



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO – UEMA
CENTRO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS – CECEN
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA – DEGEO
CURSO DE GEOGRAFIA

WADRIAN DE SOUSA SANTOS BARROS

**ANÁLISE MORFOLÓGICA DO RELEVO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
JENIPARANA, ILHA DO MARANHÃO**

São Luís
2025

WADRIAN DE SOUSA SANTOS BARROS

**ANÁLISE MORFOLÓGICA DO RELEVO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
JENIPARANA, ILHA DO MARANHÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Geografia da Universidade Estadual do
Maranhão (UEMA) para obtenção do grau de
Bacharelado em Geografia.

Orientadora: Profa^a. Dr^a. Quésia Duarte da Silva

São Luís
2025

Barros, Wadrian de Sousa Santos.

Análise morfológica do relevo da bacia hidrográfica do Jeniparana, ilha do Maranhão. / Wadrian de Sousa Santos Barros. – São Luís, MA, 2025.

97 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Geografia Bacharelado) – Universidade Estadual do Maranhão, 2025.

Orientadora: Profa. Dra. Quésia Duarte da Silva.

1. Mapeamento Geomorfológico. 2. Taxonomia do Relevo. 3. Ilha do Maranhão.
I. Título.

CDU: 550.81:556.51 (812.1)

WADRIAN DE SOUSA SANTOS BARROS

**ANÁLISE MORFOLÓGICA DO RELEVO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
JENIPARANA, ILHA DO MARANHÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Geografia da Universidade Estadual do
Maranhão (UEMA) para obtenção do grau de
Bacharelado em Geografia.

Aprovado em: 24/06/2025

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **QUESIA DUARTE DA SILVA**
Data: 01/08/2025 14:39:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Quésia Duarte da Silva (Orientadora)
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Documento assinado digitalmente
 **JOSE FERNANDO RODRIGUES BEZERRA**
Data: 01/08/2025 15:34:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. José Fernando Rodrigues Bezerra (Examinador)
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Documento assinado digitalmente
 **RICARDO GONCALVES SANTANA**
Data: 01/08/2025 14:44:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ms. Ricardo Gonçalves Santana (Examinador)
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Ao Curso de Geografia da Universidade Estadual do Maranhão, e às pessoas com quem convivi nesses espaços ao longo desses anos. A experiência de uma produção compartilhada, na companhia com colegas e professores, foi a melhor vivência da minha formação acadêmica.

Dedico esta conquista a todos que caminharam ao meu lado nessa jornada – pelo apoio, pelo aprendizado mútuo e pela amizade que marcou essa etapa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder força, sabedoria e serenidade durante toda esta caminhada acadêmica.

A minha família, pelo amor incondicional, apoio constante e por acreditarem no meu potencial mesmo nos momentos mais difíceis.

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Quésia Duarte da Silva, pela dedicação, paciência e valiosa orientação ao longo de todo este processo. Sua contribuição foi essencial para a concretização deste trabalho.

Aos colegas e amigos de laboratório, Weslem Rodrigues e Dayani Lopes pela parceria, companheirismo e colaboração em cada etapa vivida.

Aos demais colegas de curso e amigos do GEOMAP que fizeram parte dessa jornada, meu sincero agradecimento por cada troca, incentivo e aprendizado compartilhado.

A todos, minha profunda gratidão por fazerem parte dessa conquista.

“Se os fatos não se encaixam na teoria, mude os fatos.”
Albert Einstein

Resumo

O estudo visa analisar as características morfológica do relevo da bacia hidrográfica do rio Jeniparana através da caracterização dos aspectos geoambientais da bacia hidrográfica do Jeniparana, análise dos compartimentos do relevo da área de estudo e compreensão das características das vertentes da área de estudo. Os procedimentos metodológicos adotados abrangem duas etapas: trabalho de gabinete e análise de campo. A metodologia do mapeamento geomorfológico da bacia do rio Jeniparana foi dividida em etapas. Primeiramente, o levantamento cartográfico utilizou dados do projeto "Geodiversidade da Ilha do Maranhão" e cartas planialtimétricas dos anos 1980, que permitiram a vetorização de curvas de nível, drenagem e pontos cotados. Com isso, foram elaborados mapas temáticos de geologia, pedologia e compartimentos geomorfológicos, fundamentais para a análise espacial da bacia. A análise de imagens de satélite ajudou a identificar morfologias e processos erosivos. Modelos topográficos foram usados para medir a profundidade da dissecação e definir as formas de relevo. A última etapa, o trabalho de campo, realizado em abril de 2024, teve como foco validar as análises anteriores, coletando coordenadas, altitudes e fotos por GPS. A comparação dos dados de campo com as análises cartográficas e de satélite permitiu uma caracterização precisa e detalhada dos compartimentos do relevo da bacia. A bacia hidrográfica do rio Jeniparana, na Ilha do Maranhão apresenta planícies fluviais, de maré, de supramaré, tabuleiros pouco dissecados e muito dissecados e formas de colinas. A compartimentação geomorfológica se deu com base na verificação e validação dos produtos hipsométricos (com altimetria variando de 5 em 5 metros) e das características da declividade (de 0 a 30%) da área de estudo, além das comprovações pedológicas (classificados em Argissolos Vermelho Distrófico, Argissolos Vermelho-Amarelos Distrófico, Gleissolos Háplicos, Neossolos Quartzarênicos Órticos, Solos Indiscriminados de Mangue, além de áreas com alta densidade urbana) e geológicas (do tipo: Grupo Barreiras Depósitos Aluviais e Coluvionaris Depósitos de Mangues). Os produtos cartográficos durante as atividades em laboratórios foram elaborados com a utilização do Software QGIS Desktop v 3.28.10 e corrigidos no mesmo programa.

Palavras-chave: Mapeamento geomorfológico. Taxonomia do relevo. Ilha do Maranhão.

Abstract

The study aims to analyze the morphological characteristics of the relief of the Jeniparana River hydrographic basin through the characterization of the geoenvironmental aspects of the basin, analysis of the relief compartments of the study area, and understanding of the slope characteristics. The methodological procedures adopted involved two stages: office work and field analysis. The geomorphological mapping methodology of the Jeniparana River basin was divided into stages. Firstly, the cartographic survey used data from the “Geodiversity of Maranhão Island” project and planialtimetric maps from the 1980s, which allowed the vectorization of contour lines, drainage, and spot heights. As a result, thematic maps of geology, pedology, and geomorphological compartments were developed, which were essential for the spatial analysis of the basin. The analysis of satellite images helped identify morphologies and erosive processes. Topographic models were used to measure the depth of dissection and define the landforms. The final stage, the fieldwork carried out in April 2024, focused on validating the previous analyses by collecting coordinates, altitudes, and photos via GPS. The comparison of field data with cartographic and satellite analyses allowed for a precise and detailed characterization of the relief compartments of the basin. The Jeniparana River hydrographic basin, located on Maranhão Island, features fluvial plains, tidal plains, supratidal plains, slightly dissected and highly dissected tablelands, and hill forms. The geomorphological compartmentalization was based on the verification and validation of hypsometric products (with altimetry varying every 5 meters) and slope characteristics (ranging from 0 to 30%) in the study area, in addition to pedological confirmations (classified as Dystrophic Red Argisols, Dystrophic Red-Yellow Argisols, Haplic Gleysols, Orthic Quartzarenic Neosols, Undifferentiated Mangrove Soils, and areas with high urban density) and geological characteristics (such as Barreiras Group, Alluvial and Colluvial Deposits, and Mangrove Deposits). The cartographic products during laboratory activities were prepared using QGIS Desktop v 3.28.10 and corrected within the same software.

Keywords: Geomorphological mapping. Relief taxonomy. Maranhão Island.

LIATA DE TABELA

	p.
Tabela 1 Componentes comuns de um sistema.....	35
Tabela 2 Balanço da precipitação dos anos de 1961-1990.....	52
Tabela 3 Balanço da precipitação dos anos de 1991-2020.....	53
Tabela 4 Tipos de Uso e Cobertura da bacia hidrográfica do Jeniparana.....	56
Tabela 5 Litoestratigrafia da bacia hidrográfica do Jeniparana.....	64
Tabela 6 Unidades pedológicas da bacia hidrográfica do Jeniparana.....	64
Tabela 7 Hipsometria da Bacia Hidrográfica do rio Jeniparana.....	68
Tabela 8 Formas de relevo da bacia hidrográfica do rio Jeniparana.....	83

LISTA DE FIGURAS

	p.
Figura 1 Índice de dissecação do relevo.....	14
Figura 2 Estrutura de legenda da quarta fase metodológica com ordenamento taxonômico do Projeto Radambrasil.....	21
Figura 3 Unidades taxonômicas de classificação do relevo.....	22
Figura 4 Quadro simplificado sobre a classificação do relevo.....	25
Figura 5 Sistema metodológico de mapeamento geomorfológico do IBGE, 2009.....	27
Figura 6 Setorização da Zona Costeira do Estado do Maranhão.....	29
Figura 7 Padrões das formas de relevo da Ilha do Maranhão e de Curupu.....	31
Figura 8 Vista aérea do contato do tabuleiro costeiro com paleodunas.....	32
Figura 9 Vista parcial do bairro Renascença com baixo tabuleiro costeiro.....	32
Figura 10 Vista do centro histórico de São Luís numa área colinosa.....	33
Figura 11 Vista aérea do centro histórico de São Luís, situado entre os rios Bacanga e Anil, com morfologias com topos planos e também colinosa.....	34
Figura 12 Exemplo de sistema em sequência, mostrando o relacionamento entre vários subsistemas.....	37
Figura 13 Relações estabelecidas pela retroalimentação em circuitos em um Sistema de Processos-Respostas.....	38
Figura 14 Principais tipos de mecanismo de retroalimentação.....	38
Figura 15 Organograma referente às etapas da pesquisa.....	42
Figura 16 O clima e suas inter-relações.....	49
Figura 17 Comparativo das Normais Climatológicas.....	51
Figura 18 Comparação de precipitação acumulada (mm) das duas séries históricas....	51
Figura 19 Vista aérea da vegetação da bacia hidrográfica do Jeniparana.....	56
Figura 20 Loteamento na margem direita próxima à foz do Jeniparana.....	57
Figura 21 Empresas de mineração na bacia hidrográfica do Jeniparana.....	57
Figura 22 Áreas construídas na bacia hidrográfica do Jeniparana.....	58
Figura 23 Coluna estratigráfica da Bacia de São Luís.....	60
Figura 24 Espacialização litoestratigráfica da Ilha do Maranhão.....	61
Figura 25 Voçoroca na Vila Nestor.....	75
Figura 26 Vertente côncava localizada na área da bacia do Jeniparana.....	76
Figura 27 Tabuleiros pouco dissecados e ocupados por residências e comércios no município de São José de Ribamar.....	80

Figura 28	Tabuleiros no bairro Cidade Olímpica.....	80
Figura 29	Representação das colinas na área de estudo.....	81
Figura 30	Colinas na área rural da bacia hidrográfica do Jeniparana.....	82
Figura 31	Planície fluvial na área de estudo.....	83
Figura 32	Planície de maré no baixo curso do Jeniparana.....	85
Figura 33	Cicatriz tecnogênica com corrugações tecnogênicas.....	87

LISTA DE MAPAS

	p.
Mapa 1 Mapa de localização da bacia hidrográfica do Jeniparana.....	10
Mapa 2 Mapa de Uso e Cobertura da Terra.....	55
Mapa 3 Mapa de unidades litoestratigráficas da bacia hidrográfica do Jeniparana.....	63
Mapa 4 Mapa de unidades pedológicas da bacia hidrográfica do Jeniparana.....	65
Mapa 5 Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do Jeniparana.....	69
Mapa 6 Mapa de declividade da bacia hidrográfica do Jeniparana.....	71
Mapa 7 Mapa de vertentes da bacia hidrográfica do Jeniparana.....	74
Mapa 8 Mapa dos compartimentos geomorfológicos.....	79

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral.....	16
2.2 Objetivos Específicos	16
3. MAPEAMENTO GEOMORFOLOGICO: revisão teórica e metodológica	17
3.1. Mapeamento Geomorfológico.....	17
3.2. Sistemas Geomorfológicos.....	36
4. PROCEDIMENTOS TÉCNICO-OPERACIONAIS	42
4.1. Levantamento Bibliográfico	42
4.2. Levantamento Cartográfico.....	42
4.3. Caracterização dos Aspectos Geoambientais da Área	43
Etapas de Campo	44
4.4. Mapeamento Temático.....	45
5. Aspectos Geoambientais da bacia hidrográfica do rio jeniparana	50
5.1. Características Fisiográficas da área de estudo.....	50
5.2. Uso e cobertura da terra	55
5.3. Características Litoestratigráficas e Pedológicas	61
6. ANÁLISE MORFOLÓGICA DO RELEVO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JENIPARANA.....	69
6.1. Aspectos Hipsométricos e Declividade.....	69
6.2. Formas das vertentes.....	74
6.3. Compartimentos do Relevo.....	79
REFERÊNCIAS.....	92

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta os resultados alcançados por meio de uma pesquisa relacionada aos aspectos morfológicos do relevo da bacia hidrográfica do Jeniparana, os quais envolvem a análise morfográfica e morfométrica do relevo da área em questão.

Inicialmente, o trabalho apresentado tratava dos aspectos morfográficos, justificando assim o título dele, entretanto, julgou-se não ser possível trabalhar apenas estes aspectos, considerando a necessidade de levantamento dos dados morfométricos dos relevos, os quais foram basilares para o entendimento das morfologias da área.

Neste sentido, foi realizada a caracterização dos aspectos geoambientais da área enfocando as características litoestratigráficas e pedológicas e a análise morfológica do relevo, envolvendo a identificação dos aspectos morfográficos e morfométricos na escala de 1:10.000.

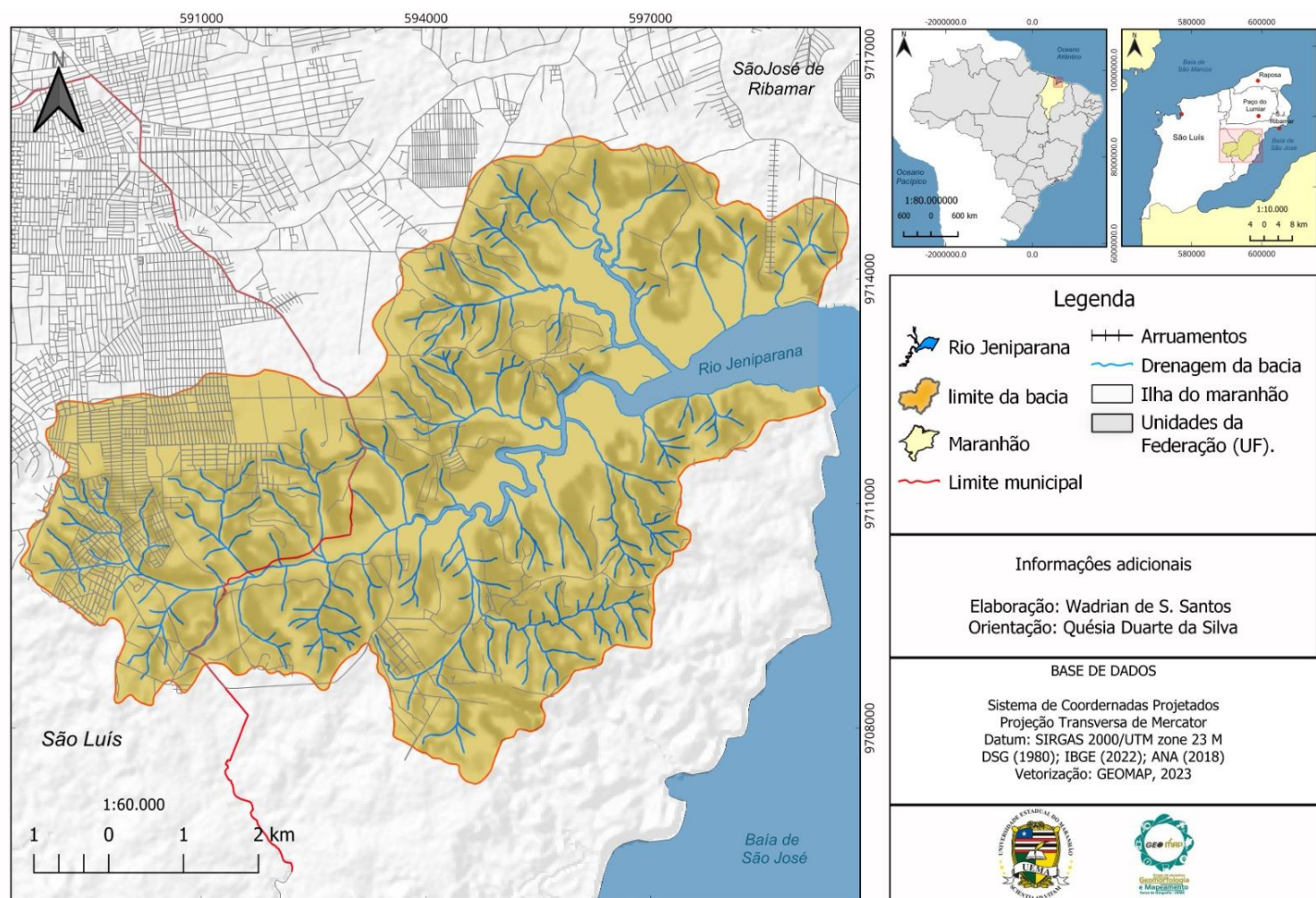
A bacia hidrográfica do Jeniparana está situada na porção leste da Ilha do Maranhão e está em processo de urbanização. De acordo com dados levantados, a bacia apresenta uma área de 48,98 km²; a drenagem se dirige para a porção leste da ilha, tendo a sua foz na baía de São José (Mapa 1).

O relevo da Ilha do Maranhão já foi mapeado em diferentes escalas, como 1:100.000 (GERCO, 1998), 1:60.000 (Silva, 2012) e 1:80.000 (CPRM, 2020). Na escala de 1:10.000, alguns mapas foram produzidos por discentes da graduação e da pós-graduação em Geografia da UEMA, em parceria com o Grupo de Pesquisa em Geomorfologia e Mapeamento (GEOMAP). Contudo, na área de estudo abordada neste relatório, este representa o primeiro mapeamento realizado nessa escala.

Em função do nível de detalhamento, a escala de 10.000 é considerada muito importante, em função da necessidade de analisar os aspectos morfológicos, morfogenéticos, morfodinâmicos e morfocronológicos, pois podem subsidiar o planejamento territorial das áreas.

As bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão estudadas e mapeadas quanto às formas de relevo na escala de 1:10.000 foram as dos rios Anil, Santo Antônio, Paciência, Claro, Jaguarema, Calhau, Pimenta e por isso, defende-se que este trabalho, em função da escala de mapeamento, é inovador, Silva (2012).

Mapa 1: Localização da bacia hidrográfica do rio Jeniparana



Fonte: Própria pesquisa (2025)

Florenzano (2008) afirma que a morfologia é o ponto de partida para o entendimento dos demais aspectos do relevo e engloba a morfografia e a morfometria. A morfografia é a descrição qualitativa das formas de relevo, enquanto que a morfometria é a caracterização do relevo por meio de variáveis quantitativas ou índices morfométricos.

A morfodinâmica trata dos processos atuais, isto é, ativos, que abrangem os processos internos e externos da Terra que atuam sobre as formas de relevo. A morfogênese trata dos processos que deram origem às morfologias e a morfocronologia abrange a área da pesquisa voltada para a datação das formas.

Uma análise detalhada dos distintos compartimentos do relevo que compõem a área de estudo se torna imperativa e este trabalho fornecerá uma visão abrangente e aprofundada das feições topográficas, destacando as peculiaridades que definem cada setor e sua influência na configuração geral da bacia hidrográfica do Jeniparana. Este estudo se propõe a desvendar os detalhes das encostas, analisando sua inclinação, padrões de drenagem e outros aspectos relevantes, contribuindo assim para uma apreciação completa e detalhada da morfologia da área.

Por hora, defende-se que a área em questão apresenta morfologias dissecadas e de sedimentação relacionadas a relevos tabulares e colinosos que podem apresentar declividades variando entre 2 e 30% e planícies fluviais, costeiras e de maré. Estas morfologias ocorrem em toda a área, variando conforme as características geoambientais locais.

Além disso, destaca-se que foi realizado uma análise das publicações sobre o mapeamento geomorfológico no Brasil e no Maranhão e na Ilha do Maranhão, incluindo levantamento de dados de outros aspectos geoambientais inerentes da área. Neste documento, tem-se a análise das características geológicas, dos solos e das características pluviométricas. No relatório final serão acrescentados resultados das pesquisas realizadas sobre os compartimentos geomorfológicos da área e outros aspectos considerados fundamentais.

Além deste capítulo, tem-se posteriormente, e na sequência citada, os capítulos referentes ao objetivo, geral e específicos, à revisão da literatura, com foco para o mapeamento geomorfológico e níveis taxonômicos, à metodologia do trabalho e depois, sobre os resultados alcançados até o presente momento.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar as características morfográficas do relevo da bacia hidrográfica do rio Jeniparana, Ilha do Maranhão.

2.2 Objetivos Específicos

- ❖ Caracterizar os aspectos geoambientais da bacia hidrográfica do Jeniparana;
- ❖ Analisar os compartimentos do relevo da área de estudo;
- ❖ Compreender as características das vertentes da área de estudo.

3. MAPEAMENTO GEOMORFOLOGICO: revisão teórica e metodológica

3.1. Mapeamento Geomorfológico

O mapeamento geomorfológico é uma técnica usada para representar e descrever as formas da superfície terrestre, como montanhas, vales, planícies, relevos ondulados e outras características do terreno (Florenzano, 2008). Essa ferramenta é essencial para compreendermos a evolução do relevo ao longo do tempo geológico e possui diversas aplicações, conforme destacado por Ross (2007). Além de seu uso na gestão ambiental, agricultura e prevenção de desastres naturais, o mapeamento geomorfológico tem papel fundamental no planejamento urbano.

Ao longo dos anos, essa prática se desenvolveu significativamente, tanto em termos tecnológicos quanto teóricos. Com o avanço das ferramentas digitais e o uso de dados de satélites, sensoriamento remoto, SIG (Sistemas de Informações Geográficas) e modelagem digital, os mapas se tornaram cada vez mais precisos e informativos (Florenzano, 2008). A precisão alcançada atualmente é indispensável para várias disciplinas, como a ciência ambiental e a gestão de recursos naturais.

Desde a década de 1960, esforços vêm sendo feitos para estabelecer uma metodologia unificada e criar legendas padronizadas para os mapas geomorfológicos. No entanto, um padrão unificado tanto no Brasil quanto no âmbito internacional ainda não foi alcançado (Argento, 2009; Florenzano, 2008). O surgimento dos SIGs, amplamente utilizado para a criação desses mapas, está intrinsecamente ligado à evolução da informática, com avanços notáveis a partir dos anos 1970, como a implementação de satélites dedicados ao mapeamento da superfície terrestre e sistemas de posicionamento por satélite (Freitas, 2022).

Essa transição para ferramentas digitais trouxe uma maior precisão e capacidade de processamento, o que impactou diretamente as representações geomorfológicas. A combinação do SIG com o sensoriamento remoto possibilita a criação de representações tridimensionais detalhadas, usando imagens de satélites e radar (Freitas, 2022). Isso transforma a forma como interpretamos e representamos o relevo, adaptando os dados às necessidades da pesquisa e das características da área mapeada.

Pesquisas e trabalhos que utilizam SIGs para o mapeamento geomorfológico se beneficiam dessa abordagem moderna, integrando dados de campo com modelos matemáticos para estruturar as informações de forma eficaz (Freitas, 2022). O processo

se desdobra em diferentes etapas, começando pela modelagem com base nas observações de campo e culminando na adaptação aos procedimentos cartográficos estipulados, oferecendo uma visão clara do papel do SIG nesse campo (Florenzano, 2008).

Revisões recentes de Botelho e Pelech (2019), IBGE (2020) e Marques Neto (2020) mostram que, nas últimas décadas, muitas metodologias originais foram desenvolvidas para mapear o terreno. A maioria dessas metodologias se constituem como adaptação das práticas dos trabalhos do IBGE, do projeto Radambrasil e de Ross (1992), aplicando conceitos flexíveis para atender às características específicas das áreas mapeadas (Verstappen, 2011). No entanto, apesar desses avanços, ainda existem desafios na representação dos elementos geomorfológicos, especialmente no que diz respeito à legibilidade e clareza dos mapas.

A metodologia de Tricart (1965) é um exemplo importante, propondo três princípios básicos para a elaboração de mapas geomorfológicos. Esses princípios incluem a inclusão de dados topográficos no fundo do mapa, a representação de dados estruturais que influenciam o relevo, e a combinação de formas de processo e idade, utilizando cores e símbolos para transmitir informações cronológicas. Essa abordagem influenciou significativamente a produção de mapas no Brasil durante a década de 1970 (Pinheiro e Ferreira, 2020).

Desafios como a legibilidade dos mapas ainda persistem. Gustavsson *et al.* (2006) apontam que a ênfase desproporcional em certos atributos ou a inclusão de legendas extensas podem comprometer a compreensão dos mapas. Essa dificuldade é reforçada por Griffiths e Abraham (2008), que observam que mapas geomorfológicos frequentemente enfrentam barreiras de interpretação, especialmente quando aplicados a campos fora da geomorfologia, como o planejamento urbano e ambiental.

As escalas cartográficas também desempenham um papel crucial na complexidade da representação geomorfológica. Tricart (1965) argumenta que mapas de pequena escala são mais adequados para fenômenos morfoestruturais, enquanto os de grande escala são voltados para processos morfogenéticos. Essas diferentes abordagens ajudam a estruturar a representação do relevo em função de sua magnitude espacial e temporal, como proposto por Tricart e Cailleux (1956).

Por fim, ao abordar o mapeamento geomorfológico no Brasil, é importante expandir a perspectiva para abarcar a diversidade geológica e topográfica do país e do Maranhão. Essa visão mais ampla permite entender melhor as particularidades regionais,

revelando a riqueza das paisagens brasileiras e suas interações complexas com os processos geológicos e geomorfológicos que moldam a geografia local.

No contexto brasileiro, o mapeamento geomorfológico tem sido realizado ao longo de décadas por especialistas em estudos do relevo, notadamente geólogos e geógrafos. Christofolletti (1980) destaca a importância do mapeamento geomorfológico na compreensão e documentação da rica diversidade geomorfológica do país.

As primeiras pesquisas geomorfológicas, baseadas em mapeamento geomorfológico no Brasil, são do início da década de setenta, por influência de Tricart (1965).

Na década de 1970, surge a proliferação de manuais voltados à elaboração de estudos, coincidindo com o crescimento do diálogo ambiental, a ascensão da informatização e a quantificação dos dados físicos espaciais, conforme destacado por Monteiro (2001). Esses manuais, de maneira abrangente, buscam estabelecer normas para todos os processos vinculados às ciências da terra.

É a partir desse contexto que se observou o advento significativo dos manuais direcionados à condução de estudos, o aumento das discussões ambientais, a informatização crescente e a quantificação dos dados espaciais, conforme ressaltado por Monteiro (2001). O propósito desses manuais foi a imposição de regulamentações abrangentes que abarcavam todos os procedimentos pertinentes às ciências da terra.

Na primeira Conferência Nacional de Geografia e Cartografia, Ab'Saber (1968) e Moreira (1968) definiram as orientações para os mapas geomorfológicos no Brasil. Estas diretrizes abrangiam incluir a base geológica; detalhar e descrever com precisão as características do relevo; apresentar as altitudes; representar os padrões morfoclimáticos (vinculados ao clima) e morfoestruturais (relacionados à estrutura geológica); ilustrar a evolução e dinâmica geomorfológica atual; e apresentar as formações superficiais.

Utilizando a abordagem de Tricart (1965), buscou-se apresentar, por meio de símbolos coloridos, as características, origens e fases evolutivas do relevo. No mesmo período, teve início a cartografia sistemática do Brasil por meio do Projeto RadamBrasil, conduzido pelo DNPM (Departamento Nacional da Produção Mineral) do Ministério de Minas e Energia, conforme mencionado por Ross (2001; 2002).

Empregando abordagens adaptadas capazes de abranger diversos aspectos em escalas médias e amplas, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE),

Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA), Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais (CPRM) e Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) conduziram levantamentos e produziram documentos, os quais foram objeto de reformulações, reedições e complementações. Esses materiais têm sido amplamente utilizados por estudiosos brasileiros em instituições acadêmicas e empresas privadas.

A atuação destas entidades, com destaque para a evolução do programa Radambrasil, viabilizou a organização de procedimentos metodológicos destinados à análise geomorfológica no país que ainda são atualmente aplicados de maneira corrente.

Adicionalmente, o mapeamento dos recursos naturais, fundamentais para as investigações em geomorfologia, englobou o relatório de geologia do Rio Grande do Norte da CPRM (Angelim, 2006) e o Radambrasil (Prates, 1981), nos quais as representações abrangem um espectro mais amplo. Entre os guias disponíveis, merece destaque o Manual Técnico de Geomorfologia (IBGE, 2009), projetado para aplicação em todo o território nacional, mostrando-se mais apropriado para escalas regionais.

Esses documentos, ao proporcionarem uma visão abrangente dos recursos naturais e metodologias associadas, desempenham um papel crucial nas pesquisas geomorfológicas, enriquecendo a compreensão em diferentes escalas geográficas.

O Projeto Radambrasil se destacou ao se envolver profundamente na cartografia temática, abrangendo áreas como a morfologia, a constituição geológica, as características do solo, a cobertura vegetal, e a análise climática regional. Além disso, realizou estudos sobre o potencial de uso das terras para atividades agropecuárias, exploração de recursos madeireiros, extração mineral e aproveitamento hidrelétrico, conforme apontado por Ross (2001; 2002).

A iniciativa foi organizada na escala de 1:250.000, incorporando a utilização de imagens de radar para a realização dos mapeamentos. Esse projeto envolveu um esforço de levantamento e mapeamento dos recursos naturais.

Dessa maneira, é evidente que este empreendimento desempenhou um papel crucial na consolidação da cartografia geomorfológica no Brasil, fornecendo o respaldo teórico, metodológico e técnico essencial para tal avanço.

No decorrer do período de 15 anos dedicados ao Projeto Radambrasil, à medida que os mapas geomorfológicos eram refinados em escalas de 1:250.000 e apresentados ao público em 1:1.000.000, uma evolução metodológica se desdobrava. Este aprimoramento, conduzido através da implementação de quatro metodologias distintas,

conforme indicado por Ross (2001), revela um compromisso contínuo com a excelência na representação cartográfica.

O desafio inicial consistiu em desenvolver uma metodologia para realizar mapeamento sistemático em escala 1:250.000. Na ocasião, a escolha inovadora recaiu sobre o uso de imagens de radar, uma tecnologia emergente no campo do sensoriamento remoto (Ross, 2001).

Encontrar esse caminho metodológico, e treinar as equipes técnicas foi o primeiro passo para um longo trabalho de mapeamento nacional, iniciado na região menos provida de informações, a Amazônia (Ross, 2001; 2002). Essa escolha estratégica não apenas lançou as bases do trabalho, mas também sinalizou a importância de adaptar as metodologias à diversidade geográfica. O desenvolvimento contínuo dessas práticas revelou-se crucial para enfrentar os desafios subsequentes em outras regiões do país.

A flexibilidade metodológica foi fundamental para enfrentar os desafios do mapeamento e nas categorias genéticas de Dissecção, ocorreu uma transformação significativa com a introdução de um conjunto numérico representando o Índice de Dissecção do Relevo, derivado de uma matriz associada à dimensão interfluvial média e ao entalhamento dos canais de drenagem, conforme detalhado na figura 1.

Figura 1: Índice de dissecção do relevo

		DIMENSÃO INTERFLUVIAL MÉDIA				
		≤ 250 metros	>250 - ≤750 metros	>750 - ≤1.750 metros	>1.750 - ≤3.750 metros	>3.750 - ≤12.750 metros
ENTALHAMENTO DOS CANAIS	MUITO FRACA	11	21	31	41	51
	FRACA	12	22	32	42	52
	MEDIANA	13	23	33	43	53
	FORTE	14	24	34	44	54
	MUITO FORTE	15	25	35	45	55

Fonte: Barbosa *et al.*, 1984.

Na mais recente metodologia aplicada com foco na região Centro-Oeste, uma transformação significativa ocorreu: a inclusão visual explícita das unidades geomorfológicas por meio de uma paleta de cores distinta. Essa inovação proporcionou mapas visualmente ricos, permitindo uma interpretação clara das grandes divisões no relevo regional (Barbosa, 1984).

A seleção cuidadosa das cores não só destaca as características das unidades geomorfológicas, mas também aprimora a visualização das macro-compartimentações, facilitando a identificação e compreensão do terreno.

Barbosa *et al* (1984) estabeleceu uma classificação do terreno em três categorias relacionadas à origem e ao espaço: Domínios Morfoestruturais, Regiões Geomorfológicas e Unidades Geomorfológicas. Essa abordagem não apenas contribuiu para a precisão do mapeamento, mas também aprofundou a compreensão das complexidades do relevo, sendo um marco significativo na evolução da cartografia geomorfológica.

Os Domínios Morfoestruturais, enquanto o primeiro nível da taxonomia geomorfológica, desempenham o papel crucial de representar amplos conjuntos estruturais que delineiam as configurações regionais do relevo (Ross, 2021). Esses domínios estabelecem uma conexão fundamental em sua formação, servindo como a espinha dorsal que molda as características geológicas e topográficas de uma determinada região.

No segundo nível de classificação taxonômica, as Regiões Geomorfológicas emergem como entidades abrangentes, englobando conjuntos de unidades geomorfológicas. Estas, por sua vez, são caracterizadas por semelhanças morfológicas e genéticas entre si, proporcionando uma visão mais detalhada das nuances e padrões que contribuem para a diversidade do relevo em uma escala regional (Ross, 2021).

No terceiro patamar da taxonomia, as Unidades Geomorfológicas revelam-se como entidades específicas, formadas por combinações distintas de características topográficas repetidas (Ross, 2021). Estas características resultam de desenvolvimentos similares, embora apresentem variações geográficas sutis, adicionando complexidade à compreensão da paisagem e evidenciando a dinâmica geológica que molda a superfície terrestre.

Ao adentrar no âmbito da categorização dos tipos de modelagem no quarto nível, observa-se uma estrutura organizada em classes genéticas. Este nível abrange uma gama diversificada de formas resultantes de processos geomorfológicos, como dissolução, acúmulo e dissecação. Essa categorização mais detalhada permite uma análise mais precisa dos processos que moldam a superfície da Terra, destacando a complexidade e diversidade dos fenômenos geomorfológicos.

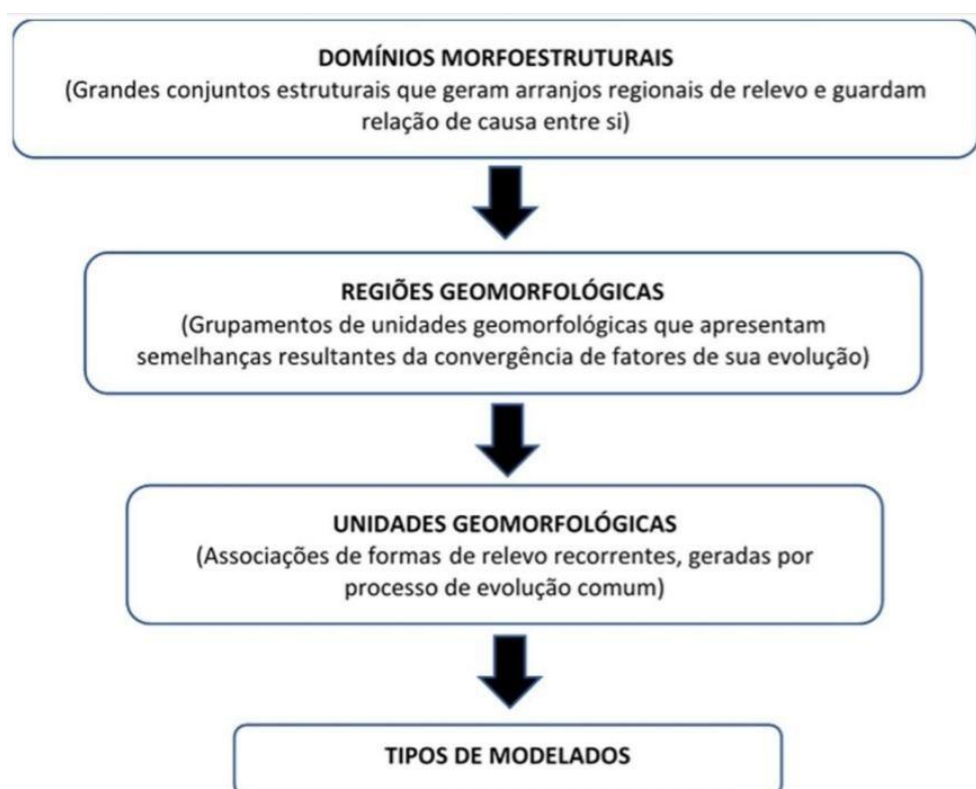
Em síntese, a taxonomia geomorfológica, estratificada em Domínios Morfoestruturais, Regiões Geomorfológicas, Unidades Geomorfológicas e Classes Genéticas, segundo Barbosa *et al* (1984), oferece uma estrutura abrangente para entender e categorizar a complexidade do relevo terrestre. Cada camada dessa taxonomia contribui para a compreensão holística da dinâmica geomorfológica e da formação da paisagem,

permitindo aos pesquisadores uma visão mais aprofundada e detalhada do ambiente físico.

Na investigação dos modelados de dissecação, adotou-se uma abordagem que envolve cálculos de densidade de drenagem e profundidade dos canais. Essa análise resultou na categorização da densidade em fina, média e grosseira, enquanto os aprofundamentos dos canais foram classificados como fracos, médios ou fortes. pequenas variações no relevo, categorizadas como o quinto táxon, são simbolizadas por meio de representações gráficas lineares ou pontuais (Ross, 2021).

Na figura 2 é possível visualizar a organização da legenda utilizada para a elaboração do mapeamento geomorfológico, publicada por Barbosa *et al.* (1984). Nesta interpretação morfogenética, emerge uma narrativa mais intrincada, revelando-se uma progressão em relação à concepção de Tricart (1965) para o mapeamento em escalas modestas, onde os níveis taxonômicos são agora incorporados com maior sofisticação.

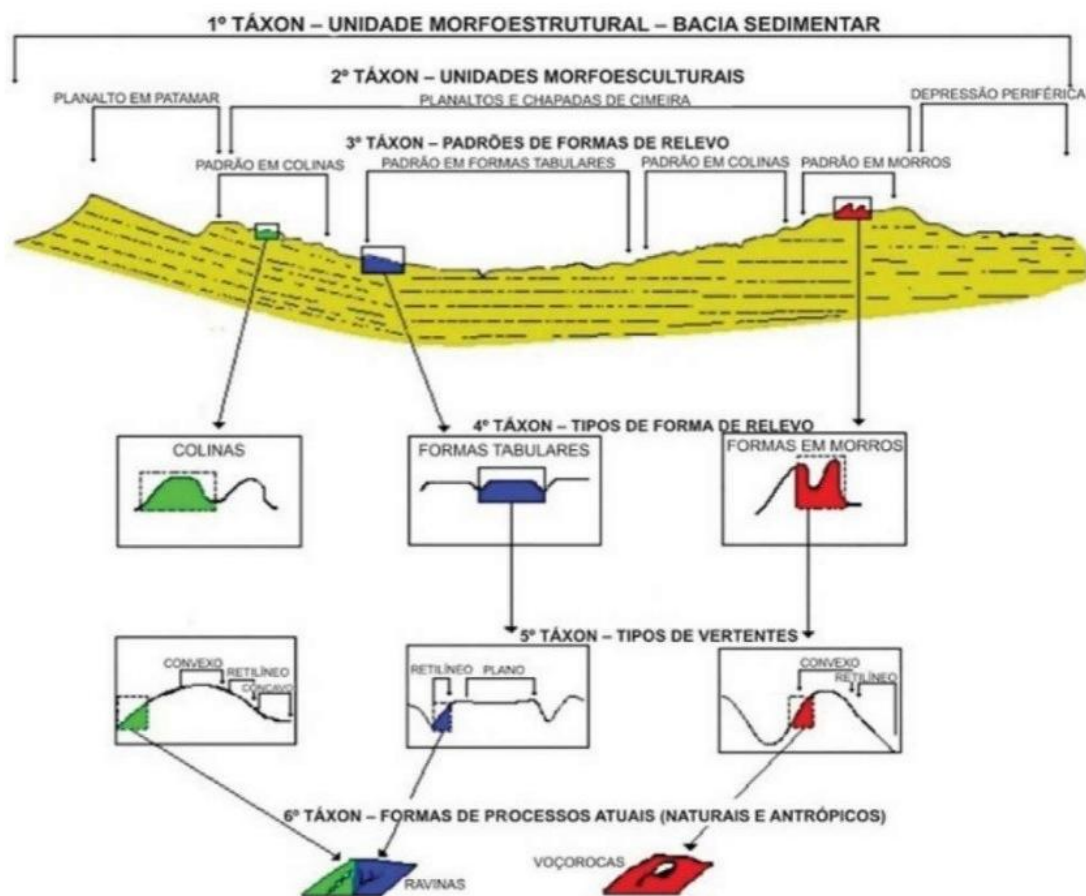
Figura 2: Estrutura de legenda da quarta fase metodológica com ordenamento taxonômico do Projeto Radambrasil



Fonte: Barbosa *et al.* (1984).

Outra proposta de mapeamento geomorfológica foi publicada por Ross (1992) baseada no sistema taxonômico de Tricart (1965), no princípio teórico dos processos endógenos e exógenos como geradores das formas do relevo terrestre e nos conceitos de morfoestrutura e morfoescultura de Gerasimov (1946) e Mescerjakov (1968), fundamentais para a definição níveis taxonômicos (Figura 3).

Figura 3: Unidades taxonômicas de classificação do relevo



Fonte: Ross (1992).

Para Ross (1992), todo relevo terrestre pertence a uma determinada estrutura que o sustenta, mostrando um aspecto escultural que é decorrente da ação do tipo climático atual e pretérito que atuou e atua nessa estrutura.

Dentro desta concepção, os domínios ou zonas morfoclimáticas atuais não são obrigatoriamente coincidentes com as unidades morfoesculturais identificáveis na superfície terrestre, porque as unidades morfoesculturais não são produto somente da ação climática atual, mas também dos climas do passado e porque as unidades

morfoesculturais refletem a influência da diversidade de resistência da litologia, e seu respectivo arranjo estrutural, sobre a qual foi esculpida.

Deste modo, em uma determinada unidade morfoestrutural (primeiro táxon) pode-se ter uma ou mais unidades morfoesculturais (segundo táxon), geradas pela ação climática ao longo do tempo geológico, como por exemplo depressões periféricas, depressões monoclinais, planaltos em patamares intermediários, planaltos e chapadas de superfícies de cimeira, planalto residuais, entre outros (Figura 3).

Ross (1992) afirma que ao identificar e analisar elementos de um terceiro táxon (de dimensão inferior), chega-se às Unidades dos Padrões de Formas Semelhantes do Relevo ou os Padrões de Tipos de Relevo, onde os processos morfoclimáticos atuais começam a ser mais facilmente notados.

Estes Padrões de Formas Semelhantes são conjuntos de formas menores do relevo, que apresentam aparências distintas entre si, em função da rugosidade topográfica ou índice de dissecação do relevo, bem como do formato dos topos, vertentes e vales de cada padrão existente. Pode-se ter várias Unidades de Padrões de Formas Semelhantes em cada Unidade Morfoescultural (Seria no caso o 4ª táxon), no caso são os táxons de dimensões espaciais menores (Ross, 1992).

As Unidades de Padrões de Formas Semelhantes estão relacionadas aos tipos genéticos de relevo e podem ser agrupadas em padrões de sistemas de relevo. Esses padrões são categorizados em Modelados de Agradação (A), Modelados de Dissecação (D).

As formas agradacionais ou de acumulação recebem a primeira letra maiúscula A (agradacional) acompanhadas de outras duas letras minúsculas que determinam a gênese e processo de geração da forma de agradação, por exemplo Apf (A de agradação ou acumulação; p de planície e f de fluvial). Outras formas de agradação possíveis são as planícies marinhas (Apm), planícies lacustres (Apl), áreas planas de inundação por dificuldade de escoamento (Api) e as de gêneses mistas (Ross, 2001).

As formas de agradação não recebem os algarismos arábicos, pois estas não apresentam dissecação por erosão. As formas denudacionais recebem a primeira letra maiúscula D (denudacional) acompanhadas de uma letra minúscula que determina a forma dos topos como Dc (Denudacional com topo convexo), Dt (Denudacional com topo tabular), Da (Denudacional com topo aguçado).

Além das letras, as formas denudacionais recebem ainda algarismos arábicos, que representam dados morfométricos, que podem ser de diferentes tipos, como a

densidade de drenagem, as declividades médias das vertentes, densidade de crênulas e ou da matriz dos índices de dissecação do relevo, com informações da dimensão interfluvial média e entalhamento médio dos vales (Ross, 2001).

Ross (1992) destaca que a erosão que degrada os solos, ao mesmo tempo esculpe o relevo, criando pequenas formas como sulcos, ravinas, voçorocas, cicatrizes de deslizamentos (elementos do sexto táxon), que se desenvolvem ao longo das vertentes por ação das águas pluviais. Essas formas, quando induzidas pela interferência da ação humana no ambiente natural, geram desequilíbrio, tornando o ambiente instável do ponto de vista morfodinâmico¹.

Essa proposta taxonômica se apoia fundamentalmente no aspecto fisionômico e tem por base a gênese e a idade das formas e quanto maior a dimensão da forma, maior é a sua idade e quanto menor a dimensão, menor idade (Figura 4).

Continuando na linha de pensamento sobre os aspectos metodológicos do mapeamento das formas de relevo, tem-se os estudos relevantes do Serviço Geológico do Brasil, antiga Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM).

O Serviço Geológico do Brasil é uma empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia do Brasil que desempenha um papel crucial na realização de levantamentos geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos, geofísicos e geodésicos, estudos costeiros e apoio a pesquisas científicas em todo o território brasileiro.

Considerando a proposta de Ab'Saber (1969) relacionada à análise geomorfológica aplicada aos estudos ambientais a partir da identificação da compartimentação morfológica dos terrenos, do levantamento da estrutura superficial das paisagens e do estudo da fisiologia da paisagem, o Serviço Geológico do Brasil elaborou a denominada Biblioteca de Padrões de Relevo do Programa Geodiversidade do Brasil (CPRM).

O objetivo deste trabalho foi apresentar uma metodologia de mapeamento da morfologia dos terrenos em escalas entre 1:25.000 e 1:100.000, gerar dados morfológicos e morfométricos que, além de caracterizar o modelado das paisagens, fornecem informações para a delimitação de áreas sujeitas à inundação, enxurrada e corridas de massa (CPRM).

¹ A ação morfodinâmica engloba as interações ativas e complexas entre fatores como clima, rocha, tectônica, vegetação e processos erosivos, modelando a paisagem ao longo do tempo.

Figura 4: Quadro simplificado sobre a classificação do relevo

		1° TAXON Unidades Morfoestruturais	2° TAXON Unidades Morfoesculturais	3° TAXON Padrões de Formas Semelhantes
Exemplo A	Modelado	Estruturas Dobradas metamorizadas ou não, configuradas em cinturões orogênicos	Planaltos e serras alongadas, depressões anticlinais e sinclinais e serras residuais	Padrões de formas em cristas, morros e serras
	Gênese	Dobramentos gerados a partir de bacias geossinclinais por movimentação crustal	Esculturação por ciclos erosivos que abriram depressões, aplanaram topos e deixaram formas residuais altas	Processos esculturais por dissecação
	Cronologia	Diferentes idades. Dobramentos do Pré-Cambriano, Paleo-Mesozóico e Cenozóico	Idades diversas com testemunhos Pré-Cenozóicos nos topos planos e altos e nas superfícies de erosão	Idades-fases alternadas secas, úmidas com incisão dos talwegues no Pleistoceno/Holoceno
Exemplo B	Modelado	Plataforma ou crátons com ou sem cobertura sedimentar e ocorrência de intrusões – superfícies aplanadas antigas e relevos residuais	Depressões marginais às bacias sedimentares – serras e planaltos residuais de cobertura de plataforma e planaltos em áreas de intrusões e vulcanismo antigo.	Padrões de formas em colinas baixas com vales pouco entalhado nas depressões, morros altos muito dissecados nos planaltos
	Gênese	Estruturas complexas que sofreram fases de metamorfismo, magmatismo e ciclos erosivos	Esculturação das depressões marginais por exumação através de eversão, geração concomitante dos planaltos residuais	Processos esculturais por dissecação generalizada
	Cronologia	Idades diversas no pré-Cambriano médio e inferior	Idades – Depressões abertas no Cenozóico exumando superfícies aplanadas antigas (Pré-Cambriano)	Incisão de talvegue no Pleistoceno-Holoceno
Exemplo C	Modelado	Bacias sedimentares amplas com estruturas horizontais ou pouco inclinadas	Depressões periféricas, depressões embutidas, planaltos em patamares, chapadas em bordas de bacias, planaltos residuais	Padrões de formas em colinas de topos convexos e colinas amplas de topos planos com vales de entalhamento variado
	Gênese	Formadas por longas fases de sedimentação marinha e continental	Processos erosivos circundenudacionais desencadeados a partir de epirogênese pós-Cretáceo por fases climáticas alternadas secas/úmidas em áreas tropicais	Processos esculturais por dissecação generalizada
	Cronologia	Diferentes idades – ao longo do Fanerozóico (Paleozóico, Mesozóico e Cenozóico)	Idades – abertura das depressões ao longo do Cenozóico sobretudo no Neógeno ressaltando os planaltos nas bordas das bacias	Incisão dos vales no Pleistoceno/Holoceno
		4° TAXON Formas Individualizadas	5° TAXON Tipos de vertentes	6° TAXON (Formas lineares ou areolares recentes)
Exemplo A	Modelado	Cristas monoclinais de bordas de anticlinais e abas de sinclinais; morros isolados ou não no interior das depressões anticlinais	Tipos de vertentes de todos os padrões de forma: 1) Modelado dos setores de vertente: a) plano, b) convexo, c) côncavo, d) retilíneo, e) patamares planos, f) patamares em rampa, g) patamares convexos e h) escarpas 2) Gênese: - Setores planos, patamares planos: tendência à infiltração d'água, espessamento do solo e fraca ação mecânica da água. Prevalece a ação química e erosão laminar. - Setores convexos, retilíneos, patamares em rampas: tendência a menor infiltração e ao escoamento difuso, passando a concentrado na base, tendência à erosão laminar nos trechos altos e concentrada nos trechos de baixa vertente - Setor côncavo: tendência a escoamento concentrado, erosão mecânica com sulcos, ravinas e voçorocas. - Setor escarpado: tendência a deslizamentos e desmoronamentos	Estes tipos de formas ocorrem em todos os tipos de vertentes: 1) Modelados: ravinas, voçoroca, cicatrizes de deslizamentos 2) Gênese: ação antrópica Ravinas: preferencialmente nas vertentes retilíneas e convexas Voçoroca: preferencialmente nas vertentes retilíneas, patamares, vertentes côncavas. Cicatrizes de deslizamentos: nas vertentes escarpadas e retilíneas. Secundariamente nas convexas, dependendo da intensidade e volume de chuvas 3) Idades: processos erosivos atuais, associados à inadequação dos manejos e usos dos recursos naturais.
	Gênese	Dissecação generalizada com desgaste das vertentes		
	Cronologia	Pleistoceno/Holoceno		
Exemplo B	Modelado	Colinas com diferentes tamanhos		
	Gênese	Dissecação com desgaste das vertentes		
	Cronologia	Pleistoceno/Holoceno		
Exemplo C	Modelado	Colinas de topos convexos e colinas de topos planos e amplos		
	Gênese	Dissecação com desgaste das vertentes através de entalhamento dos vales		
	Cronologia	Pleistoceno/Holoceno		

Fonte: Ross, 1992.

Essa proposta de mapeamento de padrões de relevo representa o 3º táxon hierárquico da metodologia de mapeamento geomorfológico proposta por Ross (1992) e em alguns casos, foram mapeadas feições de relevo para o mapeamento em escala de semidetalhe, alcançando o 4º táxon.

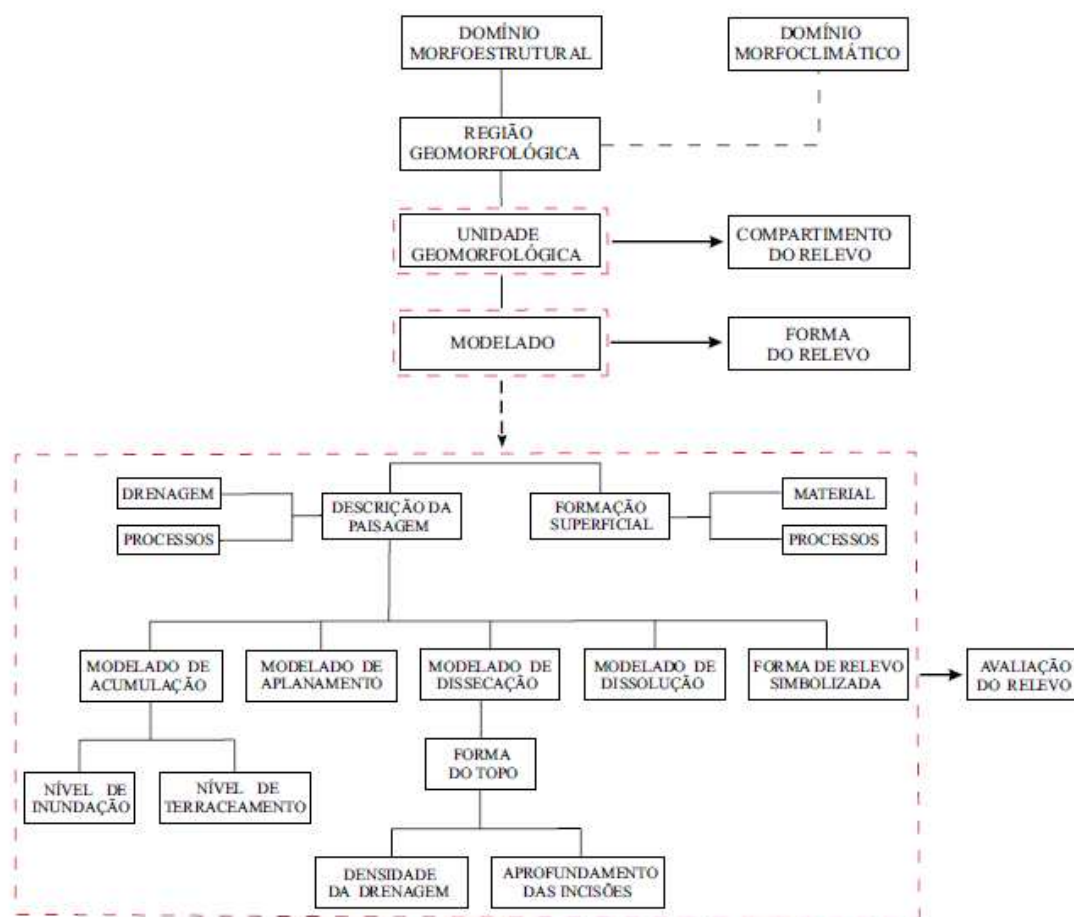
A compartimentação de relevo adotada pela empresa, abrange uma tipologia de relevo com classes genéricas para todo o território brasileiro, isto é, chapadas e platôs; degraus estruturais e rebordos erosivos; domínio de colinas amplas e suaves; domínio de colinas dissecadas e morros baixos; domínio de morros e de serras baixas; domínio montanhoso; escarpas serranas; inselbergs; planaltos e baixos platôs; planícies costeiras; planícies fluviais ou fluviolacustres; planícies fluviomarinhas; superfícies aplainadas conservadas; superfícies aplainadas degradadas; tabuleiros; tabuleiros dissecados; vales encaixados; e vertentes recobertas por depósitos de encosta. (CPRM, 2013).

Outra proposta de compartimentação geomorfológica é a do IBGE (2009), diferente da adotada pelo Serviço Geológico do Brasil. A proposta do IBGE (Figura 5) é caracterizada por apresentar continuidade à proposta do RadamBrasil (1984) e guarda, consequentemente, similaridades com a proposição de Ross (1992).

Conforme Marques Neto (2020), essa proposta estabeleceu equivalência entre as unidades geomorfológicas, denominados compartimentos geomorfológicos e entre os modelados e as formas de relevo. Os domínios morfoclimáticos, proposto por Ab'Saber (2003) foram destacados não de forma determinante para o mapeamento e houve equivalência entre os domínios morfoclimáticos e as regiões geomorfológicas. Essa proposta define sete categorias de compartimentos geomorfológicos, isto é, planícies; depressões; patamares; tabuleiros; chapadas; planaltos; e serras. (Figura 5).

Na atualidade, uma equipe de profissionais com expertise em cartografia geomorfológica no Brasil tem se debruçado desde o ano de 2019 no Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SCBR), liderado pelo IBGE, UGB (União da Geomorfologia Brasileira) e Serviço Geológico do Brasil, com o objetivo de propor um sistema único para todo o país.

Até o presente momento foram definidos para o primeiro nível taxonômico as seguintes classes de relevo: montanhas, planaltos, tabuleiros, superfícies rebaixadas e planícies. O segundo táxon abordará as unidades morfoestruturais para caracterização das macrounidades do 1º táxon (IBGE, 2022).

Figura 5: Sistema metodológico de mapeamento geomorfológico do IBGE, 2009

Fonte: IBGE, 2009.

No Estado do Maranhão, diversos mapas geomorfológicos foram elaborados ao longo do tempo, seguindo uma das 3 (três) propostas metodológicas apresentadas, em diversas escalas.

Considerando que o objetivo geral da pesquisa relacionada a esta monografia foi analisar as características morfológica do relevo da bacia hidrográfica do rio Jeniparana, Ilha do Maranhão e que os objetivos específicos foram caracterizar os aspectos geoambientais da bacia hidrográfica do Jeniparana; analisar os compartimentos do relevo da área de estudo; e compreender as características das vertentes da área de estudo, optou-se por apresentar uma revisão breve sobre o mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão e apresentar os resultados da pesquisa sobre as características geoambientais da bacia hidrográfica do Jeniparana e sobre os compartimentos geomorfológicos dessa área.

A Ilha do Maranhão, estrategicamente posicionada na região central do Golfão Maranhense, destaca-se como um elemento central na discussão das características geoambientais e costeira. Essa localização singular ocorre na maior concavidade do litoral maranhense, entre as divisões Ocidental e Oriental, contribuindo para a formação de um complexo sistema estuarino (CPRM, 2020).

Neste sistema, que abrange baías, estuários e diversas ilhas, destacam-se a Ilha do Maranhão e de Curupu. O Golfão Maranhense serve como um ambiente para dois volumosos sistemas de drenagem: o Sistema Mearim-Pindaré-Grajaú, que deságua de maneira imponente na Baía de São Marcos, e os rios Itapecuru e Munim, que fluem grandiosamente para a Baía de São José (CPRM, 2020).

Ab'Saber (1960) propõe uma análise sobre a evolução do Golfão Maranhense. Ao longo de sua gênese, observou-se transformações fisionômicas marcantes, intrinsecamente ligadas às flutuações do nível relativo do mar e às complexas forças tectônicas.

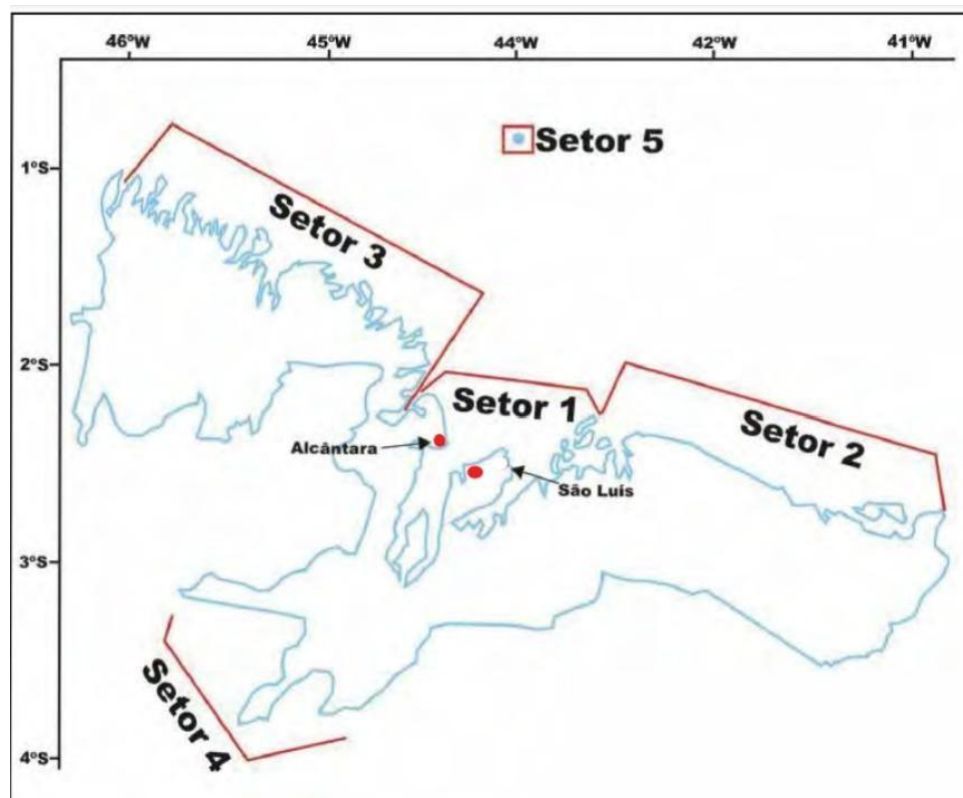
As feições geomorfológicas que compõem as características da paisagem no sistema estuarino do Golfão Maranhense incluem planícies de maré, campos de dunas fixas e móveis, planícies fluviais e lacustres, proporcionando uma visão abrangente da diversidade topográfica da região.

Rodrigues *et al* (1994) afirma que este golfão exhibe amplas áreas de planície inundável, marcadas por terras baixas e alagadas nos estuários dos rios Munim, Itapecuru, Mearim e Pindaré. Isso inclui a planície de Perizes, com a Ilha do Maranhão e outras ilhas menores no seu centro (Figura 6).

Além das formas deposicionais, tem-se as formas erosivas, com tabuleiros, colinas, falésias, predominantemente. Destaca-se a influência significativa das atividades humanas nessas formas, acelerando processos naturais e alterando as morfologias, impactando na dinâmica urbana e a vida de residentes.

Na modelagem geomórfica da Ilha do Maranhão, os principais agentes esculturadores são o clima, agentes oceanográficos e a ação humana. O clima da ilha é uma transição entre o semiárido nordestino e o tropical úmido amazônico, predominantemente caracterizado como tropical úmido (Dias, 2012), com dois períodos distintos: um chuvoso e outro de estiagem (Pereira, 2006).

Figura 6: Setorização da Zona Costeira do Estado do Maranhão



Fonte: El-Robrini *et al*, 2006.

- Setor 1 – Golfão Maranhense
- Setor 2 – Litoral oriental
- Setor 3 – Litoral ocidental
- Setor 4 – Baixada Maranhense
- Setor 5 – Parcel Manoel Luís

A Zona de Convergência Intertropical influencia o clima no norte do estado do Maranhão, provocando mudanças em temperaturas e precipitações devido ao seu movimento nos sentidos N-S e S-N. Além disso, na perspectiva da literatura especializada, os principais agentes oceanográficos modeladores das geoformas costeiras incluem correntes de maré, ondas e correntes litorâneas (Pereira, 2006).

As correntes de maré desempenham papel crucial na morfodinâmica litorânea da região, influenciando o volume de águas fluviais e promovendo movimentação de sedimentos arenosos ao longo do prisma praial leste-oeste, resultando em alterações morfológicas costeiras na Ilha do Maranhão, conforme indicam Viana (2000) e Silva (2012).

Nas falésias em evolução, tem-se o recuo constante do front devido a processos erosivos, principalmente pluviais e eólicos. Exemplos incluem a Praia do Olho d'Água e diversas falésias na porção leste da Ilha do Maranhão. Segundo Feitosa (1989),

a ação das ondas, associada aos agentes climáticos, provocou o avanço da linha costeira em direção ao interior da ilha, chegando a níveis próximos ao alcance máximo das marés. As correntes litorâneas, geradas pelas ondas, incluem correntes de retorno e fluxos unidirecionais ao longo da costa (Suguio, 1992; Rosseti, 2008).

Na Ilha do Maranhão, existem formas de relevo deposicionais e erosivas, resultantes de processos morfogenéticos e morfodinâmicos e a análise do relevo abrange aspectos relacionados à morfoestrutura e às morfoesculturas, conforme discutido por Teixeira e Souza Filho (2009).

Por oportuno, Schobbenhaus (1984) classifica a Ilha do Maranhão como parte da bacia costeira de São Luís, considerada como o primeiro nível taxonômico das unidades morfoestruturais. Por esse viés, o segundo táxon, o Golfão Maranhense, abrange as unidades morfoesculturais (conjuntos de formas de relevo que partilham características genéticas e padrões de modelado).

Este conceito envolve a interação do relevo com a zonalidade e processos exógenos, destacando a influência da erosão na configuração de colinas, morros e topos. Por isso, o modelado da Ilha do Maranhão é fortemente influenciado pelas águas da baía de São Marcos e São José, que compõem o Golfão Maranhense, conforme destacado por Feitosa (1998).

Segundo Silva (2012), a incursão da lâmina d'água nos igarapés e a amplitude média das marés, aproximadamente de seis metros, desempenham um papel significativo. Apesar de ser considerada uma costa mista, El-Robrini et al (2006) classifica a Ilha do Maranhão, incluindo Curupu, como tendo dois tipos de costa: sub-retilínea e recortada.

Uma costa sub-retilínea é caracterizada por linhas costeiras mais suaves e menos irregulares, enquanto uma costa recortada apresenta uma topografia mais complexa, com numerosos golfos, enseadas e promontórios. Em resumo, a costa sub-retilínea é mais linear, enquanto a costa recortada possui contornos mais irregulares e diversificados.

Além disso, destaca-se a extensão das planícies de maré ao longo da costa da ilha (Figura 7), especialmente na porção nordeste e nas proximidades da ilha de Curupu, onde se encontram os rios Paciência e Santo Antônio. A leitura oferece uma compreensão ampla das características geográficas e dos potenciais perigos associados, ressaltando a necessidade de uma ocupação humana consciente dessas regiões.

Figura 7: Padrões das formas de relevo da Ilha do Maranhão e de Curupu

Padrões de formas de relevo	Área	
	(km ²)	(%)
Relevos agradacionais - A	302,18	31,79
Apm - Formas de planície de maré	201,47	21,19
Apa – Formas de apicum	5,33	0,56
Apd - Formas de praias arenosas e dunas	17,42	1,83
App – Formas de paleodunas	8,43	0,89
Atm - Formas de terraços marinhos	4,07	0,43
Apf - Formas de planície fluvial	65,46	6,89
Relevos denudacionais - D	616,98	64,91
Dc – Formas tabulares com topos planos	148,66	15,64
Dc – Formas com colinas esparsas	358,58	37,72
Dv – Formas de vertentes	109,74	11,54
Água	31,40	3,30
Total	950,56	100

Fonte: Silva, 2012

Na parte interna da Ilha do Maranhão, encontram-se extensas áreas planas ao redor dos rios, abraçando os cursos d'água nas regiões mais baixas, abrangendo uma extensão total de 65,46 km², representando 6,89% da área total.

Na região setentrional da ilha, os tabuleiros se conectam às praias, sendo intensamente ocupados por edifícios residenciais e comerciais (Silva, 2012), tanto em construções horizontais quanto verticais. (Figuras 8 e 9).

Além das formas deposicionais, tem-se as formas erosivas, com tabuleiros, colinas, falésias, predominantemente. Destaca-se a influência significativa das atividades humanas nessas formas, acelerando processos naturais e alterando as morfologias, impactando na dinâmica urbana e a vida de residentes.

Na modelagem geomórfica da Ilha do Maranhão, os principais agentes esculturadores são o clima, agentes oceanográficos e a ação humana. O clima da ilha é uma transição entre o semiárido nordestino e o tropical úmido amazônico, predominantemente caracterizado como tropical úmido (Dias, 2012), com dois períodos distintos: um chuvoso e outro de estiagem (Pereira, 2006).

Figura 8: Vista aérea do contato do tabuleiro costeiro com paleodunas



Fonte: Silva, 2012.

Figura 9: Vista parcial do bairro Renascença com baixo tabuleiro costeiro



Fonte: Silva, 2012.

Na Ilha do Maranhão, existem formas de relevo deposicionais e erosivas, resultantes de processos morfogenéticos e morfodinâmicos e a análise do relevo abrange aspectos relacionados à morfoestrutura e às morfoesculturas, conforme discutido por Teixeira e Souza Filho (2009).

Além das formas deposicionais, tem-se as formas erosivas, com tabuleiros, colinas, falésias, predominantemente (Figura 10 e 11). Destaca-se a influência significativa das atividades humanas nessas formas, acelerando processos naturais e alterando as morfologias, impactando na dinâmica urbana e a vida de residentes.

Figura 10: Vista do centro histórico de São Luís numa área colinosa



Fonte: Silva, 2012.

Em síntese, a análise destacou que a Ilha do Maranhão exibe uma marcante variação altimétrica, onde a porção central se destaca pelas maiores altitudes, atuando como o principal divisor de águas. Enquanto isso, a região nordeste revela altitudes mais baixas, predominantemente entre 0 e 10 metros, delineando uma clara topografia da área.

O item a seguir apresentar um detalhamento dos níveis taxonômicos e dos processos atuantes do relevo na ilha em destaque. Compreender a interação entre a estrutura geomorfológica da ilha e os diversos fatores que influenciam sua formação permitirá uma visão abrangente das características ambientais e dos fenômenos geológicos que moldaram esse cenário. Dessa forma, a transição nos conduzirá a uma investigação mais específica sobre os elementos taxonômicos e os processos dinâmicos que desempenham papéis cruciais na configuração do relevo da Ilha do Maranhão.

Figura 11: Vista aérea do centro histórico de São Luís, situado entre os rios Bacanga e Anil, com morfologias com topos planos e também colinosa



Fonte: Silva, 2012.

3.2. Sistemas Geomorfológicos

Considerando que a abordagem sistêmica foi a adotada para esta monografia, tem-se neste item, o detalhamento desta abordagem.

Essa abordagem geomorfológica está baseada na Teoria Geral dos Sistemas (*General Systems Theory*) (Christofolletti, 1980), inicialmente utilizada na geomorfologia por meio dos estudos de Arthur N. Strahler (1950-1952). Conforme (Christofolletti, 1980), todos sistemas são definidos como um conjunto dos elementos e das relações que esses estabelecem entre si.

Um sistema é geralmente composto por vários componentes interdependentes que trabalham juntos para realizar uma função específica. De acordo com Christofolletti (1980), os componentes comuns de um sistema incluem (Tabela 1):

Tabela 1: Componentes comuns de um sistema

Entradas (Inputs)	São os dados, informações ou sinais que entram no sistema.
Processamento	É a parte do sistema que manipula e processa as entradas para produzir saídas.
Saídas (Outputs)	São os resultados ou respostas geradas pelo sistema após o processamento das entradas
Feedback	Muitos sistemas incluem mecanismos de feedback para monitorar e controlar seu desempenho, permitindo ajustes conforme necessário
Controle	É responsável por regular e coordenar as operações do sistema para garantir seu funcionamento adequado
Componentes de armazenamento	Alguns sistemas têm elementos de armazenamento, como memória, bancos de dados ou dispositivos de armazenamento, para reter informações temporariamente ou permanentemente
Interfaces	Esses componentes permitem a interação entre o sistema e os usuários ou outros sistemas.
Ambiente	O ambiente em que o sistema opera pode afetar seu desempenho e comportamento
Objetivo ou Finalidade	Um sistema é projetado para atender a um objetivo ou finalidade específica.

Fonte: Christofolletti (1980).

Esses são os componentes fundamentais de um sistema, e a combinação e interação entre eles determinam como o sistema funciona e quais resultados ele produz.

De acordo com Antônio Christofolletti (1980), os sistemas são classificados segundo algumas categorias de organizações. Ele discute a interconexão dos sistemas estudados pelos especialistas dentro de um contexto mais amplo, chamado de universo. Enfatiza que esses sistemas não operam isoladamente, mas são influenciados por eventos e fenômenos ao seu redor, e, por sua vez, afetam outros sistemas.

O autor categoriza esses sistemas como antecedentes (que ocorrem antes) e subsequentes (que ocorrem depois) dentro desse universo interligado. Isso destaca a importância de compreender não apenas o sistema em estudo, mas também seu impacto no ambiente circundante e vice-versa.

Os sistemas que os geógrafos estudam não existem isoladamente, mas operam dentro de um ambiente e fazem parte de um conjunto maior. Esse conjunto maior, que engloba o sistema específico em estudo, é chamado de universo. O universo inclui todos os fenômenos e eventos que, devido às suas mudanças, afetam o sistema que está sendo estudado, bem como todos os fenômenos e eventos que mudam devido ao comportamento desse sistema em particular. Podemos categorizar os primeiros como sistemas antecedentes e os últimos como sistemas subsequentes dentro desse universo (Christofolletti, 1980).

Classificar os sistemas em geomorfologia se tornou um papel bastante promissor e para se classificá-los é preciso levar em consideração alguns aspectos de acordo com o critério funcional ou levando em conta sua complexidade estrutural.

Forster, Rapoport e Trucco, com relação ao critério estrutural, fazem a seguinte classificação: Sistemas isolados, Sistemas não-isolados (Abertos e Fechados), Sistemas morfológicos, Sistemas em Sequência e Sistemas de Processos-Respostas (Christofolletti, 1980).

No Sistema Isolado, as condições iniciais não sofrem ganho ou perda de matéria ou energia dos demais subsistemas que os cerca, ou seja, os fatores externos não influenciam esse sistema. Nesse caso, um grande exemplo a se considerar seria a concepção da teoria do Ciclo Geográfico de W. M. Davis; a teoria Davisiana.

Sistema não-isolado seria, portanto, um tipo de sistema que tem total interação com os processos de troca e ganho de energia para os subsistemas ao seu redor. São classificados em sistemas Abertos e Fechados.

- a) Sistema Abertos: São os mais comuns quando se tratando da análise do ambiente, das paisagens e dos processos na formação desses. Neles há constante troca de energia e matéria. São exemplos desse sistema: bacias hidrográficas, vertentes, cidades, etc.
- b) Sistema fechado: Há nesse sistema um constante ganho de energia e matéria ou perda desses. Um grande exemplo para esse sistema seria o sistema “Terra-Sol”. Nesse caso a terra ganha energia por irradiação, mas perde por radiação.

Na geomorfologia são classificados ainda alguns outros tipos de sistemas, tais quais: sistemas morfológicos; sistemas em sequência; sistemas de processos-respostas e sistemas controlados (Christofolletti, 1980).

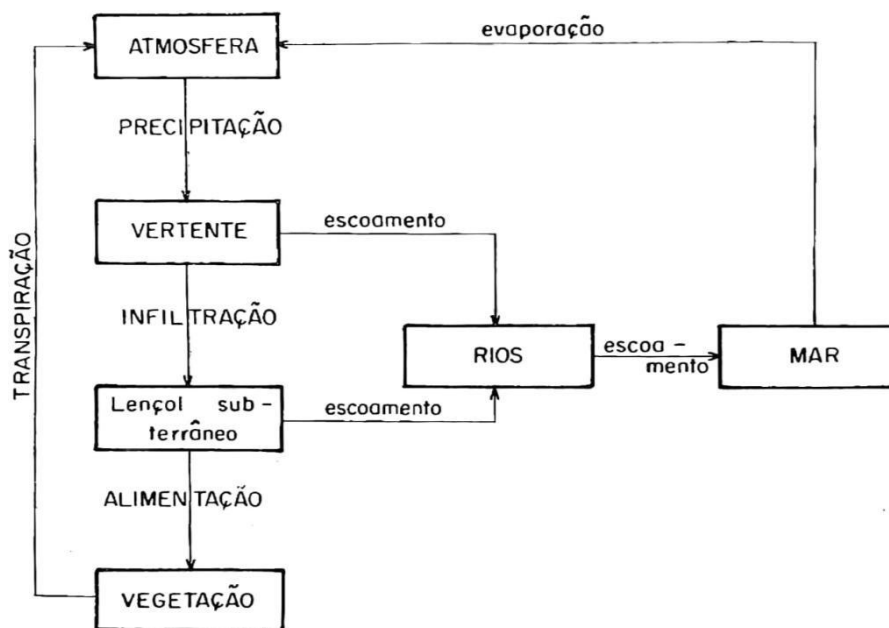
- a) Sistemas Morfológicos - São sistemas classificados segundo suas propriedades físicas e correspondendo também às formas; podendo-se distinguir, medir e correlacionar as variáveis geométricas. Esse sistema pode ser isolado, fechado ou aberto (Christofolletti, 1980). Nesse sentido, para todo fluxo de energia ou matéria pode-se considerar resposta ou ajustamento.
- b) Sistemas em sequências - Esses sistemas são representados por um conjunto de variáveis, outros subsistemas organizados em cadeia e que possuem uma sequência cíclica. “Nessa sequência, a saída (output) de matéria ou energia de

um subsistema torna-se a entrada (input) para o subsistema de localização adjacente (Christofolletti, 1980).

- c) Sistemas de Processos-Respostas- Também denominado de “retroalimentação”, funciona como uma espécie de “circuito”. Nesse sentido, processos que influenciam nos estágios iniciais refletirão nos resultados, e os resultados serão iguais os do início (Figura 10).
- d) Sistemas controlados- São classificados de acordo com a atuação do homem no sistema Processos-Respostas. Sua intervenção deixa o sistema mais complexo. “Por exemplo, modificando a capacidade de infiltração de determinada área ou a movimentação de areias em determinada praia, o homem pode produzir, consciente ou inconscientemente, modificações consideráveis na densidade de drenagem ou a geometria da praia” (Christofolletti, 1980).

Podemos representar esses sistemas através do seguinte esquema (Figura 12), mostrando o relacionamento entre vários subsistemas.

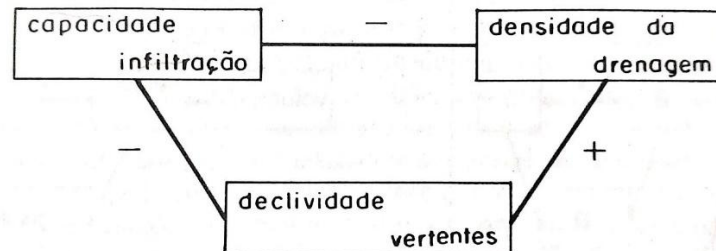
Figura 12: Exemplo de sistema em sequência, mostrando o relacionamento entre vários subsistemas



Fonte: Christofolletti (1980).

Com relação aos tipos principais de mecanismos de retroalimentação, tem-se as representações descritas nas figuras 13 e 14.

Figura 13: Relações estabelecidas pela retroalimentação em circuitos em um Sistema de Processos-Respostas

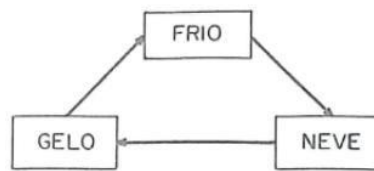
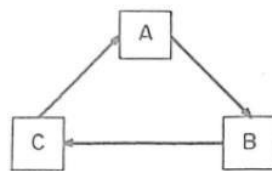


Fonte: Christofolletti (1980).

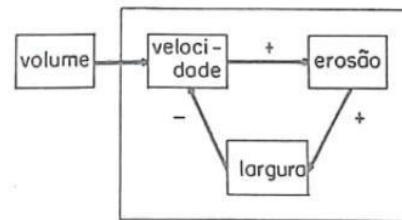
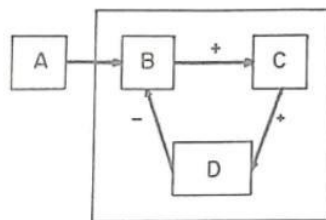
Figura 14: Principais tipos de mecanismo de retroalimentação



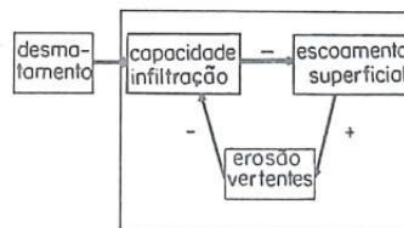
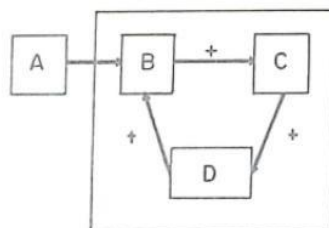
1. Retroalimentação direta



2. Retroalimentação em circuito



3. Retroalimentação negativa



4. Retroalimentação positiva

Fonte: Christofolletti (1980).

Sobre a teoria sistêmica e a ciência geomorfológica, afirma-se que as formas da superfície terrestre são resultado de diferentes processos geológicos que acontecem interna ou externamente, isto é, processos endógenos e exógenos, respectivamente (Christofolletti, 1980).

Os processos internos (endógenos) são os chamados formadores do relevo, por meio de eventos de tectonia, abalos sísmicos e vulcanismo.

Os estudos referentes ao tectonismo são evidentes no que se refere aos processos que ocorrem no limite de uma placa tectônica. São eles: limite transformante (conservativo), divergente (construtivo) e convergente (destrutivo).

Os processos externos (exógenos) estão relacionados à modelagem do relevo, ou seja, fatores como ação da água, dos ventos, da temperatura e dos organismos vivos sobre as rochas, inclusive a ação do homem sobre as rochas e formas, resultando na desintegração (erosão), remoção, transportes dos fragmentos rochosos e modificação das morfologias.

4. PROCEDIMENTOS TÉCNICO-OPERACIONAIS

A figura 15 apresenta o fluxograma relativo às atividades realizadas para o desenvolvimento da presente pesquisa.

4.1. Levantamento Bibliográfico

A condução desta pesquisa se materializa por meio da análise extensiva da literatura especializada, englobando teses, dissertações, artigos científicos e anais de conferências na área da Ciência Geográfica, direcionada para às temáticas do mapeamento geomorfológico.

Essa etapa foi baseada nos seguintes autores: Ab'Saber (1960); Barbosa (1968); Almeida (1977); Christofolletti (1980); Ross (1985); Viana (2000); Ross (2001); Cunha (2001); Rossetti (2008); Florenzano (2008); Verstapen (2008); Teixeira (2009); Silva (2012) e Ross (2021).

4.2. Levantamento Cartográfico

O levantamento cartográfico da área de estudo teve como base principal o projeto “Geodiversidade da Ilha do Maranhão”, desenvolvido na escala de 1:60.000. Complementarmente, foram vetorizadas curvas de nível com equidistância de 5 metros, pontos cotados e a rede de drenagem das bacias localizadas entre as porções sudeste e nordeste da Ilha do Maranhão. Esses dados foram obtidos a partir das cartas planialtimétricas da DSG/ME-MINTER (Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério do Exército), de números 26, 32, 33, 34, 40, 41 e 42, datadas de 1980, na escala de 1:10.000. Também foram utilizados como referência os bancos de dados de Silva (2012) e do Grupo de Geomorfologia e Mapeamento (Geomap) da Universidade Estadual do Maranhão.

No processo cartográfico, destacou-se a interpretação de imagens de satélite, uma técnica fundamental para análise geográfica e ambiental. Foram utilizadas imagens do Google Earth e de radar, que possibilitaram a observação detalhada da superfície terrestre sob diferentes ângulos e escalas. A interpretação visual seguiu critérios como tonalidade, forma, sombra, textura, padrão e localização dos elementos na paisagem. Essas imagens permitiram a identificação e classificação de diferentes formas de relevo,

como morfologias denudacionais — resultantes da erosão e desgaste das rochas — e morfologias agradacionais — formadas pela deposição de sedimentos (Silva, 2012).

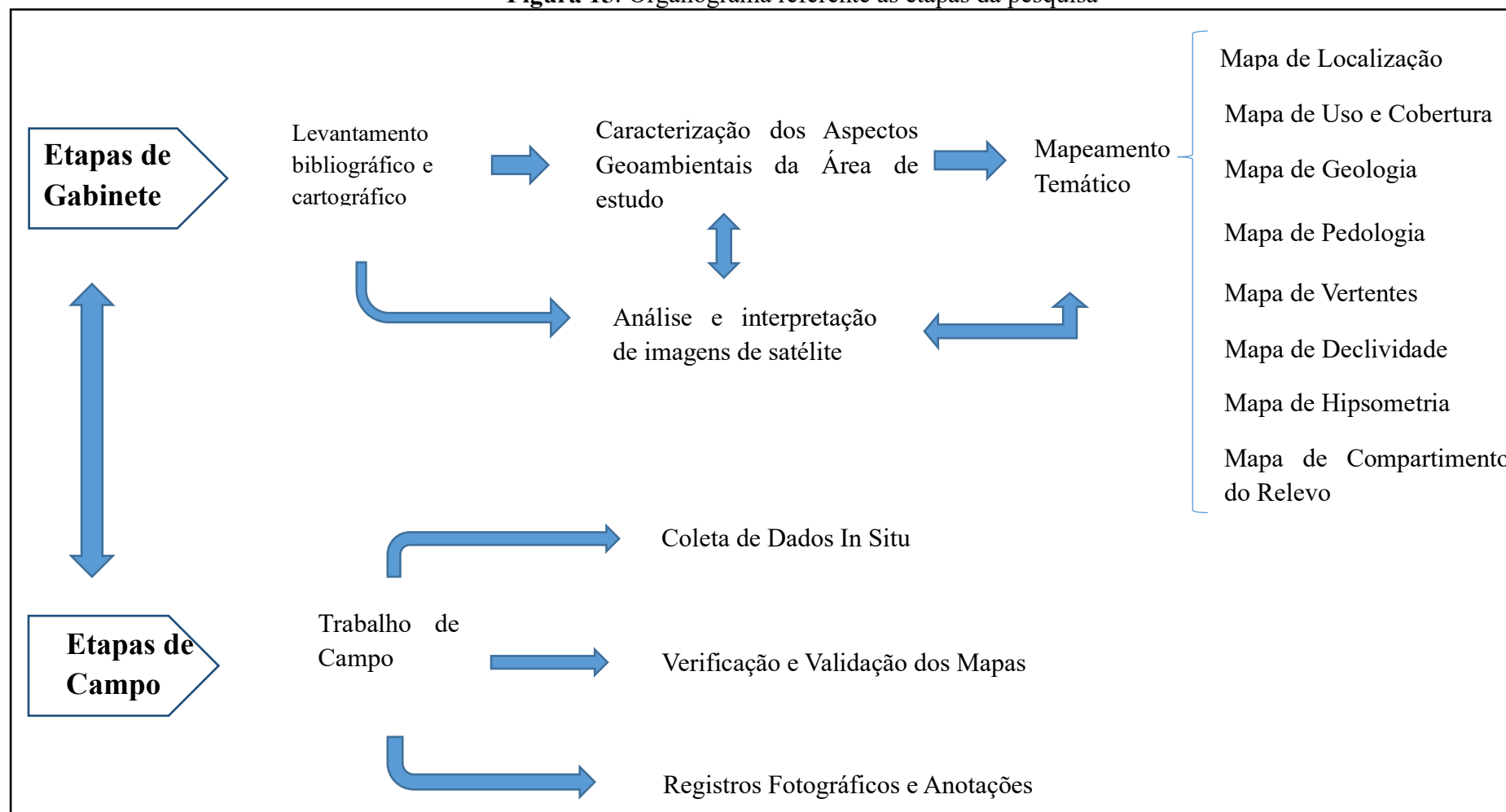
Além disso, foram analisadas texturas isotrópicas (uniformes em todas as direções) e anisotrópicas (variáveis conforme a direção), auxiliando na distinção de áreas com dissecação homogênea e regiões influenciadas por estruturas geológicas, pedológicas e geomorfológicas. A partir dos mapas topográficos, foram realizadas medições da profundidade de dissecação (diferença de altitude entre o topo e o fundo dos vales) e da dimensão interfluvial (distância entre divisores de água), fundamentais para a delimitação das formas de relevo.

As curvas de nível extraídas das cartas da DSG também foram essenciais para identificar feições como colinas e tabuleiros. Já para a distinção de planícies de maré, planícies fluviais e encostas, foram utilizados modelos de declividade, gerados a partir da base topográfica da área de estudo. Dessa forma, o levantamento cartográfico integrou dados vetoriais, altimétricos e de sensoriamento remoto para a caracterização precisa da paisagem geomorfológica da Ilha do Maranhão.

4.3. Caracterização dos Aspectos Geoambientais da Área

A caracterização geoambiental da área de estudo contém as análises realizadas a partir dos dados de litoestratigrafia e de solos da área de estudo. Esses dados foram encontrados nas publicações especializadas de diversos autores.

Figura 15: Organograma referente às etapas da pesquisa



Fonte: Própria pesquisa (2025)

Neste documento não foram apresentados dados de clima, drenagem e de uso e cobertura da terra. É sabido que são dados fundamentais para a pesquisa e deveriam estar neste trabalho. Para a apresentação do texto final, esses dados serão apresentados.

4.4.Mapeamento Temático

O mapeamento temático refere-se à elaboração dos mapas de localização, geologia, pedologia, compartimentos do relevo, hipsometria, declividade e de vertentes da bacia hidrográfica do Jeniparana, situada na porção sudeste da Ilha do Maranhão.

✓ Mapa de localização

Este mapa foi elaborado a partir das bases de dados da Ilha do Maranhão produzidas por diversas pesquisas realizadas por docentes e discentes do Grupo de Pesquisa Geomap, do Programa de Pós-Graduação e do Curso de Graduação em Geografia da UEMA.

✓ Mapa de Uso e Cobertura

Para a elaboração do mapa de uso e cobertura da terra foram baixadas imagem do earth. Referente ao mês de dezembro de 2023, foi feita o georreferenciamento para o Sistema de Coordenadas Métricas utilizado em todo o trabalho. Em seguida, foi preciso recortar as imagens para a área de estudo e colocá-las no Arcgis, no programa foi feita a classificação supervisionada, utilizando o método Maxver (maximoverosmelhança) com o *puglin Image Classification*.

Depois foram digitalizados os polígonos para 4 classes de uso e cobertura, a saber: solo exposto, água, vegetação e área construída. Com o processamento dos polígonos, foi necessário fazer correções, já que a classificação gerou alguns resultados distintos da realidade.

✓ Mapa de Geologia

O mapa de geologia foi desenvolvido no software QGIS, utilizando a base de unidades litológicas fornecida pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), conforme

apresentada no livro "Geodiversidade da Ilha do Maranhão" de 2018. Durante o processo, a classificação original da CPRM (2018) foi modificada devido a divergências relacionadas à unidade litológica do grupo Itapecuru, que aflorava apenas em determinados pontos da Ilha do Maranhão. Dessa forma, a nomenclatura do grupo Itapecuru foi repensada para se utilizara a formação pós-barreiras. Além disso, os polígonos da base da CPRM foram ajustados, considerando a escala utilizada de 1:25.000, e refinados com base na drenagem e na análise de imagens de satélite.

✓ Mapa de Pedologia

O mapa de pedologia foi elaborado utilizando o software QGIS, a partir de dados vetorizados do Sistema de Informações Geográficas (SIG) de Geodiversidade da Ilha do Maranhão, fornecidos pelo CPRM em 2018. As nomenclaturas das unidades pedológicas foram definidas de acordo com o padrão adotado pela companhia, e a coloração seguiu as diretrizes do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SIBCS), conforme estabelecido pela EMBRAPA em 2018. Durante a classificação no software, foi realizada uma correção nos polígonos, visando torná-los mais sinuosos e buscando representar a realidade local.

✓ Mapa de Compartimentos do Relevo

Este mapa foi elaborado a partir das cartas planialtimétricas da DSG (1980), n°. 26, 32, 33, 34, 40, 41 e 42, escala de 1:10.000 (escala de trabalho) da Ilha do Maranhão. A partir destas cartas, foi possível mensurar o limite territorial da bacia, a partir da identificação dos divisores d'água por meio das curvas de nível, pontos cotados e análise das imagens de satélite. Com base nesta informação, foi estabelecido a área de abrangência da bacia, culminando na criação de um mapa de localização na escala de 1:60.000 (escala de apresentação).

Além da delimitação de cada unidade de relevo, decidiu-se criar outros planos de informação com a inserção de dados espaciais considerados fundamentais para o trabalho, como a drenagem e as estradas. Estas informações foram espacializadas a partir das cartas planialtimétricas digitais da DSG (1980), n°. 26, 32, 33, 34, 40, 41 e 42, escala de 1:10.000 da Ilha do Maranhão.

Com base na análise visual adotadas em campo, na interpretação de imagens pelo Google Earth e nas características das morfologias ocorrentes na área, optou-se por elaborar os mapas temáticos, mais especificamente a elaboração do mapa geomorfológico, tem base principal, a geologia, hipsometria e declividade, assim como a morfogênese e a morfodinâmica, a partir das características da vegetação interpretadas por meio de observações de imagens de satélite da área de estudo e com base na análise das curvas de nível vetorizadas pelo grupo de pesquisa em geomorfologia e Mapeamento da Universidade Estadual do Maranhão - GEOMAP.

A elaboração do mapa de relevo da bacia hidrográfica do rio Jeniparana seguiu um processo detalhado e meticuloso, com base nos trabalhos de Silva (2012), Ross (1992) e CPRM (2018). Inicialmente, foi realizado o recorte das curvas de nível, delimitando o limite da bacia, utilizando curvas vetorizadas que cobrem toda a Ilha do Maranhão. Essas curvas foram elaboradas pelo grupo de pesquisa Geomorfologia e Mapeamento (GEOMAP).

Devido à escala da área de estudo ser maior, foi necessário realizar correções nas curvas de nível. Essas correções foram feitas no software ArcGIS versão 10.5, utilizando a ferramenta "Explodir", que permitiu organizar as curvas de maneira adequada para a continuação da análise.

Com as curvas de nível devidamente organizadas, prosseguiu-se para a identificação das feições de colinas esparsas, que possuem altitudes variando entre 20 metros e 60 metros, conforme descrito por Florenzano (2008). Para auxiliar nessa identificação, foram utilizadas imagens de satélite provenientes do Google Earth, analisadas no QGIS versão 3.28. Além disso, as características de declividade da área de estudo foram consideradas para aprimorar a análise.

As imagens de satélite do Google Earth foram fundamentais para identificar áreas específicas da bacia como as colinas, as planícies de maré, as planícies fluviais e as planícies de supramaré. Essas áreas foram reconhecidas principalmente pela cor, textura e rugosidade.

✓ Mapa de Hipsometria

A elaboração do mapa hipsométrico foi realizada por meio do software QGIS versão 3.18 na escala de 1:10.000. O procedimento iniciou-se com a criação do TIN (Triangulated Irregular Network), que representa o Modelo Digital de Elevação (MDE),

elaborado por meio do *software* ArcGIS versão 10.2, utilizando a licença EFL999703439. Para isso, as curvas de nível da área de estudo foram adicionadas ao dataview do programa.

Em seguida, o ArcToolbox foi ativado, e a ferramenta 3D Analyst Tools - Data Management (ou Tin Management, conforme a versão do programa) - Create TIN foi utilizada para gerar o MDE. Após a criação do TIN, aplicou-se a sequência de cores do círculo psicrométrico para representar as variações altimétricas.

As classes hipsométricas foram definidas com base nas características da área de estudo, sendo estabelecidas nove classes, cada uma dividida em intervalos de 5 metros, abrangendo uma variação altimétrica de 5 a 50 metros. O mapa resultante reflete com precisão a distribuição altimétrica da região, facilitando a análise e interpretação do relevo.

✓ Mapa de Declividade

A elaboração do mapa de declividade foi realizada em etapas detalhadas. Primeiro, foi gerado o TIN, após esse procedimento criou-se uma cópia e classificou-se, após isso, ajustou-se para a face slope, o MDE foi importado para o QGIS, onde gerou-se a planialtimetria da área, permitindo a análise em três dimensões da variação altimétrica da superfície.

Posteriormente, a imagem altimétrica foi convertida para o sistema UTM (Universal Transversa de Mercator), utilizando a ferramenta de reprojeção de dados do QGIS. Essa conversão garantiu a precisão necessária para as análises subsequentes.

Com a imagem já convertida, foi gerado o mapa de declividade, aplicando uma análise de terreno no QGIS. Os dados de declividade foram expressos em porcentagem, com variação entre 0% e 8%. O processamento foi executado com sucesso, resultando em um mapa que detalha as inclinações das encostas na área estudada.

Para facilitar a interpretação, foi adicionada uma escala de cores ao mapa. As cores foram ajustadas de acordo com a variação de declividade, indo de tons claros para as áreas com menor declividade até tons escuros para as de maior declividade. Essa classificação foi verificada e demonstrou-se clara e de fácil compreensão.

✓ Mapa de Vertentes

A elaboração do mapa de curvatura vertical e horizontal das vertentes foi de fundamental importância no estudo do comportamento morfológico e na tendência da área em apresentar problemas relacionados a enchentes e inundações, movimentos de massa, entre outros. Essa etapa foi realizada no software QGIS, na versão 3.18, a partir da criação do MDE, utilizando-se a classificação de Valeriano (2008), a qual identificou três tipos de vertentes que representaram as curvaturas horizontal e vertical do terreno associadas, resultando em nove classes. O mapa foi classificado de acordo com a literatura mencionada, considerando os tipos: Convergente Côncava, Convergente Convexa, Convergente Retilínea, Divergente Côncava, Divergente Convexa, Divergente Retilínea, Planar Côncava, Planar Convexa e Planar Retilínea.

4.5. Trabalho de Campo

Durante os dias 22 a 26 de abril de 2024, foram realizados trabalhos de campo com o objetivo de identificar as características morfográficas da área em estudo. Para isso, foram utilizados diversos recursos e equipamentos especializados que permitiram uma análise detalhada e precisa do terreno.

Inicialmente, utilizou-se uma série de mapas, incluindo o mapa litoestratigráfico, que permitiu a identificação das unidades rochosas e as características geológicas da região. O mapa de Solos foi fundamental para analisar a composição e a distribuição dos diferentes tipos de solo presentes na área, enquanto o mapa Topográfico forneceu informações sobre a elevação e as variações do relevo. Além disso, as características de drenagem presente nos mapas auxiliaram na identificação dos padrões de escoamento das águas.

A identificação dos compartimentos de agradação e dissecação foi uma parte crucial do trabalho. Os compartimentos de agradação são áreas onde ocorre predominantemente o acúmulo de sedimentos, enquanto os de dissecação são relevos onde há maior erosão e remoção de materiais. A análise desses compartimentos foi essencial para entender a dinâmica morfológica da área e os processos geológicos em curso.

Para complementar a análise cartográfica foram realizados registros fotográficos com uma máquina fotográfica digital. Esses registros forneceram uma documentação visual das características observadas em campo, facilitando a análise posterior e a comparação com os dados coletados. Além disso, o uso de um GPS permitiu o registro preciso das altitudes e das coordenadas geográficas de pontos de interesse, garantindo a exatidão na localização dos dados obtidos.

5. ASPECTOS GEOAMBIENTAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JENIPARANA

Neste capítulo serão apresentados dados geoambientais relacionados às características Fisiográficas da bacia hidrográfica do rio Jeniparana, Uso e cobertura da terra da área, Litoestratigráficas e Pedologia. Esses dados são fundamentais para o entendimento dos compartimentos geomorfológicos da área de estudo.

5.1. Características Fisiográficas da área de estudo

A compreensão dos regimes climáticos de uma determinada localidade possibilita a análise aprofundada de sua dinâmica atmosférica, especialmente no que se refere à distribuição das chuvas. O comportamento climático, nesse contexto, revela-se como fator essencial para entender como ocorrem eventos relacionados à hidrologia e à geomorfologia, como enchentes, enxurradas, alagamentos, inundações e erosões.

O clima interfere diretamente em aspectos geológicos e físicos da paisagem, tais como a composição litológica, o modelado do relevo, a formação dos solos e o sistema de drenagem. Ao se compreender o regime das precipitações, é possível interpretar com mais clareza os fenômenos que moldam o relevo de maneira natural ou intensificados por ações antrópicas.

A classificação climática de um território representa um dado crucial para o planejamento territorial, urbano e ambiental. Segundo Ayoade (1996), o clima é um elemento determinante entre os fatores físicos do ambiente, exercendo forte influência sobre os seres vivos — incluindo os humanos —, sobre a vegetação, os solos e até sobre a degradação das rochas, por meio dos processos de intemperismo.

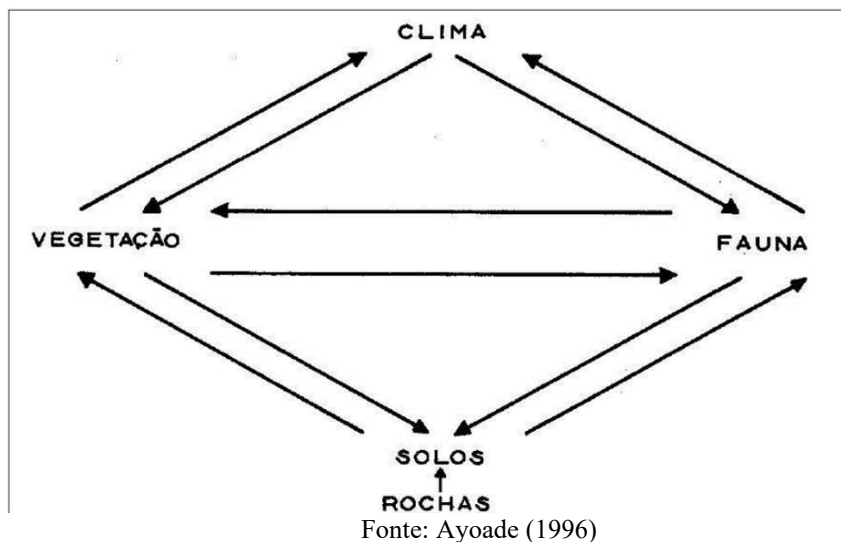
Em razão disso, é possível afirmar que o clima tem papel fundamental na organização espacial dos organismos vivos, guiando sua distribuição em função das condições climáticas predominantes.

Entre as diversas variáveis geoambientais existentes na Terra, o clima se destaca como uma das mais relevantes, pois influencia diretamente os processos que ocorrem nas esferas da biosfera, hidrosfera e litosfera (FRANÇA, 2019).

Dentre todas as características geoambientais existentes no planeta Terra, o estudo do clima pode ser considerado como central e norteador para o entendimento dos demais aspectos, uma vez que este influencia os processos atuantes na biosfera, hidrosfera e litosfera” (FRANÇA, 2019, p. 100).

Conforme destacado por Ayoade (1996), o clima participa ativamente das inter-relações ecológicas, estabelecendo conexões entre a vegetação, a fauna, o solo e as rochas. Essas interdependências estão ilustradas na figura 00.

Figura 16: O clima e suas inter-relações



A atuação climática, portanto, incide de forma direta ou indireta sobre a conformação das paisagens físicas, influenciando na formação e evolução das feições morfológicas. Sobre isso, Ayoade (1996, p. 2) afirma que o entendimento dos processos pedológicos, geomorfológicos e ecológicos — e das formas resultantes — depende fundamentalmente do conhecimento das condições climáticas presentes e passadas.

Ayoade (1996) ainda define o clima como o resultado da média dos estados do tempo atmosférico observados ao longo de um período considerável, entre 30 e 35 anos. Já o tempo, por sua vez, é entendido como uma condição atmosférica de curta duração. Com isso, compreende-se que o clima somente pode ser descrito por meio de observações continuadas e sistemáticas.

Em áreas urbanas, conforme observa Costa (2018, p. 80), as ações humanas modificam o comportamento climático, afetando diretamente os padrões de precipitação.

Por isso, este estudo considera a análise das chuvas incidentes sobre a bacia hidrográfica do rio Jeniparana, localizada em parte nos limites do município de São Luís e, majoritariamente, no município de São José de Ribamar.

O Maranhão apresenta predominantemente clima tropical, com temperaturas médias anuais superiores a 26 °C. As chuvas, por sua vez, variam ao longo do território, com índices anuais que vão de aproximadamente 700 mm na porção central do estado até mais de 2200 mm na região norte (UEMA, 2019).

Vários sistemas meteorológicos influenciam o clima maranhense, entre eles destaca-se a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)², sendo este o principal sistema responsável pelas chuvas ao norte do estado, incluindo a Ilha do Maranhão (PINHEIRO, 2017).

Pinheiro (2018, p. 96) considera a ZCIT como o mecanismo zonal mais determinante para a configuração climática da capital maranhense, São Luís.

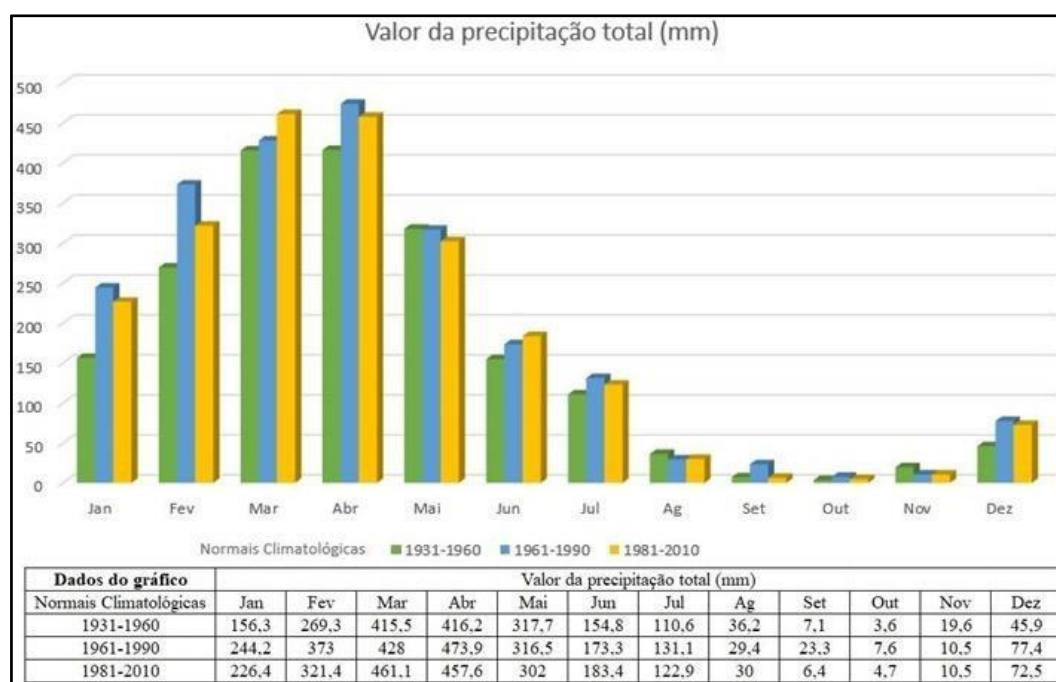
Com base na classificação de Köppen (1936), Pinheiro (2018) caracteriza o clima de São Luís como Tropical Típico Aw', ou seja, tropical com chuvas concentradas nos meses de verão e outono.

Segundo Sousa (2009), o padrão climático da Ilha do Maranhão apresenta dois períodos distintos: um chuvoso, que ocorre entre os meses de janeiro e junho, e um seco, que se estende de julho a dezembro. A partir dessas observações e de outros estudos, o clima da Ilha é definido como tropical úmido, com verão chuvoso e inverno seco, enquadrando-se no tipo Aw, com traços equatoriais (SILVA, 2012).

Ainda de acordo com Pinheiro (2017), entre todos os elementos atmosféricos, a pluviosidade é o que mais interfere na estruturação do espaço urbano, podendo causar transtornos tanto pela escassez quanto pela intensidade. Diante disso, foi analisado o comportamento das normais climatológicas e dos volumes mensais e diários de precipitação acumulada na Ilha do Maranhão, área onde se insere a bacia estudada.

As normais climatológicas dos períodos de 1931-1960 e 1961-1990 revelam um acréscimo de 20,5 mm de chuva para o mês de julho. Já na normal de 1981-2010, a média mensal de precipitação para esse mês é de 122,9 mm, como ilustrado na figura 00.

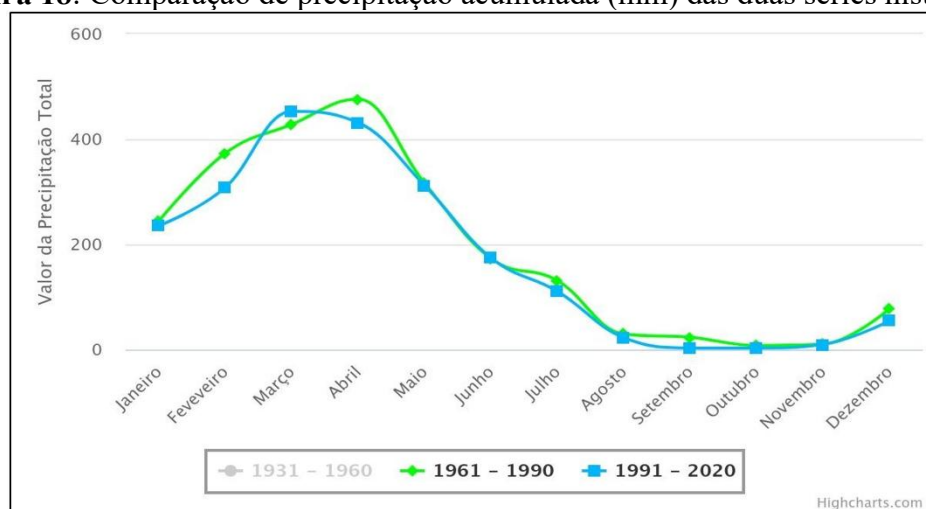
² Conforme a Fuceme (2002), a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é uma faixa de nebulosidade persistente próxima ao Equador, formada pela convergência dos ventos alísios dos hemisférios norte e sul. Essa convergência provoca a ascensão do ar quente e úmido, o que resulta na formação de nuvens e chuvas intensas nas regiões equatoriais.

Figura 17: Comparativo das Normais Climatológicas

Fonte: Adaptado de Costa (2018).

As normais em questão apontam ainda uma elevada concentração de chuvas entre janeiro e maio, sendo abril o mês mais chuvoso na normal de 1961-1990, com 473,9 mm. A normal de 1981-2010, por outro lado, apresenta um padrão mais uniforme entre janeiro e julho, com todos esses meses superando os 100 mm de precipitação.

O comportamento pluviométrico entre os períodos 1961-1990 e 1991-2020 pode ser analisado no Figura 18.

Figura 18: Comparação de precipitação acumulada (mm) das duas séries históricas

Fonte: INMET, 2024.

Nessa comparação, nota-se uma queda nas médias mensais de chuvas durante o mês de julho na série mais recente. Em geral, os totais mensais de 1991 a 2020 são menores que os de 1961 a 1990, o que pode resultar em alterações significativas no clima local.

Entre os efeitos observados estão o aumento da temperatura, a formação de ilhas de calor e a ocorrência de chuvas mais intensas em curtos períodos, o que se relaciona diretamente com os desastres hidrológicos registrados na Ilha do Maranhão. Tais eventos estão associados à combinação de elevados volumes de chuva em poucas horas, ocupações irregulares e deficiência nos sistemas de microdrenagem.

Para Pinheiro (2018), a intensidade pluviométrica exerce grande influência na configuração do espaço urbano, podendo provocar desastres como inundações, alagamentos e enxurradas, principalmente quando os volumes superam os padrões considerados normais.

Com base nas séries históricas, o mês de março destaca-se como o mais chuvoso do ano apresentando pequena variação entre os anos. Esse período coincide com os eventos de maior frequência de alguns fenômenos hidrogeomorfológicos, como por exemplo as inundações, na Ilha do Maranhão e, por conseguinte, na bacia hidrográfica rio do Jeniparana.

Na série histórica de 1961 a 1990, o período chuvoso (janeiro a julho) acumulou 2.142 mm de precipitação, enquanto o período seco (agosto a dezembro) somou apenas 148,2 mm, totalizando 2.290,2 mm. Como apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Balanço da precipitação dos anos de 1961-1990

Precipitação da Série Histórica 1961-1990 (mm)							
Período Chuvoso							
Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Total
244,2	373	428	475,9	316,5	173,2	131,1	2.142
Período Seco							
Agosto	Setembro	Outubro	Novembro		Dezembro		Total
29,4	23,3	7,6	10,5		77,4		148,2

Fonte: Elaborado a partir de INMET (2024).

Já na série de 1991 a 2020, o período chuvoso apresentou 2.024,7 mm e o seco 92,4 mm, resultando em um total anual de 2.117,1 mm. Como demonstrado na tabela 3 Isso representa uma redução de 173,1 mm entre os dois intervalos, evidenciando uma diminuição significativa no volume pluviométrico ao longo do tempo.

Tabela 3: Balanço da precipitação dos anos de 1991-2020

Precipitação da Série Histórica 1990-2020 (mm)							
Período Chuvoso							
Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Total
235,4	308	452,8	431,4	312	174,3	110,8	2.024,7
Período Seco							
Agosto	Setembro	Outubro	Novembro		Dezembro		Total
22,5	2,9	2,8	9,7		54,5		92,4

Fonte: Elaborado a partir de INMET (2024).

5.2. Uso e cobertura da terra

A presença humana sobre a superfície terrestre se intensifica de forma progressiva e articulada, condicionada por mecanismos de ocupação, normas de uso, restrições e práticas de mitigação. Tal processo está diretamente relacionado à forma como os seres humanos se apropriam dos compartimentos geomorfológicos do território.

O relevo, por oferecer suporte físico, é uma das primeiras estruturas naturais utilizadas para ocupação e transformação territorial. É nele que se instalam grandes obras como rodovias, ferrovias, indústrias e empreendimentos energéticos. Cassetti (2005) ressalta que, para interpretar corretamente o relevo, é fundamental conhecer sua trajetória evolutiva. Ele destaca que o relevo, tal como é hoje, é resultado de transformações contínuas e afirma:

“A análise geomorfológica de uma determinada área implica obrigatoriamente o conhecimento da evolução que o relevo apresenta, o que é possível se obter através do estudo das formas e das sucessivas deposições de materiais preservadas, resultantes dos diferentes processos morfogenéticos a que foi submetido” (Cassetti, 2005, p. 01).

Assim, os aspectos que evidenciam a mudança morfológica do relevo estão ligados aos processos primários, ou seja, à morfogênese, que marca o início de sua modelação.

A literatura geomorfológica destaca que o relevo é representado por suas formas visíveis. Nesse sentido, Christofolletti (1980, p. 1) define que:

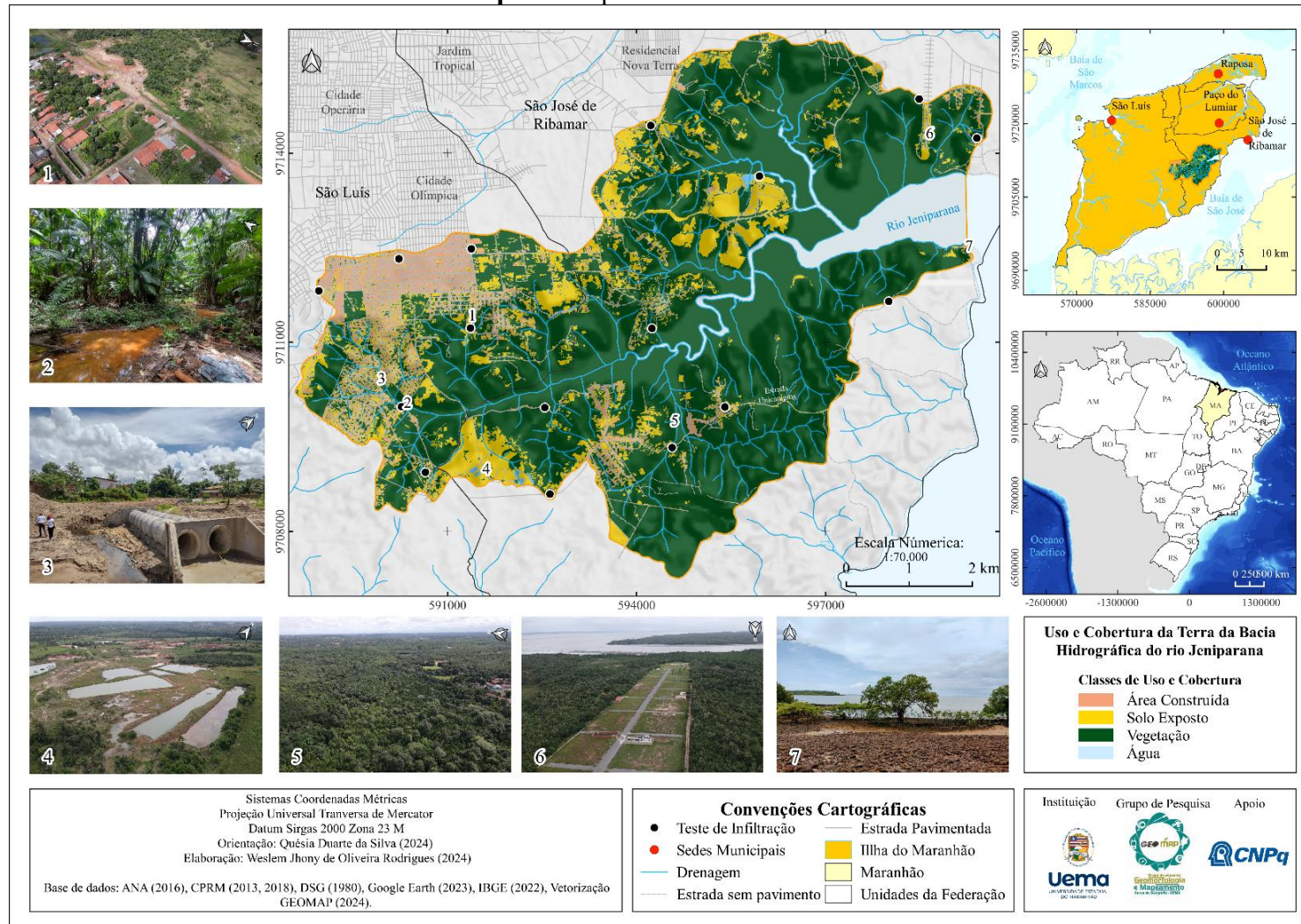
“As formas do relevo representam a expressão espacial de uma superfície compondo as diferentes configurações da paisagem morfológica. É o seu aspecto visível, a sua configuração, que caracteriza o modelado topográfico de uma área.”

Para compreender as mudanças nessas formas, é preciso entender os processos que as geram. Tais processos são sequências organizadas de ações naturais que resultam em produtos específicos, como vales, morros ou planícies. Essa relação entre formas e processos é a base do chamado sistema geomorfológico (Christofolletti, 1980).

Entre os tipos de sistema, destaca-se o de processos e respostas, que resulta da interação entre sistemas morfológicos e sistemas em sequência, esse é melhor representado no capítulo 3 (três) p.36, Mapeamento geomorfológico: revisão teórica e metodológica, que trata das características do estudo dos sistemas propostos por Christolofolletti, 1980 (Sistema Geomorfológico).

Na bacia hidrográfica do rio Jeniparana, o levantamento de uso e cobertura do solo identificou quatro classes principais: áreas construídas, solos expostos, corpos d'água e vegetação como apresentado no mapa 2. Dentre essas, a vegetação secundária apresenta maior representatividade, cobrindo 70,40% da área (Tabela 4).

Mapa 2: Mapa de Uso e Cobertura da Terra



Fonte: Rodrigues (2024).

Tabela 4: Tipos de Uso e Cobertura da bacia hidrográfica do Jeniparana

Tipo de Uso	Área em Km²	Área em %
Vegetação	35,56	70,40
Solo exposto	8,48	16,78
Área construída	4,05	8,01
Água	2,42	4,79
Total	50,51	

Fonte: própria pesquisa (2024).

Segundo Filho et al. (2015), a cobertura vegetal desempenha papel fundamental na conservação dos recursos hídricos e do solo. No caso da bacia estudada, cerca de 37,36 km² são cobertos por vegetação (Figura 19).

Figura 19: Vista aérea da vegetação da bacia hidrográfica do Jeniparana

Fonte: Própria pesquisa (2024).

Entretanto, é comum a remoção dessa vegetação, sobretudo dos manguezais, para fins como construções civis e produção de embarcações. Essa prática compromete tanto a integridade das margens litorâneas quanto os ecossistemas marinhos.

Também foram identificadas áreas destinadas à silvicultura de eucalipto, em maior ou menor escala, além de vegetação arbustiva e arbórea. Algumas áreas com vegetação mais densa são rodeadas por residências ou empreendimentos industriais. Um exemplo é a empresa Frango Americano, localizada em Boa Viagem, São José de Ribamar, ao lado de um loteamento. Nesse local, há descumprimento da Lei nº 12.651/2012 (Brasil, 2012), que trata da preservação das margens dos corpos d'água (Figura 20).

Figura 20: Loteamento na margem direita próxima à foz do Jeniparana



Fonte: Própria pesquisa (2024).

As áreas de solo exposto, que correspondem a cerca de 27% da bacia, estão ligadas principalmente à atividade mineradora, como extração de areia, laterita e também ao engarrafamento de água (Figura 21).

Durante os trabalhos de campo, observou-se que há violação à Lei nº 12.651/2012 e ao novo Plano Diretor de São Luís, principalmente em relação às Áreas de Preservação Permanente (APPs), conforme trecho abaixo:

“§5º A não figuração de cursos d’água, rios perenes, rios intermitentes, valas, córregos, riachos e outros acidentes geográficos encontrados nas condições definidas no §5º constitui falta grave, invalidando a aceitação de qualquer projeto, mesmo já licenciado e em execução, devendo a obra ser embargada, incontinenti, após a constatação dos fatos” (São Luís, Lei nº 7.122, de 12 de abril de 2023).

Figura 21: Empresas de mineração na bacia hidrográfica do Jeniparana



Fonte: Própria pesquisa (2024).

Esses descumprimentos apontam para falhas na fiscalização ambiental. Os impactos não são apenas ecológicos, mas também sociais e sanitários, provocando conflitos entre comunidades locais e empresas.

As áreas urbanizadas estão concentradas no tabuleiro, sendo relativamente reduzidas se comparadas com outras bacias da Ilha do Maranhão. Ainda assim, a tendência é de expansão urbana com o tempo.

O Sistema de Informação Geográfica da Mineração (SIGMINE) identificou 22 processos minerários ativos na área, incluindo uma empresa de engarrafamento de água mineral. A exceção é a Indaiá Brasil Águas Minerais LTDA, atualmente inativa. As demais atuam principalmente com extração de areia e laterita.

Segundo a SEMA (1998b), as áreas construídas podem ser classificadas de duas formas: Áreas urbanizadas, caracterizadas por moradias padronizadas e consolidadas, geralmente associadas ao setor terciário e Áreas de ocupação, regiões onde predominam habitações informais, sem documentação legal de posse. Este segundo tipo é o mais frequente na área em análise. De acordo com a figura 22.

Figura 22: Áreas construídas na bacia hidrográfica do Jeniparana



Fonte: Própria pesquisa (2024)

Por fim, aspectos como a geologia e os tipos de solo da região foram determinantes para a compreensão das feições morfológicas da bacia do Jeniparana.

5.3. Características Litoestratigráficas e Pedológicas

Nesse sentido, os aspectos geológicos foram classificados em Grupo Barreiras, Depósitos Aluviais e Coluvionaris e Depósitos de Mangues. Por outro lado, os aspectos de solos foram organizados em Neossolo Quartzarênico Órtico, Argissolo Vermelho Distrófico, Argissolo, Vermelho-Amarelo Distrófico, Gleissolos Háplicos e Solos Indiscriminados de Mangue.

A Ilha do Maranhão está localizada na região conhecida como Golfão Maranhense, conforme definido por Ab'Saber (1960). Essa área é parte da Zona Costeira e Estuarina do Maranhão (ZCEM), que se estende entre os litorais Ocidental e Oriental, segundo El-Robrini *et al.* (2006).

Essa ilha apresenta um ambiente costeiro complexo, com formas de relevo costeiras agradacionais e denudacionais e litologias aflorantes que são datadas do Paleógeno/Neógeno até o Holoceno.

Com relação as formas denudacionais ou agradacionais, Silva (2012) classifica, para a área de estudo, isto é, a bacia hidrográfica do rio Jeniparana, a morfologia em 6 (seis) formas da paisagem. Essas feições são denominadas como tabuleiros muito e pouco dissecados, Colinas; essas se enquadram nas classes denudacional, planícies de maré, fluvial e de supamaré, as quais se inserem na classe agradacional. Além disso, foram mapeadas áreas de extração mineral, ou seja, as formas tecnogênicas da bacia. A seguir, tem-se o detalhamento para este capítulo.

1) Geologia

A bacia costeira de São Luís é uma estrutura alongada que se desenvolveu em direção noroeste-sudeste, com atividade tectônica em falhas desde o Cretáceo até o período recente (Rosseti, 2006).

Segundo Petri e Fúlfaro (1983), sua origem está relacionada ao rebaixamento por falhamentos em degraus, formando grabens. Com uma área de aproximadamente 33.000 km², a bacia acumulou cerca de 4.500 metros de sedimentos, sendo 2.500 metros do Cretáceo e 2.000 metros do Cenozóico, os quais repousam sobre rochas do embasamento cristalino do Cráton de São Luís (Rodrigues *et al.*, 1994; Almeida, 2000; Veiga Júnior, 2000b).

As principais unidades litoestratigráficas que afloram na Ilha do Maranhão incluem a Formação Açuí, Grupo Barreiras, Paleógeno e Grupo Itapecuru (Membros Alcântara e Psamítico). Nesse sentido, as figuras 23 e 24 expressam de forma clara essas características.

Figura 23: Coluna estratigráfica da Bacia de São Luís

Era/Período		Unidades estratigráficas		Litologia	Formações Superficiais	Área (km ²)	%
Cenozóico	Quaternário	Holoceno	Formação Açuí	Areia fina a média, madura a submatura, com estratificação cruzada. Argila arenosa, maciça bioturbada.	QHa - Depósitos aluvionares e coluvionares	65,03	7,07
					QHf - Depósitos fluviolacustres / QHe - Depósitos eólicos litorâneos	8,43	0,92
					QHm - Depósitos de mangues	201,44	21,90
					QHm - Depósitos de mangues / QHa - Depósitos aluvionares e coluvionares	5,33	0,58
					QHml - Depósitos marinhos litorâneos	4,07	0,44
					QHml - Depósitos marinhos litorâneos / QHe - Depósitos eólicos litorâneos	17,42	1,89
	Terciário	Pleistoceno	Formação Açuí	Areia fina a média, madura a submatura, com estratificação cruzada. Argila arenosa, maciça bioturbada.	QPa - Depósitos de argilas adensadas com areias	1,18	0,13
					NQI - Coberturas lateríticas	Não quantificada	
					ENb - Formação Barreiras	616,74	67,06
					Ea - Paleogeno	Não quantificada	
Mesozóico	Cretáceo	Superior	Formação Itapecuru	Calcilitos, silte e areia muito fina, com argila, texturalmente imaturo, micáceo, estratificação plano-paralela.		Não quantificada	
Mesozóico	Cretáceo	Albiano	Formação Itapecuru	Arenito fino a médio, quartzo com feldspato, caulinizado, mica, nódulos ferruginizados, estratificação plano-paralela e cruzada.		Não quantificada	

Fonte: Silva (2012), adaptado de Rodrigues *et al.* (1994).

Levando em consideração a literatura especializada, as características litoestratigráficas da bacia hidrográfica do rio Jeniparana, Silva (2012) as classificam em Depósitos de Mangues, Depósitos Aluviais e Coluvionares e Grupo Barreiras.

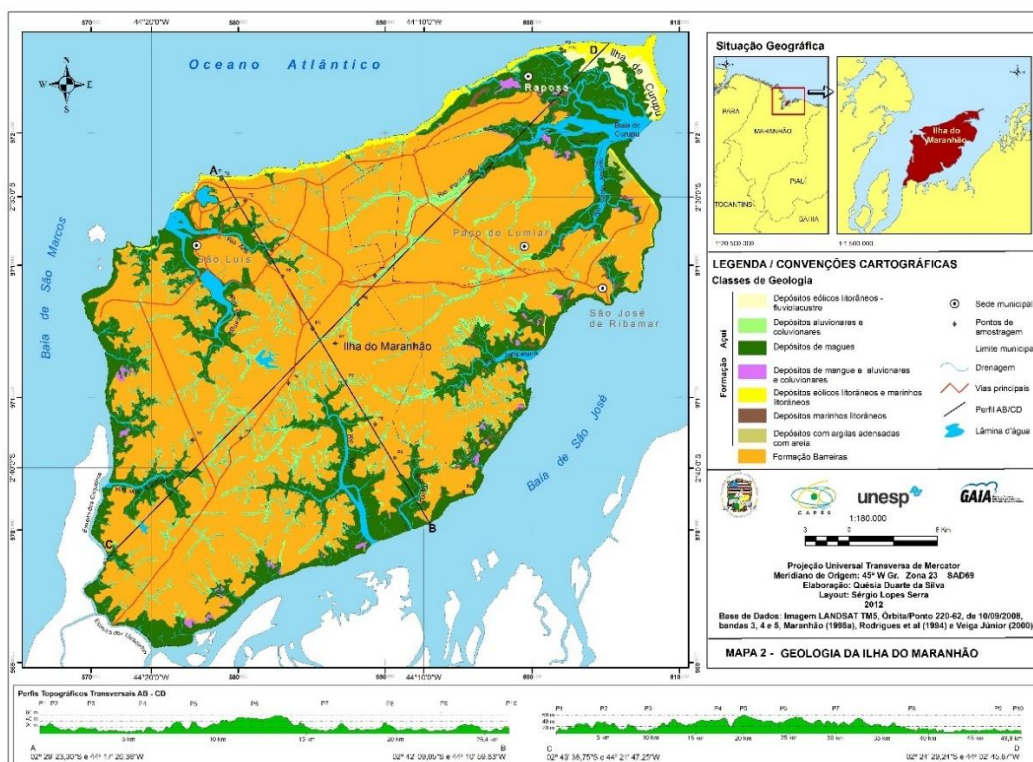
Nesse sentido, tanto os Depósitos de Mangues quanto os depósitos aluvionares e coluvionares são pertencentes à litologia da Formação Açuí, apresentando como características litológicas: areia finas a média, madura a submatura, com estratificação cruzada, argila arenosa, maciça bioturbada.

A Formação Açuí refere-se aos sedimentos do Quaternário, presentes em áreas mais baixas, como rias soterradas e mangues ao longo da costa plana. Os sedimentos do Pleistoceno e Holoceno da Formação Açuí são considerados do Quaternários, descritos por Rodrigues *et al* (1994), relacionados a episódios cenozóicos interglaciais, com origens marinha e eólica, principalmente ligados à dinâmica costeira.

A Formação Açuí está amplamente distribuída na área de estudo, representada por sedimentos Pleistocênicos e Holocênicos, formando substratos em manguezais e praias. Os sedimentos Holocênicos incluem Lamas de Manguê (QHg),

Aluviões e Coluviões fluviais (Qhal), areias marinhas (QHml), areias eólicas (Qhae) e dunas e areias flúvio-marinhos. As Lamas de Mangue são depósitos costeiros influenciados por marés, enquanto os aluviões são formados por areias em rios médios. Coluviões, mais restritos, consistem principalmente em material conglomerático de leques aluviais.

Figura 24: Espacialização litoestratigráfica da Ilha do Maranhão



Fonte: Silva (2012).

De forma mais específica, elevando a discussão ao eixo da pesquisa, a bacia hidrográfica do Jeniparana, situada em uma região de relevância geológica, é marcada por uma diversidade geológica específica para sua área, isto é, sua escala de observação. As formações rochosas presentes na área revelam uma história geológica intrigante, desde antigas sedimentações até processos tectônicos que moldaram o relevo ao longo do tempo. Esse extrato geológico desempenha um papel crucial na configuração do curso d'água e na formação dos ecossistemas aquáticos que compõem essa importante bacia hidrográfica.

Ainda segundo Almeida (2000) e Veiga Júnior (2000b), os depósitos de mangues, formados por processos de tração e suspensão subaquática, são encontrados em áreas sob influência das marés, nas fácies de intermaré e submaré rasa.

Esses depósitos consistem em lamas arenosas, plásticas, não adensadas, com uma estrutura maciça e bioturbada, que se encontram cobertas por vegetação de manguezal. No total, essa formação cobre cerca de 7,40 km², representando 14,65% da área total da bacia, que é de 50 km².

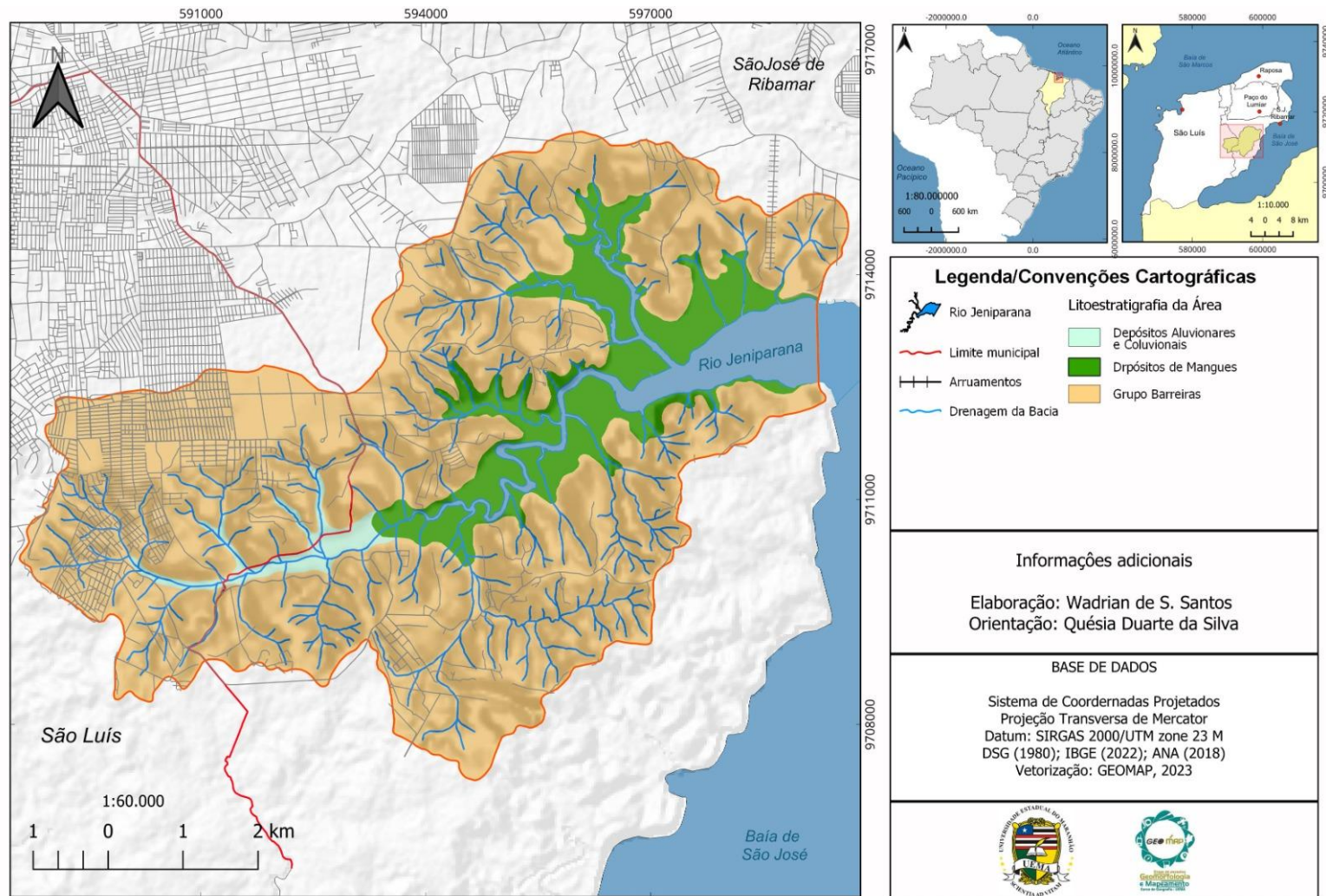
Já os sedimentos aluvionares e coluvionares estão distribuídos ao longo dos vales fluviais. Os aluvionares são caracterizados por depósitos de canal, barras de canal e planícies de inundação dos rios, formados por areias médias, mal selecionadas e quartzosas, que variam de submaturas a maduras, com intercalações de pelitos, desenvolvidos por tração subaquática. Esses depósitos correspondem a fácies de canal e barras fluviais (Almeida, 2000).

Por outro lado, o Grupo Barreiras (unidade litoestratigráfica) apresenta como características litológicas: areia fina a média, com concentrações ferruginosas, imatura, intercalações argilosas caulínicas. É identificada em três unidades de fácies: arenosa, areno-argilosa e argilosa, características de ambiente continental e fortemente afetadas pelo processo de laterização, aparecendo na base, encostas e topos dos tabuleiros e colinas.

Os sedimentos desta unidade são datados do Neógeno, são principalmente areno-argilosos com cores róseo-avermelhadas, siltitos maciços em tons de amarelo a ocre, ferruginizados e, por vezes, conglomeráticos e desorganizados. Apresentam um perfil imaturo com sedimentos soltos, argilosos, areias disseminadas, e nódulos ferruginosos, com espessura não ultrapassando 30 metros (Rodrigues *et al.*, 1994).

Os estudos de paleoambientes indicam um sistema transicional marinho com entrada significativa de água doce, típico de ambiente estuarino, e os sedimentos do Grupo Barreiras são datados como mesomiocenos. Na área da bacia hidrográfica do rio Jeniparana ocupa aproximadamente 41,05 km², isto é, 81,27% de toda a área (Mapa 3 e tabela 5).

Mapa 3: Mapa de unidades litoestratigráficas da bacia hidrográfica do Jeniparana



Fonte: Própria pesquisa (2025).

Tabela 5: Litoestratigrafia da bacia hidrográfica do Jeniparana

Unidades Litoestratigráficas	Área em Km ²	Área em %
Grupo Barreiras	41,05	81,27
Depósitos Aluviais e Coluvionaris	2,06	4, 07
Depósitos de Mangues	7,40	14, 65

Fonte: Própria pesquisa (2024).

2) Pedologia

No que diz respeito às características pedológicas de uma determinada área, a literatura especializada aponta que, os tipos de solos determinam a capacidade de infiltração da água em um ponto específico e ajudam a identificar regiões mais suscetíveis à erosão e sedimentação. Entretanto, a intensa ocupação humana em algumas áreas tem levado à degradação e desintegração de diferentes tipos de solo.

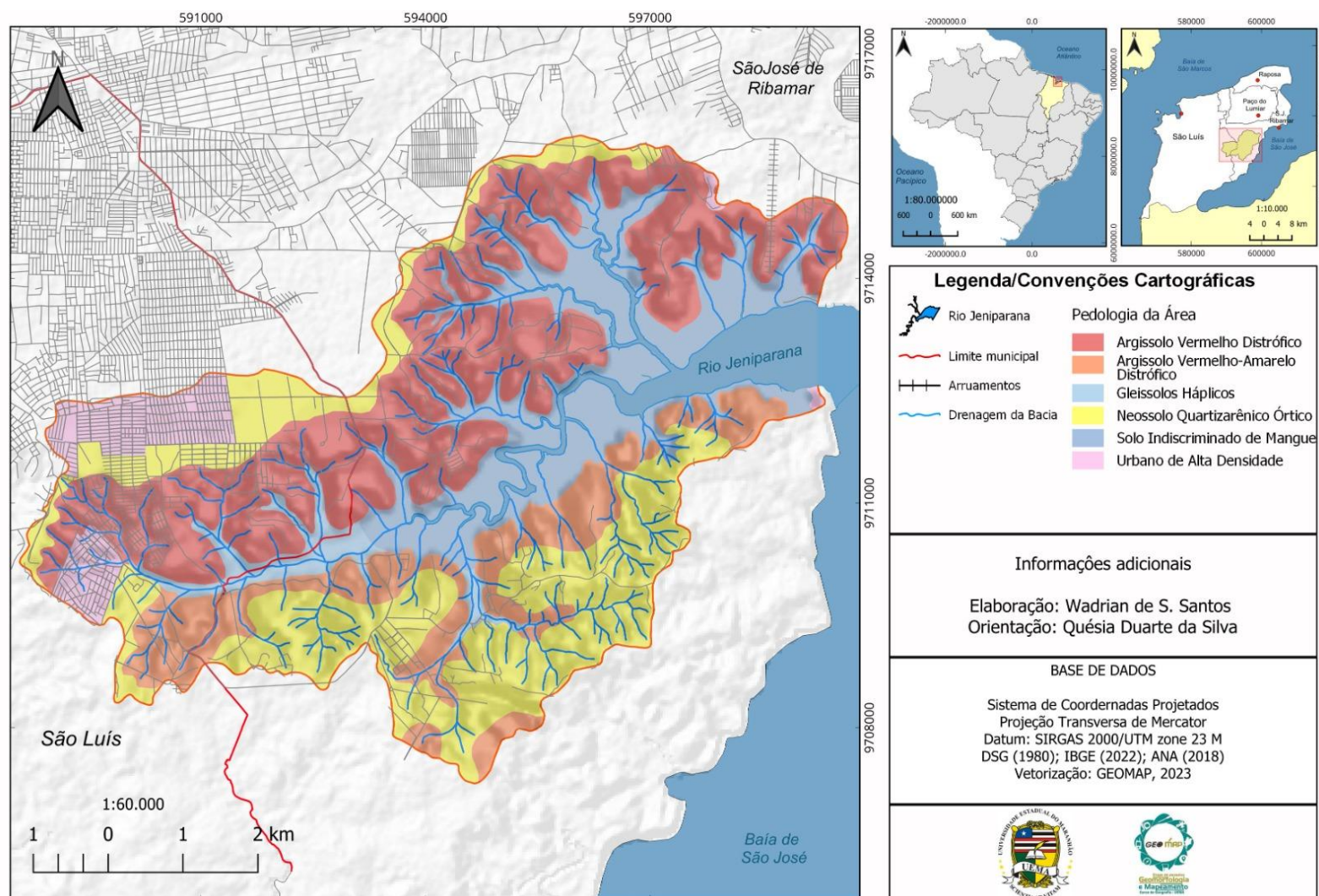
No caso da bacia hidrográfica do rio Jeniparana, os tipos de solo identificados são: Argissolos Vermelho Distrófico, Argissolos Vermelho-Amarelos Distrófico, Gleissolos Háplicos, Neossolos Quartzarênicos Órticos, Solos Indiscriminados de Mangue, além de áreas com alta densidade urbana. Estes dados estão apresentados na tabela 6 e no mapa 4.

Tabela 6: Unidades pedológicas da bacia hidrográfica do Jeniparana

Unidades Pedológicas	Área em Km ²	Área em %
Neossolo Quartzarênico Órtico	11,87	23,50
Argissolo Vermelho Distrófico	17,20	34,05
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	6,49	12,84
Gleissolos Háplicos	2,50	4,98
Solos Indiscriminados de Mangue	9,77	19,34

Fonte: Própria pesquisa (2024).

Mapa 4: Mapa de unidades pedológicas da bacia hidrográfica do Jeniparana



Fonte: Própria Pesquisa (2025).

a) Argissolos

Os Argissolos são solos que consistem em material mineral, com um horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E. Possuem argila de atividade baixa ou alta, desde que associada a uma saturação por bases baixa ou característica alumínica na maior parte do horizonte B (Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SIBCS, 2018).

Para serem classificados como Argissolos, devem também não atender aos critérios para Plintossolos (caso haja horizonte plântico) e Gleissolos (caso haja horizonte glei). Os Argissolos que ocorrem na área de estudo são: Argissolos Vermelhos; classificado em Argissolos Vermelho Distróficos (Solos com saturação por base <50% na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B – inclusive BA), e Argissolos Vermelhos-Amarelos, que por sua vez é classificado em Argissolos Vermelhos-Amarelos Distróficos (tendo a mesma definição que a classificação anterior de Argissolos) (SIBCS, 2018).

b) Gleissolos

Gleissolos são solos com horizonte glei iniciando-se nos primeiros 50 cm a partir da superfície ou a profundidade maior que 50 cm e menor ou igual a 150 cm, desde que abaixo de horizonte A, E, ou hístico com espessura insuficiente para Organossolos (SIBCS, 2018). Possuem horizonte vértico diagnóstico para Vertissolos, nem textura exclusivamente areia em todos os horizontes até 150 cm. Horizontes plânico, plântico, concrecionário ou litoplântico, se presentes, devem estar abaixo de 200 cm da superfície do solo.

c) Neossolos

Neossolos são solos pouco evoluídos com menos de 20 cm de espessura, compostos por material mineral ou orgânico, sem horizonte B diagnóstico. Se horizontes glei, plântico, vértico ou A chernozêmico estiverem presentes, não se enquadram nas condições diagnósticas de Gleissolos, Plintossolos, Vertissolos e Chernossolos, respectivamente (SIBCS, 2018).

Os Neossolos que ocorrem na área são Quartzarênicos, sem contato lítico até 50 cm, com sequência A-C, textura areia ou areia franca em todos os horizontes até 150 cm ou até um contato lítico. Essencialmente quartzosos, com 95% ou mais de quartzo, calcedônia e opala nas frações areia grossa e fina, e praticamente sem minerais primários alteráveis), que por sua vez é classificado em Neossolo Quartzarênico Órtico (outros solos que não se enquadram nas classes anteriores).

d) Solos Indiscriminados de Mangue

Com relação aos tipos de Solos Indiscriminados de Mangue (Silva, 2012) (Tabela 5, são solos localizados em áreas sob influência das marés, especialmente na foz dos canais de drenagem, com abrangência de 9,77 km², equivalente a 19,34% (Silva, 2012). A caracterização climática é crucial para entender as geoformas, como destaca Silva (2012), pois o clima molda diretamente a superfície terrestre.

Todas essas classes de solos ocorrem na área de estudo, isto é: Argissolos Vermelhos-Amarelo Distrófico e Vermelhos Distrófico, Gleissolos Hápicos, Neossolo Quartzarênico e Solos Indiscriminado de Mangue (Tabela 4).

O mapa 3 apresenta a espacialização das classes de solo elaborados segundo os estudos realizados pelo CPRM (2018), presentes na bacia do Jeniparana. A classe Neossolos Quartzarênicos Órticos ocupa uma área de 11,87 km², equivalendo a 23,50% da área total.

Os Argissolos Vermelho Distróficos, com uma área de 17,20 km², ocupam 34,05% da área total. Os Argissolos Vermelho-Amarelo Distróficos ocupam uma área de 6,49 km², equivalendo a 12,84% da área. Os Gleissolos Hápicos ocupam 4,98%, o que equivale a 2,50 km² e os Solos Indiscriminados de Mangue abrangem uma área de 9,77km², correspondendo a 19,34% da área total.

6. ANÁLISE MORFOLÓGICA DO RELEVO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JENIPARANA

Este capítulo trata-se sobre os compartimentos do relevo da bacia hidrográfica do rio Jeniparana. Desta forma, serão tratados os aspectos que se referem às características da hipsometria, declividade, formas das vertentes e compartimentos do relevo.

6.1. Aspectos Hipsométricos e Declividade

Aspectos como hipsometria e declividade são essenciais para entender o comportamento dos compartimentos do relevo, associando os fenômenos externos que ocorrem ao longo do processo de transformação da superfície terrestre. Fatores climáticos, como a variação de temperatura e o regime de chuvas, bem como a ocorrência de ventos, promovem mudanças contínuas no relevo, afetando suas características e gerando novas formas.

Na bacia hidrográfica do rio Jeniparana, foram identificadas nove classes

hipsométricas, conforme apresentado na tabela 7. A maior classe é 05 - 10 metros, que representa cerca de 14,126 km² da área de pesquisa, as quais representam, dentre as formas das classes agradacionais, planícies de maré, fluvial e supramaré, enquanto a menor classe, 44 – 50 metros, corresponde à menor porção territorial, com 2,275 km². Essa área corresponde as formas denundacionais, isto é, os tabuleiros pouco e muito dissecados, além das colinas.

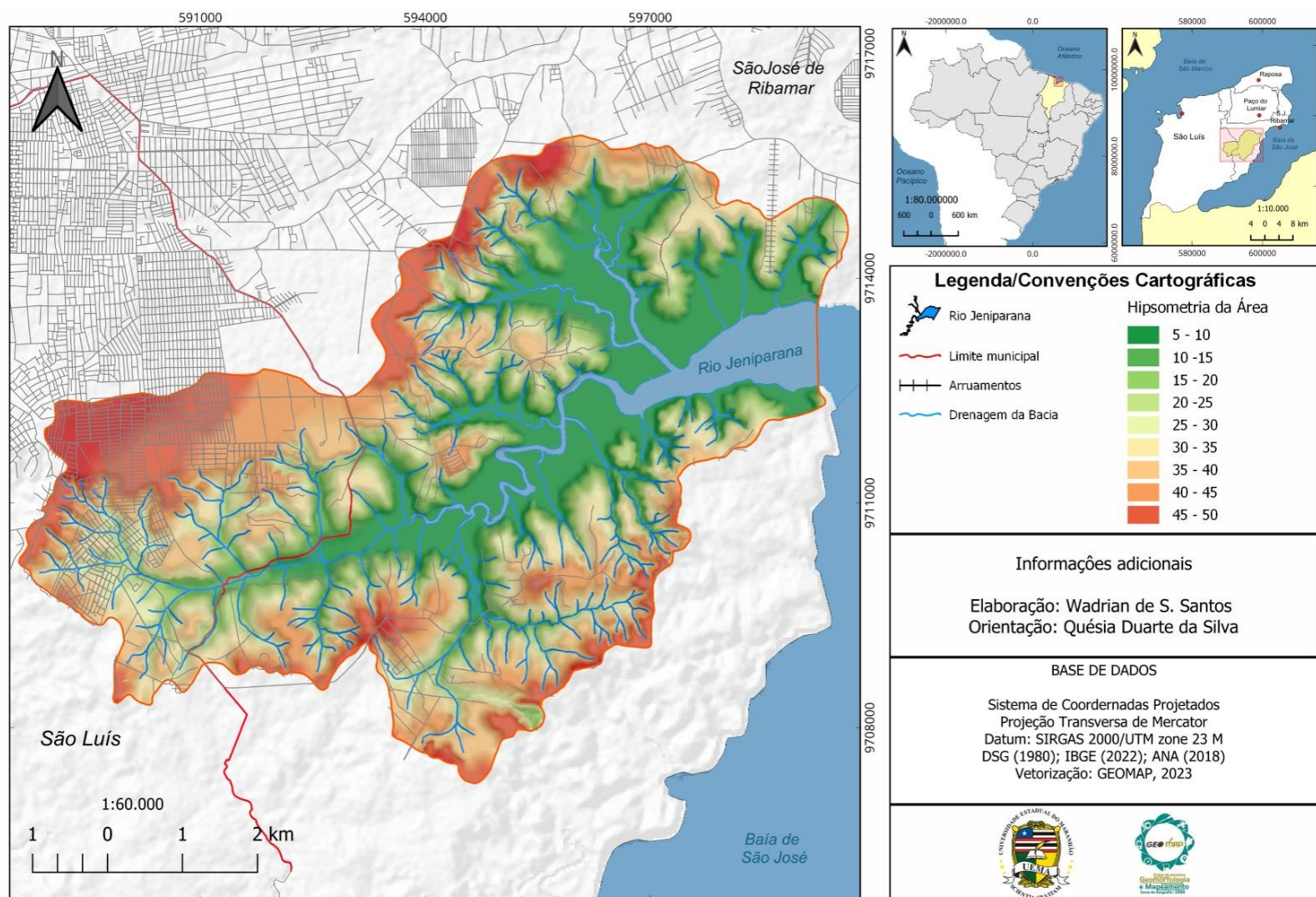
Tabela 7: Hipsometria da Bacia Hidrográfica do rio Jeniparana

Classes hipsométricas (m)	Área em Km ²
5-10	14,126
10-15	2,959
15-20	3,836
20-25	4,982
25-30	5,773
30-35	6,447
35-40	5,511
40-45	4,560
45-50	2,275

Fonte: Própria pesquisa (2025).

Dessa forma, conclui-se que as áreas de menor altitude correspondem às áreas de planícies (planícies de maré), enquanto as áreas de maior altitude estão associadas aos tabuleiros (Mapa 4).

Mapa 5: Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Jeniparana



Fonte: Própria pesquisa (2025).

A análise hipsométrica desempenha um papel essencial na construção do entendimento geomorfológico de uma determinada área, uma vez que permite a leitura e interpretação das variações altimétricas do relevo. Esse tipo de estudo fornece informações valiosas sobre a distribuição das altitudes, as quais estão diretamente relacionadas aos aspectos morfológicos da paisagem e ao comportamento da rede de drenagem.

Por meio do conhecimento das cotas altimétricas, torna-se possível identificar diferentes compartimentos do relevo, compreender suas formas e dinâmicas, e inferir áreas suscetíveis a determinados processos naturais, como a ocorrência de inundações e escoamento superficial. Dessa forma, os estudos hipsométricos ampliam a capacidade de análise tanto do pesquisador quanto do leitor dos mapas, proporcionando uma visão mais aprofundada sobre a estrutura e funcionamento do terreno (NUNES, 2013).

No caso específico da bacia hidrográfica do rio Jeniparana, a análise hipsométrica foi conduzida a partir da vetorização das curvas de nível obtidas das cartas planialtimétricas da DSG, com equidistância de 5 em 5 metros. Para melhor detalhamento e interpretação das formas de relevo, a área foi segmentada em 10 classes altimétricas, além da elaboração de dois perfis topográficos representativos.

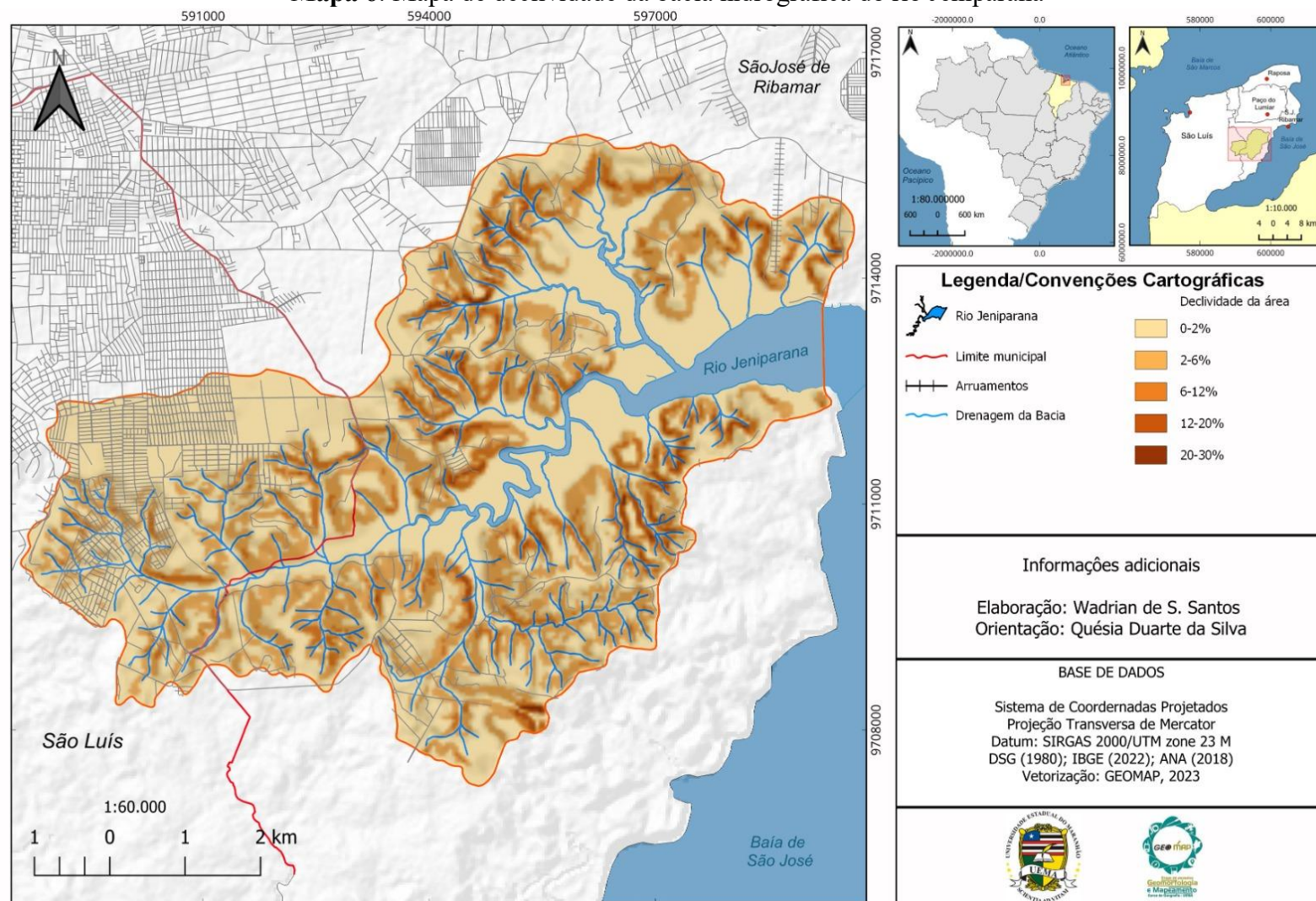
Como aponta Dias (2016), através da geração do mapa hipsométrico é possível realizar operações de medição das amplitudes altimétricas dos diversos pontos do relevo e representar num plano as diferenças altimétricas existentes no relevo.

Nesse sentido, a hipsometria se destaca como uma ferramenta essencial para a análise morfométrica na caracterização geomorfológica, ao permitir a espacialização das variações de altitude e, conseqüentemente, a leitura da organização morfoestrutural de uma paisagem, no caso da área de estudo.

As declividades da área foram categorizadas em cinco classes, variando de 0 a 30%. A tabela indica que a maior parte do baixo curso possui declividade entre 0 e 2%. O mapa 6 mostra as classes de declividade da área analisada.

A análise da declividade constitui um elemento fundamental na caracterização geomorfológica de uma determinada área, uma vez que permite compreender os diferentes comportamentos do relevo a partir da variação dos graus de inclinação da superfície. O estudo desse atributo fornece subsídios essenciais para identificar zonas com declives mais acentuados — onde há maior suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos, escorregamentos e

Mapa 6: Mapa de declividade da bacia hidrográfica do rio Jeniparana



Fonte: Própria pesquisa (2025).

enxurradas — bem como áreas mais planas, onde podem se desenvolver outros fenômenos geomorfológicos, como a acumulação de sedimentos e o encharcamento do solo.

No contexto urbano, a declividade assume ainda mais relevância, especialmente considerando os efeitos da impermeabilização do solo. A presença de pavimentação e construções intensifica o escoamento superficial das águas pluviais, que tendem a ganhar maior velocidade em superfícies inclinadas, potencializando riscos como alagamentos e inundações em áreas mais baixas.

Assim, o mapeamento e a representação das classes de declividade são etapas cruciais na leitura geomorfológica da paisagem, pois permitem visualizar a distribuição espacial dos diferentes níveis de inclinação do terreno. Esse tipo de análise facilita não apenas o reconhecimento das formas de relevo e suas dinâmicas, mas também a compreensão da diferença altimétrica entre pontos do espaço, contribuindo para diagnósticos mais precisos e fundamentados sobre a estrutura do relevo e suas interações com processos naturais e antrópicos (DIAS, 2016).

A categorização das declividades em cinco classes, variando de 0 a 30%, revela importantes características sobre a morfologia da área estudada. O fato de a maior parte do baixo curso apresentar declividade entre 0 e 2% indica que esta é uma região predominantemente plana, com pouca variação de relevo.

Essa característica geomorfológica sugere que o baixo curso pode ser uma área propícia para o desenvolvimento de atividades agrícolas e ocupação urbana, devido à estabilidade do terreno e ao menor risco de erosão. No entanto, áreas muito planas também podem ser mais suscetíveis a problemas como alagamentos e inundações, especialmente em regiões com chuvas intensas ou sistemas fluviais ativos. A baixa declividade, portanto, favorece a deposição de materiais, mas também pode implicar desafios de drenagem natural.

As outras classes de declividade (superiores a 2%) indicam a presença de terrenos mais inclinados em outras partes da região, que podem apresentar condições diferentes, como maior erosão superficial, necessidade de cuidados no uso do solo e limitações para construções.

6.2. Formas das vertentes

As vertentes, por sua vez, também denominadas de encostas (Florenzano, 2008), são inclinações no relevo que desenham o perfil da drenagem na superfície, se estende desde a linha do divisor de águas, chamada de interflúvio, até o fundo de vale, chamado de talvegue.

De acordo com Florenzano (2008) as formas de vertentes correspondem a "conexão dinâmica" entre a linha divisora de águas e o fundo de vale, e ocupam a maior da superfície terrestre. Geralmente, conforme (França, 2019), são identificadas por serem: retilíneas quando apresentam ângulo constante; vertentes côncavas quando acumulam fluxos de águas; e convexas quando dividem o fluxo de águas para partes mais baixas (Mapa 7).

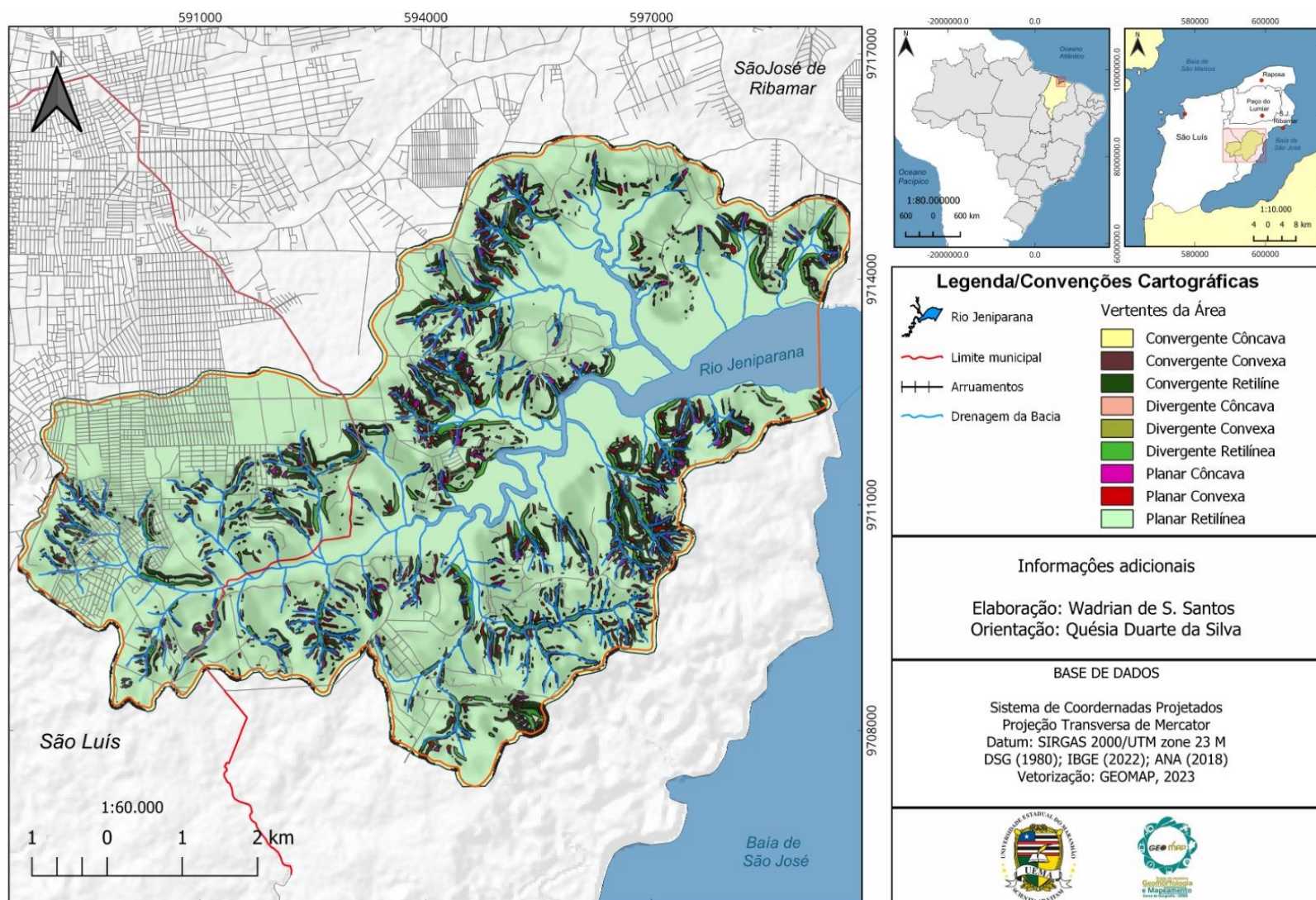
No que diz respeito à influência da forma das vertentes no comportamento do fluxo hídrico e nos processos geomorfológicos associados, as Vertentes côncavas e convergentes são ambientes propensos à acumulação de água. Isso ocorre porque o formato dessas vertentes cria um caminho natural de convergência para o fluxo hídrico, que tende a se concentrar nessas áreas. Assim, o terreno se torna mais suscetível à saturação e, consequentemente, a eventos de alagamentos e inundações (Santos e Santos, 2014).

Vertentes convexas e divergentes possuem um efeito oposto, no qual a água é direcionada de forma mais dispersa, acelerando o escoamento superficial e reduzindo a chance de acumulação nas partes mais altas do relevo. O fluxo acelerado nas partes mais baixas, entretanto, pode contribuir para a erosão ou para o aumento de volumes em corpos d'água, mas não necessariamente resulta em inundações nas áreas mais altas (Santos e Santos, 2014).

Portanto, a combinação de vertentes convergentes e côncavas é um fator geográfico importante na previsão e gestão de riscos naturais, uma vez que criam condições propícias para a concentração e retenção de fluxos de água, tornando o ambiente vulnerável a eventos de inundações, especialmente em períodos de chuvas intensas ou prolongadas.

O trabalho de campo desempenhou um papel fundamental na validação das feições geomorfológicas e no mapeamento do uso e cobertura da terra na área estudada. Durante essa etapa, percorremos as margens do rio principal da bacia para confirmar as informações previamente obtidas em ambiente SIG, focando na verificação do uso e ocupação do solo.

Mapa 7: Mapa de vertente da bacia hidrográfica do Jeniparana



Fonte: Própria pesquisa (2025).

As visitas de campo permitiram a coleta de dados essenciais, que embasaram análise e avaliação de aspectos fisiográficos, tanto qualitativos quanto quantitativos. Durante essas observações, foram registradas características geoambientais como a forma do relevo, composição do solo, geologia, inclinações do terreno e perfis de vertentes.

Durante o período chuvoso, as vertentes são modificadas através dos processos de transporte e acumulação de sedimentos e na figura 25, nota-se a presença de voçoroca, resultante das ações humanas sobre essa encosta.

Figura 25: Voçoroca na Vila Nestor



Fonte: Própria pesquisa (2024).

Machado e Lima (2013) apontam que algumas combinações morfológicas podem intensificar fenômenos hidrológicos. Por exemplo, vertentes côncavas acumulam fluxo, e quando são combinadas de forma convergente-côncava, criam condições extremas que aumentam o risco de alagamentos e inundações.

Santos e Santos (2014) destacam que as vertentes convergentes e côncavas (Figura 26) possuem uma tendência ao acúmulo hídrico, enquanto as vertentes convexas e divergentes dispersam o fluxo hídrico para as áreas mais baixas do relevo. Na área de estudo, as formas de terreno planares retilíneas são as mais comuns.

No ambiente urbano, as vertentes côncavas precisam de cuidado especial no que se refere à ocupação e impermeabilização destas morfologias. Na cidade, estas geoformas necessitam de alteração morfológica para a fixação de residências. Obras de engenharia como

terraplanagem e cortes são necessárias, porém a implantação de um eficiente sistema de drenagem é fundamental para evitar a ocorrência dos alagamentos.

Figura 26: Vertente côncava localizada na área da bacia do Jeniparana



Fonte: Própria pesquisa (2024).

Uma vez que naturalmente estas morfologias são acumuladoras de fluxo, quando impermeabilizadas, a propriedade de acumulação é potencializada, devido à redução da capacidade de infiltração da água no solo e consequentemente maior escoamento superficial das águas.

As vertentes do tipo retilíneas, são as geoformas predominantes na área de estudo e contribuem de maneira significativa para a ocorrência de alagamentos. Às áreas planas e com suave inclinação favorecem o processo de apropriação e ocupação do relevo, assim com a implementação da infraestrutura urbana, com destaque ao capeamento asfáltico que impermeabilizam o solo somando a um sistema de drenagem ineficiente, o que possibilita o acúmulo de águas pluviais nestas áreas.

Quando as vertentes retilíneas são ocupadas e impermeabilizadas, assim como acontece com as vertentes côncavas, ocorre a diminuição da infiltração da água no solo e aumenta o volume e a velocidade do escoamento superficial. Este fato associado à ineficácia ou inexistência do sistema de drenagem urbana, culmina em problemas de alagamentos para a população residente.

6.3. Compartimentos do Relevo

A análise morfológica do relevo está relacionada aos aspectos morfográficos e morfométricos do relevo e segundo Florenzano (2008), a pesquisa na área de morfologia é o ponto inicial para o entendimento dos demais aspectos das formas de relevo.

A morfografia refere-se à descrição qualitativa das formas de relevo, enquanto a morfometria faz uso das variáveis quantitativas (índices morfométricos) para caracterização do relevo, conforme aponta Florenzano (2008). Neste capítulo, tem-se o detalhamento dos aspectos qualitativos e quantitativos do relevo.

Além disso, há que se destacar que a análise aqui apresentada considera os níveis taxonômicos do relevo, discutidos no capítulo 2 deste documento. Sobre isso, afirma-se aqui que o primeiro nível taxonômico da área se refere à Unidade Morfoestrutural da Bacia Costeira de São Luís, detalhada no capítulo 5.

Sobre o segundo nível taxonômico da área, ele se refere Unidade Morfoescultural do Golfão Maranhense pormenorizado por Schobbenhaus (1984) e Silva (2012). A Ilha do Maranhão está situada no centro do Golfão Maranhense.

Localizado entre o Litoral Ocidental e Oriental do Maranhão, o Golfão Maranhense é um complexo estuarino onde os rios Mearim, Itapecuru e Munim, entre outros, desembocam (El-Robrini et al., 2006). Após uma grande invasão marinha no Pleistoceno Antigo, ocorreu um leve soerguimento costeiro, seguido por uma nova invasão marinha que remodelou o golfão. Essa última invasão é a principal responsável pelas morfologias atuais da região.

Estruturalmente, o Golfão Maranhense faz parte da Bacia Costeira de São Luís, formada por rifteamento durante o Cretáceo, que separou os continentes americano e africano (Silva, 2012; Schobbenhaus, 1984). A bacia tem cerca de 33.000 km² e contém depósitos sedimentares que datam do Mesozoico e Cenozoico. Esses sedimentos cobrem o embasamento cristalino conhecido como Cráton de São Luís (Almeida, 1967).

Sobre o terceiro nível taxonômico do relevo da área de estudo e considerando Ross (2005), o qual defende que se trata da identificação das unidades morfológicas ou padrões de formas semelhantes, afirma-se que a bacia hidrográfica do Jeniparana apresenta relevos denudacionais e agradacionais (Silva, 2012).

O quarto táxon refere-se às unidades individualizadas dentro de uma unidade morfológica do táxon anterior, referentes aos relevos denudacionais e agradacionais. Na área de estudo, as formas de degradação são representadas pelos tabuleiros pouco dissecados e

muitos dissecados e por colinas. As formas agradacionais são representadas na área por planície fluvial, de maré e de supramaré. Os processos denudacionais esculpem o relevo através da dissecação, enquanto os processos agradacionais formam o relevo pela deposição de sedimentos (Silva, 2012). Também foi identificado na área um compartimento de relevo tecnogênico, sendo uma área de extração mineral.

O quinto táxon está relacionado aos tipos de vertentes que definem cada uma das formas de relevo. A seguir estão descritas as formas de relevo presentes na área de estudo, conforme representado no mapa de compartimentos geomorfológicos da bacia hidrográfica do Rio Jeniparana (Mapa 8).

a) Tabuleiros

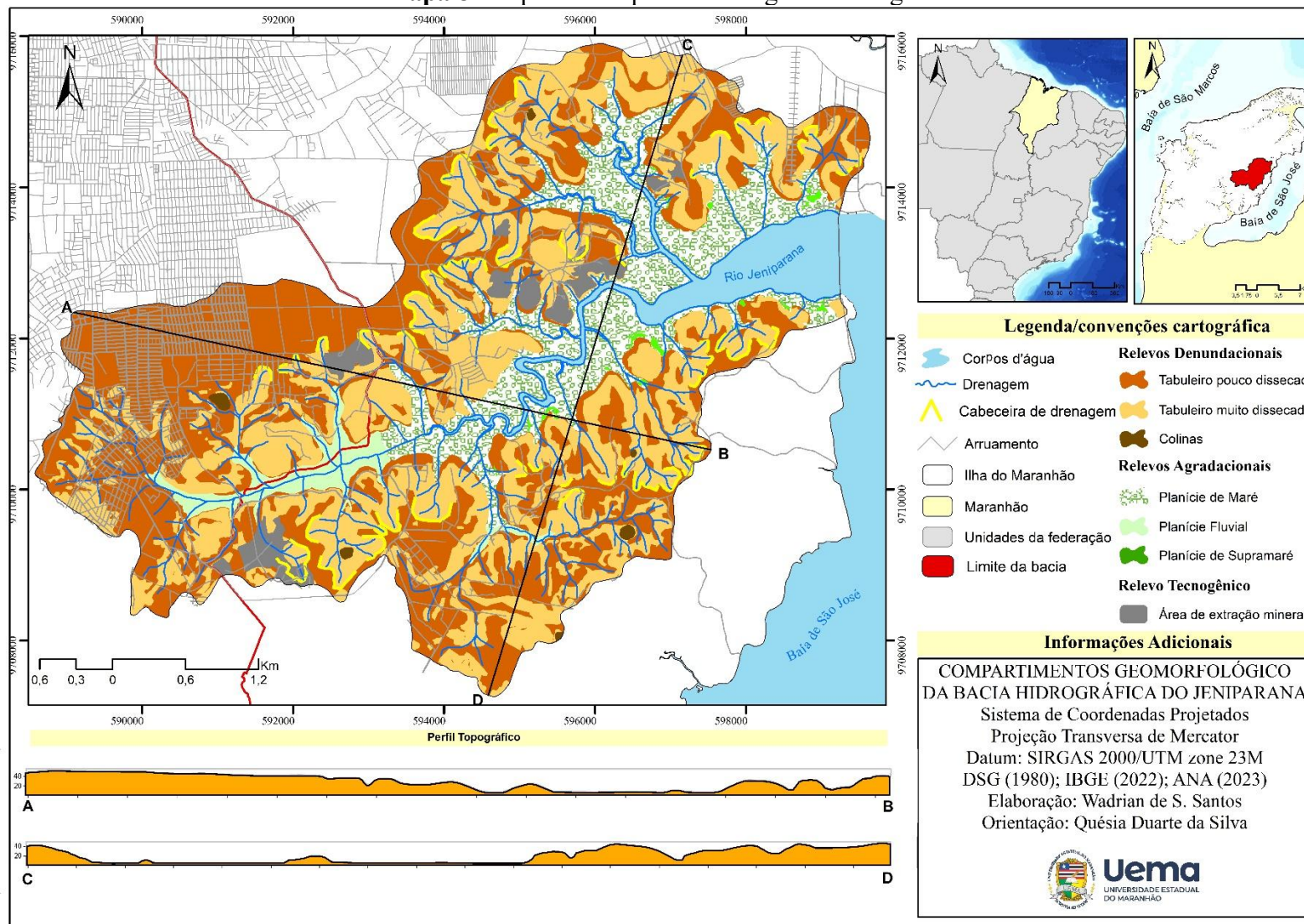
Os tabuleiros são formas do relevo com superfície plana e limites abruptos, com altitudes acima de 40 metros e estão relacionados às áreas que ocorrem a recarga dos aquíferos, apresentando uma declividade de 0 a 6%. Eles têm alta vulnerabilidade a fenômenos superficiais, como alagamentos, e são importantes para a recarga dos aquíferos.

Esses tabuleiros possuem topos planos e bordas com inclinações acentuadas. Sua superfície foi ligeiramente modificada por uma rede de drenagem de baixa densidade, com encostas amplas e suaves. Na região central da Ilha, o topo das superfícies tabulares preservadas representa a área mais elevada de toda a Ilha do Maranhão, situando-se em altitudes entre 50 e 65 metros. Em algumas situações, é possível identificar uma cornija de crosta laterítica, que protege o tabuleiro contra a erosão causada pelos processos de dissecação fluvial.

São associados a eles características relacionados a drenagem, nesse sentido, faz-se menção às cabeceiras de drenagem. Essas feições da paisagem, são áreas onde existem olhos d'água que dão origem a um curso fluvial, geralmente são denominadas de nascentes (GUERRA e GUERRA, 2008).

Na bacia do rio Jeniparana, esses tabuleiros ocupam uma área de aproximadamente 39,4 km² e estão situados nas áreas de limites da bacia e em pontos descontínuos entre colinas. Na área de estudo, os tabuleiros são classificados em muito dissecados, com uma dimensão de 20,8 km² e pouco dissecados com 18,6 km² em relação à área total da bacia de estudo. Os tabuleiros muito dissecados se encontram com uma declividade de 0 - 2%, em contrapartida os tabuleiros pouco dissecados possuem uma declividade acima de 2% (2 - <12%).

Mapa 8: Mapa de compartimentos geomorfológico



Fonte: Própria pesquisa (2025).

Os tabuleiros, com altitudes de até 50 metros, estão em processo contínuo de ocupação na área de estudo (Figura 27), o que torna essencial o monitoramento dessas áreas, especialmente por sua importância como recargas de aquíferos (Florenzano, 2008; Maranhão, 1998).

Figura 27: Tabuleiros pouco dissecados e ocupados por residências e comércios no município de São José de Ribamar



Fonte: Própria pesquisa (2024).

Às áreas planas e ou com suaves inclinações favorecem o processo de apropriação e ocupação do relevo, assim com a implantação da infraestrutura urbana (Figura 28), com destaque ao capeamento asfáltico que impermeabiliza o solo somado à um sistema de drenagem ineficiente, o que possibilita o acúmulo das águas pluviais nestas áreas. Esses tabuleiros foram identificados em alguns locais visitados, incluindo Matinhas e regiões próximas, Cidade Olímpica, Vila Luizão, Andiroba, Cajupary, Juçatuba, áreas próximas à Mata, e o entorno do bairro Jaguarema (na Estrada de Boa Viagem).

Figura 28: Tabuleiros no bairro Cidade Olímpica

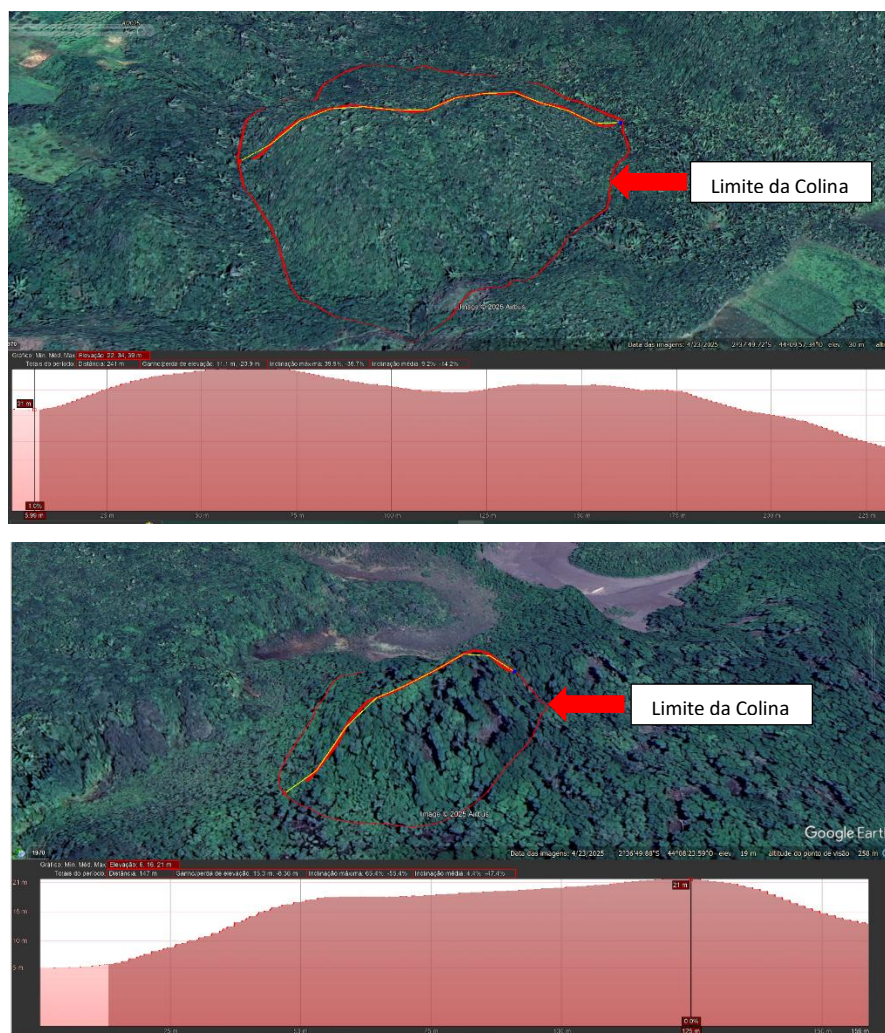


Fonte: Própria Pesquisa (2024).

b) Colinas

As colinas são Áreas que se distribuem especialmente nos tabuleiros muito dissecados, que devido aos processos modeladores do tempo, sofreram erosão e ainda mantêm um topo relativamente plano ou convexo, com encostas que variam de suaves a íngremes (Pereira, 2006). Elas podem ser visualmente representadas como na imagem apresentada do Google Earth (Figura 29).

Figura 29: Representação das colinas na área de estudo



Fonte: Google Earth (2025).

Essas morfologias são frequentemente denominadas tabuleiros dissecados, diferenciando-se dos tabuleiros normais devido à ação mais intensa da erosão e da dissecação fluvial provocada por uma rede de canais com média a alta densidade de drenagem (CPRM, 2020).

Segundo Silva (2012), esses relevos estão presentes em quase toda a ilha, semelhantemente à bacia hidrográfica do rio Jeniparana (Figura 23), na localidade de Bom Jardim e nas proximidades de Juçatuba e da Estrada de Boa Viagem. Elas são relativamente baixas, com variações entre 20 e 40 metros na área de estudo. Normalmente, essas áreas estão associadas aos Argissolos e ao Neossolos Quartzarênicos, com uma declividade que varia de 0 a 6% (Tabela 8 e figura 30).

Figura 30: Colinas na área rural da bacia hidrográfica do Jeniparana



Fonte: Própria Pesquisa (2024).

Apenas aproximadamente 2,64% da área de estudo corresponde às planícies fluviais nas proximidades de Juçatuba e Bom Jesus. Para o IBGE (2009, p. 32), estas morfologias são caracterizadas como “...uma área plana resultante de acumulação fluvial sujeita a inundações periódicas, correspondendo às várzeas atuais. Ocorrem nos vales com preenchimento aluvial”.

c) Planície Fluvial

As planícies fluviais são caracterizadas, segundo CPRM (2020), por superfícies sub-horizontalizadas, pouco elevadas, acima do nível médio dos canais fluviais, periodicamente inundadas no período chuvoso.

De acordo com Pereira (2006), essas formas são áreas planas e baixas (Figura 31), cujos depósitos aluvionares são provenientes dos materiais lixiviados do tabuleiro. Atualmente em função do número significativo de habitantes nas sedes municipais, a ocupação das planícies fluviais tornou-se recorrente.

Tabela 8: Formas de relevo da bacia hidrográfica do rio Jeniparana

Compartimentos do relevo		Área em km ²
Tabuleiros muito dissecados	Relevo Denudacional	14,86
Tabuleiros pouco dissecados		21,12
Colinas		3,267
Planícies de Supramaré	Relevo Agradacional	0,143
Planícies de Maré		1,217
Planície Fluvial		1,341
Extração mineral	Relevo Tecnogênico	1,036

Fonte: Própria Pesquisa (2024).

Figura 31: Planície fluvial na área de estudo

Fonte: Própria pesquisa (2024).

Segundo o Serviço Geológico do Brasil - CPRM e Agência Nacional de Águas - ANA (2020), estas planícies são caracterizadas pelas várzeas situadas em fundos de vales dos tabuleiros conservados ou dissecados no interior da Ilha do Maranhão.

Estes terrenos são ambientes propícios para cultivo agrícola, por serem áreas úmidas e desenvolvimento de solos hidromórficos, como o Gleissolo Háptico, que pela acumulação de matérias orgânicas contribui para o manejo agrícola, como é visualizado na área de estudo.

No entanto, as transformações das áreas de várzeas geram problemas ambientais, da mesma forma que a falta de saneamento básico, acarreta poluição dos canais fluviais, e convertem os mesmos para valas em esgotos a céu aberto, impactando diretamente na produção agrícola.

A planície fluvial resulta de processos de deposição e é formada pelo escoamento e acúmulo de sedimentos transportados pelos rios, conforme a intensidade do fluxo fluvial. Bezerra (2011) observa que essa forma de relevo é rebaixada e frequentemente sujeita a inundações.

A planície fluvial é constituída por depósitos provenientes da sedimentação fluvial, cujo poder de deposição depende da competência dos rios em seu baixo curso. As planícies correspondem a áreas essencialmente planas ou levemente inclinadas, contendo principalmente matéria orgânica e sedimentos com granulometria arenosa, areno-argilosa e siltico-argilosa (Bezerra, 2011 p. 142).

Nesse contexto, na bacia hidrográfica do rio Jeniparana, a planície fluvial representa uma área de 1,341 km² e pode ser encontrada ainda com vegetação ciliar em alguns pontos da área de estudo, tais quais: a comunidade de Juçatuba, bairros próximos a Matinhas, Vila Nestor, Vila Luizão, Andiroba e Cajupary.

d) Planície de Maré

Rosseti (2008) define as planícies de maré como áreas deposicionais localizadas em costas planas ou suavemente inclinadas, onde a energia das marés é predominante em relação às ondas. Essas planícies são encontradas em costas lineares de sistemas costeiros deposicionais.

Devido à sua baixa permeabilidade e predominância de argila, essas planícies são propensas ao desenvolvimento de canais de maré, que desempenham um papel importante no transporte de sedimentos em direção à costa, contribuindo para seu aumento (Rosseti, 2008, p. 272).

Os especialistas costumam dividir as planícies de maré em três zonas distintas: inframaré, intermaré e supramaré (Rosseti, 2008; Suguio, 2003). A zona supramaré está situada acima da influência regular das marés, sendo afetada apenas durante as marés mais altas, conhecidas como sizígias.

A zona intermaré, que se localiza entre a supramaré e a inframaré, é onde ocorre a sedimentação por acréscimo lateral e elevação (ROSSETI, 2008, p. 272). Esta área é também o habitat principal para a vegetação de mangue. Já a zona inframaré, situada abaixo da linha de maré baixa, é predominantemente subaquática e composta por sedimentos arenosos depositados lateralmente.

Portanto, o conceito de planície de maré corresponde principalmente à zona de intermaré, já que essa é a área regularmente submersa e exposta pelas marés, caracterizando as planícies de maré, conforme aponta a literatura especializada. As zonas de supramaré e inframaré, por estarem fora das áreas de influência constante das marés, não se encaixam no conceito estrito de planície de maré.

As planícies de maré presentes na área de pesquisa são locais em que há a ocupação da superfície pelas águas da maré se dá de forma contínua no intervalo de cheias e vazantes de águas. Nas planícies de maré são encontrados vegetação de mangue que sustentam a forma relevo. Segundo Silva (2012) as planícies de maré chegam a ocupar o médio e o baixo curso dos canais das bacias hidrográficas presentes na ilha do Maranhão. No estudo em questão, a planície ocupa uma área de 1,217 km² e está disposta entre o médio e baixo curso do rio Jeniparana quase toda a extensão da bacia hidrográfica do Rio Jeniparana (Figura 32).

Figura 32: Planície de maré no baixo curso do Jeniparana



Fonte: Própria pesquisa (2024).

Segundo Silva (2012), a planície ou zona de supramaré é aquela que está situada acima do nível de influência da maré, sendo afetada apenas nas marés mais altas (sizígia). A autora ainda comenta que a zona de supramaré é conhecida pela forma de relevo que a recobre, o apicum. Esta morfologia se estende por 0,143 km² em relação a área da bacia hidrográfica do rio Jeniparana.

Ainda que pouco abordado na literatura, a zona de supramaré possui uma morfologia específica conhecida como apicum, encontrada em áreas costeiras intertropicais ao redor do mundo (Silva, 2012). É uma planície arenosa com solo hipersalino, ou seja, apresenta alta concentração de sais, o que influencia diretamente nas características do solo e na vegetação que consegue se estabelecer ali. É uma morfologia geralmente encontrada nas regiões intertropicais, particularmente nas zonas internas dos manguezais, onde a salinidade e o caráter arenoso do solo dificultam a sobrevivência de espécies vegetais adaptadas a ambientes menos salinos.

As planícies de supramaré, segundo Silva (2012), podem apresentar-se em duas formas principais: os denominados apicuns vivos, que são desprovidos de vegetação, e os apicuns herbáceos, onde se desenvolve uma vegetação herbácea esparsa, composta por plantas adaptadas às condições adversas de salinidade e baixa disponibilidade de nutrientes. Devido ao seu tamanho reduzido e à complexidade do ecossistema manguezal, a identificação das planícies de supramaré pode ser desafiadora.

e) Relevo Tecnogênico

As formas de relevo tecnogênicas referem-se às modificações na paisagem resultantes da ação humana, que alteram tanto a composição dos materiais superficiais quanto a morfologia e altimetria de diferentes áreas. Sherlock (1922) já destacava esse fenômeno, observando em Londres a elevação altimétrica de vales por deposição e o rebaixamento de colinas pela erosão, muitas vezes promovida por intervenções humanas diretas, como obras de engenharia. Essas intervenções, que buscam alterar o gradiente altimétrico, podem acelerar processos naturais de erosão e deposição.

A morfogênese, que se refere à formação das formas de relevo, pode ser intensificada pela ação antrópica, superando a pedogênese – o processo de formação do solo – e criando ambientes instáveis. Esse fenômeno é especialmente evidente em relevos de agradação, como planícies e vertentes, onde o acúmulo de sedimentos desestrutura os perfis pedológicos, alterando suas características naturais. Nesses casos, a morfogênese

torna-se o elemento dominante da dinâmica natural, subordinando outros fatores do ambiente. A criação de novas morfologias devido à intervenção humana, como a construção de loteamentos e obras de infraestrutura, resulta em formas tecnogênicas.

Conforme o CEN

Os contextos geomorfológicos em que as formas tecnogênicas se desenvolvem podem ser de três tipos: a) aqueles em que ocorre uma dinâmica morfológica aditiva, ou seja, que resulta em acumulação de material transportado e depositado, de forma direta ou indireta, formando Elevações ou Superposições Tecnogênicas; b) os dominados por dinâmicas subtrativas, que resultam em perda e exportação de material, configurando Cicatrizes ou Depressões Tecnogênicas; e c) os contextos de dinâmica conservativa, nos quais não há aporte ou exportação de material na superfície, produzindo as Corrugações Tecnogênicas e as Equiformas Tecnogênicas (CEN, 2023).

O relevo tecnogênico presente na área de estudo se refere aos tabuleiros muito dissecados e colinas com cicatrizes tecnogênicas resultados da exploração mineral, ocupando uma área de 1,036 km² (Figura 33, mapa 8 e tabela 8).

Figura 33: Cicatriz tecnogênica com corrugações tecnogênicas



Fonte: Própria pesquisa (2024).

7. CONCLUSÕES

Portanto, a presente pesquisa oferece um panorama abrangente da bacia hidrográfica do rio Jeniparana, localizada na Ilha do Maranhão, e destaca a relevância da análise morfográfica e morfométrica (isto é, um estudo morfológico) do relevo para a compreensão das dinâmicas geoambientais que ocorrem na região. A pesquisa teve como foco principal o mapeamento geomorfológico da área e a caracterização detalhada dos compartimentos do relevo, proporcionando uma visão clara das diversas formas de terreno presentes, como planícies fluviais, tabuleiros, colinas, encostas e áreas costeiras.

Nesse sentido, a bacia hidrográfica do Jeniparana, em sua maioria, apresenta planícies fluviais, de maré e de supramaré, que são áreas com grande suscetibilidade a inundações e sedimentações. As áreas de tabuleiros e colinas, por sua vez, mostraram-se mais vulneráveis à erosão e ao uso inadequado do solo, especialmente em locais que sofrem com a expansão urbana desordenada.

Inicialmente defendia-se a hipótese de que a área de estudo apresentava morfologias dissecadas e de sedimentação relacionadas a relevos tabulares e colinosos que podem apresentar declividades variando entre 2 e 30% e planícies fluviais, costeiras e de maré e que estas morfologias ocorriam em toda a área, variando conforme as características geoambientais locais.

A partir do trabalho realizado identificou-se que, além dessas morfologias, outras geoformas foram identificadas como tabuleiros pouco dissecados e muito dissecados em função das declividades identificadas. Esses relevos foram espacializados em compartimentos e registrados em fotos horizontais e verticais.

A pesquisa enfrentou algumas limitações. A principal dificuldade esteve relacionada à obtenção de dados cartográficos mais detalhados e atualizados em escala apropriada de 1:10 000, o que poderia ter oferecido uma precisão maior no mapeamento geomorfológico. Embora tenha sido utilizada uma metodologia robusta, com trabalho de campo e análise de imagens de satélite, a variação topográfica e a complexidade das formas limitaram uma cobertura completa e detalhada de algumas áreas de difícil acesso. Outra limitação se refere à natureza dos dados históricos disponíveis sobre a área, que, em alguns casos, exigiram inferências baseadas em metodologias indiretas de análise.

A superação dessas limitações abre espaço para futuras pesquisas na bacia do rio Jeniparana. Novos estudos podem aprofundar a análise sobre a evolução temporal das formas de relevo, com ênfase nos processos erosivos e deposicionais, bem como na

relação entre as atividades humanas e a degradação ambiental. Ademais, investigações voltadas à dinâmica hidrológica da bacia e sua interação com as vertentes poderiam gerar importantes dados para a prevenção de desastres naturais e o gerenciamento sustentável dos recursos hídricos.

A análise morfográfica e morfométrica do relevo provou ser uma ferramenta essencial para entender as dinâmicas que ocorrem nos diferentes compartimentos da bacia hidrográfica. Por meio desta análise, foi possível identificar áreas mais propensas a processos de erosão, sedimentação e inundação, o que, por sua vez, oferece subsídios para a elaboração de estratégias de mitigação de impactos.

Nesse sentido, os resultados deste estudo têm uma aplicabilidade prática significativa, especialmente no que tange à formulação de políticas públicas voltadas ao planejamento ambiental e ao ordenamento territorial da bacia hidrográfica do Jeniparana. A caracterização precisa das formas de relevo pode servir como base para a implementação de ações de conservação dos recursos naturais e de controle da expansão urbana. Além disso, as informações aqui geradas podem ser usadas para subsidiar a elaboração de planos de manejo sustentável da região, minimizando os efeitos da degradação ambiental e promovendo o uso responsável do solo e dos recursos hídricos. Em última análise, este estudo destaca a importância de considerar a morfografia do relevo em qualquer abordagem de planejamento territorial, garantindo que as características naturais da bacia sejam respeitadas e protegidas.

Portanto, o trabalho realizado não apenas contribui para a literatura científica sobre geomorfologia, mas também oferece uma ferramenta valiosa para gestores públicos e tomadores de decisão envolvidos na gestão sustentável da bacia hidrográfica do rio Jeniparana e de outras áreas semelhantes. A continuidade das pesquisas nessa área certamente ampliará a compreensão das dinâmicas ambientais e facilitará o desenvolvimento de estratégias de preservação e desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. F. M. O Cráton São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 7, p. 364-364, 1977.
- ALMEIDA, F. F. M. *et al.* Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth Science Reviews**, v. 17, p. 1-19, 1981.
- AB'SABER, A. N. Contribuição à geomorfologia do Estado do Maranhão. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, 3(5), 35-45, abr., 1960.
- AB'SABER, A.N. **Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil**. Orientação, São Paulo, n. 3, p. 45-48, 1969.
- AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. São Paulo: Difel, 1996.
- BARBOSA, G. V. *et al.* Evolução da metodologia para mapeamento geomorfológico do Projeto Radambrasil, **Boletim Técnico – Projeto Radambrasil – Série Geomorfologia**, Salvador, n. 1, 187p. 1984.
- BÜDEL, J. **Klima-genetische geomorphologie**. Geographische Rundschau (1963), 15, pp. 269-285.
- CASSETI, V. **Geomorfologia**. 2005. Disponível em: <http://www.funape.org.br/geomorfologia.htm>. Acesso em 18 de Mar 2020.
- COSTA, C. M. **Risco de inundações no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil**. Dissertação (Mestrado em Geografia). São Luís: UEMA, 2018.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª ed. São Paulo: Blücher, 1980. p.14-22.
- CUNHA, C. M. L. **A Cartografia do relevo no contexto da gestão ambiental**. 2001. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – IGCE, UNESP, Rio Claro, 2001.
- CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S.L.]: [2005].
- CEN. Breve estado da arte do sistema brasileiro de classificação de relevo (SBCR): contribuições de e para a sociedade científica geomorfológica. Comitê Executivo Nacional – CEN/SBCR. Nota Técnica. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 67, 2022, p. 2012-227.
- DIAS, E. R. Geração de Modelo Digital de Elevação utilizando dados do SRTM como subsídio ao planejamento e gestão territorial do município de Lucena/PB. **Caderno de Geografia**, v. 26, n. 45, 2016.
- DIAS, L. J. B. S. **Contexto biogeográfico regional das matas de Cocais no Estado do Maranhão (Nordeste do Brasil)**. **Anais... Reunião Anual Da Sociedade Brasileira Para O Progresso Da Ciência**, 64., 2012, São Luís. Anais [...]. São Luís: SBPC, 2012.
- DANTAS, M. E.; SHINZATO, E.; BANDEIRA, I. C. N.; VARGAS, L.; RENK, J. F. C. Compartimentação geomorfológica do Estado do Maranhão. In: BANDEIRA, I. C. N.

(Org.) **Geodiversidade do Estado do Maranhão**. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Teresina, 2013. p. 31-62.

EL-ROBRINI, M. *et al.* Maranhão. In: MUEHE, D. (Org.). **Erosão e progradação do litoral brasileiro: Maranhão**. Brasília: MMA. 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=publicacao.publicacoesPorSecretaria&idEstrutura=78>> Acesso em 13 jun. 2010.

GUERRA, A. T; GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 6ª ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2008.

FRANÇA, D. V. B. **Vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão**. Dissertação (Mestrado). PPGeo – UEMA, São Luís, 2019.

FLORENZANO, T. G. Introdução a Geomorfologia. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de textos, 2008. p. 12-25.

FLORENZANO, T. G. Cartografia. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de textos, 2008. p.105-118.

FLORENZANO, T. G.; ATHOS, R. S. A tectônica e as Formas de relevo. In: FLORENZANO, T. G. (Org). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de textos, 2008. p.129-135.

FEITOSA, A. C.; TROVÃO, J. R. **Atlas escolar do Maranhão: espaço geo-histórico e cultural**. João Pessoa: Grafset, 2006.

FEITOSA, A. C. **Evolução morfogênética do litoral norte da ilha do Maranhão**. 1989. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1989.

FREITAS, A. M. G. de. **Mapeamento geomorfológico em três dimensões: método e técnicas a partir de SIG**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2022.

IBGE. **Geomorfologia: mapa geomorfológico do estado do Maranhão**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Escala 1:400.000.

MACHI, D. A.; CUNHA, C. M. L. da. Caracterização dos elementos físicos da bacia do córrego Santo Antônio (Rio Claro/SP). **Sociedade & Natureza**, v. 19, p. 139-151, 2007.

MOREIRA, A. A. N. Cartas geomorfológicas. **Anais... I Conferência Nacional de Geografia e Cartografia- Comissão G**, Rio de Janeiro: IBGE, 12 p., 1968.

NUNES, J. F. **Análise comparativa do relevo de duas bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão, considerando os índices de dissecação**. Relatório de Iniciação Científica. (Pesquisa em Geografia). São Luís, p.105, 2013.

PEREIRA, E. D. **Avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação do solo e aquífero do Reservatório Batatã** – São Luís - MA. 2006. 133 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

PINHEIRO, J. M. Distribuição espaço-temporal da pluviosidade na Ilha do Maranhão no ano de 2016. **Inter-Espaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, Grajaú, v.3, n.8. abr. 2017.

PINHEIRO, J. M. **Clima urbano da cidade de São Luís do Maranhão**. Dissertação, 2018.

ROSS, J. L. S. Relevo Brasileiro: uma nova proposta de classificação. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 4 p. 26-38, 1985.

ROSS, J. S. Suporte da Geomorfologia Aplicada: os táxons e a cartografia do relevo (Palestra). **Anais...** Iv Simpósio Nacional de Geomorfologia, IV, São Luís - MA, Anais. São Luís, 2002. CD-ROM. Disponível em <<http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/detalhe/7>> acessado em maio de 2021.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia e Geografia Aplicadas à Gestão Territorial: teoria e metodologia para o planejamento ambiental**. Tese de Livre Docência apresentada à FFLCH/USP, São Paulo, 2001. 322p.

ROSS, J. L. S. Relevo brasileiro: uma nova proposta de classificação. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 4, p. 25-39, 1985.

ROSSETTI, D. F. Ambientes costeiros. In: FLORENZANO, Teresa Gallotti (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 248-285.

RODRIGUES, T. L. N. et al. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. São Luís. Folha SA.23-Z-A, Cururupu. Folha SA.23-X-C, Estado do Maranhão. Brasília, CPRM, 1994.

SILVA, Q. D. **Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão**. 2012. 249 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.

SOUSA, C, J, S. **Caracterização dos aquíferos na Ilha do Maranhão: reconhecimento, levantamento de áreas estratégicas e contribuições ao processo de gestão**, 2021. Tese de Doutorado (Doutorado em Geociências Aplicadas e Geodinâmica) – Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia marinha: com termos correspondentes em inglês, francês e espanhol**. São Paulo: T.A. Queiroz, 1992. 171 p. (Biblioteca de Ciências Naturais, v. 15).

SCHOBENHAUS, C. *et al.* **Geologia do Brasil**. Brasília. Departamento Nacional de Produção Mineral, 1984.

TRICART, J. **Principes et méthodes de la géomorphologie**. Soil Science, v. 100, n. 4, p. 300, 1965.

TEIXEIRA, S. G.; SOUZA FILHO, P. W. M. Mapeamento de ambientes costeiros tropicais (Golfão Maranhense, Brasil): utilizando imagens de sensores remotos orbitais. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 27, p. 69-82, 2009. Supl. 1

VERSTAPEN, H. T.; ZUIDAM, R. A. V. **ITC System of geomorphology survey**. Netherlands, Manual ITC Textbook, Vol. VII, Chapter VII, 1975.

VIANA, J. R. **Estudo da morfodinâmica da praia de São Marcos, São Luís – Maranhão**. 2000. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2000.

KING, L. C. A geomorfologia do Brasil oriental. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p.147-266, 1956.