



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE GEOGRAFIA - LICENCIATURA

CESAR ROBERTO FREITAS FONSECA

TAXONOMIA DO RELEVO DO BAIXO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO SANTO ANTÔNIO, ILHA DO MARANHÃO

São Luís

2024

CESAR ROBERTO FREITAS FONSECA

**TAXONOMIA DO RELEVO DO BAIXO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO SANTO ANTÔNIO, ILHA DO MARANHÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC
apresentado ao curso de Geografia da
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA
como requisito a obtenção do grau de
Licenciado em Geografia.

Orientadora: Profa. Dra. Quésia Duarte da
Silva

São Luís

2024

Fonseca, Cesar Roberto Freitas

Taxonomia do Relevo do Baixo Curso da Bacia Hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.

/ Cesar Roberto Freitas Fonseca. – São Luis, MA, 2024.

75 f

Monografia (Graduação em Geografia Licenciatura) - Universidade Estadual do Maranhão, 2024.

Orientadora: Profa. Dra. Quesia Duarte da Silva

1.Morfometria. 2.Baixo curso do rio Santo Antônio. 3.taxonomia do relevo.
I.Título.

CDU: 551.435.1(812.1)


TAXONOMIA DO RELEVO DO BAIXO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO SANTO ANTÔNIO, ILHA DO MARANHÃO

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC apresentado ao curso de Geografia da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA como requisito a obtenção do grau de Licenciado em Geografia.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Quésia Duarte da Silva


Apresentado em: 18/12 /2024

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 QUESIA DUARTE DA SILVA
Data: 07/01/2025 22:01:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Profa. Dra. Quésia Duarte da Silva (Orientadora)

Universidade Estadual do Maranhão

Documento assinado digitalmente
 DANYELLA VALE BARROS FRANÇA
Data: 08/01/2025 09:15:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Ma. Danyella Vale Barros França

Universidade Estadual do Maranhão

Documento assinado digitalmente
 RICARDO GONCALVES SANTANA
Data: 07/01/2025 21:11:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Ricardo Gonçalves Santana

Universidade Estadual do Maranhão

Dedico esta monografia ao meu Senhor, à minha família e aos amigos pelo incentivo e compreensão nos meus momentos de ausência.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, autor e consumidor da minha fé, por me dar a vida e preservá-la nos momentos mais difíceis que passei, proporcionando-me força e sabedoria para continuar.

Agradeço ao meu pai, César Roberto, pelos momentos bons, apoio e incentivo, e à minha mãe, Sandra Freitas, por todo carinho e dedicação de uma vida inteira, sendo um exemplo de amor e perseverança. À minha irmã, Anne, por toda força, amizade e experiências de vida compartilhadas, e aos meus demais irmãos: Renato, César Júnior e Iasmim, pela convivência, amor e sorrisos compartilhados.

Aos meus avós, Raimundo Nonato (in memoriam) e Leonice Fonseca, por todas as conversas, alegrias e momentos vividos em família, que sempre foram uma fonte de inspiração e apoio.

À minha orientadora, Profa. Dra. Quésia Duarte, pela paciência, orientação valiosa e por acreditar no meu potencial, contribuindo significativamente para a realização deste trabalho. Agradeço também ao grupo de pesquisa Geomap, pelo suporte, oportunidades de aprendizado e pela troca de conhecimentos que enriqueceram minha formação acadêmica.

Ao Ricardo, orientando de doutorado da Profa. Dra. Quésia Duarte, pela colaboração incansável, pelo suporte técnico e pelas valiosas contribuições, e ao João e Weslem, por todo apoio e instruções técnicas essenciais para o progresso deste trabalho. Ao amigo Walison, pela companhia nas visitas a campo, pelo apoio e disposição em ajudar, tornando os desafios em campo mais fáceis de enfrentar.

À minha turma de graduação (2018.1), pela convivência, amizade e apoio durante esses anos, que tornaram a jornada acadêmica mais agradável e enriquecedora. Aos amigos mais próximos da graduação: Lucas, Tarcília, Carlos, Eduardo Celso, Elison, Bruno, Chico, Vivian, Ives e Ribamar, pelos momentos de camaradagem, apoio mútuo e aprendizado compartilhado, que foram fundamentais para a minha formação.

A todos vocês, meu mais sincero agradecimento. Este trabalho não seria possível sem a contribuição de cada um de vocês. Obrigado por fazerem parte desta jornada e por ajudarem a transformar um sonho em realidade.

RESUMO

O baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, situado na porção nordeste da Ilha do Maranhão, é a área de estudo neste presente trabalho. Com uma área total de 43,12 Km², o baixo curso estende sua drenagem em porções dos municípios de São José de Ribamar e Paço do Lumiar. O objetivo geral desta pesquisa foi Analisar a geomorfologia do baixo curso do rio Santo Antônio através da taxonomia do relevo. Os específicos foram: descrever os aspectos geoambientais da área de estudo; caracterizar os compartimentos do relevo da área selecionada e Identificar os níveis taxonômicos do relevo do baixo curso do Santo Antônio, Ilha do Maranhão. Foram discutidos temas sobre a importância da cartografia para a geomorfologia e sobre a morfografia, morfometria e taxonomia como ferramentas de estudo do relevo. Para alcançar o que foi objetivado no projeto algumas etapas foram seguidas como: levantamento bibliográfico e cartográfico, organização do ambiente de trabalho, trabalho de campo; espacialização da taxonomia do relevo; compilação e tratamentos dos dados obtidos. A partir disso, obteve-se como resultados da pesquisa dados geológicos, geomorfológicos e hídricos da área de estudo. Destaca-se aqui que as geoformas foram analisadas a partir da proposta taxonômica apresentada por Ross (1992), as quais estão incluídas principalmente nos 3º, 4º, 5º e 6º táxons. Na drenagem analisada através da hierarquia fluvial proposta por Strahler (1952), conclui-se que no baixo curso da bacia analisada há canais que variam de primeira a terceira ordem. Além disso, o baixo curso do rio Santo Antônio é caracterizado como padrão dendrítico e drenagem exorréica, desembocando no Oceano Atlântico.

Palavras-chave: Morfografia e morfometria; baixo curso do rio Santo Antônio; taxonomia do relevo.

ABSTRACT

The lower course of the Santo Antônio watershed, located in the northeastern portion of Maranhão Island, is the area of study in this work. With a total area of 43.12 Km², the low course extends its drainage in portions of the municipalities of São José de Ribamar and Paço do Lumiar. The general objective of this research was to analyze the geomorphology of the lower course of the Santo Antônio River through the taxonomy of the relief. The specifics were: describe the geoenvironmental aspects of the study area; characterize the relief compartments of the selected area and identify the taxonomic levels of the relief of the lower course of Santo Antônio, Maranhão Island. Topics were discussed on the importance of cartography for geomorphology and on morphography, morphometry and taxonomy as tools for the study of the relief. To achieve what was objectified in the project, some steps were followed such as: bibliographic and cartographic survey, organization of the work environment, field work; spatialization of the taxonomy of the relief; compilation and treatments of the data obtained. From this, geological, geomorphological and water data of the study area were obtained as research results. It should be noted here that the geoforms were analyzed from the taxonomic proposal presented by Ross (1992), which are mainly included in the 3rd, 4th, 5th and 6th taxa. In the drainage analyzed through the fluvial hierarchy proposed by Strahler (1952), it is concluded that in the lower course of the analyzed basin there are channels that vary from first to third order. In addition, the lower course of the Santo Antônio River is characterized as a dendritic pattern and exorheic drainage, flowing into the Atlantic Ocean.

Keywords: Morphography and morphometry; lower course of the Santo Antônio River; relief taxonomy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de localização do baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	20
Figura 2	Localização da Ilha do Maranhão no Golfão Maranhense.....	39
Figura 3	Mapa de geologia do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio.....	43
Figura 4	Mapa de drenagem do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio.....	47
Figura 5	Mapa hipsométrico do baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	50
Figura 6	Área de declividade com solo exposto, em vertente ligeiramente acentuada às margens de um canal do Santo Antônio, Paço do Lumiar....	51
Figura 7	Mapa de declividade do baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	53
Figura 8	Mapa das unidades de relevo do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio.....	57
Figura 9	Registro de planície de maré com manguezal, próximo à praia de Panaquatira.....	61
Figura 10	Planície fluvial no baixo curso do Santo Antônio, em Paço do Lumiar...	62
Figura 11	Vertente planar retilínea com erosões em desenvolvimento, baixo curso do Santo Antônio, em Paço do Lumiar.....	63

Figura 12	Mapa de curvatura da superfície do baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	64
Figura 13	Vertente côncava, em Paço do Lumiar.....	66
Figura 14	Vertente planar retilínea, em área de loteamento, Panaquatira – São José de Ribamar.....	67
Figura 15	Mapa de taxonomia do relevo do baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Geologia do baixo curso do baixo curso do Santo Antônio.....	45
Tabela 2	Hierarquia fluvial do baixo curso do Santo Antônio.....	46
Tabela 3	Parâmetros morfométricos do baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio.....	55
Tabela 4	Geomorfologia do baixo curso do Santo Antônio.....	55

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
2	OBJETIVOS.....	21
2.1	Objetivo Geral.....	21
2.2	Objetivos Específicos.....	21
3	GEOMORFOLOGIA: Conceitos e discussões.....	22
3.1	O Uso da Morfometria e da Morfografia como Ferramentas de Estudo do Relevo.....	24
3.2	Análise Cartográfica em Geomorfologia.....	25
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	30
5	COMPORTAMENTO TAXONÔMICO DO RELEVO DO BAIXO CURSO DO RIO SANTO ANTÔNIO	37
5.1	Clima, Litoestratigrafia e Hidrografia.....	37
5.2	Caracterização dos compartimentos do relevo da área estudada.....	54
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
	REFERÊNCIAS.....	71
	APÊNDICES.....	80

1. INTRODUÇÃO

A Terra pode ser entendida como um sistema aberto que mantém relações de troca de energia, onde outros sistemas, que agem simultaneamente e interagem entre si. Segundo Christofolletti (1980), os processos endógenos e exógenos interagem para produzir as formas da superfície terrestre. Dessa forma, entende-se que as formas do relevo se estruturam e se esculpem a partir dessas interações entre litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera, funcionando muitas vezes como um sistema de retroalimentação (Silva, 2012).

Segundo Werlang (2019), o relevo é moldado pela interação de forças internas e externas. As forças internas, atuam ao longo do tempo geológico, criando características geológicas e topográficas. Já as forças externas, ou processos exógenos desgastam e erodem a superfície, criando diversas formas de relevo. Silva (2012) destaca ainda que as forças endógenas se manifestam ativamente através de abalos sísmicos, vulcanismo, dobramentos, afundamentos e soerguimentos de plataformas, falhas e fraturas, além da resistência dos materiais ao desgaste provocado pelos processos exógenos. Por outro lado, as forças externas se caracterizam pelo constante processo de modelagem nas mais diversas geoformas, através de intempéries físicas, químicas e biológicas.

A geomorfologia estuda essas formas e suas interações, focando em como esses processos dinâmicos esculpem a paisagem terrestre. Esta, portanto, desempenha um papel essencial para a compreensão dessas interações citadas anteriormente. Florenzano (2008a) afirma que a pesquisa em geomorfologia requer a análise da morfologia, da morfogênese, da morfodinâmica e da morfocronologia. Além do papel crucial que a geomorfologia exerce, a cartografia geomorfológica, como destaca Ross (1992), também se apresenta como uma ferramenta essencial para representar espacialmente essas formas e processos, permitindo uma análise detalhada das características do relevo.

A morfologia abrange os aspectos morfométricos e morfográficos. A morfometria envolve a quantificação das formas de relevo e a morfografia envolve a análise qualitativa das formas (Florenzano, 2008).

Silva (2012) destaca que, aproximadamente em meados do século XX, houve um interesse crescente por parte dos pesquisadores em estudos de geomorfologia, especialmente após publicações que indicavam as consequências das alterações do relevo e dos sistemas naturais resultantes da ação humana no processo de produção do espaço geográfico.

Vitte (2011) observa que a estruturação científica da geomorfologia no Brasil está diretamente ligada à criação e institucionalização de várias universidades, como a

Universidade de São Paulo (USP), e, durante o Estado Novo (1937-1945), à criação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que se encarregou de coletar, sistematizar e analisar o território brasileiro, fornecendo elementos analíticos para nortear as políticas de estado.

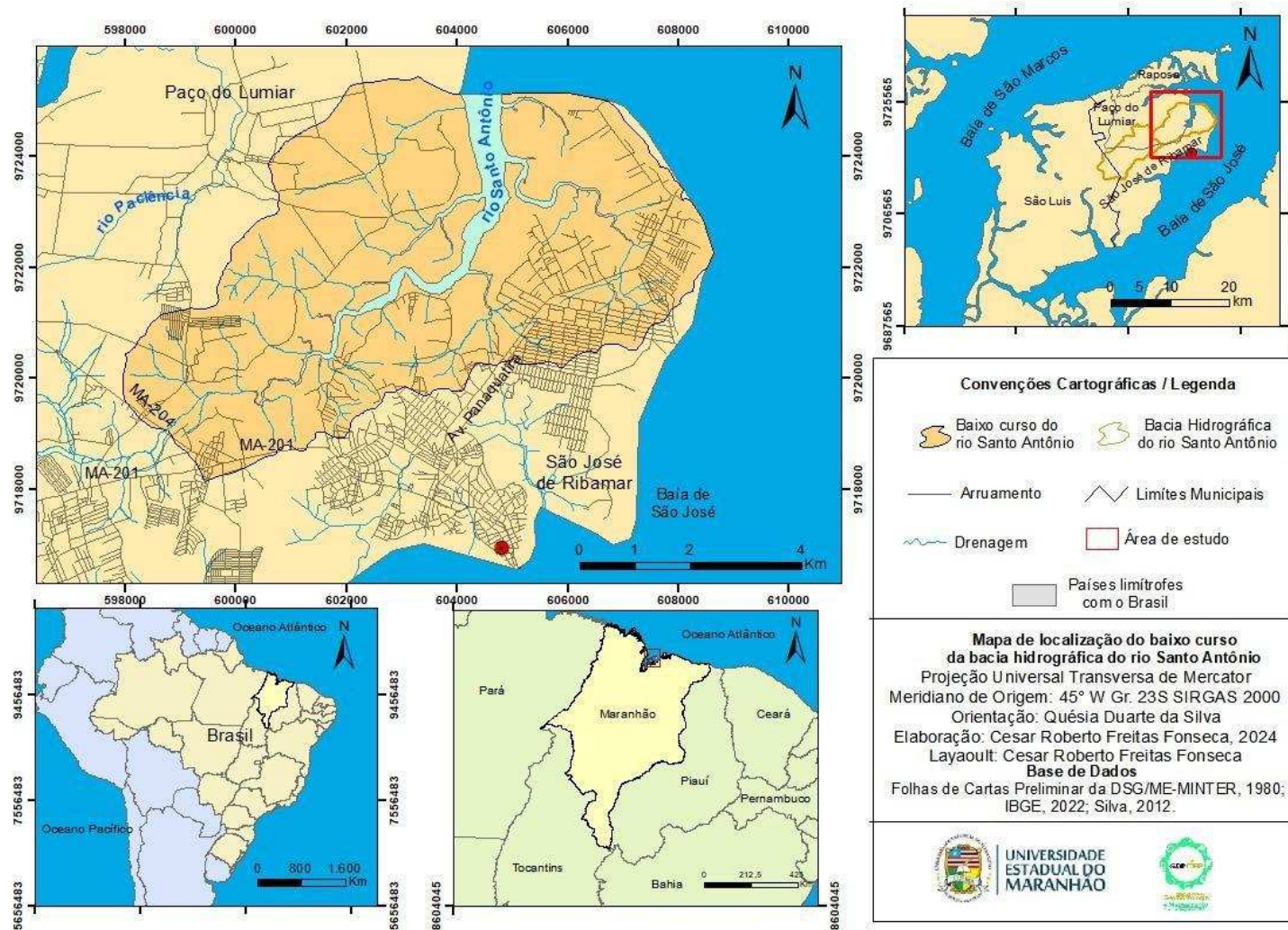
Sobre o mapeamento das formas de relevo, Argento (1998) afirma que o grande potencial na elaboração de mapeamentos geomorfológicos está relacionado aos projetos de planejamento da ocupação humana, focados na prevenção de futuros problemas e na economia dos recursos investidos. Entende-se que a geomorfologia serve para caracterizar, analisar, planejar e prever, por meio de dados, possíveis problemas socioambientais. Os estudos morfométricos e morfográficos são essenciais nas pesquisas de caracterização ambiental, pois utilizam parâmetros quantitativos e qualitativos para a classificação das formas do relevo (Silva, 2012).

Os compartimentos do relevo da Ilha do Maranhão foram mapeados e analisados na escala de 1:60.000 por Silva (2012). Na escala de 1:10.000, várias pesquisas sobre estes temas foram realizadas como Araújo *et al* (2014), Barros *et al* (2014), Bezerra *et al* (2014), Barros *et al* (2015), Barros (2016), Barros *et al* (2017), Costa *et al* (2017), Costa (2019), Costa *et al* (2019), Costa *et al* (2020), França (2020), Santana (2021), Lima (2023), dentre outros, mas na área do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, ainda havia necessidade de aprofundamento sobre esses temas.

O presente trabalho teve o objetivo de analisar as características morfológicas e morfométricas do baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio. Essa área está situada na Ilha do Maranhão, sendo uma das drenagens que deságuam na porção nordeste da ilha citada, dos municípios de São José de Ribamar e Paço do Lumiar (Figura 1).

Além desta introdução, tem-se os capítulos que tratam dos objetivos geral e específicos; dos conceitos de morfometria, morfografia e a cartografia geomorfológica; dos procedimentos adotados para o alcance dos objetivos da pesquisa; e os resultados. Estes, por sua vez, abrangem os dados relacionados à caracterização geoambiental da área (clima, geologia e drenagem); ao comportamento morfográfico e morfométrico e aos compartimentos do relevo da área.

Figura 1 - Mapa de localização do baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio



Fonte: Própria pesquisa, 2024.

2.OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Analisar a geomorfologia do baixo curso do rio Santo Antônio através da taxonomia do relevo.

2.2 Objetivos específicos

- Descrever os aspectos geoambientais da área de estudo;
- Caracterizar os compartimentos do relevo da área selecionada;
- Identificar os níveis taxonômicos do relevo do baixo curso do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.

3. GEOMORFOLOGIA: conceitos e discussões

As geoformas oriundas das relações entre a litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera, são criadas e modeladas pelos processos endógenos e exógenos. A geomorfologia é a ciência que se dedica ao estudo das formas da superfície terrestre e dos processos que as moldam. Integrando conhecimentos de diversas áreas como geologia, climatologia, hidrologia e biologia, essa área do conhecimento proporciona uma compreensão abrangente das dinâmicas que esculpem o relevo do planeta (Florenzano, 2008b).

Summerfield (1991) apresenta uma visão ampla dos processos geomorfológicos globais. O autor em questão afirma que a geomorfologia é essencial para entender como as forças internas, como o tectonismo, e externas, como a erosão e o intemperismo, influenciam a distribuição e a evolução das geoformas. O autor ainda destaca que, os processos relacionados à tectônica atuam como motor fundamental na formação do relevo, e que os processos superficiais ou exógenos esculpem as formas.

Outros autores ainda corroboram com essa ideia afirmando que a Geomorfologia é uma área de conhecimento que busca explicar a evolução das formas e processos responsáveis pela modelagem da superfície terrestre. Seu objetivo é compreender a evolução do relevo ao longo do tempo, analisando a atuação dos agentes e processos morfogenéticos, levando em conta a escala dos processos físicos, químicos e biológicos, além da influência da intervenção humana na dinâmica da paisagem (Summerfield, 1991; Florenzano, 2008a).

No Brasil, a geomorfologia adquire características únicas devido à diversidade de climas, solos e formações geológicas. Ross (1992) contribuiu para o conhecimento geomorfológico, propondo uma nova classificação do relevo brasileiro, enfatizando a importância de considerar tanto os processos atuais, quanto os históricos. O autor destaca que o relevo brasileiro é resultado de uma longa história geológica e de processos geomorfológicos contínuos que variam de região para região.

Christofolletti (1980) afirma que há uma grande interação entre os processos e as formas, e o estudo destes pode ser considerado o objetivo central da geomorfologia. Ele defende que os sistemas geomorfológicos, por receberem influências e por influenciar outros sistemas que compõem o seu universo (conjunto maior onde está inserido o sistema particular), são considerados sistemas abertos, pois há constante troca de energia e matéria.

Na superfície terrestre há diferentes formas, e muitos relevos se expressam com distintas feições, altitudes e estruturas. É importante estudar essas formas do relevo para

entender não somente a evolução destas, mas sobretudo a relação que há entre elas e a ação humana (Silva, 2012).

Santana (2021) corrobora, destacando que a ciência geomorfológica desempenha um papel crucial na compreensão do relevo, permitindo analisar os ambientes naturais e urbanos.

Ab'Saber (2000) afirma que os domínios geomorfológicos brasileiros são únicos devido à interação entre clima, vegetação e solo. Ele afirma que cada domínio apresenta uma dinâmica própria, a qual deve ser compreendida, visando a gestão sustentável dos recursos naturais.

Sabe-se que as formas de relevo podem favorecer ou não o uso e a ocupação pelas sociedades humanas; em um extremo pode-se encontrar barreiras e/ou obstáculos naturais que dificultam o manejo da terra ou construções em centros urbanos; no outro extremo, há áreas onde o relevo facilita a ocupação ou uso. Há casos em que as formas de relevo definiram limites (fronteiras, divisas) territoriais municipais, estaduais e federais (Florenzano, 2008a).

Ab'Sáber (1975) destaca que há muitos problemas relacionado ao relevo, como os processos erosivos agravados por atividades antrópicas como desmatamento, ocupação urbana e agricultura intensiva. Silva (2012) ressalta outros problemas como inundações, alagamentos, enxurradas, assoreamento, movimentos de massa, os quais podem causar desastres ambientais. Ab'Sáber (1975), ressalta ainda que a gestão adequada do uso do solo e a implementação de práticas conservacionistas são essenciais para mitigar os efeitos negativos da erosão. Aqui, registra-se que a gestão adequada pode mitigar os efeitos dos outros problemas citados.

Para a gestão adequada e conforme Florenzano (2008b), é importante compreender, dentre outros, os aspectos morfológicos, que por sua vez, abrangem a morfografia e morfometria do relevo.

Os conhecimentos geomorfológicos aplicados são fundamentais para a prevenção de desastres e para o desenvolvimento sustentável. Destaca-se também que é de suma importância integrar a geomorfologia aos estudos ambientais e ao planejamento territorial afim de manter uma compatibilidade no equilíbrio ambiental e urbano (Guerra, 2018).

Florenzano (2008a) enfatiza a importância das tecnologias de sensoriamento remoto e dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na análise e interpretação das formas do relevo. Ela afirma que o uso de imagens de satélite e SIGs proporciona análises com maior detalhamento, facilitando a identificação de padrões e processos.

Neste trabalho, foram estudados os aspectos morfológicos, que englobam a morfografia e a morfometria. A morfografia está mais relacionada à descrição das formas aparentes do relevo, sendo responsável pelas nomenclaturas dessas formas, a exemplo: plano, colinoso, montanhoso ou planícies, planaltos, depressões e dentre outras descrições (Florenzano 2008b).

A morfometria está relacionada à caracterização do relevo por meio de variáveis quantitativas. O levantamento e análise dos parâmetros morfométricos são de grande valia para o estudo das bacias hidrográficas pois relaciona as características físicas, geográficas e topográficas de toda a bacia e o seu comportamento hidrográfico (Lopes *et al.*, 2022).

Diferente dos estudos dos processos de formação e modelação do relevo, que atuaram no pretérito, os estudos que se referem aos processos internos e externos atuais cabem à morfodinâmica, que abrange os estudos dos processos da morfogênese (endógenos e exógenos), mas que ainda estão em atual atividade como afirma Florenzano (2008b).

3.1 O Uso da Morfometria e da Morfografia como Ferramentas de Estudo do Relevo

A análise das características morfométricas são de suma importância para o estudo das formas, tendo em vista que estas fornecem bases que podem subsidiar o conhecimento sobre o funcionamento de uma bacia hidrográfica (Vale e Bordalo, 2020).

Christofolletti (1980) destaca que a quantificação da geomorfologia não é algo recente, tendo em vista que o uso de métodos quantitativos em Geomorfologia se mostrou necessário em análises morfométricas no século XIX, com a preocupação de medir as formas de relevo através de processos sistemáticos e racionais. Os estudiosos dessas pesquisas sediaram suas investigações em países como Áustria, Alemanha e Suíça.

Um dos importantes autores que se debruçou nas pesquisas sobre as técnicas morfométricas utilizadas na identificação e na análise de formas de relevo foi Strahler (1952), amplamente citado na literatura internacional.

Essas técnicas envolvem dados quantitativos como médias de altura, comprimento, largura, superfície, volume, altura absoluta e relativa, altitude, inclinação (declividade), extensão de vertente, curvatura, orientação, frequência de rios, amplitude interfluvial e densidade de drenagem e outros (Florenzano, 2008b). Além destes autores, cita-se aqui outros autores que tratam sobre esses dados como Lopes *et al.*, (2022), Vale e Bordalo (2020).

Para análises hidrológicas ou ambientais, o uso da morfometria na caracterização geoambiental da bacia hidrográfica é passo importante a ser executado. O levantamento e

processamento dos índices morfométricos se faz necessário nesses estudos para esclarecer a dinâmica local e/ou em escala regional (Florenzano, 2008).

Além da representação cartográfica das feições morfológicas, o mapa, como produto final, é a concepção sintética do relevo, o fundamento da pesquisa geomorfológica (Sato e Lupinacci, 2004).

Nesse sentido, a cartografia geomorfológica constitui-se como um importante instrumento na pesquisa geomorfológica, contribuindo assim para a compreensão da distribuição espacial sobre o modelado. Deve estar pautada em critérios bem definidos de representação gráfica, visando facilitar a leitura e interpretação dos fenômenos geomorfológicos (Sato e Lupinacci, 2004).

Segundo Griffiths e Abraham (2008, apud Cunha, 2012), os mapas geomorfológicos desempenham um papel fundamental nos estudos de planejamento ambiental, pois possibilitam a análise da distribuição espacial dos processos, tanto atuais quanto passados, que moldam as formas de relevo nas paisagens contemporâneas.

A cartografia geomorfológica é, portanto, essencial para estudos sobre o relevo por permitir delinear as configurações da superfície terrestre por uma perspectiva científica sobre as bases da Geomorfologia.

3.2 Análise Cartográfica em Geomorfologia

Sabe-se que os compartimentos do relevo que resultam da interação endógena e exógena terrestre são, de forma abrangente, objetos de estudo da geomorfologia, e há tempos a cartografia vem sendo usada como ferramenta de interpretação e análise da paisagem.

A cartografia geomorfológica constitui um importante instrumento na espacialização dos fatos geomorfológicos (Cassetti, 2001). Para Ross (1996), as formas de relevo assim como outros componentes da natureza são elementos cartografáveis que possuem diferentes tamanhos e formas que se relacionam com a sua gênese sendo sua representação cartográfica um importante recurso técnico-científico (Morari, 2023, p. 15).

Segundo Silva (2012), fundamentada em Klimaszewski (1982), a cartografia teve grande contribuição desde o século XVIII, por meio das hachuras assim como com as curvas de nível em meados do século XIX, apresentando assim análises morfológicas e morfográficas do relevo. Aspectos morfológicos e morfográficos já eram abordados, entretanto ainda havia a necessidade de discussão de atributos como a morfogênese, a evolução dessas morfologias estudadas e suas respectivas idades.

Silva (2012) destaca ainda que Passarge (1914, 1920) foi o pioneiro, quanto a apresentação de uma proposta com os princípios fundamentais dos mapas geomorfológicos (publicada em um artigo no ano de 1912).

Coltrinari, (2011) diz que:

A publicação incluía, em escala 1:50.000, oito mapas: 1) topo-orográfico com vegetação, 2) de declividade das vertentes (0-5°, 5- 10°, 10°-20°, 20°-35°, >35°), 3) das formas de vales, 4) geológico-estratigráfico, 5) de resistência física, 6) de resistência química, 7) petrográfico e 8) de desenvolvimento do relevo, os elementos desse relevo e sua evolução, a estrutura do substrato e sua susceptibilidade ao intemperismo (Coltrinari, 2011, p. 2).

Mesmo com todo esse conteúdo gerado a fim de melhorar a forma de pesquisa e estudo dos relevos por meio da cartografia geomorfológica, visando uma análise menos superficial como era de costume, onde estudava-se somente as principais formas, ainda assim a proposta de Passarge não foi muito requisitada pelos profissionais da geografia da época, vindo à tona outra vez somente no período pós segunda guerra mundial, entre 1939-1945 (Coltrinari, 2011).

Nesse período pós guerra, especialistas como Klimaszewski (1950, 1953), Tricart (1954) e Boesch (1945), citados por (Coltrinari, 2011), iniciam estudos embasados e gerados a partir de fotografias aéreas, trazendo discussões detalhadas do relevo, seus modelados e interações entre estrutura, clima e origem das formas observadas e registradas em mapas topográficos em escalas de 1:50.000 ou maiores.

A partir dos anos 1950, com embasamento na cartografia geomorfológica, pesquisas com estudos mais elaborados ganharam mais espaços no meio dos geógrafos da época. Segundo Coltrinari (2011), nesse período foram publicadas as primeiras cartas com mais detalhes e em diversas escalas, e todos os resultados gerados a partir dessas pesquisas foram apresentados na Conferência Internacional da Polônia (1962). Nesse evento

Publicaram as primeiras cartas detalhadas em diversas escalas com base em levantamentos de campo. Equipes coordenadas por J. Tricart, F. Joly, A. Journaux e I. Dewolf realizaram levantamentos na França Continental, América Latina, Delta do Senegal e África do Norte (Joly, 1973) enquanto na Polônia M. Klimaszewski coordenava a execução do projeto do mapa geomorfológico detalhado pelos pesquisadores dos institutos de geografia da Academia de Ciências e das universidades (Klimaszewski, 1963 *apud* Coltrinari, 2011).

Os encontros da UGI - União Geográfica Internacional, foram de grande significância para o reconhecimento da importância das cartas geomorfológicas, sendo estas incluídas entre as tarefas importantes da Comissão de Geomorfologia Aplicada, durante o 18º Congresso Internacional da UGI (Klimaszewski, 1963 *apud* Coltrinari, 2011).

A partir da necessidade de padronização internacional quanto aos produtos cartográficos, mesmo que estes fossem produzidos em locais de distintos aspectos climáticos e geológicos, foi criada uma Subcomissão de Cartografia Geomorfológica gerenciada por Klimaszewski, dentro da esfera da Comissão de Geomorfologia Aplicada. Esta tinha como objetivos:

-Introduzir e desenvolver a metodologia do mapeamento geomorfológico; – adotar um sistema e princípios uniformes de cartografia para assegurar sua comparabilidade; – oferecer, mediante os mapas geomorfológicos, subsídios para o conhecimento do ambiente geográfico e seu uso racional (Klimaszewski, 1982, p. 266 *apud* Coltrinari, 2011).

Vale destacar o trabalho desenvolvido na Polônia na produção da carta geomorfológica na escala de 1:50.000 iniciada nos anos 1946. Segundo Coltrinari (2011) foram classificadas, nos trabalhos desenvolvidos na Polônia, áreas com potencial para construção civil, áreas para uso agrícola e para construção de estradas. Dessa forma, percebe-se a importância da cartografia geomorfológica, sendo ela uma ferramenta essencial na análise e na gestão dos riscos, pois destaca-se pela capacidade de identificar áreas suscetíveis a processos geomorfológicos, como movimentos de vertente e inundações.

Bateira *et al.*, (2014) destacam que a precisão e detalhamento dos mapas geomorfológicos são fundamentais para a análise apurada dos riscos, permitindo a implementação de medidas preventivas e a preservação da paisagem natural. Além disso, a cartografia geomorfológica oferece subsídios valiosos para o planejamento urbano, contribuindo para a mitigação de desastres naturais e a segurança da população (Coltrinari, 2011).

Ab'Saber enfatiza a importância da cartografia geomorfológica na compreensão dos domínios morfoclimáticos do Brasil. O autor enfatiza que a cartografia é fundamental para identificar e categorizar as diversas unidades de paisagem, ajudando na análise dos processos geomorfológicos e na gestão dos recursos naturais (Ab'Saber, 2003).

Não tão distante da aplicação de Ab'Saber, Ross (1992) defende que a cartografia em geomorfologia, assim como em outras áreas do conhecimento, deve ser realizada com precisão e detalhamento, sendo assim essencial para aplicações no planejamento urbano, gestão ambiental e prevenção de desastres naturais. O autor também destaca a importância de integrar diferentes escalas cartográficas e incorporar a dinâmica temporal dos processos geomorfológicos para uma gestão territorial mais eficaz (Ross, 1997).

O último autor ainda propõe uma metodologia de compartimentação do relevo como uma abordagem sistemática para classificar e compreender as diversas unidades

geomorfológicas de uma região. Segundo Ross (1992), essa taxonomia do relevo busca identificar e descrever unidades de paisagem que compartilham características semelhantes em termos de forma do terreno, processos de formação e estrutura geológica subjacente.

Para Ross (1992), a compartimentação do relevo é uma metodologia é fundamental para a geomorfologia, pois permite a organização e a análise dos diversos tipos de relevo de maneira coerente e científica.

A metodologia do autor envolve a identificação e a categorização dos compartimentos de relevo com base em critérios morfológicos e morfogenéticos. Pode-se destacar aqui que os critérios incluem a análise da forma, estrutura, composição e processos formadores das unidades de relevo. A abordagem de Ross (1992) é hierárquica, o que significa que os compartimentos são organizados em diferentes níveis.

Costa *et al.* (2020) contribui apontando que a metodologia de classificação do relevo desenvolvida por Ross (1992) organiza o relevo em diferentes táxons, começando pelas unidades morfoestruturais mais amplas (1º táxon) e chegando até as formas de menor escala, que são influenciadas por ações antrópicas (6º táxon).

O primeiro táxon se caracteriza por ser o maior, neste se inclui a morfoestrutura. O segundo, é classificado por ser menor, neste se encaixam as unidades morfoesculturais. O terceiro táxon (de dimensão inferior) apresenta as Unidades dos Padrões de Formas Semelhantes do Relevo ou os Padrões de Tipos de Relevo, segundo o autor é neste táxon que os processos morfoclimáticos contemporâneos começam a ser mais perceptíveis. Esses Padrões de Tipos de Relevo são feições menores do relevo, mas entre si apresentam diferenciações em vários aspectos, como, por exemplo, no índice de dissecação (Ross, 1992).

No quarto táxon estão as formas de relevo individualizadas e estas dentro de cada Unidade de Padrão de Formas Semelhantes. As feições desta compartimentação podem se classificar como agradacionais e denudacionais, na primeira essas geoformas são originadas majoritariamente por deposição como as “... as planícies fluviais, terraços fluviais ou marinhos, planícies marinhas, planícies lacustres entre outros... (Ross, 1992, p. 19)”

As formas denudacionais são produtos dos processos de degradação erosiva, ou seja, estas formas são geradas a partir da retirada desses minerais, como colinas, morros, cristais, com topos planos, aguçados ou convexos (Ross, 1992, p. 19-20).

O 5º taxon na ordem decrescente são as vertentes ou setores das vertentes pertencentes a cada uma das formas individualizadas do relevo. As vertentes de cada tipologia de forma são geneticamente distintas, e cada um dos setores destas vertentes também se mostram diferentes. Como exemplo, tornando-se a forma de uma colina ou de um morro, os diversos setores apresentam características geométricas, genéticas e dinâmicas, bem distintas. O topo e a parte superior da

vertente podem, por exemplo, ter formato retilíneo e a base côncava. Ao mesmo tempo esses setores podem apresentar inclinações diversas que também ajudam a definir as suas características. (Ross, 1992, p. 20)

Produtos de ações de intensa erosão como as voçorocas, ravinas, cicatrizes de deslizamentos da mesma maneira que outras feições como bancos de sedimentação atual, assoreamentos, terracetes de pisoteio, e outras, decorrente de ações antrópicas, correspondem ao sexto táxon. São formas menores e estão passivas aos processos de deposição e erosão contemporâneo (Ross, 1992).

Atualmente, está sendo elaborado, desde o ano de 2019, um novo sistema de classificação do relevo do Brasil, envolvendo o trabalho de mais de 70 doutores e especialistas em mapeamento geomorfológico de instituições diversas de pesquisa sendo um trabalho.

Conforme os trabalhos desenvolvidos até o presente momento, foram definidos os compartimentos do primeiro nível taxonômico e as unidades morfoestruturais do segundo táxon. Do primeiro nível, os compartimentos geomorfológicos do Brasil são Montanhas, Planaltos, Planícies, Superfícies Rebaixadas e Tabuleiros. O segundo táxon classificado está relacionado às províncias geotectônicas, que englobam as formas de relevo do táxon anterior e classificam as formas por distinções litológicas e estruturais distintas (CEN, 2022).

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Com base nos objetivos da pesquisa, foram realizados procedimentos metodológicos descritos a seguir.

a) Levantamento bibliográfico e cartográfico

Para esta etapa de levantamento bibliográfico, pesquisas foram realizadas em trabalhos como dissertações, artigos e livros já produzidos no pretérito e de autores contemporâneos, acerca de estudos morfométricos em bacias hidrográficas, geomorfologia e taxonomia do relevo, como Klimaszewski (1982); Ross (1992); Florenzano (2008); Coltrinari (2011); Silva (2012) e entre outros.

Vale ressaltar que para o levantamento cartográfico, o banco de dados de Silva, (2012), Fonseca (2021) e as cartas planialtimétricas do Diretório do Serviço Geográfico do Exército – Ministério do Exército / Ministério do Interior - DSG/MINTER (1980) com escala de 1:10.000, foram de expressiva importância para embasamento cartográfico sobre a área de estudo e produção de outros shapes com o intuito de elaborar os mapas referentes ao estudo apresentado. Para a elaboração de todo o material cartográfico apresentado aqui, foi utilizado como ferramenta o software ArcGIS for Desktop Advancend em sua versão 10.5, possuindo a licença EFL999703439.

b) Organização do ambiente de trabalho

Para facilitar o acesso às informações obtidas através da revisão bibliográfica e levantamento cartográfico se fez necessário a criação de pastas em um desktop, as quais serviram para armazenamento e organização de todo material digital da pesquisa.

Neste banco de dados foram armazenados os shapes, imagens e mapas que foram produzidos ao longo do trabalho. Para a elaboração e atualização do material cartográfico utilizou-se o *software* ArcGis for Desktop Advanced.

c) Realização de trabalhos de campo

Foram realizadas duas visitas a campo, em 03 de dezembro de 2020; 04 de agosto de 2021 e com o avanço da pesquisa foram realizadas outras em 03 de julho de 2022; 02 de julho de 2024. Nesses campos foram analisados 18 pontos, distribuídos de sudeste a sudoeste e nordeste do baixo curso do rio, todas as visitas foram efetuadas com o intuito de reconhecer e comparar a área com os textos acadêmicos encontrados e de averiguar se ocorreram mudanças significativas na área no período de 2020 a 2024.

Nos trabalhos de campos foram utilizados alguns instrumentos como o aplicativo de geolocalização (LocusMap), para registrar as coordenadas dos pontos visitados; prancheta e caneta para descrever as paisagens das áreas visitadas e câmera de telefone móvel para registro em imagens horizontais, para comparar com as observações e anotações dos campos realizados em períodos diferentes.

d) Caracterização geoambiental da área

A caracterização dos aspectos geoambientais da área de análise, se deu a partir dos dados adquiridos durante a própria pesquisa, dados estes que estão ligados aos aspectos geológicos, geomorfológicos, de drenagem e climáticos da bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio, além do uso de estudos de gabinete e leituras especializadas sobre a temática abordada.

O processo de elaboração dos mapas temáticos ocorreu em quatro etapas distintas. A primeira etapa envolveu a coleta de pontos KML (Keyhole Markup Language – Linguagem de Marcação Keyhole), com as coordenadas X, Y e Z (onde X representa a latitude, Y a longitude e Z a altitude), obtidas por meio do Google Earth. Em seguida, na segunda etapa, foi realizada a conversão dos arquivos KML para o formato SHP (shapefile). Na terceira etapa, foi gerado o Modelo Digital de Elevação (MDE) a partir da triangulação desses pontos. Por fim, na quarta etapa, foram extraídas as curvas de nível.

A utilização das cartas DSG/ME – MINTER (Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério do Exército) de 1980, referentes à bacia hidrográfica do Santo Antônio, foi crucial para a obtenção das primeiras informações, como a drenagem e os limites da bacia. Além disso, o banco de dados de Silva (2012) contribuiu significativamente para o desenvolvimento desta pesquisa.

Visando a objetividade e a necessidade de enfatizar as metodologias mais relevantes e os resultados que melhor representam as dinâmicas espaciais da área em estudo e os objetivos da pesquisa, optou-se por apresentar o processo detalhado de elaboração de

apenas alguns dos mapas. Essa abordagem permite uma análise mais detalhada e focado, facilitando a interpretação e assegurando que o leitor compreenda a importância das técnicas empregadas na representação dos dados.

□ Elaboração do mapa de geologia

O mapeamento geológico da região em análise foi obtido a partir do levantamento geomorfológico da Ilha do Maranhão, na escala de 1:60.000, conforme descrito por Silva (2012). Para a caracterização geológica, a autora se baseou em diversos documentos, incluindo um mapa geológico na escala de 1:100.000 elaborado por Maranhão (1998a), a carta geológica da Companhia de Recursos Minerais (CPRM) na escala de 1:250.000, desenvolvida por Rodrigues et al. (1994), e a carta geológica da CPRM na escala de 1:500.000, folha SA.23-X/Z São Luís NE/SE, criada por Veiga Júnior (2000).

Durante o andamento desta pesquisa, foi necessário realizar uma atualização dos shapefiles que definem os limites da classificação geológica. Esses dados foram extraídos do mapeamento geológico feito por Silva (2012) para a Ilha do Maranhão utilizando a ferramenta Arctoolbox – Analysis Tools – Extract – Clip, no software ArcGIS. Após essa fase, as classes correspondentes à área de estudo foram associadas e as classificações foram atualizadas com base em imagens do Google Earth® e em investigações de campo. Com todas as atualizações realizadas nos shapefiles, os mapas foram concluídos, incorporando novas colorações para as classes e legendas adequadas como resultado final de cada mapa.

□ Elaboração dos mapas hipsométrico e clinográfico

Partindo de uma cópia do MDE, algumas das etapas utilizadas na elaboração do mapa hipsométrico foram as mesmas do mapa posterior. Foi, ainda, utilizada a sequência de cores do círculo psicométrico¹ para as classes hipsométricas, com base na característica da área de estudo. A hipsometria foi gerada a partir das curvas de nível com equidistância de 5 metros, na escala de um para 1:10.000.

Para a elaboração do mapa clinográfico foram usadas as classes de declividade, (com as adaptações necessárias para a área de pesquisa), baseadas em Florenzano (2008) e na Lei federal 6766/79 (BRASIL, 1979). Essa etapa foi executada no software ArcGIS. A princípio foi criado um MDE (Modelo Digital de Elevação) com a adição de curvas de nível da área de estudo no dataview do software. Posteriormente foi acionado o “arcToolbox” e após, a ferramenta “3D analyst tools - data management – creat TIN”. Posteriormente foi feito

uma classificação na ferramenta “Symbology” e a partir dessas etapas foi definido um total de 4 classes com os intervalos de 0,00 – 3,00% o segundo de 3,00 – 5,00% o terceiro de 5,00 – 10,00 e o quarto de 10,00 – 25,00%.

□ Elaboração do mapa de curvatura vertical e horizontal das vertentes

Para esse mapa foi utilizada a classificação de Valeriano (2008), que identifica três tipos de vertentes que representam as curvaturas horizontal e vertical do terreno associadas, podendo ser apresentado assim nove classes. Para a elaboração desse mapa deve ser seguido os seguintes processos: O TIN utilizado para gerar os mapas hipsométrico e clinográfico é convertido para o formato raster. Para isso, em Arctoolbox, foi acessado “3D Analyst Tools > Conversions > From TIN” e, na opção “Sampling Distance”, clica-se em “CELLSIZE 10”.

Em seguida, o raster foi transformado para um formato estatístico. Para isso, acessa-se “Spatial Analyst Tools > Neighborhood > Focal Statistics” em Arctoolbox, selecione a alternativa “Circle” na opção “Neighborhood” e insira o valor 5 em “Radius”.

Para criar a curvatura em perfil e em plano, siga estas etapas: em Arctoolbox, acesse “Spatial Analyst Tools > Surface > Curvature”. Esse procedimento gera três arquivos: curvatura geral, curvatura em plano e curvatura em perfil.

Depois de obter os tipos de vertente, é necessário reclassificá-las. Em Arctoolbox, clicou-se em “Spatial Analyst Tools > Reclass > Reclassify”. Depois de todos esses processos, soma-se os dois últimos arquivos gerados (curvatura em plano e em perfil). Para isso, acessou-se “Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator”. Após a soma, realizou-se o processo de classificação das vertentes abrindo a tabela de atributos (“Open Attribute Table”), adicionando um campo (“Add Field”) com isso foram geradas as devidas classificações.

□ Elaboração do mapa de drenagem

A drenagem do baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, ao contrário do que é apresentado nas cartas planialtimétricas de 1980, passou por significativas transformações devido à urbanização intensa e contínua na região. As várias alterações observadas na área de estudo exigiram uma atualização e classificação da drenagem, uma vez que muitos canais foram aterrados ou modificados pela ação humana. Essa capacidade do ser humano de atuar como um agente geomorfológico evidencia como suas atividades impactam diretamente o relevo e os canais fluviais. Para a elaboração do novo mapa, utilizou-se a vetorização das cartas topográficas, juntamente com uma base de dados pré-existente,

complementada pelos trabalhos de campo e pela análise das imagens disponibilizadas pelo Google Earth®. Essas ferramentas foram essenciais para diagnosticar a situação atual dos canais fluviais.

□ Elaboração do mapa de unidades de relevo

O mapa das unidades de relevo da sub-bacia hidrográfica foi confeccionado a partir do mapeamento geomorfológico de Silva (2012) para a Ilha do Maranhão, na escala de 1:60.000. Essa atividade foi executada utilizando o software ArcGis®, especificamente na ferramenta Arctoolbox – Analysis Tools – Extract – Clip. Com os dados obtidos, foi feita a identificação e atualização das morfologias, com base nas imagens do Google Earth®, seguida por validações em campo. O resultado final desse mapeamento das unidades de relevo foi um mapa na escala de 1:10.000.

A realização do mapeamento fundamentou-se nas obras de Ross (1992, 1994, 1995, 1997), considerando os níveis taxonômicos do relevo. Os conceitos de Morfoestrutura e Morfoescultura, amplamente relatados na literatura especializada, desenvolvidos pelos pesquisadores russos Guerasimov e Mescherikov (1968) e Mecerjacov (1968) serviram como base para a análise realizada por Ross para a elaboração de sua proposta taxonômica.

e) Elaboração da ficha de campo

A ficha de campo, usada para análise e caracterização das morfologias destacadas na pesquisa, foi baseada, e adaptada, na ficha de campo apresentado por IBEG (2009) e Silva (2012). Esse recurso se mostra necessário principalmente nas visitas a campo, objetivando analisar e comparar as formas do objeto de estudo com a literatura.

As opções de descrição na ficha são diversas para contemplar o máximo de características que podem ser encontradas em campo, a exemplo: aspectos da drenagem; paisagens geomorfológicas; processos modeladores e formadores do relevo; feições de detalhe entre outros (Visitar apêndices).

f) Levantamento dos dados morfométricos

Para entender melhor as características do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio - MA, recorreremos aos estudos de Florenzano (2008) e Christofolletti (1980). Florenzano nos mostra como a análise geomorfológica é essencial para o planejamento ambiental, enquanto Christofolletti explica detalhadamente como os processos geomorfológicos influenciam a forma e o comportamento das bacias hidrográficas. Com base nesses autores, utilização de parâmetros morfométricos como a amplitude altimétrica, o

gradiente de canais e a relação de relevo é justificada pela sua importância em caracterizar as dinâmicas geomorfológicas e hidrográficas da área em estudo, conforme os conceitos apresentados por Christofolletti (1980). Esses parâmetros fornecem informações cruciais sobre a energia dos cursos d'água e a configuração espacial das bacias hidrográficas.

A amplitude altimétrica, definida como a diferença entre o ponto mais elevado e a cota mínima, é essencial para identificar o desnível topográfico e compreender as forças erosivas e de transporte de sedimentos. Sua aplicação permitiu analisar a variação altimétrica máxima e sua influência nas dinâmicas de drenagem da área. O gradiente de canais, que reflete a relação entre a diferença altimétrica de um canal e o comprimento do segmento fluvial, diminui a declividade e o potencial energético do curso d'água. Esse parâmetro foi fundamental para avaliar a capacidade de transporte de sedimentos e a intensidade dos processos erosivos ao longo do canal principal.

A relação de relevo, conforme definida por Schumm e citada por Christofolletti (1980), associa a amplitude altimétrica máxima ao comprimento da bacia hidrográfica, permitindo entender como o relevo influencia a extensão da bacia e contribui para avaliar o potencial de escoamento e erosão na área em estudo. A aplicação desses parâmetros possibilitou uma interpretação detalhada das características morfológicas e hidrodinâmicas da bacia hidrográfica, evidenciando sua importância na compreensão dos processos geomorfológicos e na gestão territorial.

□ Amplitude altimétrica (Δa)

Segundo Christofolletti (1980 apud Barros, 2009) a amplitude altimétrica (H) é a diferença entre a maior e a menor altitude da área da bacia e expressa em metros e foi obtida conforme a expressão:

$(H) = AM - Am$, onde:

H = amplitude altimétrica.

AM = maior altitude.

Am = menor altitude.

□ Gradiente de canais (G_c)

O gradiente dos canais, segundo Christofolletti (1980, p. 112), “vem a ser a relação entre a diferença máxima de altitude entre o ponto de origem e o término com o comprimento do respectivo segmento fluvial. A sua finalidade é indicar a declividade dos cursos de água, podendo ser medido para o rio principal e para todos os segmentos de qualquer ordem”. Desse

modo o parâmetro reflete o potencial de energia no canal fluvial. Segundo Barros (2009) este gradiente pode ser obtido através da seguinte expressão:

$$G_{cp} = A_{cp} / C_{cp} \cdot 1000, (11)$$

A_{cp} representando a amplitude altimétrica do canal principal e C_{cp} o comprimento do canal principal, quanto ao valor 1000, representa a unidade de transformação em m/Km.

O gradiente do canal principal (G_{cp}) é um bom indicador da capacidade de transporte de sedimentos de um rio. Quanto maior for o gradiente do canal principal maior será a capacidade de transporte de um rio, pois maior é a sua declividade. Pode ser representado pela equação $G_{cp} = H_{cp} / L_{cp}$, sendo H_{cp} , a altura do canal principal e L_{cp} o comprimento do canal principal. A posição dos cursos de drenagem consiste em definir uma classificação aos segmentos de canais de uma rede de drenagem de uma bacia hidrográfica. Neste estudo, a ordenação dos cursos d'água foi realizada com base no método de Strahler (1952), conforme relatado por Christofolletti (1980 apud Nunes, 2006).

□ Relação do relevo (R_r)

A relação de relevo do complexo hidrográfico (RR) Schumm (1996 apud Silva, 2012) citado por Christofolletti (1980, p. 120) considera-a como “o relacionamento existente entre a amplitude altimétrica máxima de uma bacia e a maior extensão da referida bacia, medida paralelamente a principal linha de drenagem”. De acordo com Barros (2009), esta relação pode ser obtida através da seguinte fórmula:

$$R_r = H_m / L_b$$

onde, H_m representa a amplitude topográfica máxima e L_b o comprimento do sistema hidrográfico ao longo do principal curso hídrico.

A relação de relevo (R_r) é expressa pela equação $R_r = H_b / L_b$, onde H_b é a altura da bacia, ou seja, altitude mais elevada da bacia menos à altitude menos elevada, e L_b é o comprimento da bacia medido em linha reta ao longo do canal principal até encontrar a borda da bacia, ou seja, o seu divisor.

As equações mencionadas anteriormente representam exemplos de cálculos que podem ser utilizados na análise de bacias hidrográficas (Barros, 2009).

5. COMPORTAMENTO TAXONÔMICO DO RELEVO DO BAIXO CURSO DO RIO SANTO ANTÔNIO

Neste capítulo serão apresentados os resultados alcançados nesta pesquisa, referentes à compartimentação taxonômica do relevo da área de estudo. Antes de tratar sobre esse assunto específico, considerou-se necessário caracterizar a área levando em consideração os aspectos geoambientais, morfográficos e morfométricos da área objeto de estudo.

Neste sentido, foi analisado dados do clima, litoestratigrafia e a hidrografia com dados sobre a hierarquia fluvial, padrão de drenagem. Em seguida, tem-se a discussão dos dados sobre morfometria e morfografia do relevo, com informações sobre amplitude altimétrica (Δa), gradiente de canais (G_c), relação do relevo (R_r), hipsometria, declividade e por fim curvatura, taxonomia e compartimentos do relevo na área de estudo.

5.1 Clima, Litoestratigrafia e Hidrografia

A caracterização geoambiental foi realizada com base nos dados de clima, geologia, relevo e hidrografia da área de estudo. Acerca dos aspectos climáticos da Ilha do Maranhão, pode-se afirmar que estes têm uma significativa influência nos processos morfoesculturais. O entendimento da dinâmica climática de um lugar é essencial para elucidar sobre os aspectos geomorfológicos (Silva, 2012).

O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é tipo Aw, caracterizado como tropical chuvoso, com períodos secos no inverno e verão quente e úmido, com chuvas (Araújo e Sant' Ana Neto, 2002 apud Silva, 2012).

Segundo Silva (2012), a Zona de Convergência Intertropical também atua no regime climático da porção norte do Estado do Maranhão, uma vez que o movimento desta zona, nos sentidos N-S e S-N, gera mudanças nas temperaturas e precipitações.

As precipitações atuam diretamente na gênese das geoformas, além dos processos endógenos, com origem no interior da Terra. As formas são esculpidas através dos processos exógenos; estas ações externas ocorrem pelas intempéries físicas, químicas e biológicas e a ação das chuvas são efetuadas através da pluviosidade clima (Florenzano, 2008).

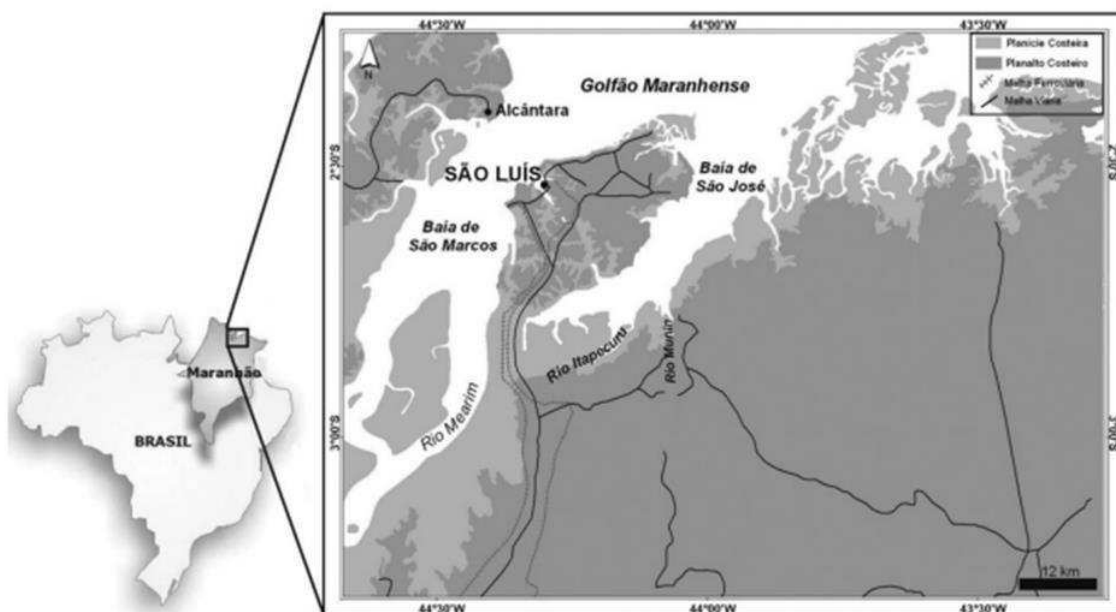
Conforme Silva (2001), a integração entre topografia, energia solar, latitude, maritimidade e continentalidade e os sistemas locais e regionais de circulação atmosférica,

geram condições para que ocorram pequenas variações térmicas ao ano, na área da Ilha do Maranhão.

Outro fator exógeno modelador do relevo é a temperatura, pois as rochas podem ser fissuradas e fraturadas pelo processo físico, a partir da queda de temperatura efetiva; contração das moléculas e aumento da dilatação térmica (Silva, 2012).

A Ilha do Maranhão está localizada na porção central do Golfão Maranhense na ZCEM - Zona Costeira do Estado do Maranhão (Silva 2012). Para esta autora, o Golfão Maranhense é a maior reentrância do litoral no Estado, é um complexo estuarino, onde rios como o Mearim, Itapecuru e Munim deságuam e está localizado entre o Litoral Ocidental e o Oriental do Maranhão (Figura 2).

Figura 2 – Localização da Ilha do Maranhão no Golfão Maranhense



Fonte - Teixeira e Souza Filho, 2009; Silva, 2012.

As baías de São Marcos e de São José são consideradas as mais importantes da ZCEM tanto pelos aspectos fisiográficos, por serem desaguadouros dos maiores rios e, onde a hidrodinâmica e a densidade das atividades humanas é alta. (EL Robrini et al., 2006, p. 180 apud Silva 2012).

Ab'Saber (1960), descreve acerca das mudanças fisionômicas que o Golfão Maranhense passou, desde a sua gênese, tais fenômenos estão relacionados às mudanças do nível relativo do mar e aos processos tectônicos.

Silva (2012) destaca ainda, que a ação tectônica de soerguimento da faixa litorânea, no Plioceno, implicando em superimposição da rede de drenagem e erosão da Formação Barreiras, seguido por um novo soerguimento com retomada de erosão e aprofundamento dos vales a um nível mais inferior.

As mudanças na paisagem na área do Golfão Maranhense se dão pela fragilidade litológica, além da exposição aos agentes morfoesculturais do relevo, como os de origem climática, hidrológica e oceanográfica, bem como a intensa atividade eólica, marinha e fluviomarina, gerando ondas e correntes modeladoras das muitas falésias no litoral maranhense e pelo processo de carreamento fluvial de sedimentos pela drenagem (Feitosa, 2006).

Quanto à importância das baías, o autor ainda destaca que

As baías de São Marcos e de São José são consideradas as mais importantes da zona costeira do Maranhão tanto pelos aspectos fisiográficos, por serem desaguadouros dos maiores rios do estado e apresentarem intensa dinâmica da paisagem, quanto pela densidade das atividades humanas e a circulação de riquezas. (Feitosa, 2006, p. 5).

Vale ressaltar a influência causada pela proximidade do Equador e a configuração do relevo na amplitude das marés, podendo alcançar até 7,2m com média de 6,6m (Feitosa, 1989), pode-se afirmar que na vasta cobertura de manguezais nas planícies de marés, onde há o encontro marítimo e fluvial, a maré, nessas amplitudes, chega a penetrar os leitos dos rios e causam influências até cerca de 150 km tendo como referência o litoral (Feitosa, 2006).

Para Rosseti (2006), a bacia costeira de São Luís é uma estrutura alongada na direção NW-SE, com processos tectônicos ativos em regime de falhas do Cretáceo até o recente.

Quanto a estes aspectos geológicos, Pereira (2006), afirma que esta área da bacia costeira de São Luís foi formada por rifteamento durante o Cretáceo, esta por sua vez tem seu limite ao norte, pela plataforma continental, ao sul pelos Altos Estruturais Arco Ferrer - Urbano Santos, dispostos aproximadamente E-W, a leste pelo Horst de Rosário e a oeste pelo Arco de Tocantins.

O processo de sedimentação na Bacia de São Luís iniciou-se com os sedimentos do Cretáceo da Formação Itapecuru, Formação Terciário-Paleogeno, Grupo Barreiras e, finalmente, pelos sedimentos recentes da Formação Açuí. Pereira (2006)

Quanto à litoestratigrafia, a bacia costeira de São Luís apresenta as seguintes unidades: Formação Itapecuru, Terciário Paleógeno, Formação Barreiras, Coberturas

Lateríticas e Formação Açuí (Rodrigues et al, 1994; Almeida, 2000; Veiga Júnior, 2000b; Pereira, 2006).

Para Carvalho (2000), a história deposicional pré-Cretácea da bacia costeira de São Luís está diretamente relacionada aos depósitos da bacia intracratônica do Parnaíba, em virtude da continuidade física ocorrente durante o Paleozóico.

Segundo Pereira (2006):

As rochas da Formação Itapecuru de idade cretácica foram subdivididas em Membro Inferior Psamítico e Membro Superior Alcântara. O Membro Inferior Psamítico compõe-se por arenitos avermelhados e esbranquiçados, finos a médios, caulíníticos, com estratificação cruzada, siltitos, calcarenitos e siltitosmicáceos. (PEREIRA, 2006, p, 66).

A Formação Itapecuru designa um conjunto de sedimentos representados por arenitos finos, siltitos e folhelhos. Ela pode ser subdividida, segundo Rodrigues et al (1994), em Membro Inferior Psamítico e Membro Superior Alcântara (Quadro 1).

Pereira (2006) destaca que as rochas da Formação Itapecuru de idade cretácica foram subdivididas em Membro Inferior Psamítico e Membro Superior Alcântara. A autora esclarece que o membro Inferior Psamítico se compõe por arenitos avermelhados e esbranquiçados, finos a médios, caulíníticos, com estratificação cruzada, siltitos, calcarenitos e siltitosmicáceo.

Para Silva (2012)

Todas as coberturas cenozóicas depositadas sobre a Formação Itapecuru Cretácea foram denominadas por Almeida (2000) de Formações Superficiais e abrangem os sedimentos do Terciário Paleógeno, da Formação Barreiras, das Coberturas Lateríticas e da Formação Açuí (Silva, 2012, p, 85).

Além da litologia apresentada no quadro anterior, cabe destacar a importância significativa de apresentar as formações superficiais presentes na área objeto de estudo. O mapa geológico do baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio abaixo (Figura 3) mostra a presença dessas formações superficiais como as denominadas por Almeida (2000).

Os depósitos aluvionares e coluvionares são sedimentos encontrados ao longo dos vales dos rios. Os depósitos aluvionares consistem em areias de tamanho médio, geralmente mal selecionadas e compostas principalmente de quartzo. Elas podem incluir camadas de sedimentos finos (pelitos) e se formam em canais de rios, barras de canal e planícies de inundação. Esses sedimentos se originam por processos de movimentação subaquática, abrangendo diferentes tipos de ambientes de canal e barras de canal fluvial (Almeida, 2000).

Considerando a amplitude de ocupação na Ilha do Maranhão pelos depósitos fluviomarinheiros e depósitos de mangues, Silva (2012) agrupa essas duas formações em uma única, nesse caso, depósitos de mangues.

Os depósitos fluviomarinheiros formam ilhas nos cursos inferiores dos rios e terraços nas margens das baías, sendo influenciados tanto pelos rios quanto pelas marés. Eles são compostos por areias finas, esbranquiçadas e ricas em quartzo, com uma textura bem definida. Segundo Rodrigues et al. (1994a), esses depósitos se formam através de processos subaquáticos, como a migração de dunas laterais, e resultam em diferentes formas de canais e barras de canal (Almeida, 2000 apud Silva, 2012).

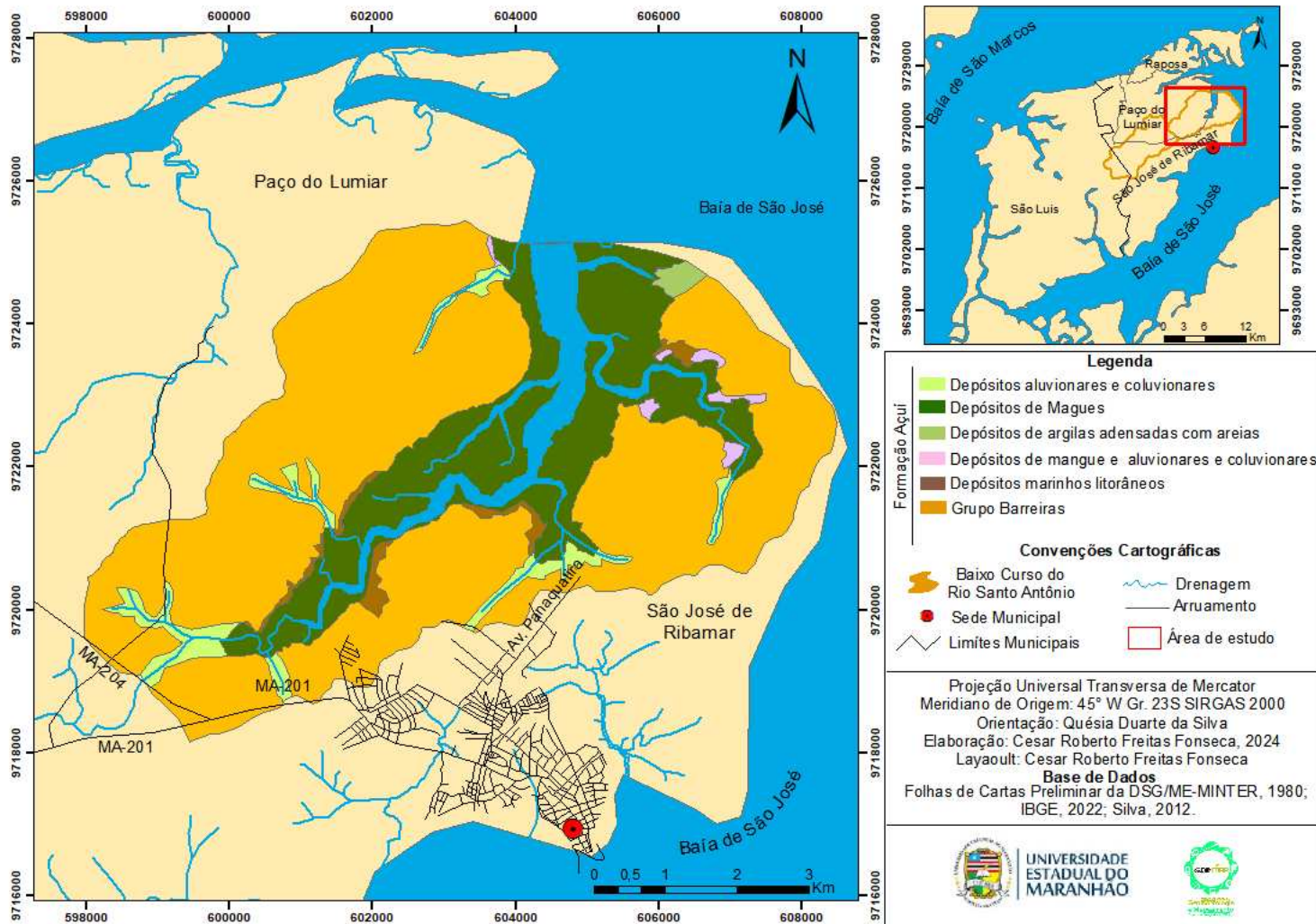
Quadro 1 – Coluna Litoestratigráfica da bacia costeira de São Luís

ERA/PERÍODO		UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS		LITOLOGIA
CENOZÓICO	Quaternário	Pleistoceno	Formação Acuí	Areia fina a média madura a submatura, com estratificação cruzada. Argila arenosa, maciça bioturbada.
	Terciário	Meso-Mioceno	Grupo Barreiras	Areia fina a média, com concentrações ferruginosas, imatura, intercalações argilosas caulínicas.
		Mioceno	Terciário Paleogeno	Areia fina a silte, com bolas de argilitos, submatura, conglomerados, estratificação ondulada e cruzada.

MESOZÓICO	Cretácio	Superior	Formação Itapecurú	Membro Superior Alcântara	Calculutitos, silte e areia muito fina com argila, texturalmente imaturo, micáceo, estratificação planoparalelo.
				Membro Inferior Psamítico	Arenito fino a médio, quartzo com feldspato, caulizado, mica, nódulos ferruginizados, estratificação plano-paralelo e cruzada.

Fonte: Rodrigues et al. (1994); Pereira (2006); organizado por França (2019).

Figura 3 - Mapa de geologia do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio



Fonte: Própria pesquisa, 2024

A autora destacada anteriormente ainda explica que os depósitos de mangues são originados por processos de tração e suspensão subaquática, encontrados em áreas influenciadas pelas marés. Esses depósitos são compostos por lamas arenosas, plásticas, soltas, maciças e bioturbadas, que são recobertas por manguezais (Silva, 2012).

Sobre os depósitos de argilas adensadas com areia a autora (Almeida, 2000) afirma que tal presença de argilas compactadas com areia fina disseminada, maciça e bioturbada, geradas por processos de suspensão, decantação e tração são depósitos resultante de processos de assoreamento do Golfão Maranhense e, segundo Silva (2012), foi identificado nas proximidades da praia de Panaquatira, no município de São José de Ribamar.

Sobre os depósitos marinhos litorâneos, a autora supracitada, afirma que tais sedimentos são encontrados em quase todas as praias da Ilha do Maranhão e notoriamente nas porções norte e nordeste da Ilha, localização esta que compreende a área objeto de estudo deste trabalho. A autora assevera que

Os depósitos marinhos litorâneos se referem àqueles depósitos de areias presentes nas praias, sob a ação das ondas, marés e correntes litorâneas. São sedimentos quartzosos, esbranquiçados, bem selecionados, "... originados por processos de tração subaquosa..." (Almeida, 2000 apud Silva, 2012, p. 90).

Além dessas classes, a figura 3 apresenta o grupo barreiras abrangendo uma significativa área da bacia hidrografia estudada. Segundo Arai (2006) A formação conhecida como "barreiras" ou grupo barreiras é uma característica presente ao longo de todo o litoral brasileiro, desde o Estado do Amapá até o Estado do Rio de Janeiro.

Guerra et al. (2023) Descreve o grupo barreiras como um pacote litoestratigráfico mais extensamente distribuída na superfície, predominando em grande parte da região e composta principalmente por arenitos. Sobre a formação desta estrutura, Silva (2012) discorre afirmando que

[...] a Formação Barreiras é reconhecida por alguns autores, como tendo origem marinha como Rosseti (2005) e Arai (2006); e por outros, tendo uma gênese continental, 86 como Almeida (1976), Bezerra et al (1990), apud Maranhão (1998a), Almeida (2000), Veiga Júnior, 2000b e Suguio (2010) (Silva, 2012, p. 85 e 86).

A área de estudo corresponde em seu total a uma área de 43,12 km², como mostra a Tabela 1, foi encontrado significativas porcentagens dessas formações superficiais, as classes litológicas estão apresentadas em km² (valor absoluto) delimitando a área de ocupação desta formação superficial e respectivamente sua representação em porcentagem (valor relativo).

Acerca da hidrografia, as maiores bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão têm suas nascentes na porção central e se separam em direções opostas alcançando as áreas costeiras, forma-se assim um padrão de drenagem radial centrífuga (Silva, 2012), isso se dá pela proximidade do ponto de partida dessas drenagens.

Tabela 1 – geologia do baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio

Classes	Valor Absoluto (Km²)	Valor Relativo (%)
Depósitos aluvionares e coluvionares	2,6	6,03
Depósitos de mangues	9,97	23,12
Depósitos de argilas adensadas com areia	0,39	0,90
Depósitos de mangue e aluvionares e coluvionares	0,36	0,83
Depósitos marinhos litorâneos	0,05	0,11
Grupo Barreiras	29,75	68,99
Total	43,12	99,98

Fonte: Própria pesquisa, 2024

Silva (2012) ainda destaca que este padrão está diretamente relacionado à topografia das formas e ao controle estrutural exercido pelas falhas e fraturas presentes na área. Com isso pode-se afirmar que a drenagem do baixo curso do Santo Antônio possui um padrão dendrítico, uma drenagem “geometricamente arborescente”.

Com base em estudos propostos por Christofletti (1980), pode-se afirmar que a drenagem da ilha do Maranhão é classificada como exorréica, sendo esta uma drenagem que desemboca fora do continente, com um contínuo fluxo das águas até desaguardarem no mar.

Quase toda a costa é recortada por várias pequenas reentrâncias, rios e igarapés, os rios Anil e Baganga, os maiores da grande Ilha deságuam na baía de São Marcos e na baía de São José desembocam os rios Paciência, Jeniparana, Tibiri e o Santo Antônio. Vale ressaltar a influência do regime de macromarés por meio dos estuários (Silva, 2012).

O baixo curso da bacia do Santo Antônio estende sua drenagem aos municípios de Paço do Lumiar e São José de Ribamar. Levando em consideração a proposta de Strahler (1952) sobre hierarquização fluvial, a drenagem do baixo curso do Santo Antônio varia de 1ª

a 3ª ordem apresentando um padrão dendrítico, contendo 71 canais, sendo estes de 1ª ordem, 17 canais de 2ª ordem e 3 canais de 3ª como indica a Tabela 2.

Tabela 2 - Hierarquia fluvial do baixo curso do Santo Antônio

Hierarquia Fluvial Strahler (1952)	Quantidade de Canais
1ª Ordem	71
2ª Ordem	17
3ª Ordem	3
Total	91

Fonte: Própria pesquisa, 2024

A hierarquia fluvial é um método essencial para classificar os cursos d'água e as áreas que eles drenam dentro de uma bacia hidrográfica maior. Segundo Christofolletti (1980), esse sistema de classificação é fundamental para organizar e facilitar os estudos morfométricos. Esses estudos incluem a análise linear, que examina o comprimento e a conectividade dos cursos d'água; a análise areal, que considera a extensão das áreas drenadas; e a análise hipsométrica, que avalia as elevações e declividades dentro da bacia. A hierarquização torna esses estudos mais objetivos e sistemáticos, permitindo uma melhor compreensão e gestão das bacias hidrográficas (Christofolletti, 1980; Silva 2012; Santana 2021).

Além da classificação das ordens de hierarquia fluvial, através da próxima figura pode-se perceber o padrão de drenagem do baixo curso do Santo Antônio, sendo este classificado como dendrítico. Pode-se destacar também que a erosão em um sistema dendrítico ocorre de maneira espalhada por toda a rede de drenagem, como se fosse uma ação coletiva e uniforme. Isso faz com que o terreno seja erodido de forma equilibrada, ajudando a suavizar e nivelar o relevo ao longo do tempo (Silva, 2012).

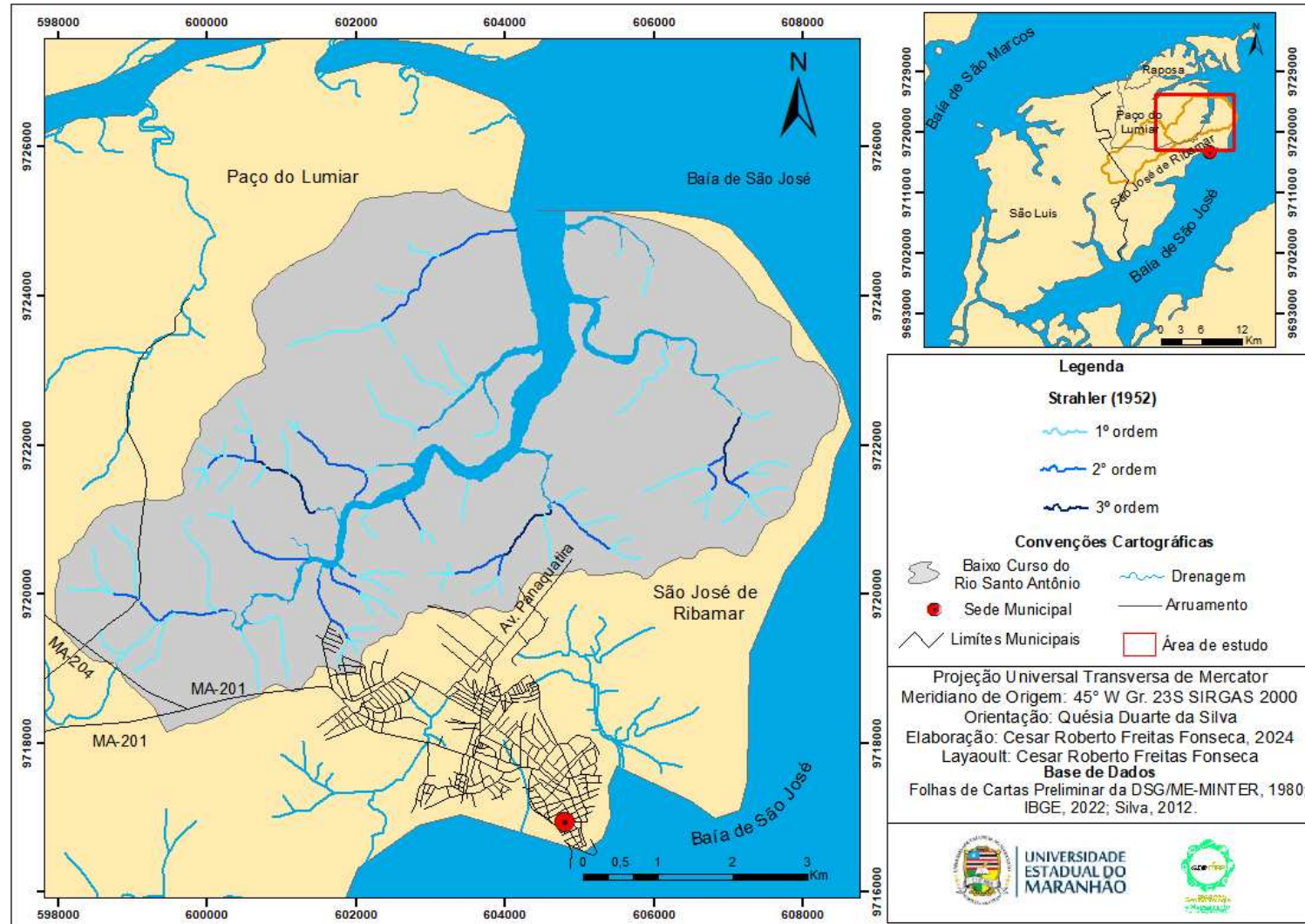
A autora ainda destaca que a Ilha do Maranhão apresenta em suas drenagens os padrões: radial centrífuga, dendrítico; retangular, paralelo e treliça, Rodrigues et al. (2016) explica sobre esses padrões da seguinte forma:

Dendrítica: seu desenvolvimento assemelha-se à configuração de uma árvore; Em Treliça: as confluências formam ângulos retos; Retangular: consequência da influência exercida por falhas ou pelo sistema de juntas ou de diaclases; Paralela: os cursos de água escoam paralelamente uns aos outros; Anelar: esse padrão assemelha-se a anéis. São típicas das áreas dômicas profundamente entalhadas; Radial: apresenta-se composta por correntes fluviais que se encontram dispostas como os raios de uma roda, em relação a um ponto central; Desarranjadas ou

irregulares: são aquelas que foram desorganizadas por um bloqueio ou erosão (Rodrigues et al., 2016, p. 145)

Na Figura 4 pode-se observar todas as ramificações da drenagem do baixo curso da bacia hidrográfica em análise, bem como a classificação dos canais de 1^a, 2^a e 3^a ordem.

Figura 4 - Mapa de drenagem do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio



Fonte: Própria pesquisa, 2024

A análise hipsométrica de uma determinada área, ajuda no entendimento da distribuição da variação de faixas altimétricas em relação às unidades horizontais de uma determinada paisagem, e não somente isso, mas auxilia, ainda, na compreensão da configuração de um relevo, seu desgaste por meio dos agente externos e, também, a resistência litológica de formas que permaneceram como testemunhos do pretérito enquanto outras partes pereceram com os intempéries (Christofoletti, 1980 apud Batista et al, 2017).

Calil, (2009) Corroborar que a hipsometria mostra como as altitudes estão distribuídas em um determinado espaço. Além disso, ela pode ser usada para melhor compreensão dos índices morfométricos, como a variação de altitudes e a rugosidade do terreno. Com as informações hipsométricas, podemos avaliar o relevo e seu potencial para erosão, ajudando a entender melhor as características do modelado (Calil, 2009 apud Vale et al., 2021).

Nunes (2013) reitera destacando que

Os estudos hipsométricos possibilitam ao pesquisador e ao leitor dos mapas um conhecimento mais aprofundado do relevo de determinada região ou local, assim também como os fenômenos que se processam em sua superfície como, por exemplo, deduzir possíveis áreas sujeitas à inundação (Nunes, 2013 apud Santana, 2021, p. 123).

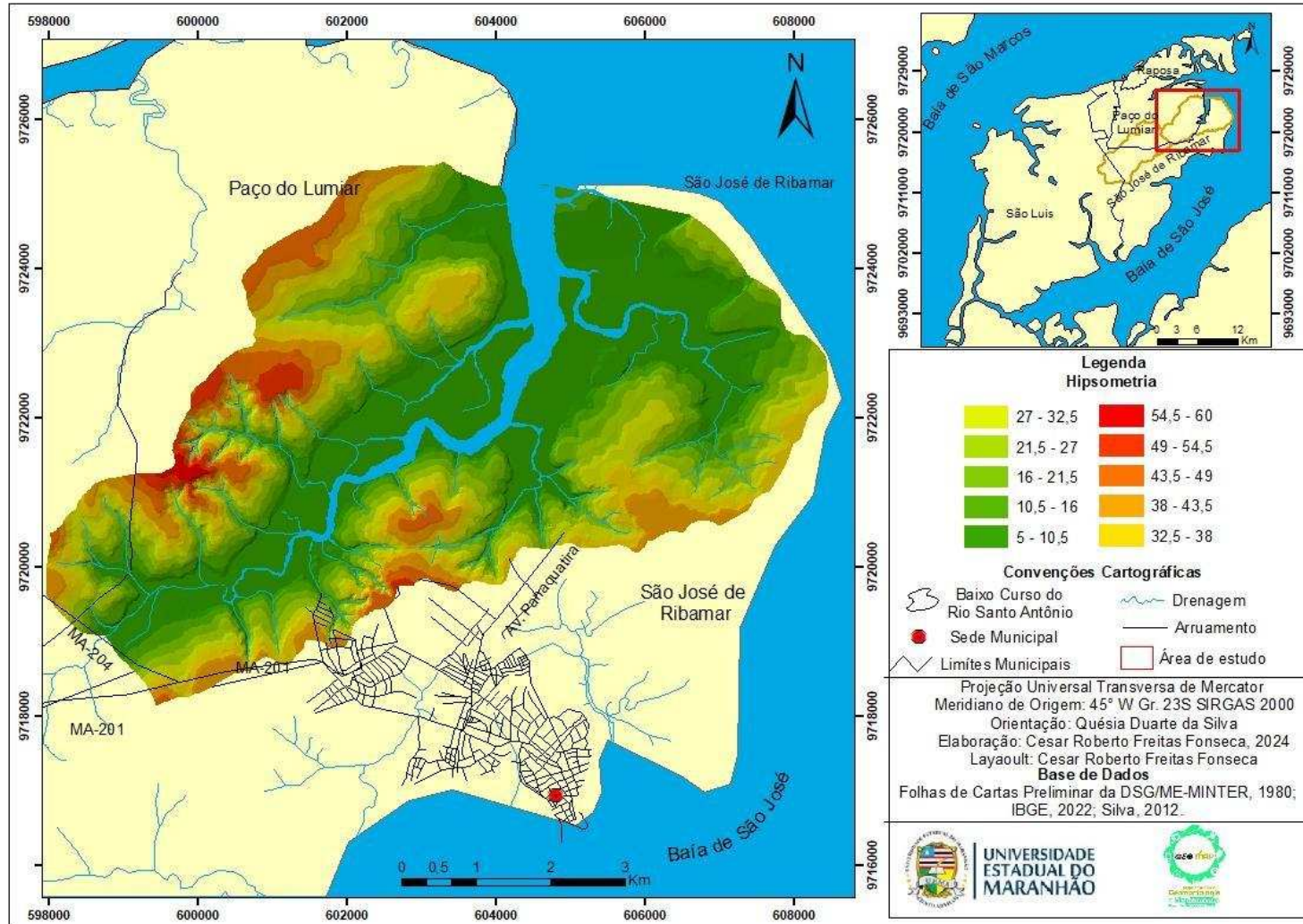
A hipsometria do baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio foi elaborada a partir das cartas planialtimétricas da DSG. Na distribuição das classes hipsométricas, há uma predominância do intervalo de 5 – 10,5 correspondendo uma considerável parte da bacia, em seguida, destaca-se as áreas que abrigam os tabuleiros com topos planos (sendo estes também os divisores de água da bacia), representados pelo intervalo 49 - 54,5 e 54,5 – 60, já os intervalos 38 – 43, 5 e 43, 5 – 49 abrange a classe com a maior porcentagem na área, as colinas esparsas (figura 5). Com isso, pode-se afirmar que a área, majoritariamente, possui uma baixa amplitude altimétrica. Silva (2012), reitera essa pontuação, afirmando que além da linha da costa da Ilha do Maranhão, a parte nordeste da Ilha, onde está inserida a área de estudo, apresenta as mais baixas altitudes, comparada a outras áreas da Grande Ilha.

Maciel (2019), destaca que os dados hipsométricos de uma área são importantes na compreensão não somente do relevo, mas também dos fenômenos que podem ser ocorrentes em determinadas áreas, a exemplo, enchentes, inundações, alagamentos e enxurradas.

Sobre a declividade, para Florenzano (2008), a inclinação do relevo pode ser expressa em porcentagem ou em graus, sendo de extrema importância na observação da inclinação do relevo no plano horizontal, para que, partindo disso, possa-se compreender a infiltração de água no solo e o escoamento superficial da área. A compartimentação das classes partiu de adaptações da base disposta na Lei federal 6766/79 (Brasil, 1979) e nas classes de declividade adotadas por Florenzano (2008).

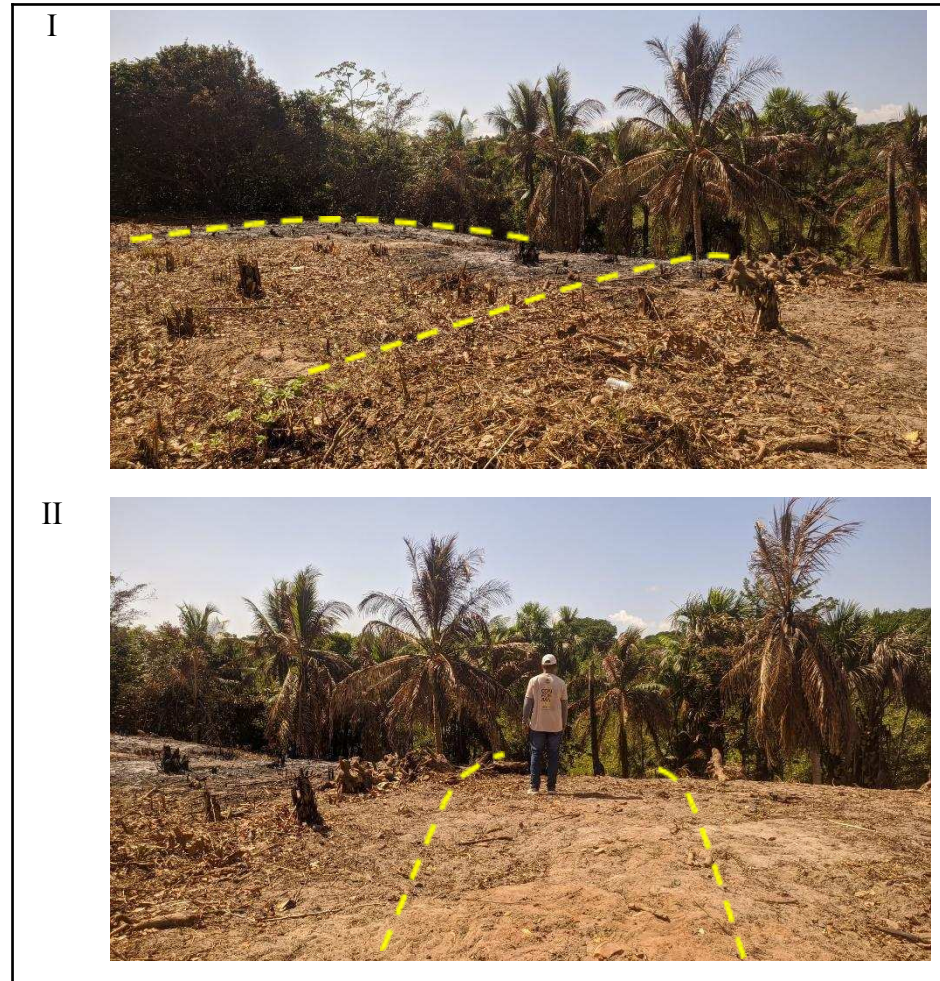
Na figura 7 observa-se as classes de declividade do baixo curso da bacia hidrografia do Santo Antônio, compartimentadas em 4 intervalos. A primeira compreende o intervalo de 0,00 – 1,8% a segunda de 1,8 – 4,8% a terceira de 4,8 – 8,7% e pôr fim a maior, de 8,7 – 21,1%. As maiores taxas de declividade se concentram nas áreas bordas dos tabuleiros e nos topos das colinas esparsas de tabuleiros, essas formas possuem limites muito abruptos e se estendem até fora dos limites da área de estudo, junto às proximidades das praias, elevando assim sua declividade nas falésias ativas, além destas, observa-se na área de estudo formas de vertentes mais acentuadas próximas aos canais, como verifica-se na figura 6 (os vetores em amarelo nas imagens indicam os possíveis fluxos – causadores das erosões – de drenagem superficial).

Figura 5 - Mapa hipsométrico do baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria pesquisa, 2024.

Figura 6 – Área de declividade com solo exposto, em vertente ligeiramente acentuada às margens de um canal do Santo Antônio, Paço do Lumiar.

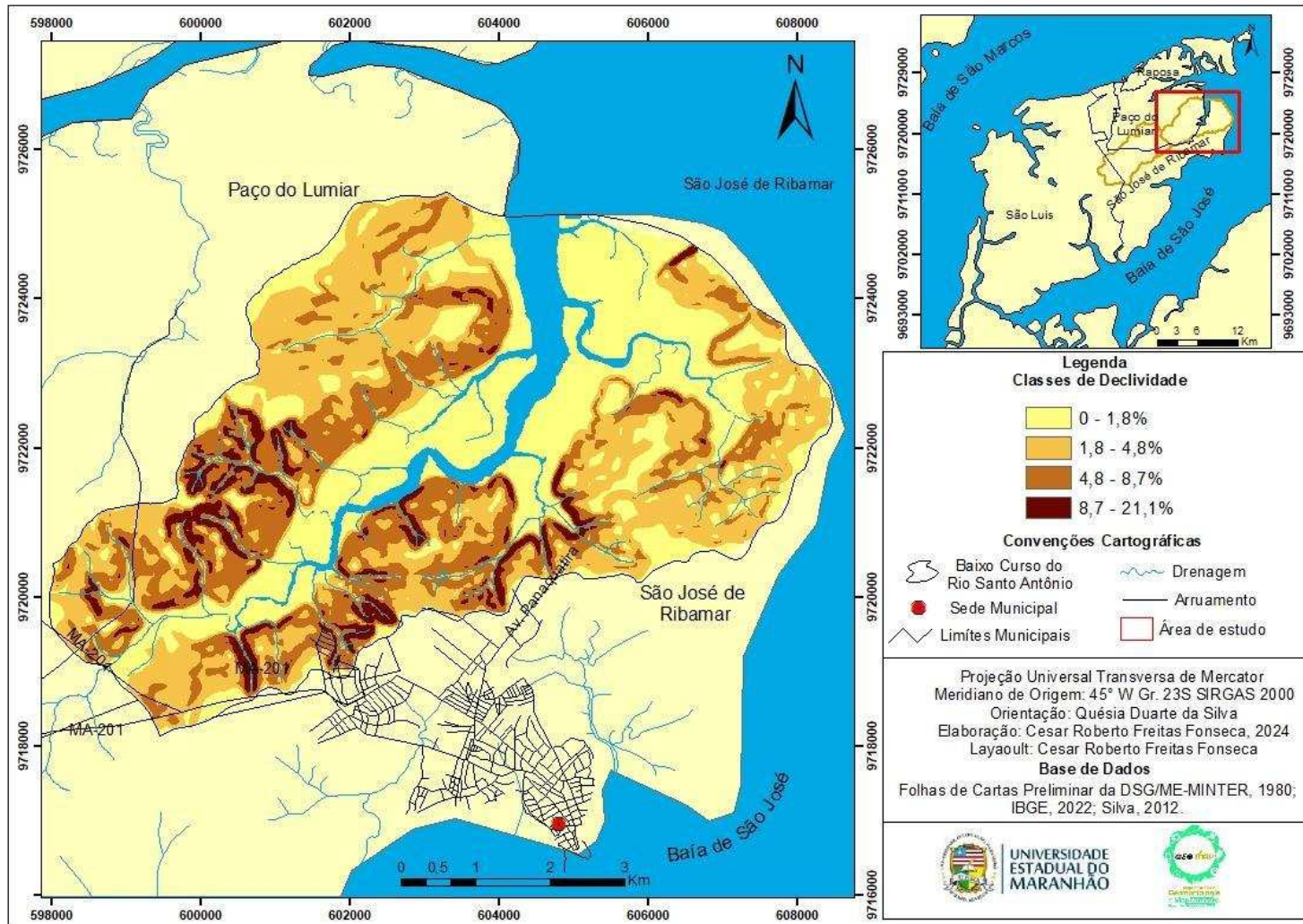


III



Fonte: Própria pesquisa, 2024

Figura 7 - Mapa de declividade do baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria pesquisa, 2024.

5.2 Caracterização dos compartimentos do relevo da área estudada

Para Florenzano (2008), o estudo da morfologia é o primeiro passo para a compreensão dos demais aspectos do relevo. a origem de uma feição pode ser embasada na sua forma e no tipo de material que a constitui além das informações do pretérito geomorfológico da área observada. O tipo e a intensidade dos processos atuais de erosão estão ligados com a morfografia e morfometria da superfície terrestre, por isso o estudo destas se faz necessário (Florenzano, 2008).

A morfografia, segundo a autora supracitada, ressalva que esta trata dos aspectos qualitativos ou descritivos do relevo, considerando suas formas e aparências, como áreas planas, colinosas ou montanhosas. O relevo terrestre é definida por elevações e depressões que caracterizam a superfície da Terra, sendo suas macroformas e opções alternativas como barreiras, planaltos, depressões e montanhas (Florenzano, 2008).

Florenzano (2008), destaca a geomorfologia com um enfoque detalhado tanto na morfologia quanto na morfometria do relevo. A morfologia, segundo Florenzano, compreende o estudo das formas de relevo, incluindo a análise das características como montanhas, vales, planícies e suas origens geológicas e processos evolutivos ao longo do tempo.

Por outro lado, a morfometria é vista como a quantificação das formas de relevo, utilizando medidas como altitude, declividade, e a forma dos vales, sendo essencial para uma análise detalhada da dinâmica do relevo e suas interações com os processos geológicos e ambientais (Florenzano, 2008).

Esses aspectos complementares são fundamentais na cartografia geomorfológica moderna, permitindo uma representação mais precisa e uma interpretação mais profunda das características do relevo em diferentes escalas espaciais e temporais.

Na realização da análise morfométrica do baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio foram obtidos dados referentes aos seguintes parâmetros morfométricos: Amplitude altimétrica (Δa); Gradiente de Canais (G_c) e a relação do relevo (R_r).

O valor da Δa , apontado na tabela em 55m, é resultante da diferença entre os valores das altitudes máximas e mínimas (altitudes destacadas no mapa anterior). Este valor por sua vez embasa o cálculo para extrair a R_r . Segundo Schumm (1956, apud Maciel; Silva e França 2024, p. 64), “quanto maior o valor de R_r , maior será o desnível entre a cabeceira e o exutório” sendo assim diretamente proporcionais e como consequência, maior será a declividade média da bacia. A área apresenta um valor

equivalente a 5,4 (tabela 3), podendo ser classificada como uma área de declividade moderada, fator este que facilita o escoamento na superfície. Além dos parâmetros anteriores tem-se o Gradiente de Canais (Gc), este, por sua vez, é calculado pela relação entre a altitude máxima da bacia e o comprimento do canal principal. Esse índice tem como objetivo indicar a declividade dos cursos d'água da bacia (Santos et al., 2012 apud Soares et al., 2023).

Tabela 3 – Parâmetros morfométricos do baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio

Parâmetros Morfométricos	Valores
Amplitude altimétrica (Δa)	55 m
Gradiente de canais (Gc)	0,027%
Relação do relevo (Rr)	5,4

Fonte: Própria pesquisa, 2024

O relevo é fruto da interação entre a litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera, e a partir dessa interação as formas são geradas e modificadas em ações conjuntas, Silva (2012), afirma que todo o relevo terrestre pertence a uma determinada estrutura que o sustenta e mostra um aspecto escultural que é decorrente da ação dos processos exógenos pretéritos e atuais que atuou e atua nessa estrutura. Dessa forma as geoformas podem ser compartimentadas de acordo com suas características, de acordo com os conceitos de morfoescultura e morfoestrutura segundo Gerasimov e Mescherikov (1968).

No caso do baixo curso do rio Santo Antônio, suas formas são enquadradas na compartimentação do 3º, 4º e 5º táxon de padrão de formas semelhantes, como está apresentado na tabela 4.

Tabela 4 - Geomorfologia do baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio

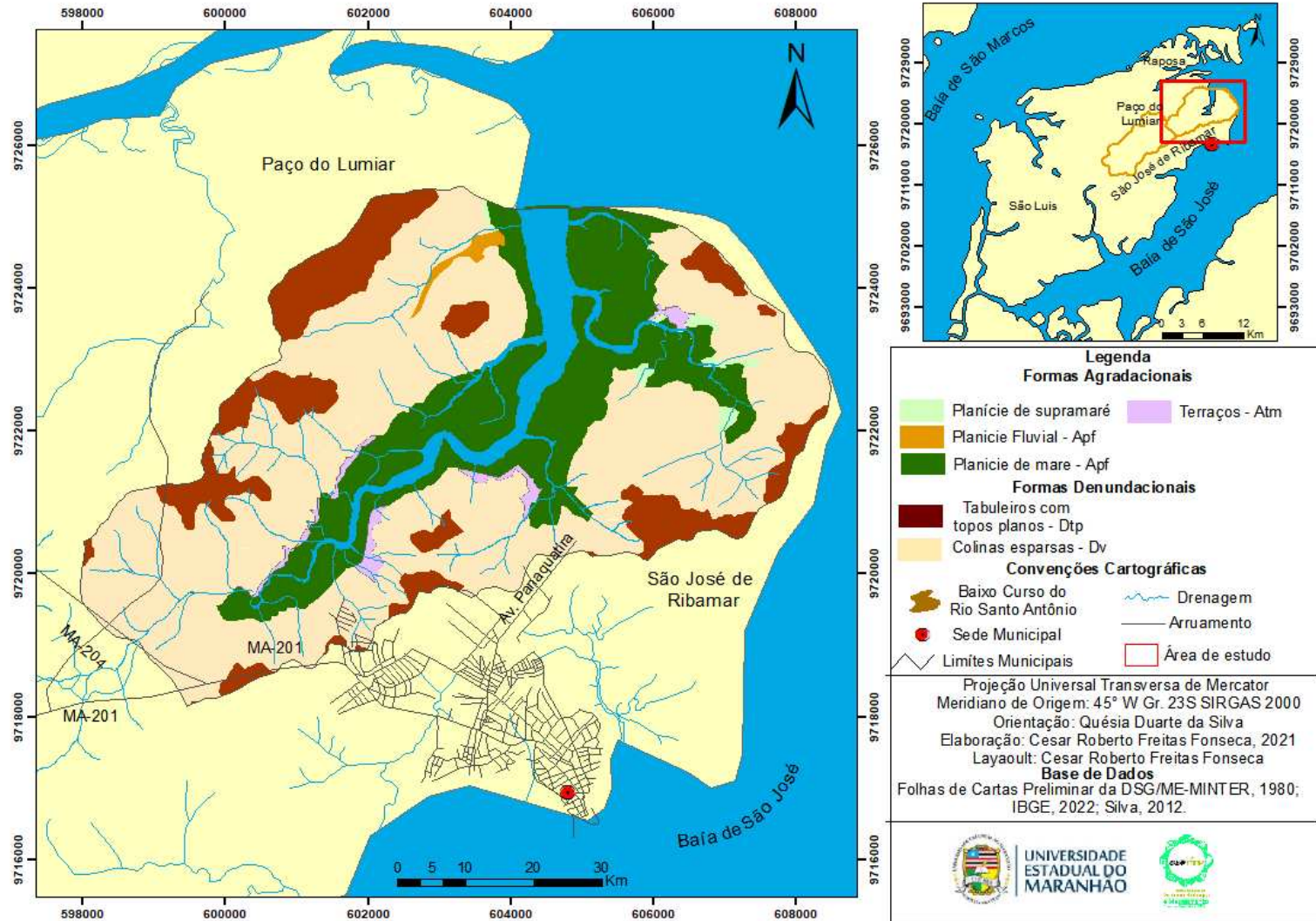
	Classes	Valor Absoluto (Km²)	Valor Relativo (%)
A g r a d a c i o n	Planície de maré	9,98	23,14
	Praias e dunas	0,23	0,53
	Terraços	0,63	1,46
	Planície fluvial	0,25	0,57
	Planície de supramaré	0,33	0,76

a i s			
D e n u d a c i o n a i s	Colinas esparsas	25,88	60,02
	Tabuleiros com topos planos	5,82	13,50
	Total	43,12	99,98

Fonte: Própria pesquisa, 2024

Os tipos de formas de relevo podem ser classificados como morfologias denudacionais, estas se utilizam de dissecação para esculpir o relevo enquanto as agradacionais modelam o relevo a partir de processos de sedimentação (Silva, 2012). A Figura 8 destaca acerca das geoformas classificadas na área de análise.

Figura 8 - Mapa das unidades de relevo do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio



Fonte: Própria pesquisa, 2024

Acerca da taxonomia do relevo Silva (2012), destaca que o

3º táxon: unidades morfológicas ou padrão de formas semelhantes, correspondentes ao agrupamento de formas relativas aos modelados, que são distinguidas pelas diferenças da rugosidade topográfica ou do índice de dissecação do relevo, bem como pelo formato dos topos, vertentes e vales de cada padrão. São formas que geneticamente foram ou estão sendo geradas por processos denudacionais (erosão) e agradacionais (acumulação), os quais, respectivamente modelam as morfologias a partir da dissecação e deposição de sedimentos.

4º táxon: refere-se à unidade de padrão de formas semelhantes, individualizadas e inseridas nas unidades morfológicas do nível taxonômico anterior. Estas formas podem ser: a) de agradação (acumulação), como as planícies fluviais ou marinhas, terraços; b) de degradação (erosão) como colinas, morros e cristas.

5º táxon: corresponde aos tipos de vertentes ou setores das vertentes de cada uma das formas do relevo. Cada tipologia de forma de uma vertente é geneticamente distinta; cada um dos setores dessa vertente pode apresentar características geométricas, genéticas e dinâmicas também distintas. Ross (1997) observa que as representações desse táxon são possíveis somente em escalas grandes.

6º táxon: refere-se às formas menores resultantes da ação dos processos erosivos atuais ou dos depósitos atuais. Como exemplo, têm-se as formas associadas às intervenções antropogênicas como as voçorocas, ravinas, cortes de taludes, escavações e outro (Silva, 2012, p. 45-46).

Tabuleiros com topos planos

Para o Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo - SBCR (2022) os tabuleiros são formas de relevo predominantemente dissecadas, com topos aplainados e/ou com ondulações suaves, podendo apresentar patamares escalonados, com baixa declividade, bordas escarpadas, com altimetria inferior a 250m [...]

Os Tabuleiros com topos planos, são formas denudacionais, estes por sua vez são mais propícios a maior erosão e menor sedimentação, principalmente ao se encontrar com as linhas litorâneas, formando assim falésias ativas através de solapamento basal, uma ação mecânica das águas marinhas nos tabuleiros.

Os Tabuleiros são referentes ao 3º nível taxonômico, nesse táxon estão respectivamente as formas que evoluem com os processos erosivos lineares e areolares,

Os tabuleiros com topos planos ocorrem na porção central da Ilha do Maranhão. Apresentam, em geral, variação altimétrica de 40 a 60 metros, declividade de 0 a 6%, dissecação de muito fraca a média... Os dois tipos de solos predominantes são os Argissolos Vermelho-Amarelos e os Neossolos Quartzarênicos Órticos Distróficos (Silva, 2012, p. 148).

Essas geoformas são de suma importância para o ambiente, tendo em vista que estes servem de áreas de Recarga para os aquíferos. Na Ilha do Maranhão estes tabuleiros de localizam mais ao seu centro, formando assim pontos onde as maiores bacias hidrográficas da Ilha nascem e se dispersão em uma configuração radial centrífuga (Silva, 2012).

Essas feições são planas, de origem sedimentar e de baixa altitude, chegam até se assemelhar com os Planaltos e assim como estes findam seus limites de forma abrupta (Guerra e Guerra, 2006; Florenzano, 2008). Na área de análise os tabuleiros representam 5,82 km² da área, na Figura 6 se percebe bem o limite abrupto dessa geoforma, além da formação de terraços de abrasão próximo a sua base.

Neste ambiente dinâmico e conforme Bloom (1972), os movimentos do regolito são ativados pela ação das ondas na base da falésia, e a “... superfície de abrasão do entalhe é chamada de terraço de abrasão...”, enquanto que o terraço de construção marinha é caracterizado pelos sedimentos erodidos das falésias, depositados em áreas mais profundas (p. 142). (Silva, 2012, p. 169).

Colinas Esparsas

As colinas esparsas compreendendo o equivalente a 25,88 km², se enquadram, conforme a proposta de Ross (1992), no 4º táxon. Silva (2012) enfatiza que estas formas de relevo se encontram em áreas que outrora eram ocupadas por tabuleiros com topos planos, entretanto devido aos constantes processos denudacionais, atualmente estes antigos tabuleiros se apresentam como colinas esparsas. Estas formas são caracterizadas por ter em média 20 – 30 metros de altitude e por conta dos processos de erosão essas formações expressam topos arredondados a quase planos.

Planície de supramaré

As planícies de supramaré que apresentam um percentual de 0,76% do baixo curso do Santo Antônio, tem sua origem diretamente relacionada aos processos de desmatamento dos manguezais, e não por processos agradacionais, são geralmente situados em porções mais a dentro do manguezal (Silva, 2012).

Quando encontrados em áreas mais centralizadas das planícies de maré, estas formas são denominadas de apicuns inclusos. Quando com deficiência de vegetação essas feições são classificadas como apicuns vivos, entretanto, quando vegetados apresentam espécies herbáceas, e quando neste estado são designados de apicuns herbáceos (Silva, 2012).

Os solos destas geoformas apresentam elevada salinidade e isto indica que ocorrem em áreas com tipos climáticos comportando períodos secos ou de estiagem. Essa elevada salinidade inibe o desenvolvimento da vegetação e quando a mesma diminui em virtude do aumento da precipitação e consequente lixiviação dos sais, é possível haver a instalação da vegetação de mangue.

Terraços

Essa morfologia, também encontrada na área estudada, corresponde a uma área de 0,63km² e percentual de 1,46%. Essas formas são geradas e modificadas constantemente a partir de deposições sedimentares (pertencem ao 4º táxon), de origem marinha, esta constatação faz com que essas feições se situem acima do nível médio atual do mar, como destaca Guerra e Guerra (2006).

Os terraços marinhos possuem superfícies planas ou pouco inclinadas de origem marinha. Segundo Bird (2008), podem possuir ou não uma influência tectônica limitada por uma perceptível quebra no declive.

Essas formas se originam a partir do transporte de sedimentos como cascalhos e areia, carregados e retrabalhados com o aumento do mar sobre um leito rochoso ou sedimentar, então adquirem uma feição de plataforma e com o recuo do nível do mar essas superfícies tendem a ficar a mostra acima da água (Schulz et al., 2018).

Planícies de Maré

As Planícies de maré, também pertencentes a compartimentação taxonômica de número 4, correspondem a 9,98km² da área estudada. São morfologias agradacionais formadas em sistemas deposicionais costeiros. Ocorrem em cotas lineares planas a suavemente inclinadas, de baixa energia, em áreas de macromarés em que a ação da morfodinâmica da maré é superior à das ondas (Rosseti, 2008).

A literatura especializada afirma que as planícies de maré podem ser subdivididas em três áreas, a saber, inframaré, intermaré e supramaré (Rosseti, 2008; Suguio, 2003). A zona de supramaré é aquela que está situada acima do nível de influência da maré, sendo afetada apenas nas marés mais altas (sizígia) (Silva, 2012, p. 148).

Nas Planícies de maré se instalam os manguezais. O Estado do Maranhão possui uma vasta área de manguezais equivalente a 5.414, 31 km², segundo Herz (1991) e Souza Filho (2005) ocupando uma significativa parte da costa maranhense. Na Figura 9 percebe-se um caminho que corta o Manguezal na planície de maré no baixo curso do Santo Antônio e ao fundo um pescador fazendo esse percurso. É comum em locais próximos a estas planícies uma densa influência antrópica.

Figura 9 – Registro de planície de maré com manguezal, próximo a praia de Panaquatira em 2021 e 2024, respectivamente.



Fonte: Própria pesquisa, 2024

Planície fluvial

As planícies fluviais (figura 10), correspondentes a 0,57% da área de estudo, são áreas agradacionais, produtos de acúmulos fluviais, com preenchimento aluvial, sujeitas a inundações periódicas, correspondente as várzeas atuais (IBGE, 1995).

Florenzano (2008) destaca que estas formas se instalam em terrenos planos e com baixa altimetria, e são gerados e modificados ao longo do tempo por processos deposicionais de diferentes origens (marinha, lacustre, aluvial, fluvial entre outras).

A Observância das vertentes torna-se um fator de destaque nos estudos das formas. Em sua compartimentação taxonômica Ross (1992), indica essas expressões no táxon 5, sendo elas unidades básicas do relevo.

Segundo Ferreira e Gouveia (2016), as vertentes são classificadas em relação ao perfil a partir do seu valor de curvatura, estas por sua vez podem ser classificadas como vertentes retilíneas (possuindo valores de curvatura nulo), vertentes côncavas (apresentando valores positivos) e convexas (compreendendo os valores negativos).

Vale ressaltar, que a possibilidade de vertentes com valores nulos serem encontradas na natureza é extremamente difícil, desse modo, Valeriano (2003) destaca que

essa classificação compreende as vertentes com valores irrisórios, sendo assim, estas são apresentadas nos intervalos próximos a nulo.

Figura 10 – Planície Fluvial no baixo curso do Santo Antônio, em Paço do Lumiar



Fonte: Própria pesquisa, 2024

Quanto a exposição dessas vertentes Maciel (2019), aponta que, essas expressões podem se apresentar com diferentes formas em plano e em perfil, isto é, respectivamente, em curvatura horizontal e curvatura vertical. Valeriano (2008), acrescenta que a curvatura vertical “expressa o formato da vertente quando observada em perfil [...] referindo-se ao caráter convexo/côncavo [...]”, o autor aponta ainda que,

Esta variável está relacionada aos processos de migração e acúmulo de água, minerais e matéria orgânica no solo através da superfície, proporcionados pela gravidade. Associada à exposição de vertentes (aspecto), a curvatura vertical desempenha papel importante sobre a evapotranspiração e o decorrente balanço hídrico (Valeriano, 2003, p. 540).

Como apresentado por Silva (2012), vale ressaltar que o efeito splash, (ação mecânica das gotas de chuva no solo) destacado por Chritofoletti (1980) e Florenzano (2008), atua diretamente nas vertentes, este, através queda das gotas no solo junto ao escoamento

superficial, transportam os sedimentos para as áreas a jusantes. Cabe apontar ainda que, a ação desse efeito se intensifica em solos sem sua cobertura vegetal (figura 11).

Figura 11 – Vertente planar retilínea com erosões (ravinas) em desenvolvimento, baixo curso do Santo Antônio, em Paço do Lumiar

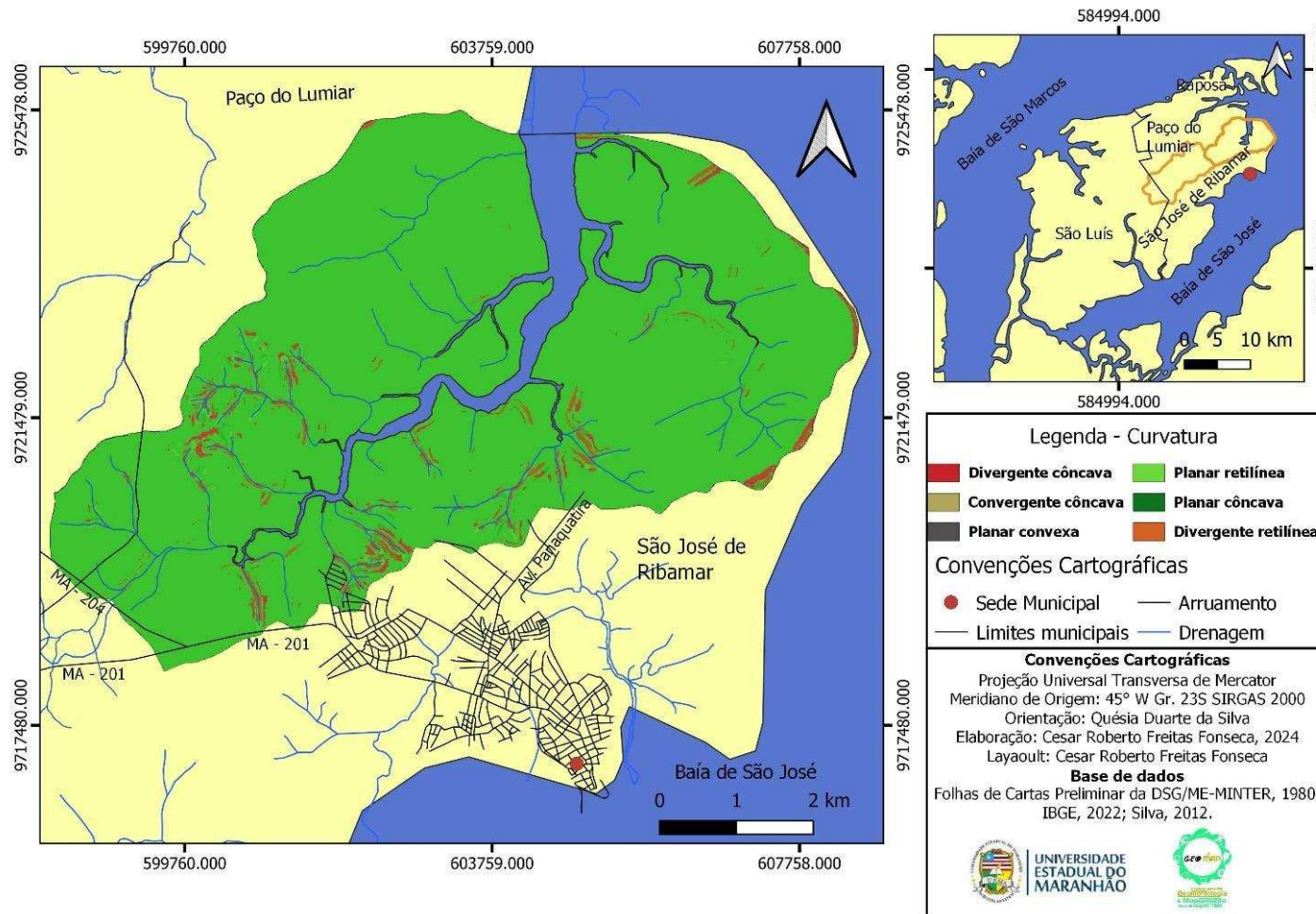


Fonte: Própria pesquisa, 2024

Conforme Valeriano (2008), as formas do terreno resultam da combinação das curvaturas vertical e horizontal. A curvatura vertical pode ser categorizada como côncava, retilínea ou convexa, enquanto a curvatura horizontal pode ser convergente, planar ou divergente. A interação entre essas curvaturas define a morfologia final do terreno (Valeriano, 2008 apud Santana, 2021).

A curvatura do terreno é essencial para determinar como a água se comporta na paisagem. No estudo, foram mapeadas seis formas de vertentes: Convergente Côncava, Planar Côncava, Planar Retilínea, Planar Convexa, Divergente Retilínea, Divergente Côncava (figura 12).

Figura 12 - Mapa de curvatura da superfície do baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria pesquisa, 2024

Carvalho et al., (2019) apontam que as vertentes côncavas, tanto convergentes quanto planares, tendem a concentrar o fluxo de água, o que aumenta a infiltração e pode resultar em maior umidade do solo. Em contraste, as vertentes convexas, sejam elas planares ou convergentes, dispersam a água com maior fluxo, reduzindo a infiltração e promovendo o escoamento superficial rápido, já as vertentes planares retilíneas distribuem a água de maneira mais uniforme, enquanto as vertentes divergentes, sejam elas retilíneas, côncavas ou convexas, criam padrões mais complexos de fluxo, misturando acumulação e dispersão de água.

Os autores em questão afirmam ainda que ao estabelecer uma relação entre a inclinação do terreno, a velocidade de escoamento e a infiltração, podemos afirmar que quanto maior for a declividade, maior será a aceleração do escoamento superficial devido à energia potencial presente na vertente. Por outro lado, quando a declividade é menor, a velocidade de escoamento diminui, o que facilita o processo de infiltração da água no solo, dessa forma a análise dessas curvaturas para estudos em uma bacia hidrográfica torna-se indispensável (Carvalho et al., 2019).

Esses padrões influenciam diretamente a erosão do solo, a formação de canais e a distribuição de sedimentos. Compreender como a curvatura do terreno influencia a dinâmica hidrológica é essencial para o planejamento ambiental, a gestão de recursos hídricos e a mitigação de desastres naturais, como enchentes e deslizamentos de terra (Werlang, 2019).

Para Santos (2017), as vertentes são formas que tendem a abrigar com facilidade processos erosivos e algumas mais que outras. Destaca-se aqui as vertentes côncavas, estas apresentam fácil instalação de ravinas e, conseqüentemente, voçorocas, isso devido ao escoamento superficial nessas áreas. Na figura 13 é observado uma vertente divergente côncava com instalações iniciais de processos erosivos (nesse caso sulcos, pertencente ao 6º táxon assim como as ravinas e voçorocas). Cabe aqui ressaltar que as vertentes em áreas de ocupação urbana já sofreram modificações no pretérito e ainda continuam a sofrer devido as ações antrópicas

A vertente planar retilínea se apresenta, majoritariamente, na área estudada, como mostra a figura 14, o que não classifica a área como propícia a fenômenos de enchentes, inundações e outros, isso porque essas vertentes estão entre a acumulação e a dispersão do escoamento superficial (Barros, 2016).

Todos os dados aqui apresentados são de grande relevância para possíveis outros estudos na área. O baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio apresenta um constante avanço, no que tange a ocupação urbana, tanto do município de Paço do Lumiar quanto o de

São José de Ribamar, e com esse exponencial crescimento sabe-se que muitas alterações na própria bacia sejam apresentadas como necessárias por conta dessa dinâmica do meio urbano que tem aumentado nas últimas décadas nos dois municípios (IBGE, 2010).

Figura 13 – Vertente cônica, Paço do Lumiar em 2021 e 2024, respectivamente



Fonte: Própria pesquisa, 2024

As áreas de loteamento irregular, por exemplo, mostram-se potencialmente problemáticas no que tange aos aspectos ambientais e urbanos, tendo em vista que quanto mais essas áreas se expandem próximo aos canais dos rios, mais áreas, que deveriam ser protegidas, precisam ser tiradas para dar lugar às moradias. Além disso, pode-se observar outros impactos antrópicos próximo à área de estudos como: o acúmulo e descarte irregular de resíduos nas áreas de mangue e retirada dessa vegetação com o intuito de usar as madeiras para construções e afins.

Vale destacar também a falta de planejamento urbano por parte das esferas governamentais, verifica-se isso ao observar as áreas de loteamento próximo a bacia, estas por sua vez, geralmente são construídas avulsas sem o suporte e planejamento das prefeituras, não obtendo assim serviços básicos para uma área urbana que são: coleta de resíduos, abastecimento de água encanada e tratamento de esgoto.

A taxonomia do relevo apresentada por Ross (1992) classifica sistematicamente as formas de relevo com base em suas características morfológicas e processos formativos. Levando em consideração os dados apresentados e partindo da proposta apresentada por Ross (1992), pode-se classificar e especializar alguns desses relevos encontrados no baixo curso da

bacia hidrográfica do rio Santo Antônio entre os táxons 1 e 6 como mostra o quadro 2 e figura 15.

Figura 14 – Vertente planar retilínea, em área de loteamento, Panaquatira – São Jose de Ribamar



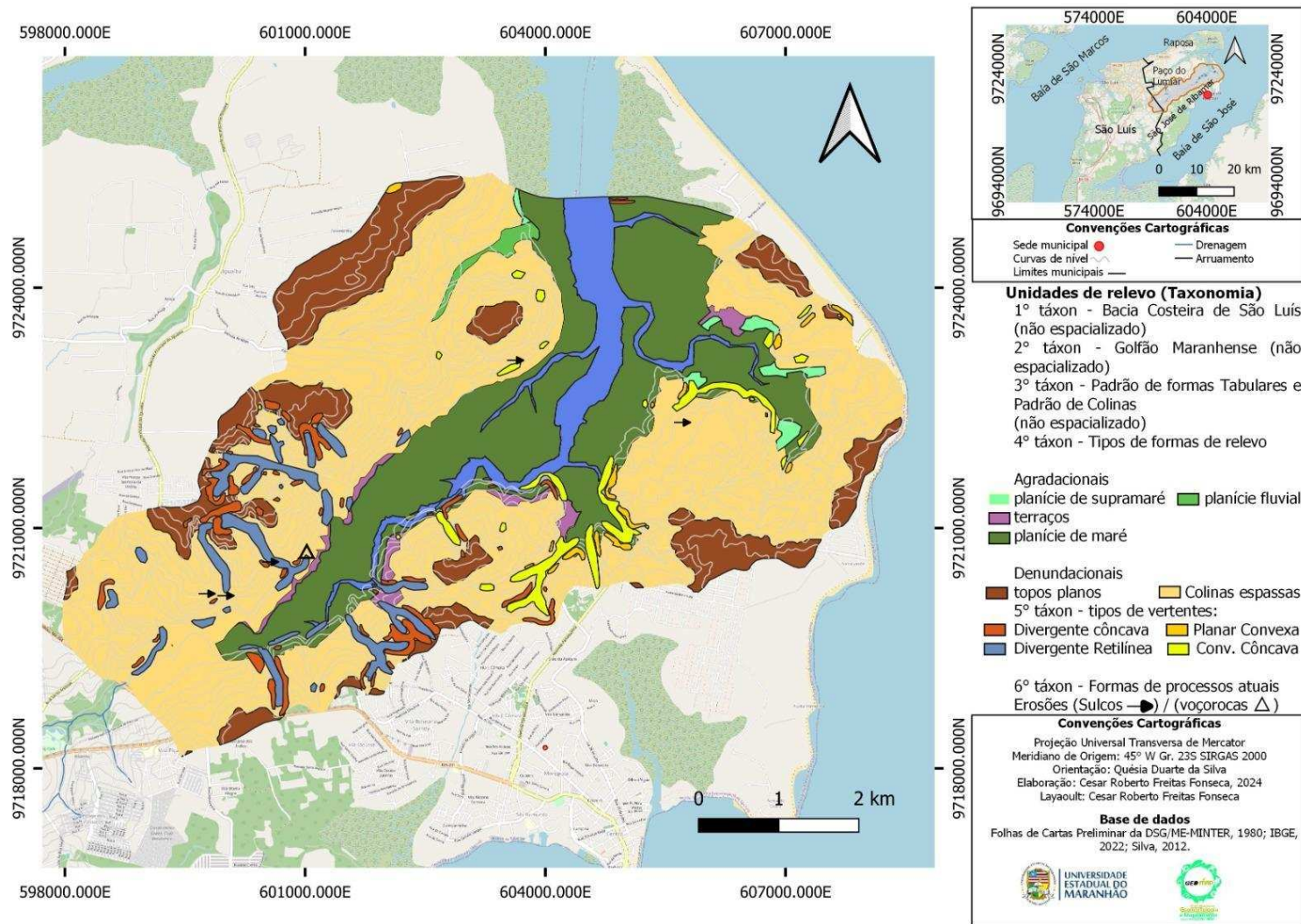
Fonte: Própria pesquisa, 2024

Quadro 2 – Níveis taxonômicos identificados no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, São Luís - MA

Nível Taxonômico					
1° Táxon	2° Táxon	3° Táxon	4° Táxon	5° Táxon	6° Táxon
Bacia Costeira de São Luís	Golfão Maranhense	Padrão de Formas Tabulares	Planície de maré	Divergente Côncava	Processos atuais do Tipo Sulcos e Ravinas.
			Praias e dunas		
		Padrão de Colinas	Terraços	Convergente Côncava	
			Planície fluvial	Planar Convexa	
			Planície de supramaré	Planar Retilínea	
			Colinas esparsas	Planar Côncava	
			Tabuleiros com topos planos	Divergente Retilínea	

Fonte: Própria pesquisa, adaptado de Santana et al., 2024.

Figura 15 - Mapa de taxonomia do relevo do baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.



Fonte: Própria pesquisa, 2024.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, área de análise deste trabalho, está situada na porção nordeste da Ilha do Maranhão, a qual compreende e drena os municípios de Paço do Lumiar e São José de Ribamar.

A bacia do Santo Antônio não é a maior da ilha, mas ainda assim tem uma significativa importância nas drenagens dos municípios em que está inserida. Dessa forma a então pesquisa estudou a área com o intuito de efetivar a caracterização dos aspectos geoambientais, bem como a identificação dos níveis taxonômicos do relevo conforme as propostas estabelecidas.

A área de estudo, está estruturada sobre o Grupo Barreiras e Formação Açuí e possui em sua composição litológica a Formação Barreiras como consta no mapa geológico que foi apresentado.

O baixo curso do rio Santo Antônio possui em sua drenagem um padrão dentrítico, desembocando no oceano atlântico, apresenta canais que variam entre 1ª a 3ª ordem, segundo a proposta de hierarquia fluvial apresentada por Strahler (1952).

Quanto a proposta de análise taxonômica, apresentada por Ross (1992) e utilizada para análise das formas neste estudo, o primeiro táxon comporta a bacia costeira de São Luís, do segundo táxon abrange o Golfão Maranhense onde a grande Ilha está situada, o terceiro táxon corresponde as feições denudacionais e agradacionais discutidas nesse trabalho.

O quarto táxon é designado as formas de relevo. No táxon de número 5, as formas encontradas na área analisada foram as formas de vertente, quanto ao táxon de número 6, foi constatado processos erosivos em dois dos 6 tipos de vertentes encontradas no baixo curso, nas vertentes côncavas e planar retilínea, nestas foi detectado, principalmente, erosões de sulcos, todavia observou-se que tais erosões tinham potencial para evoluírem.

Correlacionado a hipsometria, a área possui, em sua grande parte, uma baixa amplitude altimétrica com destaque no intervalo de 5 – 10 compreendendo uma área que abriga uma quantidade significativa de formas de vertentes.

Quanto as formas de curvatura, o baixo curso abrange, predominantemente a morfologia planar retilínea. Acerca dos parâmetros morfométricos, foram extraídos a Amplitude altimétrica (55m), o Gradiente de canais (0,027%) e a Relação relevo (5,4).

Áreas com as características morfométricas e hipsométricas como essas descritas acima, podem enfrentar alguns problemas recorrentes. Esses problemas podem impactar tanto o meio ambiente quanto as atividades humanas na região.

A exemplo, erosões no solo, principalmente em áreas desprotegidas de vegetação, o que dificulta a infiltração da água da chuva, resultando em maior escoamento superficial, o que aumenta o risco da aparição de erosões como sulcos e podendo, com o tempo, evoluírem para erosões maiores. Nos campos realizados não foram encontradas grandes erosões, todavia algumas áreas com o solo exposto podem, em um futuro próximo desencadear tais problemas, como mostra as figuras 6, 12 e 14. A erosão pode ser intensificada pela falta de vegetação ou cobertura do solo, o que deixa o terreno mais vulnerável aos processos erosivos (Florenzano, 2008).

A baixa inclinação dos canais favorece a maior deposição de sedimentos em áreas de baixa energia, como planícies de inundação e leitos de rios. Para Florenzano (2008) o assoreamento resultante pode reduzir a capacidade dos cursos d'água de transportar água, aumentar o risco de inundações e afetar a qualidade da água e os ecossistemas aquáticos. A deposição de sedimentos pode também afetar negativamente a navegação e as atividades econômicas e recreativas que dependem desses corpos d'água.

A construção de estrutura em áreas planas e de baixa elevação deve considerar a gestão da água e a prevenção de prováveis inundações. O planejamento inadequado, ou a falta dele, pode resultar em danos significativos às estruturas durante eventos climáticos como o período chuvoso na região. Além disso, a falta de infraestruturas somadas a exposição dessas áreas pode contribuir significativamente para possíveis erosões no solo sabendo que a preservação dessas áreas depende do “[...] funcionamento e da inter-relação entre os demais componentes naturais (águas, solos, subsolo, clima e cobertura vegetal) [...]” (Ross, 1992, p. 18 apud Silva, 2012).

Acredita-se que o presente trabalho atingiu o objetivo geral da pesquisa bem como os específicos, contudo vale ressaltar que a partir deste, abre-se outras possibilidades de estudos em toda a área em análise, a exemplo pode-se pontuar temáticas como: A aplicação de parâmetros morfométricos como subsídio ao planejamento ambiental; Os impactos antrópicos causados pela ocupação urbana no baixo curso do Rio Santo Antônio; Uso de outros parâmetros morfométricos para estudo da área; Identificação e caracterização de morfologias com impactos ambientais negativos e outras.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- AB'SABER, A. N. Contribuição à geomorfologia do estado do Maranhão. **Notícia Geomorfológica**. Ano 3, n. 5, 1960, p. 35-40.
- AB'SÁBER, A. N. **A Erosão e a Produção de Sedimentos no Brasil**. São Paulo: Hucitec, 1975.
- AB'SÁBER, A. N. **Os Domínios de Natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2000.
- ALMEIDA, H. G. (Org.) **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. São Luís SW/NW, Folhas SA.23-V e SA.23-Y. Estados do Pará e Maranhão. Escala 1:500.000. Brasília: CPRM, 2000.
- ARAI, M. A grande elevação eustática do Mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. Geologia. **Revista do Instituto de Geociências da USP**. Série Científica. USP: São Paulo, v. 6, n. 2, out. 2006.
- ARAÚJO, R. P. S.; COSTA, C. M.; BARROS, D. V.; GARRITO, A. C. **Urbanização e a ocorrência de desastres naturais no médio curso na bacia hidrográfica do Paciência - MA**. Revista Geonorte, v. 10, p. 502-506, 2014.
- ARGENTO, M. S. F. Mapeamento Geomorfológico. IN: GUERRA, A. J T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 10 ed., Rio de Janeiro: Bertrand, 2011.
- BARROS, D. V.; SILVA, Q. D.; GARRITO, A. C.; COSTA, C. M.; ARAUJO, R. P. S. **Análise morfométrica aplicada na identificação de enchentes e inundações na bacia hidrográfica do Prata, Ilha do Maranhão**. Revista Geonorte, v. 10, p. 78-83, 2014.
- BARROS, D. V.; SILVA, Q. D.; COSTA, C. M.; ARAUJO, R. P. S. **As formas de vertentes e sua influência nos fenômenos de enchentes e inundações: o caso da bacia hidrográfica do Prata, Ilha do Maranhão - MA**. In: Anais... XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2015, Teresina. Bacias hidrográficas - métodos e técnicas de estudo, usos, ocupação e conflitos no Espaço Geográfico. Teresina, v. XVI. p. 3253, 2015.
- BARROS, D. V.; SILVA, Q. D.; TEIXEIRA, E. C.; COSTA, C. M.; SANTANA, R. G. **Diagnóstico de áreas de risco à inundações na bacia hidrográfica do Prata, Ilha do Maranhão**. In: VIANA, V. do N.; SOUZA, W. F.S; CHAVES, L. O.; GORAYEB, A. (Org.). Educação ambiental, geotecnologias e cartografia social. 1ed. Mossoró: Edições UERN, v. 3, p. 52-60, 2017.
- BARROS, D. V. **Os níveis taxonômicos das unidades de relevo do alto curso da bacia hidrográfica do Anil, Ilha do Maranhão**. Relatório de Iniciação Científica. (Pesquisa em Geografia). São Luís, 2016.

BATEIRA, C. V. de M.; SOARES, L. M. P. M.; RODRIGUES, D. M. M.; MOURA, R. M. M.; TEIXEIRA, M. A. da C.; SANTOS, M. S. M. **Movimentos de vertente no norte de Portugal: importância do comportamento hidrológico das formações superficiais.** Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 15, n. 4, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.20502/rbg.v15i4.538>> Acesso em: 16 jul. 2024.

BATEIRA, C. V. de M. **Cálculo e cartografia automática dos declives: novas tecnologias versus velhos problemas,** 1997. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10216/7947>> Acesso em: 16 jul. 2024.

BELARMINO, Y. S.; BASTOS, F. H. **Análise morfoestrutural e aplicação do índice declividade extensão (RDE) na bacia hidrográfica do rio Ubatuba, divisa CE/PI, nordeste do Brasil.** Revista Brasileira de Geografia Física. v. 22, nº 2 (2021)

BEZERRA, J. F. R.; GUERRA, A. J. T.; MIKE, F. **Caracterização geomorfológica da bacia do rio Bacanga, Ilha do Maranhão.** Revista Geonorte, Edição Especial 4, v. 10, n. 1, p. 64-69, 2014. ISSN 2237-1419.

BIRD, E. C. F. **Coastal Geomorphology: An Introduction.** and Edition, John Wiley & Sons, New York, 2008

BONZANINI, H. L.; LUPINACCI, C. M.; STEFANUTO, E. B. **A erosão linear e sua relação com a morfometria do relevo na alta bacia do Rio Capivara – Botucatu (SP).** Rio Claro: UNESP, 2022. Disponível em: Revista Brasileira de Geografia Física. Acesso em: 23 jul. 2024.

BRASIL. (2001). **Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: Geografia.** Brasília: MEC / SEF.

BRITO, I. M. **Geologia histórica.** Uberlândia: Editora da Universidade Federal de Uberlândia. 2000.

CAVALCANTI, L. C. S. **Da Descrição de Áreas à Teoria dos Geossistemas: uma Abordagem Epistemológica sobre Sínteses Naturalistas.** Tese (Doutorado em Geografia). Recife: UFPE. 2013a. 217p.

CAVALCANTI, L. C. S. **Cartografia de Paisagens: Fundamentos.** 2. ed. rev. e atual São Paulo: Oficina de Textos, 2018b.

CASSETI, V. **Geomorfologia.** 2005.

CARVALHO, T. C. de; VIEIRA, E. M.; GONÇALVES, J. A. C.; VITERBO, G. A. **Análise das classes de vertentes e sua relação com o processo erosivo: uma visão integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba-MG.** Revista Brasileira de Geografia Física, v. 12, n. 4, p. 1619-1634, 2019. Acesso em: 18 jul. 2024.

CEN. Breve estado da arte do sistema brasileiro de classificação de relevo (SBCR): contribuições de e para a sociedade científica geomorfológica. Nota técnica. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 67, n. 2, p. 212-227, 2022.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S.B. da (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 10ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, p. 415-444.

CHRISTOFOLETTI, A. L. H. **Sistemas dinâmicos: as abordagens da Teoria do Caos e da Geometria Fractal em Geografia**. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Org.) Reflexões sobre a geografia física no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004, p. 89-110.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**, São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

COLTRINARI, L. Cartografia geomorfológica detalhada: a representação gráfica do relevo entre 1950-1970. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.12, n.3, p.121-130, 2011.

COLTRINARI, L. **Mapeamento geomorfológico: técnicas e aplicações**. São Paulo: Editora Geografia, 2011.

COMITÊ EXECUTIVO NACIONAL – CEN/SBCR. Nota Técnica: **Breve estado da arte do Sistema Brasileiro de Classificação de Relevo (SBCR)**: Contribuições de e para a sociedade científica geomorfológica. 2022.

COSTA, L. R. F. da; MAIA, R. P.; BARRETO, L. L.; SALES, V. C. de C. Geomorfologia do Nordeste Setentrional Brasileiro: uma proposta de classificação / Geomorphology of the Northern Brazilian Northeast: a classification proposal. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 1, p. 45-60, 2020.

COSTA, C. M.; SILVA, Q. D.; COSTA, I. R. S; BARROS, D. V.; TEIXEIRA, E. C. Suscetibilidade a inundações a partir das variáveis morfométricas na região hidrográfica Eliezer Silva - alto curso do rio Paciência. **Revista Entorno Geográfico**, v. 13, p. 68-80, 2017.

COSTA, C. M. **Risco de inundações no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil, São Luís – Maranhão**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2019.

COSTA, C. M.; FRANÇA, D. V. B.; SILVA, Q. D.; SANTANA, R. G.; TEIXEIRA, E. C. Uso e ocupação das áreas de preservação permanente e o perigo de inundações no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil, São Luís – Maranhão. **Geografia Ensino e Pesquisa**, v. 23, p. 1-23, 2019. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/38074>>. Acesso em: 09 dez. 2019.

EL-ROBRINI, M. *et al.* Maranhão. In: MUEHE, D. (Org.). **Erosão e progradação do litoral brasileiro**: Maranhão. Brasília: MMA. 2006.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ)**. apud: Súmula da X Reunião Técnica de Levantamento de Solos, Rio de Janeiro, 1979.

FEITOSA, A. C. Relevo do estado do Maranhão: uma nova proposta de classificação topomorfológica. **Anais... VI Simpósio de Nacional de Geomorfologia/Regional Conference on Geomorphology**. 2006a.

FEITOSA, A. C. **Evolução morfogenética do litoral norte da ilha do Maranhão.** Dissertação de Mestrado. Rio Claro: IGCE-UNESP, 1989b.

FIERZ, M. S. M. Algumas técnicas de pesquisa em geomorfologia. apud VENTURI, I. A. B. **Praticando geografia: técnicas de campo e laboratório.** São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

FONSECA JÚNIOR, Ariovaldo Machado; SANTOS, Gilsonley Lopes dos; DELGADO, Rafael Coll; PEREIRA, Marcos Gervasio. **Caracterização morfométrica das microbacias hidrográficas do Parque Estadual Nova Baden, MG.** Revista Brasileira de Geografia Física, v. 16, n. 3, p. 1263-1271, 2023.

FLORENZANO, T. G. **Cartografia.** In: FLORENZANO, T. G. (Org.) Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos. 2008a, p. 105-128.

FLORENZANO, T. G. **Introdução à geomorfologia.** In: FLORENZANO, T. G. (Org.) Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos. 2008b.

FRANÇA, D. V. B. Vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís. 2020.

GERASIMOV, I.P.; MESCHERIKOV, J.A. **Morphostructure.** The Encyclopedia of Geomorphology. Encyclopedia of Earth Sciences, v. III, Fairbridge, R.W. ed., Dowden, Hutchinson & Koss Inc., Pennsylvania, 1968. p. 731-732.

GUERRA, A. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico.** 5 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

GUERRA, A. J. T.; BEZERRA, J. F. R.; JORGE, M. do C. O. Recuperação de voçorocas e de áreas degradadas, no Brasil e no mundo - estudo de caso da voçoroca do Sacavém - São Luís - MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. ESPECIAL, p. 45-56, 2023.

GUERRA, Antonio José Teixeira. **Geomorfologia e planejamento ambiental** – conceitos e aplicações. Revista de Geografia (Recife), 2018. Acesso em: 24 nov. 2024.

CUNHA, Cenira Maria Lupinacci da. **A cartografia geomorfológica como instrumento de análise das fragilidades ambientais:** um exemplo no litoral brasileiro. Revista Geonorte, Edição Especial, v. 4, pág. 1-10, 2012.

IBGE. **MANUAL TÉCNICO DE GEOMORFOLOGIA.** Rio de Janeiro – RJ, 1995.

Disponível

em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/ManuaisdeGeociencias/Manual%20Tecnico%20de%20Geomorfologia.pdf>> Acesso em 26 dez. 2020.

JARDÍ, M. Paisaje: ¿una síntesis geográfica? **Revista de Geografía**, v. XXIV. Barcelona, 1990, p. 43-60.

JOLY, F. **Levantamentos geomorfológicos detalhados**, 1973.

LIMA, C. G. de L. Comportamento morfológico da área das bacias hidrográficas da porção norte da Ilha do Maranhão. **Relatório de Pesquisa**. São Luís: UEMA, 2023.

LOPES, J. R. A.; BEZERRA, J. M.; ALMEIDA, N. M. D. P.; COSTA, H. C. G.; FERNANDES, G. S. T.; GONÇALVES, G. L.; MENDONÇA, S. de S. C.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. E. de. Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do Açude Grande no semiárido do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.15, n.01(2022) 429-442

MORARI, E. L. **Geomorfologia antropogênica e cartografia geomorfológica em uma área urbana de Diadema, SP**. 2023. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

PEREIRA, E. D. **Avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação do solo e do aquífero do reservatório Batatã– São Luís (MA)**. Tese (Doutorado) Rio Claro: UNESP. 2006.

PINHEIRO, J. M. Dinâmica Climática da Ilha do Maranhão. In: FARIAS FILHO, M. S.; CELERI, M. J. **Geografia da Ilha do Maranhão**. São Luís: EDUFMA, 2015. p. 28-36.

RIBEIRO, A. G. As escalas do clima. **Boletim de Geografia Teórica**, v. 23, p. 288-294, 1993.

RIBEIRO, A. dos S.; OLIVEIRA, R. C. de. **A cartografia geomorfológica em escala regional: o caso da Região Metropolitana da Baixada Santista - SP**. Revista Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 22, n. 83, p. 219–239, out. 2021.

RODRIGUES, T. L. das N.; ARAUJO, C. C. de; CAMOZZATO, E.; RAMGRAB, G. E. São Luís, **Folha SA.23-Z-A, Cururupu, Folha SA.23-X-C: Estado do Maranhão**. Brasília: CPRM, 1994, p.185.

RODRIGUES, R. S. S.; FERNANDES, L. L.; CRISPIM, D. L.; VIEIRA, A. S. de A.; PESSOA, F. C. L. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé da Prata, Capitão Poço, Pará, Brasil**. Revista Verde, Pombal, PB, v. 11, n. 3, p. 143-150, jul.-set. 2016.

RODRÍGUEZ, J. M. M; SILVA, E. V. A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica. **Rev. Geog. Mercator**, n. 1, p. 95-112, 2002b.

RODRÍGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geocologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 2 ed. Fortaleza: UFC, 2007.

RODRÍGUEZ, J. M. M. SILVA, E. V. da. **Planejamento e gestão ambiental: subsídios da geocologia das paisagens e da teoria geossistêmica**. Fortaleza: Edições UFC, 2013a.

RODRIGUEZ, J. M. M. et al. **Geocologia das paisagens: uma análise ambiental**. 4 ed. - Fortaleza: Ed. UFC, 2013.

ROSS, J. **Geomorfologia ambiente e planejamento**. S. Paulo: Contexto, 1990, 85p.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 6. FFLCH-USP, 1992, p. 17-29.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia aplicada aos EIAs RIMAs. In: GUERRA, A. J. T., CUNHA, S.B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. Cap. 7, p. 291-336.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**. São Paulo: FFLCH-USP/IPT/FAPESP, 1997.

ROSSETTI, D. F. **Evolução sedimentar miocênica nos estados do Pará e Maranhão**. São José dos Campos: INPE, 2006.

SATO, S. E.; LUPINACCI, C. M. Mapeamento geomorfológico de detalhe. In: SANTOS, R. F. dos. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SANTOS, K. R. dos. **As relações entre o sítio natural e a urbanização na produção dos riscos ambientais: as inundações na cidade de Anápolis (GO)**. 2017. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2017.

SANTANA, R. G. **Fragilidade ambiental do relevo à ocupação urbana na subbacia hidrográfica do Riacho do Angelim, São Luís – MA**. 2021. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2021.

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

SILVA, Q. D. **Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão**. – Tese de Doutorado. Presidente Prudente: UNESP, 2012.

SILVEIRA, A. F.; BUENO, L. M. M. Sustentabilidade e vivências em uma bacia hidrográfica urbana: resultados de intervenções recentes. Campinas/SP, Brasil. **Anais ...Encuentro de Geógrafos de América Latina, Peru**, p. 1-18, 2013.

SOUSA, M. J. N. **Geomorfologia e planejamento ambiental**. Revista de Geografia (Recife) V. 35, No. 4 (especial XII SINAGEO), 2018.

SOARES, W. et al. Geomorfologia: ciência interdisciplinar? **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.13, n.3, p. 351-354, 2012.

SOARES, I. G.; OLIVEIRA, R. C. de; SANTOS, L. C. A. dos. Análise de Índices Morfométricos da Bacia Hidrográfica do Rio Preguiças-MA, Brasil. **Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 21, n. 2, 2023.

SCHULZ, M; LAWRENCE, C; MUHS, D; PRENTICE, C; FLANAGAN, S. Landscapes from the waves—Marine terraces of California: U.S. **Geological Survey Fact Sheet**, 2018.

SOCHAVA, V. B. El objeto de la geografía física a la luz de la teoría sobre los geosistemas. **Geographia**, ano 17, n. 33, 2015.

ST.-ONGE, D. A. Geomorphic maps. In: FAIRBRIDGE, R. W. (Ed.) **The Encyclopedia of Geomorphology**. New York: Reinhold. p. 388-403, 1968.

Summerfield, M.A. Global Geomorphology: An Introduction to the Study of Landform. New York: Bierman, 1991.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, FIBGE-SUPREN, 1977.

TRICART, J. **Principes et méthodes de La géomorphologie**. Paris: Masson e Cie, 1965.

VALE, J. R.B.; BORDALO, C. A. L. **Caracterização morfométrica e do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Rio Apeú, Amazônia Oriental**. *Formação (Online)*, v. 27, n. 51, p. 313-335, 2020.

VALERIANO, M. M. Dados topográficos. In: FLORENZANO, T. G. (Org.) **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos. 2008, p. 72-104.

VALERIANO, M. M. Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.539-546, 2003

VALE, J. R.B.; BORDALO, C. A. L. Caracterização morfométrica e do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Rio Apeú, Amazônia Oriental. **Formação (Online)**, v. 27, n. 51, p. 313-335, 2020.

VALE, J. R. B.; COSTA, L. S. da; PIMENTEL, M. A. da S. Análise da morfometria e do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Rio Mocajuba, zona costeira amazônica. **Geosul**, Florianópolis, v. 36, n. 78, p. 537-557, jan./abr. 2021.

VELOSO, A. Importância do Estudo das Vertentes. **GEOgraphia**, 4(8), 79-83, 2009. Disponível em <<https://doi.org/10.22409/GEOgraphia2002.v4i8.a13434>>

VITTE, A. C. A construção da geomorfologia no Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 3, p. 91-108, 2011.

WERLANG, M. K. **Geomorfologia**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2019. Disponível em: <<http://biblioteca.uniscd.edu.mz>>. Acesso em: 26 jul. 2024.

APÊNDICES

APÊNDICE A (FICHA DE TRABALHO DE CAMPO)

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE GEOGRAFIA - LICENCIATURA
FICHA DE TRABALHO DE CAMPO

Projeto: MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA ILHA DO MARANHÃO		
Data:	Nº do ponto:	
Localidade:		
Toponímia/ Acesso:		
Latitude:	Longitude:	Altitude:
Geomorfologia – Análise taxonômica		
1º táxon: Unidade Morfoestrutural:		
2º táxon: Unidade Morfoescultural:		
3º táxon: Unidade Morfológica/ Padrão de formas semelhantes		
A – Agradacionais <input type="checkbox"/> Apf – planície fluvial <input type="checkbox"/> Apc – Planície costeira <input type="checkbox"/> Apl – Planície lacustre <input type="checkbox"/> Apl – Planície lagunar <input type="checkbox"/> Atf – Terraço fluvial <input type="checkbox"/> Atm – Terraço marinho <input type="checkbox"/> Ad – Campos de dunas <input type="checkbox"/> Ac – Colúvio <input type="checkbox"/> La – Leque aluvial <input type="checkbox"/> Outros: _____	D – Denudacionais <input type="checkbox"/> Dc – Topos convexos <input type="checkbox"/> Da – Topos aguçados <input type="checkbox"/> Dt – Topos tabulares <input type="checkbox"/> Dp – Superfícies planas <input type="checkbox"/> De – Formas de escarpas <input type="checkbox"/> Dv – Formas de vertentes <input type="checkbox"/> Outros: _____	
4º táxon: Unidade morfológica/Padrão de formas semelhantes		
Dimensão interfluvial: _____ Entalhamento do vale: _____		
5º táxon: Tipo predominante das vertentes		
<input type="checkbox"/> Vcc - côncava <input type="checkbox"/> Vc - convexa <input type="checkbox"/> Vr – retilínea <input type="checkbox"/> Ve – escarpada <input type="checkbox"/> Vp – patamares <input type="checkbox"/> Tc – topos convexos <input type="checkbox"/> Tp – topos planos <input type="checkbox"/> Outra: _____		
6º táxon: Processos erosivos e acumulativos atuais		
<input type="checkbox"/> Ravinas <input type="checkbox"/> Voçorocas <input type="checkbox"/> Laminar <input type="checkbox"/> Depósitos tecnogênicos <input type="checkbox"/> Deslizamentos <input type="checkbox"/> Bancos de assoreamento <input type="checkbox"/> Cortes <input type="checkbox"/> Terracetes de pisoteio de gado <input type="checkbox"/> Sulcos <input type="checkbox"/> Aterros <input type="checkbox"/> Depósitos aluvionares de indução antrópica <input type="checkbox"/> Depósitos arenosos da Fm Barreiras ou Açuí <input type="checkbox"/> Outros: _____		
Formas em detalhe		

Forma de detalhe:				
<input type="checkbox"/> Cone aluvial	<input type="checkbox"/> Vertente	<input type="checkbox"/> Banco arenoso	<input type="checkbox"/> Dique ou cordão arenoso	
<input type="checkbox"/> Praia	<input type="checkbox"/> Dunas	<input type="checkbox"/> Meandro abandonado	<input type="checkbox"/> Paleodrenagem	
<input type="checkbox"/> Paleodunas	<input type="checkbox"/> Falésias	<input type="checkbox"/> Depósitos tecnogênicos	<input type="checkbox"/> Outros: _____	
Forma marinha e fluviomarinha de detalhe:				
<input type="checkbox"/> Recife	<input type="checkbox"/> Tômbolo	<input type="checkbox"/> Inlet	<input type="checkbox"/> Banco arenoso	
<input type="checkbox"/> Praia	<input type="checkbox"/> Restinga	<input type="checkbox"/> Spit	<input type="checkbox"/> Plataforma de abrasão	
<input type="checkbox"/> Esporão	<input type="checkbox"/> Planície de areia	<input type="checkbox"/> Chenier	<input type="checkbox"/> Falésia	
<input type="checkbox"/> Barra de canal	<input type="checkbox"/> Barra em pontal	<input type="checkbox"/> Crista de praia	<input type="checkbox"/> Linhas de acreção	
<input type="checkbox"/> Ilha-barreira	<input type="checkbox"/> Barras de maré	<input type="checkbox"/> Canal de maré	<input type="checkbox"/> Planície de maré	
<input type="checkbox"/> Paleodunas	<input type="checkbox"/> Dunas	<input type="checkbox"/> Bermas	<input type="checkbox"/> Terraços marinhos	
<input type="checkbox"/> Bancada, laje ou placa de arenito de praia ou beachrocks			<input type="checkbox"/> Estuário dominado por maré (
<input type="checkbox"/> Dique ou cordão arenoso (slikke e schorre)			<input type="checkbox"/> Estuário dominado por onda	
Dunas				
Forma da duna:				
<input type="checkbox"/> Barcana	<input type="checkbox"/> Longitudinal	<input type="checkbox"/> Transversal	<input type="checkbox"/> Parabólica	<input type="checkbox"/> Reticulada
Atividade dunar ocorrente:				
<input type="checkbox"/> Ativa	<input type="checkbox"/> Semifixa	<input type="checkbox"/> Fixa		
Estado da duna:				
<input type="checkbox"/> Dissipada	<input type="checkbox"/> Fitoestabilizada	<input type="checkbox"/> Pedogeneizada		
Vertentes				
Desnível médio*:				
<input type="checkbox"/> Pequeno: até 10m	<input type="checkbox"/> Médio: de 10 a 25m	<input type="checkbox"/> Grande: 25 a 100m	<input type="checkbox"/> Muito grande: > 100m	
Característica:				
<input type="checkbox"/> Com patamar	<input type="checkbox"/> Com rampa ou plano inclinado	<input type="checkbox"/> Ocorrência de afloramento rochoso		
<input type="checkbox"/> Ocorrência de talus	<input type="checkbox"/> Ocorrência de escarpa	<input type="checkbox"/> Ocorrência de ressalto		

Canais				
Padrão de canais:				
<input type="checkbox"/> Dendrítico	<input type="checkbox"/> Paralelo	<input type="checkbox"/> Retangular	<input type="checkbox"/> Pinulado	<input type="checkbox"/> Em treliça
Tipos de canais:				
<input type="checkbox"/> Meandrante	<input type="checkbox"/> Anastomosado	<input type="checkbox"/> Reto	<input type="checkbox"/> Ramificado	<input type="checkbox"/> Irregular
Existência de drenagem fechada:				
<input type="checkbox"/> Presente	<input type="checkbox"/> Ausente	<input type="checkbox"/> Ocorrência de lagoas perenes ou intermitentes		
Processo				
Tipo de processo morfodinâmico:				
<input type="checkbox"/> Corrosão	<input type="checkbox"/> Deflação eólica	<input type="checkbox"/> Deposição	<input type="checkbox"/> Erosão e/ou abrasão	
Tipo de ação morfogenética:				
<input type="checkbox"/> Transporte relacionado à gravidade		<input type="checkbox"/> Transporte com a participação da água		
<input type="checkbox"/> Transporte relacionado ao vento		<input type="checkbox"/> Transporte relacionado à ação oceanográfica		
Forma resultante das ações morfogenéticas:				
<input type="checkbox"/> Tabuleiros	<input type="checkbox"/> Praia	<input type="checkbox"/> Dunas	<input type="checkbox"/> Paleodunas	<input type="checkbox"/> Planície de maré
<input type="checkbox"/> Planície de supramaré	<input type="checkbox"/> Terraço	<input type="checkbox"/> Planície fluvial	<input type="checkbox"/> Vertente	

Efeitos de ações morfodinâmicas:			
<input type="checkbox"/> Acumulação de areia	<input type="checkbox"/> Acumulação de argila	<input type="checkbox"/> Acumulação de silte	
<input type="checkbox"/> Concentração de grânulos	<input type="checkbox"/> Concentração de seixos	<input type="checkbox"/> Pavimentação detrítica	
<input type="checkbox"/> Deslocamento de arbustos e árvores	<input type="checkbox"/> Truncamento da parte superior do solo		
Extensão das acumulações: <input type="checkbox"/> Generalizada <input type="checkbox"/> Localizada			
Morfodinâmica: <input type="checkbox"/> Química <input type="checkbox"/> Mecânica <input type="checkbox"/> Química e Mecânica			
Tipo de deposição:			
<input type="checkbox"/> Eólica	<input type="checkbox"/> Fluvial	<input type="checkbox"/> Lacustre	<input type="checkbox"/> Marinha <input type="checkbox"/> Fluviolacustre
<input type="checkbox"/> Lagunar	<input type="checkbox"/> Fluviomarina	<input type="checkbox"/> Inundação	<input type="checkbox"/> Depósitos tecnogênicos
Posicionamento do fenômeno:			
<input type="checkbox"/> Fundo do vale	<input type="checkbox"/> Parte frontal da escarpa ou cornija	<input type="checkbox"/> Costa	<input type="checkbox"/> Topo do tabuleiro
<input type="checkbox"/> Ao longo da encosta	<input type="checkbox"/> Ao longo da estrada	<input type="checkbox"/> Cabeceira de drenagem	
Estado da forma resultante das ações morfogenéticas/morfodinâmicas:			
<input type="checkbox"/> Ativa	<input type="checkbox"/> Inativa	<input type="checkbox"/> Reativada	
Tipo de ação biológica inclusive antrópica:			
<input type="checkbox"/> Atividades de formigas e/ou de térmitas	<input type="checkbox"/> Raízes	<input type="checkbox"/> Retirada de material de	
<input type="checkbox"/> Revolvimento de terra por animais	<input type="checkbox"/> Urbanização	<input type="checkbox"/> Terraplanagem	
<input type="checkbox"/> Marcas de trilhas			
Estado da forma resultada da ação biológica: <input type="checkbox"/> Ativa <input type="checkbox"/> Inativa <input type="checkbox"/> Reativada			