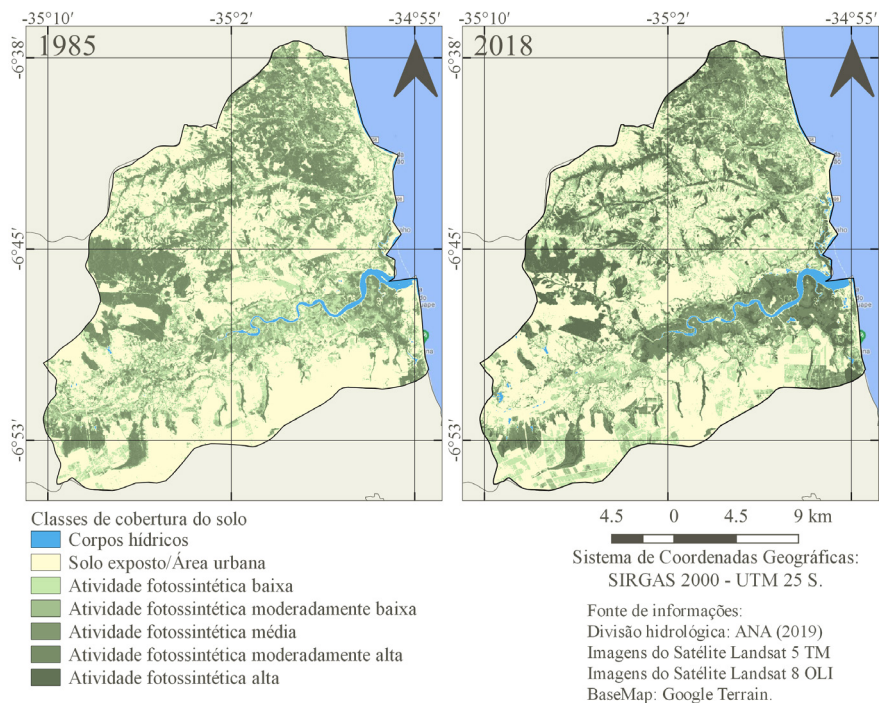
Os tabuleiros ocorrem ao norte e ao sul da sub-bacia, nas áreas onde predominam a formação Barreiras e os depósitos colúvio-eluviais. Na porção norte, ocorrem as subunidades tabuleiros dissecados (figura 8c) e tabuleiros costeiros (figura 8d), com altitudes de até 214 metros e declividade variável entre plana e fortemente ondulada. Já ao sul, há exclusivamente tabuleiros costeiros, a declividade varia entre plana e ondulada e a altitude máxima é de 148 metros.

#### 4.3 Cobertura do solo

Ao analisar a estimativa do NDVI, verifica-se a ocorrência de modificações nas classes de cobertura do solo para os anos de 1985 e 2018 (figura 9). A dinâmica do uso e da ocupação é o principal fator que permite compreender as alterações. Nesse sentido, o aumento dos corpos hídricos possui relação direta com o avanço da carcinicultura, desenvolvida principalmente na porção leste da sub-bacia, nas áreas que sofrem influência das marés.

É perceptível o surgimento de novos corpos hídricos; a redução das áreas classificadas como “solo exposto/área urbana”; o aumento das classes correspondentes à “atividade fotossintética baixa”, à “moderadamente alta” e à “alta”, permitindo inferir ganhos quanto ao vigor da vegetação. Ressalta-se ainda a redução das classes de atividade fotossintética “moderadamente baixa” e “média” (tabela 5).

**Figura 9**  
CLASSES DE COBERTURA DO SOLO NO BAIXO MAMANGUAPE



Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

**Tabela 5**  
VARIÇÃO DAS CLASSES DE COBERTURA DO SOLO

Classes	1985		2018	
	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%
Corpos hídricos	6,66	1,17%	8,08	1,42%
Solo exposto/Área urbana	248,14	43,70%	214,94	37,86%
Atividade fotossintética baixa	94,21	16,59%	107,26	18,89%
Atividade fotossintética moderadamente baixa	94,09	16,57%	70,33	12,39%
Atividade fotossintética média	83,38	14,69%	59,43	10,47%
Atividade fotossintética moderadamente alta	41,15	7,25%	59,47	10,47%
Atividade fotossintética alta	0,13	0,02%	48,26	8,50%
Total	567,77	100%	567,77	100%

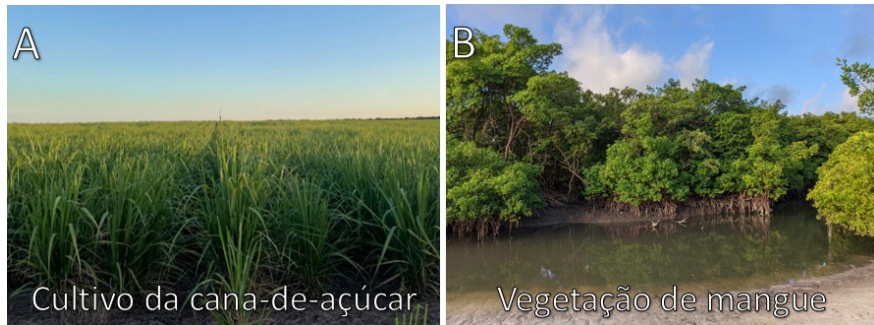
Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

**Figura 10**  
ÁREAS UTILIZADAS PARA PRÁTICA DA CARCINICULTURA



Fonte: Google Earth. Elaborada pelos autores (2022).

**Figura 11**  
CULTIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR E VEGETAÇÃO DE MANGUE



Fonte: Acervo dos autores (2022).



A carcinicultura (figura 10), segundo Moreira e Andrade (2010), teve início na região no final da década de 1990, por iniciativa de indígenas, empresários locais e externos. Em 2020, a produção de camarão registrada nos municípios de Baía da Traição, Marcação e Rio Tinto foi de aproximadamente 258 mil toneladas e representava 4,90% da produção do estado da Paraíba (IBGE, 2020a).

Essa atividade está associada à ocorrência de impactos ambientais diversos, como o aumento da erosão, a perda da biodiversidade, a perda da qualidade hídrica e as mudanças na paisagem (SILVA-JÚNIOR; NICÁCIO; RODRIGUES, 2020). Também se associa à ocorrência de conflitos no âmbito da gestão pública, dadas as delimitações das áreas de proteção ambiental; e do uso do território, envolvendo agricultores familiares, carcinicultores e empresas produtoras de cana-de-açúcar (BRISSAC, 2019).

O aumento das áreas com “atividade fotossintética baixa”, por sua vez, pode estar relacionado com o cultivo da cana-de-açúcar (figura 11a). Trata-se de uma cultura agrícola de grande relevância para os municípios que integram a sub-bacia, visto que em 1985 a produção total de Baía da Traição, Mamanguape, Marcação e Rio Tinto era de 1,14 milhões de toneladas. Em 2018, o quantitativo foi de 1,18 milhões de toneladas e em 2020 alcançou 1,22 milhões, equivalente a 21,61% de toda a produção estadual (IBGE, 2020b).

A atividade canavieira, de maneira análoga à carcinicultura, também finda por desencadear conflitos, principalmente com os pequenos agricultores, devido às transformações abruptas ocasionadas sobre o meio ambiente, na paisagem e nas relações sociais da região (BRISSAC, 2019). De acordo com Brissac (2019), os principais passivos ambientais são o uso indiscriminado de agrotóxicos, responsável pelo desconforto da população que reside nas proximidades dos canaviais, e a degradação do solo, em decorrência da prática agrícola intensiva.

A modificação mais expressiva registrada diz respeito ao aumento das classes “atividade fotossintética moderadamente alta” e “atividade fotossintética alta”, em especial na área onde está delimitada a ARIE (figura 11b). Nesse sentido, essas classes apresentaram aumento de 3,23% e 8,48%, respectivamente, permitindo inferir que houve melhorias nas condições de manejo e conservação da vegetação de mangue presente nesta porção do território.

Resultados semelhantes foram descritos para unidades de conservação situadas em São Luís, no estado do Maranhão (AZEVEDO et al., 2020). Azevedo et al. (2020) afirmam que a implementação de áreas de proteção ambiental juntamente com as demais políticas públicas, orientadas à proteção da biodiversidade, contribuíram para a recomposição da vegetação e o controle do processo de degradação.

Os ganhos ambientais descritos são de grande valia para a preservação do ecossistema de manguezal. Esse sistema estuarino, dentre outros serviços ecossistêmicos, atua como amortecedor ambiental, visto que suporta os impactos de tempestades e tsunamis; desacelera os processos erosivos nas zonas costeiras; e configura uma importante fonte de recursos, principalmente para as comunidades tradicionais litorâneas (BINDU et al., 2020; ALMEIDA FILHO; TOGNELLA; LIMA, 2020).

Contudo, o ecossistema de manguezal sofre intensas supressões em todo o planeta (YU et al., 2020). No Brasil, especificamente, estima-se que aproximadamente 40% dos manguezais foram suprimidos (ICMBIO, 2018). Ainda em conformidade com o ICMBio (2018), o país possui 120 unidades de conservação que, juntas, ocupam uma área de aproximadamente 1,2 milhões de hectares, equivalente a 87% de todo o ecossistema de manguezal do território brasileiro. Deste quantitativo, 83% configuram unidades de uso sustentável e 17% de proteção integral.

## **5. Considerações finais**

O Baixo Mamanguape apresenta forma pouco alongada, baixas altitudes, declividade predominantemente plana e suavemente ondulada. Esses aspectos contribuem para a ocorrência de planícies de inundação, fator característico de áreas situadas próximas ao exutório do sistema fluvial.

O mapeamento geológico revelou se tratar de um sistema majoritariamente sedimentar, dada a influência da formação Barreiras e dos depósitos aluvionares, colúvio-eluviais e flúvio-marinhos. As condições de relevo indicam a predominância de tabuleiros, planícies e, em menor proporção, de colinas amplas e suaves. Quanto à pedologia, é integrada por solos argilosos e areno-argilosos, de baixa fertilidade.



A variação das classes de cobertura do solo indica a expansão das atividades econômicas locais, em especial a carcinicultura e o cultivo da cana-de-açúcar. Diante das características socioambientais da sub-bacia, a ampliação desses segmentos contribui para o surgimento de conflitos, aumento da degradação dos recursos hídricos, do solo e da biodiversidade.

Verificou-se também a melhoria da atividade fotossintética em algumas porções do território, especialmente na área delimitada como sendo de relevante interesse ecológico. Tal condição foi atribuída à criação da unidade de conservação, que propicia a regeneração da vegetação e o controle da degradação.

O aumento do vigor vegetal é uma resposta de grande relevância, devido à presença do manguezal, um ecossistema que sofre com as constantes pressões antrópicas. Destaca-se ainda que se trata de um habitat de espécies silvestres ameaçadas de extinção. Logo, a conservação é imprescindível para a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos.

## Referências

ALMEIDA FILHO, E.; TOGNELLA, M.; LIMA, K. Panorama da Conservação dos Manguezais Brasileiros: Distribuição das Reservas Extrativistas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 33, 2020.

AZEVEDO, B. R. M.; PIGA, F. G.; RODRIGUES, T. C. S.; AZEVEDO, R. R. Análise temporal da cobertura da terra em unidades de conservação do município de São Luís, Maranhão, Brasil. **Formação (Online)**, v. 27, n. 51, 2020.

BANDEIRA, T. V.; CRUZ, M. L. B. Estudo da cobertura vegetal do município de Guaiuba/CE com base na utilização dos índices de vegetação SAVI e NDVI. **Geosul**, v. 36, n. 78, p. 410-433, 2021.

BERNARDI, E. C. S.; PANZIERA, A. G.; BURIOL, G. A.; SWAROWSKY, A. Bacia hidrográfica como unidade de gestão ambiental. **Disciplinarum Scientia | Naturais e Tecnológicas**, v. 13, n. 2, p. 159-168, 2012.

BINDU, G.; RAJAN, P.; JISHNU, E. S.; JOSEPH, K. Ajith. Carbon stock assessment of mangroves using remote sensing and geographic information system. **The Egyptian Journal Of Remote Sensing And Space Science**, [S.L.], v. 23, n. 1, p. 1-9, abr. 2020.

BRISSAC, S. A vargem do mangue de Rio Tinto: direitos territoriais, tradicionalidade e comunitarização na Paraíba, Brasil. **Áltera**, v.1, n. 8, p. 178-213, 2019.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blüncher, 2017.

COLIADO, P. H. S.; SIMONETTI, V. C.; SILVA, D. C. C. Avaliação das características físicas da bacia hidrográfica do Rio Pariquera-Açu no Baixo Ribeira De Iguape (SP). **Holos Environment**, v. 20, n. 3, p. 320-334, 1 maio 2020.

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia**: para engenharia e ciências ambientais. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 2013.

COSTA, I. M.; ANDRADE, M. O.; GONÇALVES, A. F.; MARTINEZ-TORRES, M. E. Terra indígena em disputa: a reterritorialização dos potiguara na terra indígena Potiguara Montemor/Paraíba/Brasil. **Cadernos de Estudos Sociais**, v. 35, n. 2, 2020.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília/DF: 2018.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Mapa de solos do Brasil**. 2020. Disponível em: [http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Abrasil\\_solos\\_5m\\_20201104](http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Abrasil_solos_5m_20201104). Acesso em: 20 nov. 2021.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D.; MATOS, R. M. Köppen's and Thornthwaite Climate Classification for Paraíba State. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 4, p. 1006-1016, 2015.

GONÇALVES, R. B.; FONSECA, D. N.; CORREA, A. C. B. Padrões de Fotolineamentos Aplicados à Análise Morfoestrutural da Bacia do Rio Mamanguape, Paraíba. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 34, p. 43-54, 2017.

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Macrodiagnóstico da zona costeira e marinha do Brasil**. Brasília: MMA, 2008.

ICMBIO - INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Atlas dos manguezais no Brasil**. Brasília: ICMBio, 2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa da pecuária municipal**. 2020a. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3940#resultado>. Acesso em: 24 nov. 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal**. 2020b. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612#resultado>. Acesso em: 24 nov. 2021.

- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades**. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 26 nov. 2021.
- 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. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 8, n. 1, p. 31-40, 2018.
- MEDINA, A. I. D.; CÁSSIO, J. P.; SILVA, R. D.; CUNHA, F. G. D.; JACQUES, P. D.; BORGES, A. F. Geologia ambiental: contribuição para o desenvolvimento sustentável. In: FERNANDES, F. R. C.; MATOS, G. M. M.; CASTILHOS, Z. C.; LUZ, A. B. (Org.). **Tendências tecnológicas Brasil 2015**: geociências e tecnologia mineral. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007. p. 35-56.
- MOREIRA, J. F.; ANDRADE, M. O. O conflito de competências na gestão pública de uma APA: o caso da APA da barra do rio Mamanguape-PB. **Gestão Pública: Práticas e Desafios**, v. 1, n. 1. 2010
- RAMOS, G.; CORREIA FILHO, O.; CABRAL, F.; BERTOLDO, E.; FABIN, C.; NEUMANN, V. Geologia de superfície e aspectos estruturais da região de Rio Tinto, faixa costeira da bacia da Paraíba. **Estudos Geológicos**, v. 31, n. 1, p. 44-68, 2021.
- SANTOS, E. C. A.; ARAÚJO, L. E.; MARCELINO, A. S. Análise climática da bacia hidrográfica do Rio Mamanguape. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 9-14, 2015.
- SANTOS, G. O.; SILVA, A. A.; BRAZ, A. R. C.; CARNEIRO, F. M. Caracterização morfométrica das bacias hidrográficas inseridas no município de Rio Verde, Goiás, como ferramenta ao planejamento urbano e agrícola. **Geografia Ensino & Pesquisa**, p. 17, 14 ago. 2018.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). **Levantamentos da geodiversidade**. 2016. Disponível em: <https://geosgb.cprm.gov.br/geosgb/downloads.html>. Acesso em: 17 nov. 2021.
- SILVA, C. S.; GIRÃO, O. Análise morfométrica e caracterização geomorfológica da bacia hidrográfica do rio Jaboatão (BHRJ) – Pernambuco. **Geosul**, v. 35, n. 75, p. 441-460, 2020.
- SILVA-JÚNIOR, J. J.; NICÁCIO, G.; RODRIGUES, G. G. A carcinicultura nos manguezais do Nordeste brasileiro: problemáticas socioambientais nas comunidades tradicionais. **Revista Movimentos Sociais e Dinâmicas Espaciais**, v. 9, n. 2, p. 70, 6 out. 2020.

SOUZA, Ê. G. F.; NASCIMENTO, A. H. C.; CRUZ, E. A.; PEREIRA, D. F.; SILVA, R. S.; SILVA, T. P.; FREIRE, W. A. Delimitação e caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Riacho do Navio, Pernambuco, a partir de dados SRTM processados no QGIS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 3, p. 1530-1540, 20 jul. 2021.

SUMMERFIELD, M. A. **Global Geomorphology**: an introduction to the study of landforms. New York: Routledge, 2014.

USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **USGS EROS Archive** - Digital Elevation - Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global. Disponível em: [https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-1-arc?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-1-arc?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects). Acesso em: 17 nov. 2021.

USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Landsat Satellite Missions**. Disponível em: [https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-satellite-missions?qt-science\\_support\\_page\\_related\\_con=0#qt-science\\_support\\_page\\_related\\_con](https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-satellite-missions?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con). Acesso em: 17 nov. 2021.

YU, C.; FENG, J.; LIU, K.; WANG, G.; ZHU, Y.; CHEN, H.; GUAN, D. Changes of ecosystem carbon stock following the plantation of exotic mangrove *Sonneratia apetala* in Qi'ao Island, China. **Science of the Total Environment**, [S.L.], v. 717, p. 137-142, maio 2020.

Recebido em 14/02/2022

Aceito em 30/04/2022