



**UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO**

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

**CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL E ESTUDO DAS VERTENTES NOS
PROCESSOS EROSIVOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIBIRI, ILHA DO
MARANHÃO**

MARCOS VINÍCIUS CARVALHO MATOS

São Luís-MA

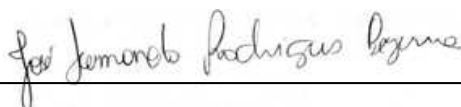
2021

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO


Aprovada em: 13/01/2023

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para direção de Curso de Geografia da Universidade Estadual do Maranhão -UEMA- campus Paulo IV, como requisito para a conclusão do curso de graduação de Geografia Licenciatura.

Orientador: Professor Dr. José Fernando Bezerra



Orientador: Prof. Dr. José Fernando Rodrigues Bezerra



Profa. Ma. Cristiane Mouzinho Costa



Profa. Dra. Andreza dos Santos Louzeiro

Matos, Marcos Vinicius Carvalho.

Processos erosivos lineares nas encostas na Bacia do Rio Tibiri, ilha do Maranhão / Marcos Vinicius Carvalho Matos. – São Luís, 2022.

30f.

Monografia (Graduação) – Curso de Geografia Licenciatura, Universidade Estadual do Maranhão, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Rodrigues Bezerra.

1.Feições erosivas. 2.Vertentes. 3.Geomorfologia. I.Título.

Elaborado por Giselle Frazão Tavares- CRB 13/665

AGRADECIMENTOS

A Deus

A minha família que sempre está presente.

Ao meu avô Eurico Carvalho que no ano de 2021, faleceu vítima do Covid-19.

Meus amigos que fiz na Uema é estão nessa caminha o Emerson Jorge e Luciano Aranha.

A os companheiros de grupo de pesquisa Hugo e Marly.

Ao professor José Fernando Bezerra pela orientação.

A instituição FAPEMA pela bolsa de iniciação científica nos anos de 2018 - 2020.

Ao grupo de pesquisa Geomap.

RESUMO

As vertentes por constituírem-se relevo de grande predominância na superfície da Terra, vem sendo objeto de estudo de várias ciências, como a Geomorfologia, cujo uma das finalidades do estudo é conhecer seu desenvolvimento e os processos atuantes ao longo de seu curso histórico. Para tanto o presente trabalho, tem uma análise prévia da geomorfologia da região da Bacia do Rio Tibiri, primeiramente com uma análise bibliográfica, em gabinete das diferentes formas e dinâmicas que contextualizam, logo como objetivo de estudo analisar a influência da inclinação das vertentes, diante do processo de erosão, na Bacia do Rio Tibiri, como as vertentes e o uso da cobertura do solo, destacando sobre o comportamento das vertentes diante o processo erosivo das voçorocas do município de São Luís, localizada na Bacia do Rio Tibiri, Ilha do Maranhão. Os mapas de localização e uso e ocupação e solos foram elaborados utilizado o software Arcmap 10.2. Os resultados finais demonstram que os solos predominantes são Neossolos Quartzarênicos Órticos Alumínicos, Argissolo vermelho – amarelos concrecionários Gleissolos Tipomórficos a geologia da área é constituída pelas formações Itapecuru, é caracterizada com a presença de siltitos e folhetos, presentes em grande parte da ilha; a formação Açuí caracterizada por sedimentos argilo-arenosos com origem no Pleistoceno e o Holoceno, assim são representados como depósitos fluviomarinhas compostos de cascalho, areia, silte e argila, Grupo Barreiras é constituído por sedimentos clásticos mal selecionados, normalmente com coloração avermelhados ou amarelada, sua constituição é representada por rochas calcárias, areníticas e argilosos é caracterizado por depósitos aluvionares e coluvionares, e depósitos de mangue ; o relevo é predominantemente tabular com topos planos e com presença de vertentes convexas; a hidrografia possui canais que são irregulares e estreitos, com aumento gradativo da largura; próximo à foz, o canal principal chega a 794,5 metros de largura; uso e ocupação do solo reflete um processo segregação social diante da visão do capital, que como consequência se origina bairros periféricos localizados em morros e vales, levando essa população a uma situação de risco, resultado da compactação do solo e desmatamento de encostas para a construção das suas residências, contudo sendo um grande favorecimento para erosão com aparecimento de sulcos, ravinas e voçorocas, em casos mais graves a ocorrer movimentos de massa, como popularmente conhecido como deslizamento de terra.

Palavras Chaves: Feições Erosivas, vertentes, geomorfologia.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. OBJETIVOS.....	8
3. REFERÊNCIALTEÓRICO-METODOLÓGICO	8
4. PROCEDIMENTOS	
METODOLÓGICOS.....	10
5. CARACTERIZAÇÃO	
GEOAMBIENTAL	11
5.1 Área de estudo	11
5.2 Uso e cobertura da terra.....	13
5.3 Geologia.....	18
5.4 Geomorfologia	18
5.5 Hidrografia.....	19
5.6 Clima.....	20
5.7 Solos	20
6. INFLUÊNCIA DAS VERTENTES NO PROCESSO	
EROSIVO.....	22
7. CONSIDERAÇÕES	
FINAIS.....	25
8. REFERÊNCIAS	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Variação dos perfis de Vertentes.	.9
Figura 2	Preparação para o sobrevoou de drone.	.10
Figura 3	Sobrevoou de Drone.	.11
Figura 4	Mapa de localização da Bacia do Rio Tibiri	.13
Figura 5	Margem do Rio Tibiri.	.15
Figura 6	Mapa de uso e ocupação, arquivo do Geomap.	.17
Figura 7	Mapa de Solos da Bacia do Rio Tibiri, São Luís	.21
Figura 8	Mapa de Declividade da Bacia Hidrografica do Rio Tibiri,Ilha do Maranhão	25

1. INTRODUÇÃO.

A Geomorfologia é a ciência que estuda as formas do relevo e sua respectiva evolução ao longo da escala geológica e histórica. Etimologicamente o termo significa o estudo das formas da Terra. Entretanto, faz-se necessário um completo entendimento dos processos geomorfológicos para a compreensão dessas formas. A geomorfologia engloba um conjunto de técnicas de investigações sobre o modelado terrestre, capaz de estipular a evolução natural do relevo e prever suas transformações futuras (DERBYSHIRE *et al.*, 1979, FLORENZANO, 2008; GUERRA e CUNHA, 2011).

A análise sistemática das formas do relevo em termos de estrutura, processos e tempo parece ser inevitável. As paisagens não são imutáveis, na verdade elas passam uma idéia que estão em contínuo processo de transformação. A estrutura está sendo alterada pelos processos, ocorrendo em um determinado tempo. Existe uma grande dificuldade em se estipular o tempo absoluto da atuação desses processos na escala geológica, como também a taxa de mudança das formas, tendo em vista uma grande variação de processos e estruturas encontradas na superfície terrestre (BLOOM, 1998, FLORENZANO, 2008; GUERRA e CUNHA, 2011).

Os processos geomorfológicos envolvem os agentes físicos e químicos que modificam as formas do relevo terrestre. Um fator geomórfico pode ser definido como qualquer meio natural capaz de transformar ou transportar um determinado elemento da superfície. A água corrente, a ação do gelo, vento, ondas e marés são considerados grandes agentes geomorfológicos. A combinação desses agentes resulta em diferentes processos que atuam na modificação do modelado terrestre (THORNBURY, 1954; FLORENZANO, 2008; GUERRA e CUNHA, 2011).

Dentre estes se destacam na pesquisa os morfodinâmicos (FLORENZANO, 2008) que são os processos e agentes atuais responsáveis pela modelagem do relevo, e, por conseguinte, pelo início e desenvolvimento dos processos erosivos por voçorocamento nas **vertentes**, que segundo Guerra (2011), são planos de declive variados que divergem das cristas ou dos interflúvios, enquadrando o vale.

A ocorrência dos processos erosivos envolve uma série de fatores que segundo Guerra (1999), determinam as variações nas taxas de erosão e podem ser subdivididos em: erosividade (causada pela chuva), erodibilidade (proporcionada pelas propriedades dos solos), características das encostas e natureza vegetal.

As características das vertentes podem afetar a erodibilidade e dos solos de diferentes formas, a saber: por meio da declividade, do comprimento e da forma das encostas (GUERRA, 1999). Esses fatores devem ser analisados em conjunto e associados a outras características do substrato, como a litologia, as discontinuidades geológicas e pedológicas e as propriedades dos solos.

No município de São Luís, o aumento da impermeabilização do solo com a ocupação desordenada os crescimentos de processos erosivos tiveram uma grande elevação provocado pela retirada da cobertura vegetal interferindo na dinâmica ambiental existente. Assim como afirma SANTOS e ALVES (2011) “o crescimento urbano não planejado, logo a causa muitos problemas ambientais e sociais para a população mais vulnerável.

Este trabalho refere-se às áreas de risco à erosão acelerada por voçorocamento nas encostas de média e alta declividade, oriunda principalmente do processo de ocupação sem organização e intensificada pela fragilidade ambiental dos solos, substrato rochoso e pluviosidade. A vertente (ou encosta) tem dois comportamentos distintos que no meio natural, as vertentes apresentam um escoamento superficial das águas das chuvas lento, quando comparado com as vertentes em áreas urbanas, haja vista que o solo se apresenta impermeável e intensificado por alterações antrópicas.

O fato, é que embora hoje São Luís apresenta um de urbanização, que não reflete uma infraestrutura suficiente e de qualidade que atenda as necessidades da população, pois, dentro de um mesmo espaço urbano, evidencia-se duas realidades distintas no âmbito socioeconômico que vai desde projeções arquitetônicas (casarões, edificações verticais e horizontais) à casebres, palafitas e à concentração de pessoas em áreas de risco, logo a soma destes fatores promove um inchaço populacional que resulta no aumento gradativo no número de ocupações precárias na cidade, aumentando assim, o índice de criminalidade e sem os investimentos públicos (SANTOS; MENDES, 2005). A estrutura urbana precária nos bairros localizados na bacia do rio Tibiri tendem a acelerar tais processos erosivos lineares.

As características da encosta, como o declive, é importante para determinar a susceptibilidade à erosão e a capacidade de uso do solo. Na análise de atributos topográficos, a declividade tem grande relevância em estudos em bacias hidrográficas, sendo mais uma informação auxiliar na determinação da capacidade de usos dos recursos naturais e sua gestão e manejo de forma sustentável.

O conhecimento da declividade e das curvas hipsométricas da bacia são úteis para seu zoneamento quanto ao uso e ocupação do solo e aos processos erosivos, pois as curvas

vão representar a variação do relevo em uma bacia (JORGE E UEHARA, 1998). Justifica-se a realização da pesquisa na área de estudo considerando a ausência de pesquisas sobre a temática abordada e por ser uma área localizada distantes dos grandes centros que dificulta a ação de políticas públicas, logo os dados da pesquisa irá contribuir com criação de banco de dados geográficos que promoverá um planejamento urbano territorial da região.

2. OBJETIVOS.

2.1 Objetivo geral:

- Analisar a influência da inclinação das vertentes, diante do processo de erosão, na Bacia do Rio Tibiri;

2.2 Objetivos específicos:

- Identificar as características geoambientais da bacia do rio tibiri, Ilha do maranhão;
- Realizar o mapeamento da bacia do Rio Tibiri, através do Arcmap, por mapas de solos, uso e ocupação e declividade;
- Relacionar a declividade da vertende, como um dos fatores para o avanço da erosão na bacia hidrográfica;

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

De acordo com define as vertentes Christofolletti (1980) como uma superfície inclinada, não horizontal, sem identificar qualquer conotação genética ou locacional formada por condições externas e internas, e pode ser encontrada em qualquer paisagem.

Casseti (1995) discute que a vertente se caracteriza como a mais básica de todas as formas de relevo, razão pela qual assume importância fundamental para os geógrafos físicos. De acordo com Casseti, os processos em uma vertente se individualizam pelos fatores exógenos e endógenos. Os exógenos são comandados pelo clima, os endógenos pela estrutura geológica e tectônica.

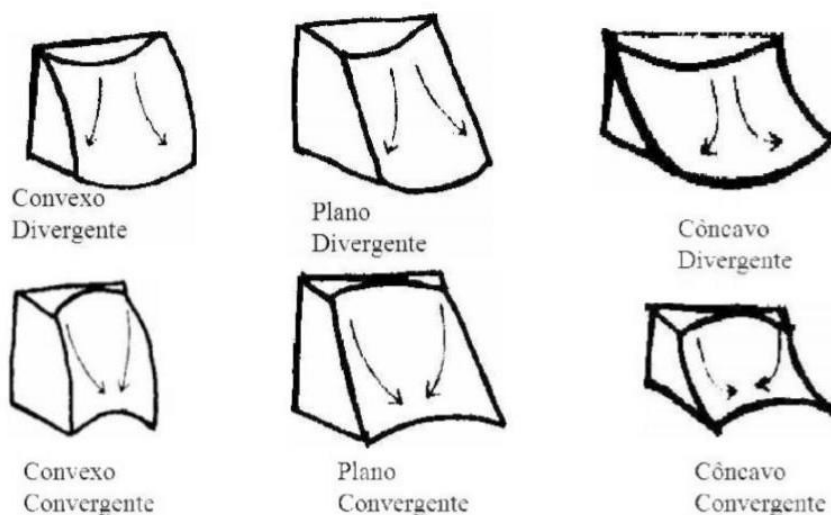
Como agentes de intemperização destacam-se a temperatura e a precipitação, que em função do comportamento da interface, como a vegetação, proporcionam maior escoamento (fluxo de subsuperfície, movimento de massa e fluxo por terra) ou infiltração, com consequentes efeitos no comportamento da vertente. A ação processual também depende dos fatores endógenos, que reagem em função da

composição química, do grau de permeabilidade, e consequente intemperização, com produção do regolito.

Tricart (1957) demonstra que o balanço morfogenético de uma vertente é comandado principalmente pelo valor do declive, pela natureza da rocha e pelo clima. De forma geral quanto maior o declive da vertente, maior a intensificação da componente paralela, reduzindo a ação da componente perpendicular. Assim, com o escoamento mais intenso, tem-se o acréscimo do transporte de detritos, adelgaçando o solo ou o material intemperizado. Da mesma forma que a tectônica ou a resistência litológica podem provocar aumento do declive, a estreita correspondência com a intensidade dos processos pode provocar uma condição de “equilíbrio dinâmico”, desde que a relação energia (processos incidentes) e matéria (substrato da vertente) estejam balanceadas, independentemente das condições topográficas.

A classificação das vertentes em relação ao perfil é analisada de acordo com seu valor de curvatura, conforme figura , em que teoricamente, as vertentes retilíneas têm valor de curvatura nulo, vertentes côncavas os têm positivos e convexas têm curvatura negativa, de acordo com Valeriano (2003).

Figura 1 – variações dos perfis de vertentes.



Fonte: Valeriano, 2003

A evolução das vertentes leva em consideração às forças morfogênicas que são definidas como sendo responsáveis pela esculturação das formas de relevo, ou a ação da dinâmica externa sofridas pelas vertentes, onde os componentes principais são caracterizados pela infiltração responsável pela intemperização que permite o desenvolvimento da pedogênese, e formação de material para transporte e ao transporte.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 Levantamentos cartográficos e bibliográfico

Para a produção da monografia, utilizou a metodologia hipotético-dedutiva, no qual torna-se essencial o levantamento e análise do material bibliográfico que trata do assunto analisado e que fundamente a pesquisa. Dessa forma, foram pesquisados conteúdos relacionados à os processos erosivos e ocupação na Ilha do Maranhão, em diferentes fontes, como internet, livros, artigos científicos, monografias, dissertações e teses.

Nos primeiros meses foi feita toda revisão bibliográfica que tratam do assunto de geografia geomorfologia, uso e ocupação da ilha do Maranhão, vertentes, declividade, ocupação da cidade de São Luís, e como principais autores da pesquisa são: CRISTOFOLETTI (2008), CASSETI (2005), GUERRA e CUNHA (2011), SOUSA (2012), entre outros.

As atividades de campo será utilizado o drone, para coleta de fotos aéreas, gps para pontos de localização e máquina fotográfica para registro das feições erosivas. Logo o mapeamento dos bairros e das comunidades no entorno, será realizado a partir da interpretação nas imagens do Google Earth (2022) e imagens de satélites cedidas pela USGS, para a confecção dos mapas de uso e ocupação, localização, de hipsometria e declividade, que serão elaborados pelo softwares do Arcmap, e as bases cartográficas da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (DSG), escala de 1:10.000, intervalo de curva de nível de 5 m, no qual a combinação de shapes, composição de imagem, pontos e polígonos, promove uma representação em escala menor da área de estudo.

O mapa de localização será utilizada a imagem de satélite Sentinel 2, no ano 2017, combinando as bandas 4,3,2 e para o layout será utilizado shapes de município e do Estado fornecidos pelo IBGE (2018), o mapa se encontra em uma escala 1:10.000.

O mapa de declividade foi elaborado com as ferramentas do Arcmap os shapefiles

adquiridos de Bezerra (2011) referentes à drenagem, curvas de nível, oriundas das cartas vetorizadas da Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério do Exército (DSG/ME-MINTER), datadas de 1980 correspondentes a São Luís, folhas 13, 21, 22, 23, 29, 30, 31, 38 e 39 adquiridas no Zoneamento Ecológico Econômico do Maranhão - ZEE

O mapa de uso e ocupação do solo foi produzido com classificação supervisionada utilizando com base a imagem de satélite Sentinel 2, 2017 e utilizando a formação de polígonos e combinação de pixel da imagem.

O mapa de solos foi produzido e adaptado por meio do mapeamento pedológico da Ilha do Maranhão, disponibilizados nos relatórios do GERCO – Gerenciamento Costeiro utilizando trabalhos de Maranhão (1998) e Silva (2012).

4.2 Trabalho de campo

Diante da pandemia do Covid-19 que afetou no ano de 2020, os trabalhos de campo foram prejudicados contudo foi realizados 1 trabalho de campo na Bacia do Rio Tibiri, no dia 9 de janeiro de 2021, qual foi utilizado de registro fotográficos, obtenção de coordenadas geográficas com o GPS, e uso de drone para sobrevoar as proximidades do entorno do bairro Quebra Pote, localizado nas proximidades do Rio Tibiri, como mostra na figura 2.

Figura 2 – preparação para o utilização de drone.



Fonte: GEOMAP, 2021

A segunda etapa da pesquisa se deu no dia 21 de agosto, seguindo os protocolos de segurança emitidos pela pelo governo estadual de utilização máscaras e álcool em gel. Neste dia foi realizado registros fotográficos (figura 3), para visualizar a margem leste da Bacia do Rio Tibirí, com a procura de áreas de extração ou de solo exposto.

Figura 3: fotografia aérea de drone



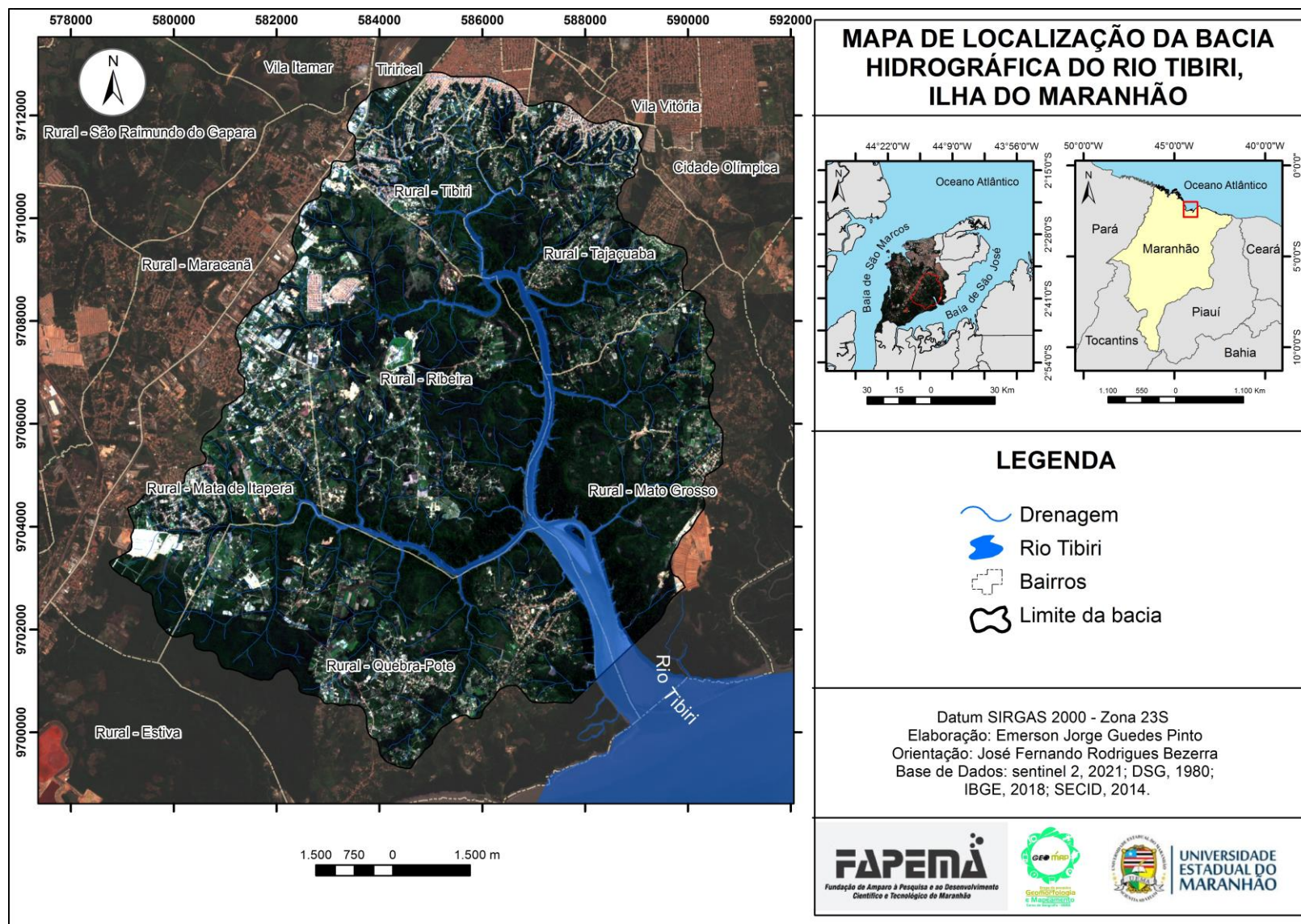
Fonte: GEOMAP, 2021

5. CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL

5.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo se localiza da bacia do rio Tibiri onde se encontram vários bairros tais como: Quebra Pote Tibiri, Tajaçuaba, Cajupari e Santa Bárbara, localizado na zona rural do Município de São Luís. A bacia hidrográfica do Tibiri, localiza-se no município de São Luís - MA, situada na parte sudeste da ilha do Maranhão, entre as coordenadas de 02°35' e 02°43' de latitude sul e 44°10' e 44°18' de longitude oeste de Greenwich. Limita-se a leste com a bacia do rio Tijupá e a bacia do rio Jeniparana, a oeste com o Distrito Industrial de São Luís, ao norte com o aeroporto Marechal Cunha Machado e o Parque de Exposição Agropecuária, e ao sul com a baía de São José. Por sua vez, a bacia hidrográfica em questão possui limite ainda com o Parque Estadual do Bacanga ao oeste, e ao leste com bacia dos Cachorros. Representada na figura 4, Mapa de Localização da Bacia do Rio Tibirí.

Figura 4 – Mapa de localização da Bacia do Rio Tibiri, Iha do Maranhão.



Fonte: PINTO, 2021.

5.2 Uso e ocupação

No município de São Luís, o uso do solo tem uma ligação histórica com sua ocupação, atualmente o uso tem se voltado para a construção de habitações e para a produção agrícola, sendo que nos últimos anos a prática agrícolas tem se limitado pelo desenvolvimento do município com o aumento populacional e a prática ficando mais para zona rural da cidade. Na zona rural a agricultura familiar consegue se manter com o cultivo de mandioca, milho, feijão e hortaliças.

No município de São Luís, o aumento da impermeabilização do solo com a ocupação desordenada os crescimentos de processos erosivos tiveram uma grande elevação provocado pela retirada da cobertura vegetal interferindo na dinâmica ambiental existente. Assim como afirma SANTOS e ALVES (2011) “o crescimento urbano não planejado, logo a causa muitos problemas ambientais”.

Essa urbanização acelerada se deu através da política territorial e do capital industrial nacional e internacional, principalmente vinculado ao Programa Grande Carajás a implantação de dois grandes empreendimentos no município de São Luís em 1980, a Companhia Vale e a Alumar (Consórcio Alumínio do Maranhão), que viabilizaram a implantação do Distrito Industrial de São Luís, que, por sua vez, está articulado aos portos localizados na porção oeste da Ilha do Maranhão, hoje inseridos no Complexo Industrial e Portuário de São Luís – Itaqui e os terminais privados da Ponta da Madeira (Companhia Vale) e da Alumar – Itaqui (SILVA; NUNES, 2014).

O fato, é que embora hoje São Luís apresenta um “progresso urbano”, que não reflete uma infra-estrutura suficiente e de qualidade que atenda as necessidades da população, pois, dentro de um mesmo espaço urbano, evidencia-se duas realidades distintas no âmbito sócio-econômico que vai desde projeções arquitetônicas (casarões, edificações verticais e horizontais) à casebres e palafitas e à concentração de pessoas e equipamentos a soma destes fatos promove um inchaço populacional que resulta no aumento gradativo no número de ocupações precárias na cidade, aumentando assim, o índice de criminalidade e sem os investimentos públicos (SANTOS; MENDES, 2005).

Ao analisar a figura 8, pode se observar que como o processo erosivo avança em direção às casa de alguns moradores, sendo os mesmo estão utilizando agravam a situação como a se fosse um lixão a seu aberto que se encontra nas margens(figura 5), pois além da contaminação do solo e as margens do proprio rio que os pescadores utilizam como estacionamento de suas embarcações produzido pelo chorume, potencializa a aparição de animais peçonhentos.

Figura 5 – margens do rio Tibiri.



Utilizando o mapa da de uso e cobertura da bacia do Rio Tibiri (figura 9), foi utilizado uma imagem de satélite do satélite sentinel 2, usando o software Arcmap, demonstra que a sua área urbana se localiza mais ao Norte da bacia no sentido a montante do rio, algumas dessas áreas estão localizadas nas nascentes de afluentes do canal principal.

Mostra situação que não é aprovada pelo plano Diretor da cidade de São Luís/PL 1742019, TITULO IV DO USO DO SOLO URBANO E RURAL o Capítulo I, “Art.22, Parágrafo Único - A política de uso e ocupação do solo do Município será subsidiada pelo Mapa de Vulnerabilidade Socioambiental, que indicará as áreas

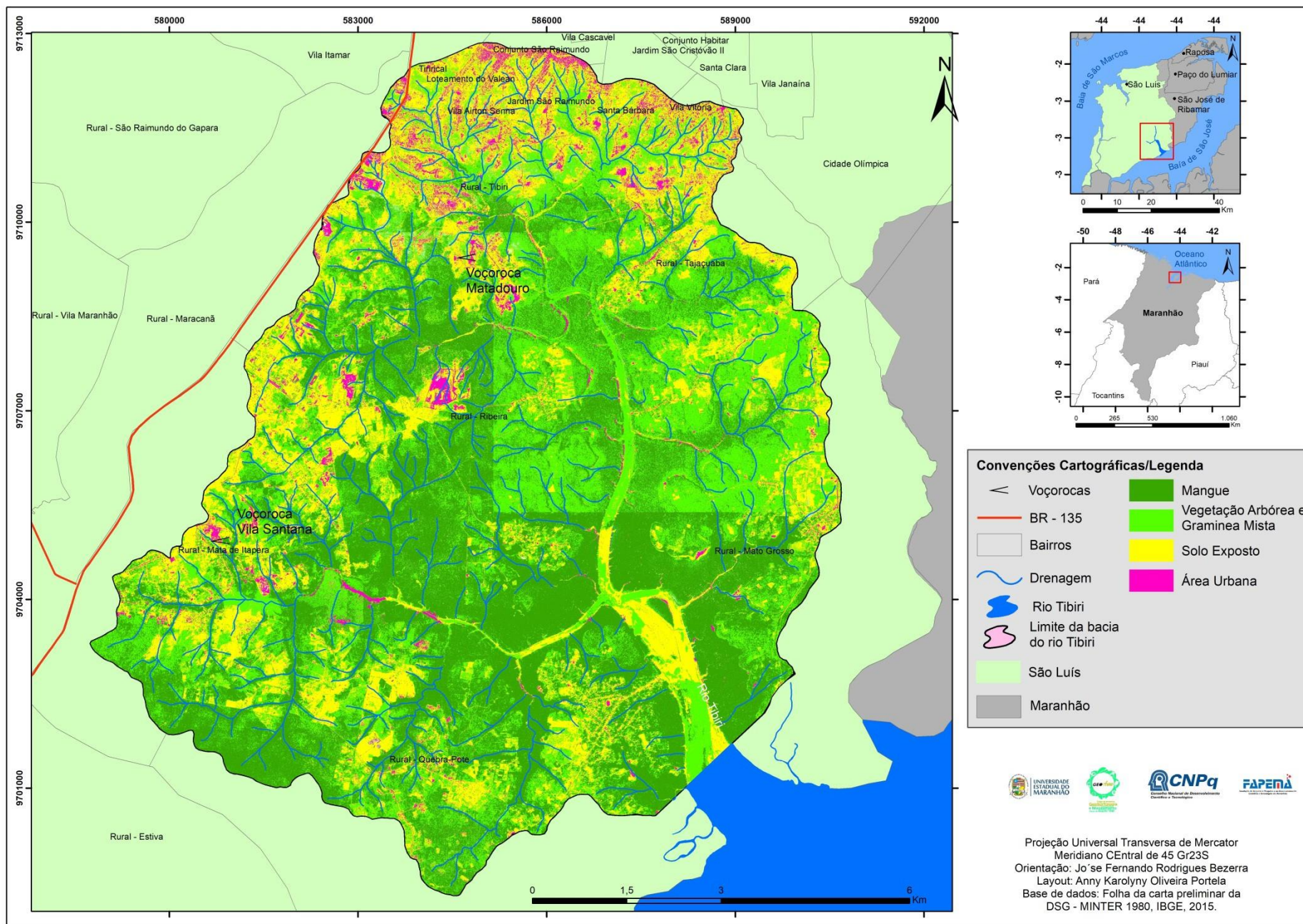
potenciais de risco geológico, voltadas para melhoria da qualidade de vida da população, a ser elaborado no prazo de 90 (noventa) dias contados a partir da aprovação deste Plano Diretor”.

O plano da cidade foi homologado no ano de 2019 e não ocorreu nenhuma reportagem ou manifestação do poder público pela a região do Tibiri que é o público alvo do art. 22, que possui diversos riscos na área de erosão, sanitários, e qualidade de vida dos moradores em questão.

Dessa forma, Cassetti (1991) chama esta relação de processo morfodinâmico que pode ser entendido como as transformações evidenciadas no relevo, considerando a intensidade e frequência dos mecanismos morfogenéticos no momento atual que estão associados ou não às derivações antropogênicas. Enquanto a abordagem morfoclimática leva à compreensão das relações processuais numa escala de tempo geológico; a abordagem morfodinâmica reporta às relações processuais numa perspectiva histórica em que o homem se constitui no principal agente das alterações.

No mapa de uso de uso e ocupação(figura 6) as cores representadas em rosa são áreas de concentração urbana, na cor amarelo são locais onde a presença de solo exposto, nas cor verde claro são presença de vegetação arbóreas e gramíneas é para finalizar na cor verde escuro são localidades presentes com vegetações de mangues.

Figura 6 – Mapa de uso e Ocupação, dos arquivos do Geomap a bacia do Rio Tibiri



Fonte: Souza, 2018.

5.3 Geologia

A Ilha do Maranhão tem como base geológica o Golfão Maranhense é formado por regiões com rochas da Formação Itapecuru, do grupo Barreiras e do grupo Açui, com sedimentos da bacia intracatônica do Parnaíba (Maranhão, 2010).

A formação Itapecuru é caracterizada com a presença de siltitos e folhetos, presentes em grande parte da ilha, ocorrendo nas praias da Guia, Farol, São Marcos e Boqueirão, sendo recoberta por sedimentos do Paleógeno e pelas litologias de areias, siltes e argilas da Formação Barreiras (SILVA;TRANCREDI;TAGLIARINI, 2010). O Grupo Barreira é constituído por sedimentos clásticos mal selecionados, normalmente com coloração avermelhados ou amarelada, sua constituição é representada por rochas calcárias, areníticas e argilosos (Almeida, 1986).

Formação Açui é outro grupo presente na Ilha do Maranhão caracterizada por sedimentos argilo-arenosos com origem no Pleistoceno e o Holoceno, assim são representados como depósitos fluviomarinhos compostos de cascalho, areia, silte e argila.

Segundo Silva (2012), a geologia da bacia do rio Tibiri localizada no município de São Luís Ilha do Maranhão é constituída por formações geológicas superficiais de depósitos aluvionares e coluvionares, depósitos de mangue e seguindo uma pequena porcentagem com a formações do grupo Barreiras.

5.4 Geomorfologia

A Geomorfologia da ilha do Maranhão está em constante evolução através processos endógenos e exógenos, cujo a dinâmica do relevo implica a ação de um ou mais agentes morfogênicos, resultando em transformações de processos simples de muitos agentes, configurando processos complexos.

De acordo com Ab'Saber (1960), a evolução geomorfológica do Golfão iniciou-se com o soergimento da faixa litorânea, no Plioceno, implicando em superimposição da rede de drenagem e erosão do Grupo Barreiras, seguindo por um

novo soerguimento com retomada de erosão e aprofundamento dos vales a um nível mais inferior.

Desse modo, as formas de relevo mais encontradas na Ilha de São Luís são as planícies fluviomarinhas de baixas altitudes, colinas suaves e arredondadas e tabuleiros. Essas feições em geral apresentam topos tabulares e subtabulares que descem para planícies aluvial, formando barreiras íngremes expostas à ação dos agentes geomorfológicos (FREIRE; DIAS, 2006).

De acordo com Silva (2012), a bacia do rio Tibiri, as morfologias desta área já sofreram muito pela construção da BR 135, na qual é a única via de acesso rodoviário ao continente, o que implica em constantes aterramentos para manutenção da rodovia, ocasionados pela ação da chuva e da constante movimentação de veículos.

Esta área se concentra localizada em um dos tabuleiros centrais da ilha do Maranhão na qual da origem das maiorias das bacias hidrográficas do município entre elas a bacia do rio Tibiri, onde os tabuleiros se caracterizam por terem topos planos e convexos (SILVA, 2012). Apresenta muito forte dissecação, relevo denudacional com tabuleiros com topos planos e muito forte índice de dissecação.

Quanto aos processos erosivos predominantes, destacam-se os areolares e os lineares. Os primeiros, gerados pela ação laminar, são frequentes nos topos planos. Os processos lineares ocorrentes nas vertentes pouco ou muito íngremes e a eles expostas pela escassez da cobertura vegetal geram ravinas e sulcos.

5.5 Hidrografia

Na ilha do Maranhão, encontram-se cerca de dez bacias fluviais de importância local como as dos rios Bragança, Anil, Tibiri, Paciência e Igarapé da Guia, que até meados do século XX. (SILVA, DIAS FILHO, 2015).

Relativamente à dinâmica oceanográfica, o litoral maranhense sofre influência das correntes marinhas na direção Leste-Oeste e registra níveis de maré próximos dos mais elevados de todo o litoral brasileiro, com amplitude média de 6 metros. Estes dois eventos contribuem para a geração de correntes de marés de grande importância na modelagem do fundo das superfícies imersas adjacentes à costa é da plataforma continental (MARANHÃO, 1998 p.22)

Os principais contribuintes da bacia do rio Tibiri, são os riachos de Santa Bárbara e rio Tibiri, este último recebendo os igarapés Meio e Saúde, os quais formam o canal aberto que deságua na baía supracitada, recebendo durante o percurso, afluentes como os igarapés Sabino e Maracujá na margem direita e Tajaçuaba, Andiroba e dois outros igarapés (com nomes desconhecidos) pela margem esquerda. Os seus divisores são pequenas elevações existentes ao longo do tabuleiro litorâneo, as quais delimitam a bacia hidrográfica do Tibiri com as demais bacias da ilha (SILVA,2001).

Nas cabeceiras, os canais do Tibiri são irregulares e estreitos, com aumento gradativo da largura; próximo à foz, o canal principal chega a 794,5 metros, correspondendo ao valor máximo de largura. Com exceção do canal principal que tem suas nascentes na porção norte da bacia, os canais de maior comprimento estão na margem direita. A bacia do rio Tibiri é irregular, estreita ao norte, larga no curso médio-baixo e torna a afunilar na foz. A direção predominante é sudeste (SILVA,2001).

5.6 Clima

A Ilha do Maranhão está localizada em uma zona costeira, faixa considerada frágil em termos ambientais que apresentam sérios problemas ambientais pela complexibilidade para estudos como a paisagem natural e humana desde espaço.

O clima na parte norte do Maranhão principalmente na Ilha do Maranhão é definido por dois períodos em estação chuvosa no primeiro período que vai de janeiro a Julho, e seco de Agosto a Dezembro.

Onde os fenômenos atmosféricos atuam diretamente o clima como: Zona de Convergência Intertropical(ZCIT), Ventos Alísios de Norte e Sul, brisa marítima e terrestre, fenômenos cíclicos como El Niño é Lá Niña, manifestações oceânicas do Dipolo Atlântico (TSM – Temperatura da Superfície do Mar), sem deixar de citar o crescimento populacional e urbano que altera significativamente a superfície terrestre principalmente nos seus aspectos fitogeográficos influenciador direto nas alterações de umidade do ar e temperatura ao nível local (PINHEIRO, 2015).

5.7 Solo

De acordo com o sistema de classificação de solos da Embrapa (2012) os processos pedogenéticos são estudados em duas vias: I) o modelo de processos múltiplos, baseado em quatro processos básicos de formação do solo: adições, perdas, transformações e translocações; II) o modelo de processos específicos, que considera as características dos diferentes tipos de solos, como resultado da atuação de mecanismos específicos na integração dos fatores de formação dos solos, como por exemplo: laterização, silicificação, ferralitização, gleização, podzolização, salinização, etc.

GUERRA (2011) considera solo como um agregado de milhões de partículas de variados minerais distintos, desde de composição mineral, tamanhos, ou por estar agregados com presença de matéria orgânica ou grãos simples.

Os solos da Ilha do Maranhão possuem uma grande variação, SILVA (2012) “os processos pedogenéticos responsáveis pelo desenvolvimento dos solos são resultantes de complexas e contínuas reações físicas, químicas e biológicas que, associadas aos fatores de formação dos solos, geram diferentes tipos de solos”. Na bacia do rio Tibiri possui os seguintes tipos de solos:

Neossolos Quartzarênicos Órticos Alumínicos: Não o apresentam horizontes genéticos definidos, com exceção do orgânico-mineral A. São solos predominantemente arenosos, de baixa fertilidade natural, elevada acidez e de baixa potencialidade agrícola (MARANHÃO, 1998).

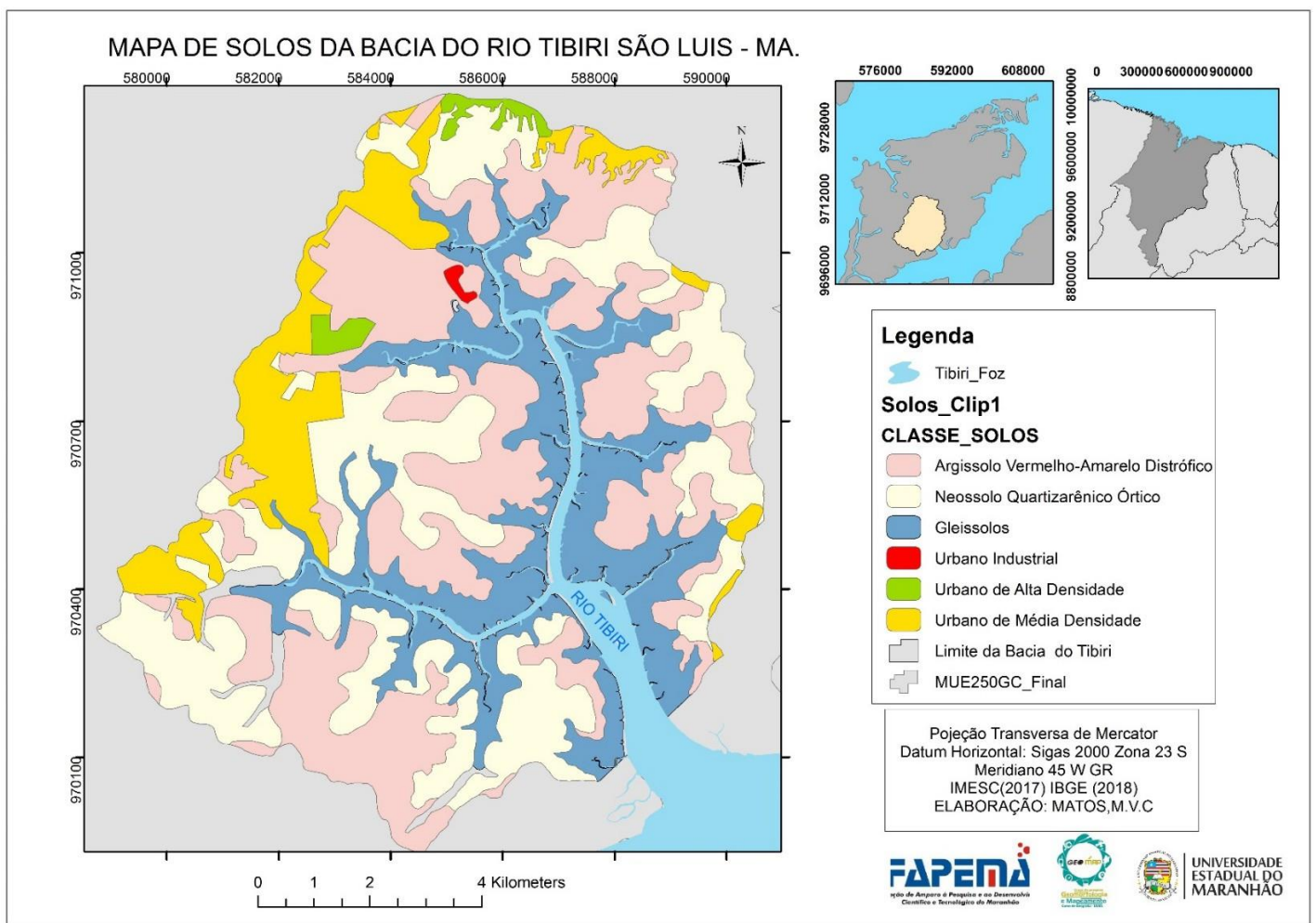
Esta classe de solos apresenta texturas arenosas dificulta o desenvolvimento do sistema radicular presentes nas plantas pela presença de caráter alcalino ou distrófico assim favorecendo o aparecimento de erosão. Principalmente em relevos com maior declividade e onde a camada do Horizonte A é mais raso limitando o uso de mecanização (EMBRAPA, 2011).

Argissolo vermelho – amarelos concrecionários: Segundo EMBRAPA (2011) esse tipo de solo é predominante em formações geológicas do Grupo Barreiras, no qual apresentam cores vermelho-amarelo ocasionado pelas misturas de óxido de ferro hematita e goethita. Outra característica do solo é que apresenta uma acumulação de argila no horizonte B, variando em textura média/argilosa, média/média e média/muito argilosa. O Argissolo vermelho-amarelo é de fácil identificação em cultura de

cana de açúcar, mandioca e na fruticultura, porém ele possui baixa fertilidade que precisa de aplicação de corretivos agrícolas principalmente em tabuleiros costeiros no caso da área de estudo o município de São Luís, Ilha do Maranhão.

Gleissolos Tipomórficos: O horizonte superficial apresenta uma exibição de cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas, é ocasionada pela dissolução de minerais de ferro, evidenciado pelas cores neutras (EMBRAPA, 2011). Em virtude da variabilidade do nível da água pelas marés e com o processo de oxidação, eles se tornam muito ácidos e, quanto ao relevo, estão associados às planícies de maré.

Figura 7 - Mapa de solos da Bacia do Rio Tibiri, Ilha do Maranhão.



6. INFLUÊNCIA DOS PROCESSO EROSIVO NAS ENCOSTAS.

As vertentes são formas de relevo modeladas por processos internos e/ou externos, incluindo também a ação humana. Possui variadas formas como planar convexa, planar côncava, planar retilínea, convergente convexa, convergente côncava, convergente retilínea, divergente retilínea, divergente côncava e divergente convexa (VARLERIANO, 2008).

A declividade e solo do terreno, possuindo uma inter-relação com as características morfométricas e morfológicas de uma bacia hidrográfica. No meio natural, as vertentes apresentam um escoamento superficial das águas das chuvas lento, quando comparado com as vertentes em áreas urbanas, haja vista que o solo se apresenta impermeável, intensificado por alterações antrópicas.

Mafra (1999), ressalta que na avaliação das características dos solos e a suas propriedades como capacidades de infiltração do solo, de grande importância a identificação das frações de areia e silte, resulta que quanto maiores percentuais de areia grossa permitem uma maior permeabilidade e menor erodibilidade. Porém os solos que apresentam percentuais elevados de argila possuem uma estabilidade estrutural pela sua alta capacidade de absorção.

Os fenômenos que envolvem a retirada de grande quantidade de materiais, podemos incluir a subsidência de minas e galerias, porém nos interessam apenas os processos ocorridos nas encostas, e podem ocorrer tanto em encostas naturais quanto nas artificiais ou antrópicas. Ocasionalmente uma fragilidade do solo que dependendo da intensidade de uma chuva, onde ocorrer o movimento de massa colocando em risco as moradias próximas às vertentes.

De acordo com Marcelino (2008), a inclinação do terreno, ao favorecer o escoamento, contribui para intensificar a torrente e causar danos. Esse fenômeno costuma surpreender por sua violência e menor previsibilidade, exigindo uma monitorização complexa.

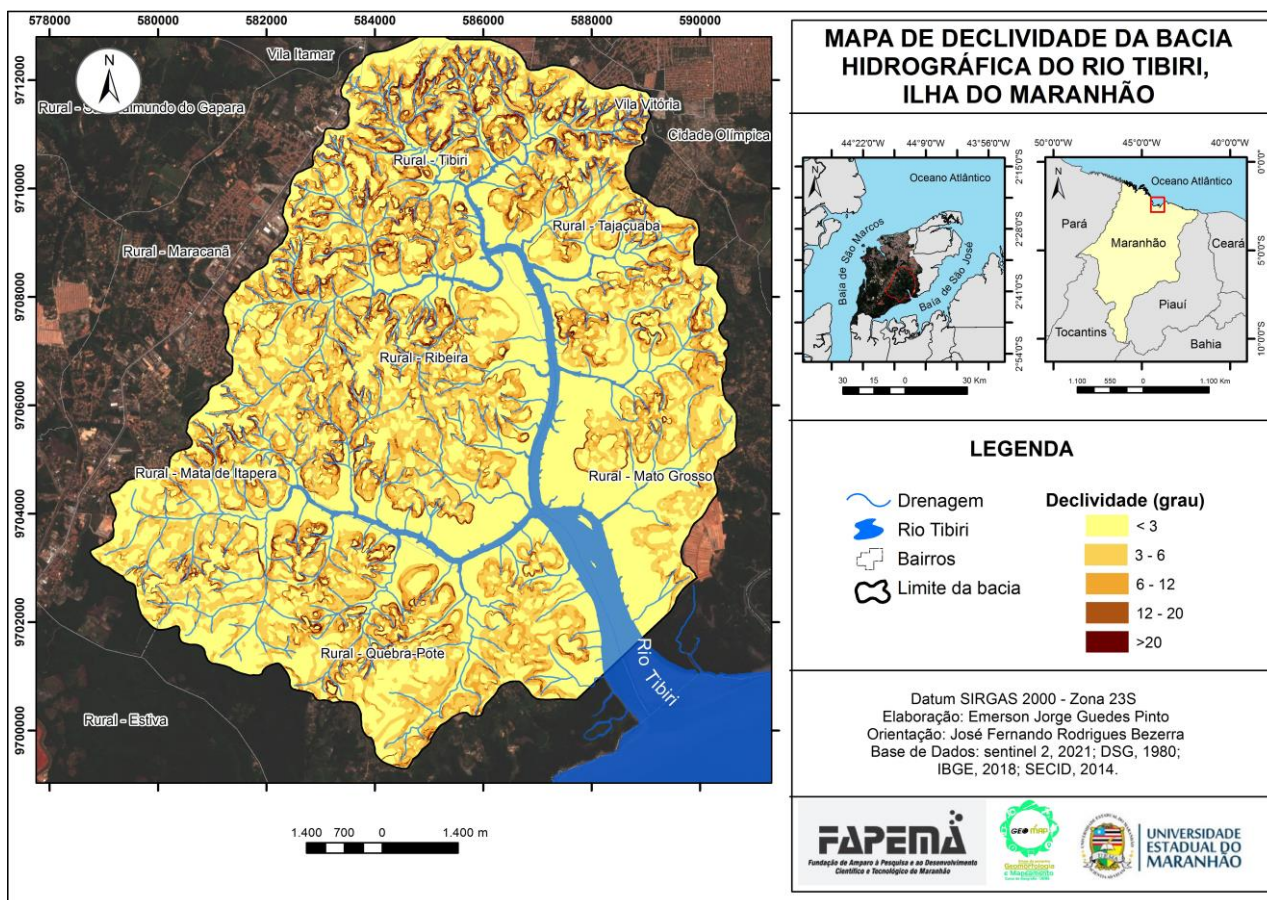
Sendo assim analisar declividade de um terreno é importante para determinar a susceptibilidade à erosão e a capacidade de uso do solo. Na análise de atributos topográficos, a declividade tem grande relevância em estudos em bacias hidrográficas,

sendo mais uma informação auxiliar na determinação da capacidade de usos dos recursos naturais e sua gestão e manejo de forma sustentável. O conhecimento da declividade e das curvas hipsométricas da bacia da bacia são úteis para seu zoneamento quanto ao uso e ocupação do solo e processos erosivos, pois as curvas vão representar a variação do relevo em uma bacia (JORGE E UEHARA, 1998).

Logo foi gerado uma mapa de declividade da Bacia do Rio Tibiri (figura 8), Sendo assim, os mapas de declividade foi necessário a utilização de um Modelo Digital de Terreno (MDT) que foi gerado a partir das curvas de nível digitalizadas. Baseados nos intervalos em porcentagem propostos por (RAMALHO FILHO E BEEK, 1995), que são: 0 – 3% (plano), 3 – 8% (suave ondulado), 8 – 13% (moderadamente ondulado), 13 – 20% (ondulado), 20 – 45% (forte ondulado), e maior que 45% (montanhoso).

Esses intervalos são definidos por (RAMALHO FILHO E BEEK, 1995), conforme o grau de limitação de uso do solo em função da susceptibilidade a erosão, com isso a maior possibilidade de acontecer o transporte de massa, por exemplo, em uma situação de uma precipitação de grande intensidade, fazendo com que o solo fique sobrecarregado e dependendo da declividade do relevo, e se não tiver uma camada de vegetação para segurar o solo agrioso, a alta possibilidade de acontecer um deslizamento de terra. E essa situação descrita é de grande predominância na bacia do Rio Tibiri, no qual foram encontradas em trabalhos anteriores, onde localiza voçorocas de grandes diâmetros e diversos formatos. E elas se originam principalmente nas áreas de grande declividade das encostas como podemos ver na figura 7.

Figura 7 - Mapa de declividade da Bacia do Rio Tibiri, Ilha do Maranhão.



Fonte: PINTO,2021

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados finais demonstraram que o solo, na bacia do rio Tibiri, é suscetível à erosão, apresentando uma perspectiva do aumento da erosão no período chuvoso e uma estabilidade no período de estiagem. Após a pesquisas bibliográficas encontramos os seguintes dados sua geomorfologia é formada por Tabuleiros com formação geológica como o grupo Barreiras, formação Itapecuru.

O solo possui uma grande suscetibilidade à erosão, pois o seu tipo de solo é do tipo Neossolos Quartzarênicos, Argissolo vermelho – amarelos concrecionários, Gleissolos Tipomórficos: Com essas classificação textural, se tem ideia que o processo erosivo ganha força a partir com o avanço da chuva ocasionando o efeito *splash*,

provocando o escoamento superficial, que contribui para o avanço da erosão, assim colocando em risco a moradia ou até a vida dos moradores locais.

As vertentes na Bacia do Rio Tibirí, possui uma grande inclinação segundo a utilização do MDT, e relacionado com o mapa de declividade a região apresenta intervalos de (6-12) moderadamente ondulado chegando até o intervalo de (12-20) mostrando em pontos da bacia que tem a estrutura do relevo ondulada. Justamente com o seu solo possuindo frações de percentual de areia alta, no qual resulta no maior escoamento superficial, justamente provocando a erosão laminar e transporte de sedimentos ocasionando o aparecimento de sulcos e ravinas e ampliação das voçorocas já presentes no local de estudo.

No ano atual de 2022, segundo reportagem do [imirante.com](http://www.imirante.com) 05/04/2022, o prefeito de São Luis, no dia 14/04/2022 propôs uma atualização do plano diretor que foi realizado em 2019, que foi baseado neste trabalho, que segundo Eduardo Braide, que em tese irá garantir um desenvolvimento, gerando empregos e melhores condições para os moradores da região rural em São Luis.

Com a nova atualização, as comunidades Loteamento Canaã, Vila Funil, Cajupe, Resid. Nova Vida, Rio do Meio, Tibirizinho, Nova Betel, Vila Airton Senna, Vila Magril, Residencial Nestor (da área Tibiri), Rio Grande, Santo Antônio, Alto Bonito, Maracanã, Vila Industrial, Vila Esperança, Alegria (área Maracanã), Murtura, Laranjeiras e Pedrinhas (área Pedrinhas), parte da área do Rio dos Cachorros e a área Estiva passariam a fazer parte da zona urbana.

Portanto o presente Trabalho de conclusão de curso é baseado na bolsa de iniciação científica no de 2020 e 2021, no qual foi feita uma releitura no referencial teórico e o resultados de trabalhos de observação por meio de drones e fotografias, trabalho de gabinete. Logo o pesquisador tem o papel de registrar a mudança e desenvolvimento da sua área de estudo, além de ser um reconhecimento da importância dessas localidades para como cidadãos, e trazer uma perspectiva de incentivo às suas tradições e sua história trazendo a essa população uma sensação pertencimento do lugar.

REFERÊNCIAS:

- AB' SABER, A. N. **CONTRIBUIÇÃO A GEOMORFOLOGIA DO ESTADO DO MARANHÃO**. Notícias Geomorfológicas: Campinas, Departamento de Geografia da UNICAMP, 3(5). Abril, 1960.
- BERTRAND, Georges. **PAISAGEM E GEOGRAFIA FÍSICA GLOBAL**. Esboço metodológico. R. ra e ga, Curitiba, n. 8, p. 141-152, jan. 2004.
- CASSETI, V. Ambiente e apropriação do relevo. 2. ed. São Paulo: Contexto, 1995.
- COSTA**, Ismaylli, **SANTOS**, Rafael dos, **SILVA**, Quésia Duarte, **TEIXEIRA**, Estevânia Cruz, **BARROS** Danyella Vale. **A MORFOLOGIA DAS VERTENTES E SUA INFLUÊNCIA NOS FENÔMENOS DE ENXURRADA: ALTO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ANIL SÃO LUÍS- MA**. Os desafios da Geografia física na fronteira do conhecimento. Instituto de Geociências- Unicamp. Campinas- SP, 2017.
- EMBRAPA – **EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA**. Centro Nacional de Plano diretor da cidade de São Luís-Ma, 2019.
- FLORENZANO, T. G. Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- GUERRA, Antônio José Teixeira e CUNHA, Sandra Baptista. **Geomorfologia e meio ambiente**- 1ª edição, Rio de Janeiro, 1995.
- GUERRA, Antônio José Teixeira e CUNHA, Sandra Baptista (organizadores). **Geomorfologia e Meio Ambiente** -7ª edição- Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.
- JORGE, F. N.; UEHARA, K. **AGUAS DA SUPERFÍCIE**. In Oirlivea; A. M. S.; Brito S. N. A. Geologia de Engenharia. São Paulo: ABGE/Cnpq/FAPESP, 1998. 513 p.
- MAFRA, N.M.C. Erosão e Planificação de Uso do Solo. In: GUERRA, J.T; SILVA, A.S; BOTELHO, R.G.M. **EROSÃO E CONSERVAÇÃO DOS SOLOS: CONCEITOS, TEMAS E APLICAÇÕES**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.
- MARCELINO, E. V. **Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos**. Santa Maria: CRS/INPE, 2008.
- MARANHÃO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Coordenadoria de Programas Especiais. Programas Estadual de Gerenciamento Costeiro. **Macrozoneamento do Golfão Maranhense; Diagnóstico Ambiental da Microrregião da Aglomeração Urbana de São Luís e dos Municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário**. Estudo de Geologia – São Luís: Sema/MMA/PNMA, 1998.
- RAMALHO FILHO, A; BEEK, K. L. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3ª ed. Rio de Janeiro. EMBRAPA, CNPS, 1995. 65 p.

SANTOS, Flávio Roberto Gomes dos; MENDES, Raquel de Oliveira. **A ORGANIZAÇÃO DO ESPAÇO URBANO EM SÃO LUÍS E SUAS CONSEQUÊNCIAS ANTE O IMPLEMENTO DOS GRANDES PROJETOS ECONÔMICOS/TECNOLÓGICOS EM SEU TERRITÓRIO. II** JORNADA DE POLÍTICAS PÚBLICAS MUNDIAL E ESTADOS NACIONAIS: a emancipação e a da soberania. UFMA-2005.

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.