

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

LUCIANO ARANHA ANDRADE

**IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DA MINERAÇÃO DE PEQUENO PORTE NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIBIRI, SÃO LUÍS-MA**

São Luís-MA
2021

LUCIANO ARANHA ANDRADE

**IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DA MINERAÇÃO DE PEQUENO PORTE NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIBIRI, SÃO LUÍS-MA**

Monografia apresentada ao curso de Geografia
Licenciatura do Centro de Educação, Ciências Exatas e
Naturais da Universidade Estadual do Maranhão, para
obtenção do grau de licenciado em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. José Fernando Rodrigues Bezerra

São Luís-MA
2021

Andrade, Luciano Aranha.

Impactos socioambientais da mineração de pequeno porte na bacia hidrográfica do rio Tibiri, São Luís - MA / Luciano Aranha Andrade. – São Luís, 2021.

62 f

Monografia (Graduação) – Curso de Geografia Licenciatura, Universidade Estadual do Maranhão, 2021.

Orientador: Prof. Dr. José Fernando Rodrigues Bezerra.

LUCIANO ARANHA ANDRADE

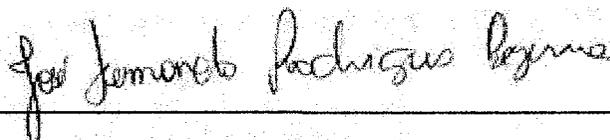
**IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DA MINERAÇÃO DE PEQUENO PORTE NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIBIRI, SÃO LUÍS-MA**

Monografia apresentada ao curso de Geografia Licenciatura do Centro de Educação, Ciências Exatas e Naturais da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito para obtenção do título de licenciado em Geografia.

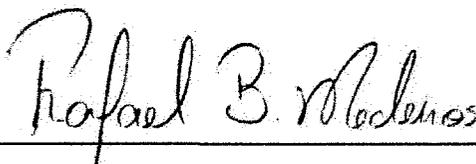
Orientador: Prof. Dr. José Fernando Rodrigues Bezerra

Aprovada em: 10/01/2022

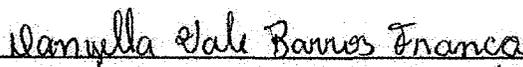
BANCA EXAMINADORA



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



Prof. Dr. Rafael Brugnolli Medeiros
Universidade Estadual do Maranhão



Profa. Ma. Danyella Vale Barros França
Universidade Estadual do Maranhão

Dedico este trabalho à população residente na área da bacia hidrográfica do rio Tibiri, que carece da aplicação de políticas sociais pelo direito constitucional à qualidade de vida.

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso contou com a ajuda de muitas pessoas. Inicialmente, destaco uma aula de Geografia que tive em 2009 com a professora Inês, enquanto aluno da 4ª série do Ensino Fundamental, que ensinou sobre a importância da mata ciliar. Sete anos depois, em 2016, ao ler a primeira questão da prova escrita do vestibular, com muita felicidade e esperança lembrei imediatamente daquele dia memorável...

Enfim, gostaria de agradecer:

À minha mãe Bella Sousa pelo apoio incondicional em todas as etapas da graduação;

À professora Regina Célia de Castro Pereira por a me acolher na UEMA, demonstrando preocupação, entusiasmo e oferecendo oportunidades para o início da minha residência em São Luís;

Ao professor José Fernando Rodrigues Bezerra por me proporcionar a vivência da iniciação científica, subsidiando uma maior formação acadêmica, a permanência na universidade e o fomento a oportunidades profissionais;

À minha família, especialmente meu irmão Júnior, as tias Benedita e Dani, tios Alex, Antônio e Raimundo João.

Aos meus amigos Mateus Lopes do Nascimento, Serginaria Rodrigues Santana e Yvo Borges da Silva pelo apoio e companhia de muitos anos.

Aos amigos que fiz em São Luís, Beatriz, Bruno, Caick, Késsia e Larissa.

Aos amigos do IMESC, especialmente a Carlos Henrique, pelo suporte e incentivo que foram fundamentais à realização deste trabalho.

Aos amigos do curso de Geografia, especialmente Gabriel Marlem e Vinícius Castelo.

À antiga equipe da CAT-UEMA, professora Marília, Wandressa e Rita.

Aos colegas do GEOMAP, especialmente Marly e Gilberlene.

“– Eu só desejo proteger este planeta e mais nada. As florestas, o mar e o céu choram com tanta veemência que eu não aguento mais. É impossível continuar a coexistir com os humanos. Eles sabem que há alguns humanos gentis com o planeta, mas quanto essa afeição realmente ajuda?”

– Ela estabeleceu o próprio sistema de linguagem!

– Tudo que eles desejam é tempo. O planeta poderá brilhar azul de novo se dermos a ele um tempo. Tempo sem humanos. Por favor, morram, e tornem-se sábios!”

(Hanami, a encarnação da natureza.
Jujutsu Kaisen episódio 18)

RESUMO

Esta pesquisa incumbiu analisar os impactos socioambientais provocados pela mineração de pequeno porte na bacia hidrográfica do rio Tibiri em São Luís-MA, considerando a correlação entre as possibilidades e limitações da paisagem que apresentam alto grau de fragilidade, necessitando de planejamento para o uso sustentável. Os procedimentos metodológicos constaram de pesquisa bibliográfica, atividades de campo, análise dos pontos de mineração através das fotografias obtidas em campo e pelas imagens disponibilizadas do *Google Earth Pro* desde 1985, além de elaboração de mapeamento. Com base nos resultados, a área apresenta um arcabouço geológico recente, o que lhe confere alta debilidade aliada à tipologia de solos predominantemente arenosos, pluviosidade concentrada, formas de relevo dissecadas e uso irregular, com vastos pontos com solo exposto. Em relação à extração dos minerais não metálicos, as áreas onde ocorrem subsidiam o aparecimento de processos erosivos, perda de solo e de minerais que impedem a restauração natural da vegetação, danos à biodiversidade pelo desmatamento e migração de possíveis vetores de doenças às zonas urbanizadas. A quantidade total ocupada pelas atividades, em hectares, é de 132,9 e apesar de existir exploração mineral desde meados de 1985, a maior parte foi degradada recentemente, a partir da década de 2010, o que reflete o aumento da pressão sobre os recursos naturais na área de estudo. Conclui-se que a área carece da aplicação de políticas públicas à conservação e sustentabilidade, pois a tendência é o aumento progressivo de localidades com solo exposto, como consequência da expansão da mineração de pequeno porte. Os recursos naturais da área devem ser administrados com responsabilidade socioambiental para que os impactos sejam atenuados.

Palavras-chave: Impactos socioambientais; Mineração; Rio Tibiri.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Tibiri, São Luís-MA...	14
Figura 2 -	Definição teórica de Geossistema.....	19
Figura 3 -	11 objetivos estratégicos do Plano Nacional de Mineração – 2030.....	23
Figura 4 -	Garimpo ilegal de ouro no Parque Nacional Brownsber (Suriname).....	26
Figura 5 -	Mapa de geologia da bacia hidrográfica do rio Tibiri, São Luís/MA.....	34
Figura 6 -	Mapa de solos da bacia hidrográfica do rio Tibiri, São Luís/MA.....	36
Figura 7 -	Triângulo textural para a voçoroca Vila Santana.....	37
Figura 8 -	Triângulo textural para a voçoroca Matadouro.....	37
Figura 9 -	Foz do rio Tibiri, São Luís-MA.....	38
Figura 10 -	Normais climatológicas da estação São Luís.....	39
Figura 11 -	Mapa de geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Tibiri, São Luís/MA.....	41
Figura 12 -	Formas de ocupação sem planejamento no bairro Tibiri, São Luís-MA.....	43
Figura 13 -	Outras formas de ocupação sem planejamento no bairro Tibiri, São Luís-MA.....	43
Figura 14 -	Resíduos sólidos depositados em voçorocas.....	44
Figura 15 -	Mapa de uso e ocupação da bacia hidrográfica do rio Tibiri, São Luís/MA.....	45
Figura 16 -	Retirada da cobertura vegetal e assoreamento de corpos d'água no ponto de extração da confluência do rio Tibiri, Ilha do Maranhão (Junho de 2019 a Junho de 2020).....	49
Figura 17 -	“Área 3” (esquerda) com 42,7 ha de extensão.....	53
Figura 18 -	“Área 6” (centro) com 22 ha e “Área 3” (esquerda) com 42,7 ha de extensão.....	53
Figura 19 -	“Área 6” com 22 ha de extensão.....	54
Figura 20 -	“Área 7” com 5 ha de extensão.....	54
Figura 21 -	“Área 8” com 10 ha de extensão.....	55
Figura 22 -	Acesso à “Área 8”.....	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Previsão de produção de alguns minerais e produtos de base mineral.....	22
Quadro 2 -	População residente em domicílios particulares em São Luís-MA.....	42
Quadro 3 -	Histórico de evolução das áreas de mineração de pequeno porte.....	50

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas

ANM - Agência Nacional de Mineração

BHRT – Bacia hidrográfica do rio Tibiri

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral

CFEM - Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CPRM – Serviço Geológico Brasileiro

DOU – Diário Oficial da União

DSG – Diretoria do Serviço Geográfico do Exército

FNDCT – Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

GEOMAP – Grupo de Pesquisa Geomorfologia e Mapeamento

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

PIB – Produto Interno Bruto

PIBIC - Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

SEMA – Secretaria Estadual de Meio Ambiente

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral.....	16
2.2 Objetivos Específicos.....	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
3.1 Categorias de análise: Paisagem, Território e o Geossistema.....	17
3.2 Geomorfologia e Pedologia como subsídio ao planejamento ambiental.....	19
3.3 A mineração de pequeno porte e os impactos associados.....	21
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	28
4.1 Pesquisa bibliográfica.....	29
4.2 Atividades de campo.....	30
4.3 Análise dos pontos de mineração e elaboração de mapeamento.....	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
5.1 Geodiversidade da área de estudo.....	31
5.1.1 Geologia.....	32
5.1.2 Solos.....	35
5.1.3 Hidrografia.....	37
5.1.4 Clima.....	38
5.1.5 Relevo.....	39
5.1.6 Uso e ocupação.....	42
5.2 Políticas públicas referentes à mineração de pequeno porte, conservação da natureza e sustentabilidade.....	46
5.3 Áreas de mineração de pequeno porte na bacia hidrográfica do rio Tibiri, São Luís-MA.....	50
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
REFERÊNCIAS.....	57

1 INTRODUÇÃO

Em suas variadas formas, a sociedade se desenvolve em um inerente relacionamento com a natureza, entretanto, atualmente são perceptíveis os conflitos encadeados, visto que os efeitos das atividades humanas atingem a sua ligação com o meio natural, provocando perda de biodiversidade, recursos naturais e financeiros (MORAES, 1990).

A utilização dos recursos naturais pelo ser humano é tão antiga quanto a existência do gênero homem sobre a Terra. Ele precisa dos recursos para sobreviver, obtidos através de métodos otimizados temporalmente. Após as extrações de forma imediata quando eram nômades¹, as técnicas foram aperfeiçoadas para a agricultura, seguido dos processos de industrialização (TRICART, 1977; EBADI *et al.*, 2020).

Apesar do alto grau de industrialização que há atualmente, junto a modernização das formas de obtenção das matérias-primas para as mais diversas finalidades, ainda são utilizadas técnicas manuais para aquisição dos recursos que a natureza dispõe, como, a utilização de minerais não metálicos do solo (areia e argila, por exemplo) para construção de moradias e outras aplicações na construção civil.

A Agência Nacional de Águas – ANA caracteriza essas atividades como mineração de pequeno porte. Sem planejamento, além da alteração na paisagem que resulta em prejuízos à biota, também são causados impactos associados ao assoreamento dos canais fluviais, perda de fertilidade dos solos e alterações químicas a partir dos processos de lixiviação. Além disso, também podem ocorrer conflitos sociais em relação à ocupação das terras utilizadas para a extração dos minerais (ANA, 2006; PRADO, 2021).

A mineração desenvolve-se sob o nível freático, com incidência também das águas superficiais, em maior ou menor intensidade. A expressão “pequeno porte” é relativa à extração de minerais não metálicos, nesse caso, areia, argila e silte, comercializáveis em conjunto sob a nomenclatura “barro”. Com a forma de garimpo, a extração geralmente ocorre sem instrumentos tecnológicos adequados às atividades, resultando em escavações precárias, nas quais há o trabalho familiar ou de ajudantes (OTELO, 2018).

Segundo a ANA (2006), há uma dicotomia entre especialistas de mineração, onde alguns falam não haver, de forma alguma, como pensar a atividade minerária junto a conservação de recursos hídricos, enquanto outros acreditam que pode sim, haver esse controle

¹ Entre o Paleolítico (2,7 milhões de anos até 10 mil anos atrás) e parte do Neolítico, o nomadismo era comumente praticado nos primeiros agrupamentos humanos. Posteriormente, com o desenvolvimento da agricultura, surgiram as comunidades sedentárias.

de exploração, desde que as atividades sejam realizadas por grandes empresas, pois a recuperação de áreas degradadas exige consideráveis gastos financeiros, e só elas possuem estrutura para tal.

Sendo assim, se faz necessário analisar as alterações sofridas no meio ambiente e provocadas por determinadas atividades humanas, pois influenciam negativamente a qualidade da vida em geral, a economia rural e/ou urbana e a degradação ambiental, configurando os impactos socioambientais (SANCHEZ, 2013).

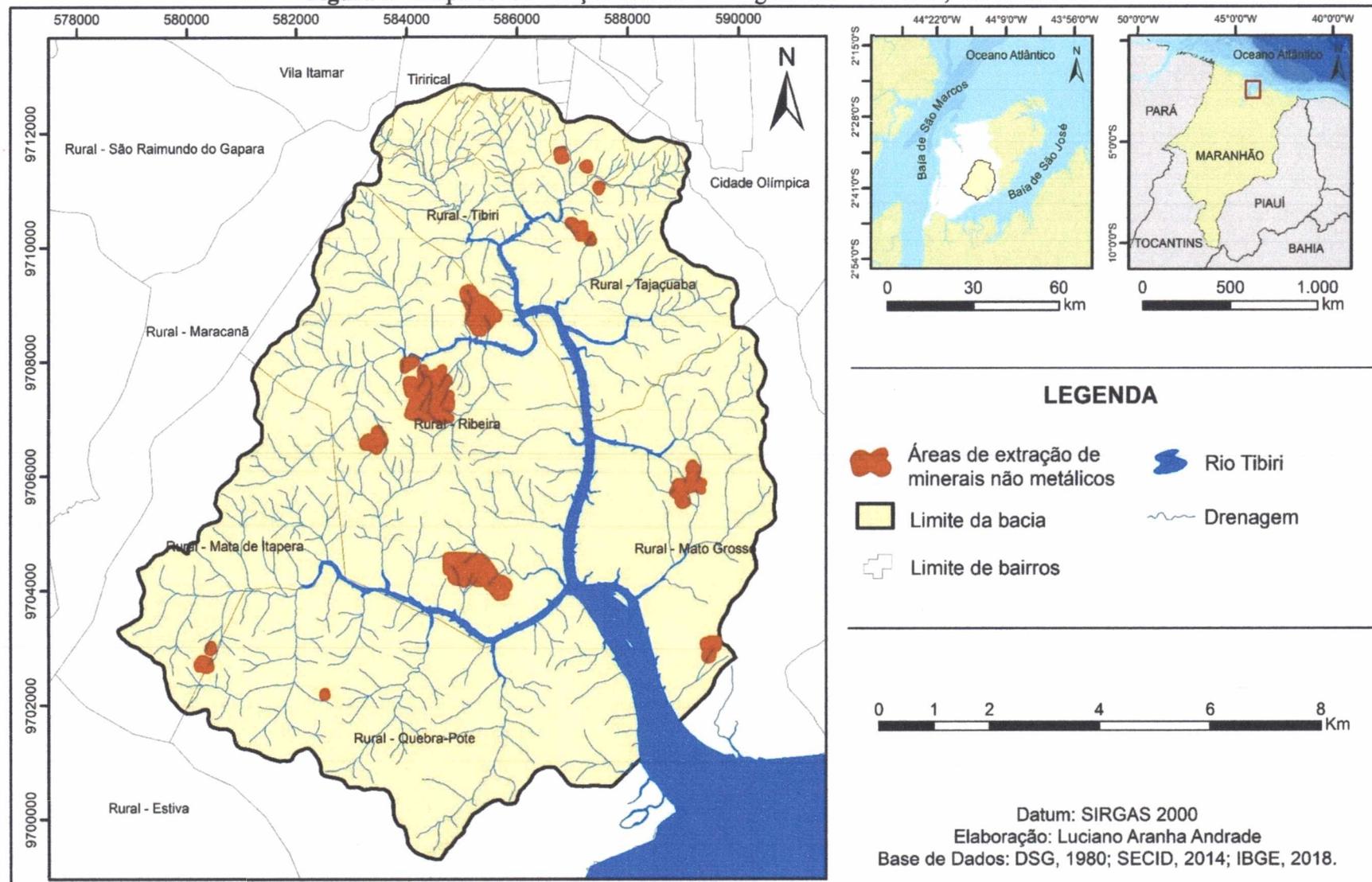
Conforme Guerra e Marçal (2012), uma ciência que pode contribuir com a organização das atividades no meio ambiente, a exemplo da mineração de pequeno porte, é a Geomorfologia, por meio do planejamento urbano e ambiental que se dá através do conhecimento das formas de relevo presentes na área determinada, assim como a sua constituição morfogenética e os processos morfológicos atuantes, de origem natural e/ou influenciados pela ação humana.

A Geomorfologia possui uma essência integradora ao tratar os processos de degradação ambiental. Junto a outras ciências, como a Pedologia, que se dedica à análise da origem dos solos, sua morfologia, constituição e classificação, para indicar um melhor uso, segundo os princípios de proteção ambiental; e a Geologia, pois com o conhecimento das dinâmicas da crosta terrestre, sobretudo no manto de intemperismo, será possível definir uma organização do uso racional dos recursos ambientais e econômicos (LEPSCH, 2010; GUERRA; MARÇAL, 2012; MEDEIROS; SILVA, 2017).

No Sudeste da Ilha do Maranhão, há décadas se observa a existência de atividades mineradoras na área que compreende a bacia hidrográfica do rio Tibiri – BHRT (Figura 1), onde se nota facilmente vários pontos de extração de minerais não metálicos como silte, argila e areia. Considerando a descaracterização da vegetação para fins de urbanização, as atividades de extração mineral tendem ser ainda mais graves caso realizadas sem planejamento, resultando em solo exposto, riscos de erosão e perda de solo (GUERRA; JORGE, 2018).

Segundo Silva (2001, p. 117) na BHRT já haviam atividades extrativistas ilegais de piçarra no final do século XX, onde relatou que “em 1993 não foi feita a quantificação deste tipo de ocupação, apesar de já existir tal uso. Em 1998, este uso apresenta 0,52% do total da área da bacia”. A autora acrescenta que, em trabalho de campo, constatou a extração de piçarra e barro para a construção das casas dos moradores locais.

Figura 1 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Tibiri, São Luís-MA



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Para a Organização das Nações Unidas – ONU, na Agenda 2030, definida como Declaração Global de Interdependência, que possui 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS, sendo o nº 11 nomeado como “Cidades e Comunidades Sustentáveis”, cujo objetivo é tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis, e ainda pontua que até 2020 a supracitada instituição organizaria ações de apoio a relações econômicas, sociais e ambientais positivas em áreas urbanas, rurais e periurbanas, a qual se enquadram os bairros que integram a BHRT. Contudo, não são observadas tais ações.

Reforça-se que a relação entre o homem e a natureza se dá pela forma como a sociedade se organiza para acessar e utilizar os recursos disponibilizados nas paisagens, ou seja, a sua apropriação pelo indivíduo é realizada através da atividade socioeconômica dominante, que pode ser contemplativa ou materialmente intervencionista (FERREIRA, 2010).

Sendo assim, considerando a degradação dos solos como um dos grandes problemas socioambientais da atualidade, a pesquisa objetiva apresentar os impactos da mineração de pequeno porte na BHRT, assim como sua relação social de ocorrência, tendo em conta o papel do Estado para oferecer moradia à população e um eficiente planejamento ambiental, dado que em algumas áreas utilizam-se os minerais para construir residências no próprio local, intensificando o seu uso.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral:

Analisar os impactos socioambientais resultantes das atividades de mineração de pequeno porte na bacia hidrográfica do rio Tibiri, São Luís-MA, considerando a correlação entre as possibilidades e limitações da paisagem.

2.2 Objetivos Específicos:

- Realizar a caracterização geoambiental da área para subsidiar ações de planejamento;
- Identificar os principais recursos minerais presentes na área;
- Compilar leis e normas técnicas reguladoras acerca do uso dos recursos naturais, correlacionando-as com a realidade investigada nos trabalhos de campo;
- Produzir documentos cartográficos que permitam aos órgãos governamentais identificar e dimensionar as áreas de mineração de pequeno porte.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Para o embasamento teórico-conceitual que fundamentou a pesquisa, utilizou-se os conceitos geográficos de paisagem e território, além da Geomorfologia e Geossistema associados aos impactos ambientais. Também foi realizado um levantamento legislativo acerca da utilização da natureza e a mineração.

3.1 Categorias de análise: Paisagem, Território e o Geossistema

Para Bertrand (2004), a paisagem é uma entidade global onde os elementos que a constituem participam de uma dinâmica comum. Tem-se como exemplo o processo de erosão, onde deve ser alargado para o conjunto da paisagem, não o considerando apenas um fato unicamente geomorfológico, e sim condicionado ao sistema geral de evolução.

Deste modo, a paisagem é a soma geral em uma porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, logo instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo uns sobre os outros, tornam a paisagem um conjunto único e indissociável, em constante transformação (BERTRAND, 2004).

Para Santos (2006, p. 66), “a paisagem é o conjunto de formas que, num dado momento, exprimem as heranças que representam as sucessivas relações localizadas entre ser humano e natureza.” Assim, a paisagem é o resultado do olhar, a parte da configuração territorial alcançada pela visão, junto aos outros sentidos, sendo uma amostra da relação entre homem e o espaço.

Ressalta-se também que os fatores estéticos da paisagem estão relacionados ao nível de percepção do sujeito, onde cada um produzirá sentido (significação) a partir da sua subjetividade (MAXIMIANO, 2004; FERREIRA, 2010).

No planejamento ambiental, a concepção de paisagem se mostra uma grande aliada à resolução de problemas, pois é da interação entre os elementos naturais e a ocupação humana que surgem as modificações nos fluxos materiais e energéticos, gerando danos ambientais. Assim, a análise da paisagem tem se apresentado como uma útil possibilidade (FERREIRA, 2010).

Portanto, ao passar por intervenções no seu uso e ocupação, um novo arranjo da paisagem é estruturado, como também novas relações sociais. Temporalmente, a descoberta de novos recursos naturais direcionou as transformações ocorridas, influenciando a cultura de um povo e os modelos econômicos nos quais estão inseridos (SOARES, F, 2004).

Neste sentido, traz-se a concepção de território de Ratzel, sendo o espaço necessário para qualquer população progredir, isto é, “organismos que fazem parte da tribo, da comuna, da família, só podem ser concebidos junto a seu território” (MORAES, 1990, p. 74).

Raffestin (1993, p. 144) diz que o território “é um espaço onde se projetou um trabalho, seja energia e informação, e que, por consequência, revela relações marcadas pelo poder”. Para Coelho Neto (2013) as relações no território são a expressão geográfica primária do poder social.

Segundo Bobbio (2005, p. 94), o requisito fundamental à existência do Estado “seria a formação de um poder sobre determinado território, reunindo as condições de tomar as decisões e emanar os comandos correspondentes”.

Com base nos conceitos abordados, considera-se que as relações de poder estão presentes nos padrões de uso do solo e do planejamento urbano e ambiental. O aumento desordenado de áreas urbanas ocasiona problemas ambientais, sendo que dos danos causados à natureza, boa parte dos casos já é irreversível.

À vista disso, o território urbano se diferencia de localidades menos povoadas, como o campo e a floresta, porque a quantidade de superfície impermeável é consideravelmente maior. Para a ocorrência de impactos na dinâmica natural, é necessário apenas 10% de impermeabilidade, o que confere alta fragilidade a partir do aumento do escoamento superficial, além da urbanização apresentar crescimento contínuo (ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2014).

Para Sotchava (1977) e Marcolin (2020) compreender os processos de formação do solo e conhecer os seus atributos químicos, físicos e mineralógicos é fundamental em estudos sobre natureza, para o entendimento da dinâmica natural ou mesmo ao uso e ocupação. Logo, a perspectiva geossistêmica surge como uma notável alternativa à orientação de pesquisas científicas acerca da dinâmica do meio físico.

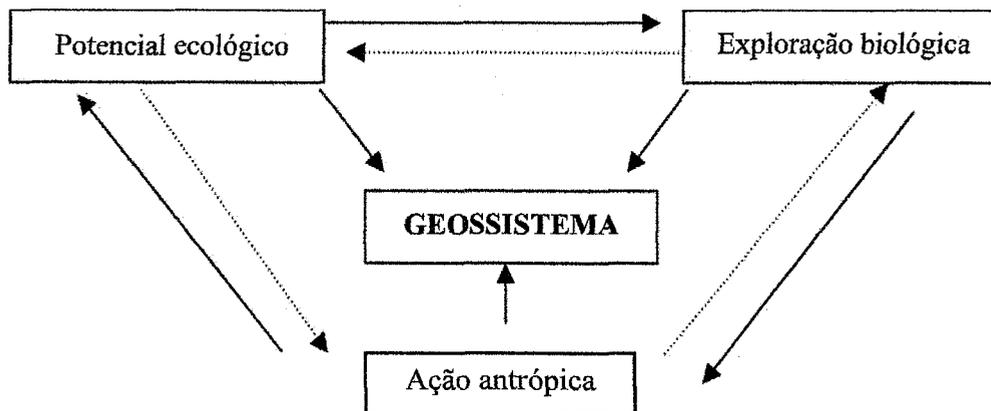
Ressalta-se que, “apesar de os geossistemas serem organizações naturais, os fatores econômicos e sociais devem ser considerados porque influenciam a dinâmica geossistêmica”. Desta forma, o geossistema configurado por Sotchava é integrado com variáveis naturais que recebem influências e podem ter o funcionamento alterado por intervenções antrópicas (FERREIRA, 2010, p. 194).

Neste viés, Nascimento e Sampaio (2004, p. 167) definem como Geografia Física “o estudo da organização espacial dos geossistemas”, sendo que os elementos que compõem o corpo do sistema são resultantes da dinâmica dos processos atuantes e das relações entre si. Este ramo da Geografia interliga outras ciências, incorporando-os e adaptando-os.

Metodologicamente, contribuem no estudo geral os conhecimentos adquiridos com a Geologia, Pedologia, Climatologia, Biogeografia e outras.

Para os autores supracitados, ainda, o método geossistêmico baseado em Bertrand viabiliza em Geografia um prático estudo do espaço geográfico com a vinculação da ação social na interação natural, com o potencial ecológico (geomorfologia, clima e hidrologia) e a exploração biológica (vegetação, solo e fauna) (Figura 2).

Figura 2 - Definição teórica de Geossistema



Fonte: Bertrand (2004)

3.2 Geomorfologia e Pedologia como subsídio ao planejamento ambiental

O momento pós-industrial do capitalismo, junto à ascensão do neoliberalismo e a globalização, vem dominando os Estados de tal forma que hoje as democracias de muitos países, principalmente os periféricos, não conseguem mais garantir o bem estar e os direitos dos cidadãos, pela forma desorganizada em que se obteve tal “desenvolvimento” (COLANGELO, 2004; POPOOLA, 2020).

“O capitalismo atual consome hoje, na mesma proporção e intensidade, o homem e a natureza” (COLANGELO, 2004, p. 12). Assim, conhecer a dinâmica natural do ambiente é fundamental para se pensar e planejar a sua apropriação de forma que possíveis desequilíbrios sejam reduzidos, apresentando condições para alcançar outro estado de “equilíbrio” (FRANÇA e SOUZA, 2013).

Por isso, o conhecimento geomorfológico tem sido cada vez mais importante quando se trata de aspectos relacionados à questão ambiental, e a Geomorfologia se coloca como uma ciência que une os aspectos sociais e ambientais, que são significativos aos estudos destinados às ações de intervenção (GUERRA e MARÇAL, 2012).

A Geomorfologia é a ciência que estuda as formas de relevo, considerando sua gênese, composição, natureza das rochas, o clima da região e os processos endógenos e exógenos que são capazes de modelá-las. A análise do relevo é importante também para outras ciências que estudam os componentes da superfície terrestre, assim como a fragilidade e legislação do ambiente (AB'SÁBER, 1969; CHRISTOFOLETTI, 1980; CASSETI, 2005; FLORENZANO, 2008; IBGE, 2009; GUERRA; MARÇAL, 2012; AFONSO *et al.*, 2014; ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2014; GARCÍA-RUIZ, 2015; GUERRA; CUNHA, 2015; HUGGETT, 2017; SUERTEGARAY, 2018; MAURI; SALLUSTIO; TAROLLI, 2019; SOLGI; ASADI; MOHAMMADIAN, 2019).

Hoje, há uma diversidade de técnicas e aparelhos que possibilitam estudar as formas de relevo e os processos geomorfológicos, combinando modelos de previsão, observações de campo, experimentos em laboratório e dados de sensoriamento remoto.

O uso dos conhecimentos geomorfológicos nos estudos ambientais é direcionado à compreensão das formas do relevo, buscando estabelecer a explicação genética e as interligações com outros componentes da natureza, como também a ação humana. Nesse sentido, Marques (2015) caracteriza a atuação do homem como Geomorfologia Antrópica.

No Brasil, pesquisas geomorfológicas relacionadas às atividades de mineração estão sendo realizadas em diferentes métodos baseados na Geomorfologia Antrópica, tais como levantamento e mapeamento geomorfológico, identificação de problemas sociais e ambientais, mudanças no uso e cobertura da terra, alterações na morfologia de rios e geoquímica de águas superficiais (FRECHIANI; MARCHIORO, 2017).

Por conseguinte, a Geomorfologia passa a ter um relevante papel junto à Pedologia, para diagnosticar áreas degradadas porque praticamente todas as atividades humanas são realizadas sob o solo, logo, forma de relevo. A Pedologia é a ciência que estuda o solo tendo como base o seu perfil, uma seção vertical que contém horizontes ou camadas sobrejacentes ao material de origem (MORGAN, 2006; RESENDE *et al.*, 2007; GUERRA; SILVA; BOTELHO, 2009; LEPSCH, 2010; BEZERRA, 2011; GAMA; OLIVEIRA, 2011; ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2014; IBGE, 2015).

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.

Diante disso, o solo é classificado como uma coleção de corpos naturais, contendo partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicas e por sua vez materiais minerais e orgânicos, onde ocupam maior parte da superfície terrestre, a qual tem sido modificada por ação

antrópica (MORGAN, 2006; LEPSCH, 2010).

Conforme Araújo, Almeida e Guerra (2014), a erosão do solo é a remoção das camadas superficiais pela ação do gelo, vento e da água, sendo estes dois últimos os mais comuns. Casseti (2005) diz que a gota da chuva é responsável pela desagregação do solo, principalmente quando a superfície da vertente se encontra desprotegida, fenômeno definido também por Guerra e Guerra (2015) como *splash*.

Segundo Guerra *et al* (2014) os processos erosivos podem ocorrer em qualquer parte da superfície terrestre. Basta que existam solos e agentes transportadores, dentre os quais destaca-se a água resultante do escoamento superficial e subsuperficial.

Neste viés, os estudos sobre as bacias hidrográficas são fundamentais na recuperação de áreas degradadas, pois grande parte dos detrimientos que ocorrem na superfície terrestre são situados próximo a elas. Logo, é preciso conhecer a sua dinâmica, a fim de que sejam organizados os reparos (ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2014).

Uma bacia hidrográfica é uma área delimitada da superfície terrestre que é drenada por um rio principal e seus afluentes. A água da chuva é captada e transportada para o exutório, assim como os sedimentos ao longo dos canais. Caracterizam-se por serem constituídas por um rio principal e afluentes, que transportam água e sedimentos ao longo dos canais. São delimitadas pelos divisores de águas que separam bacias e internamente por meio do interflúvio, que são elevações que dividem as sub-bacias (VENTURI, 2005; ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2014; BASTOS; MAIA; CORDEIRO, 2015).

A partir dos conceitos supracitados, se torna mais fácil prevenir os problemas nos solos, a fim de evitar fortes impactos ambientais e socioeconômicos. Em vista disso, o mapeamento dos processos é indispensável e sua produção carece do conhecimento dos elementos que o constituem, isto é, a identificação da natureza geomorfológica da área.

3.3 A mineração de pequeno porte e os impactos associados

A história da indústria de mineração no Brasil mostra vários fatos marcantes, que sempre refletiram as condições econômicas do país e tiveram um impacto significativo no desenvolvimento das atividades. No final do século XIX, final do século XX e início do século XXI, ocorreram os seguintes eventos legislativos notáveis relacionados com este setor:

- 1891 - Promulgada a Constituição republicana, que vinculava a propriedade do subsolo à do solo;

- 1907 - Criado e instalado o Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil;
- 1931 - O Presidente Getúlio Vargas defendeu a necessidade de se nacionalizarem as reservas minerais do Brasil;
- 1937 - Pela Constituição outorgada no Estado Novo, o aproveitamento de jazidas minerais passou a ser autorizado somente a brasileiros ou empresas constituídas por brasileiros;
- 1940 - Decreto-Lei² nº 1.985, de 29 de março, denominado Código de Minas, define os direitos sobre as jazidas e minas, estabelece o regime do seu aproveitamento e regula a intervenção do Estado na indústria de mineração, bem como a fiscalização das empresas que utilizam matéria prima mineral;
- 1942 - Criada a Companhia Vale do Rio Doce – CVRD;
- 1969 - Criada a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM;
- 1967 - Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro, denominado de Código da Mineração (Dá nova redação ao Decreto-lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940, Código de Minas)
- 1970 - Iniciada a implantação do Projeto RADAM, um dos mais importantes projetos de cartografia geológica e de recursos naturais na região amazônica;
- 1989 - Criada o regime de permissão de lavra garimpeira, pela Lei nº 7.805, de 18 de julho de 1989;
- 2008 - Aprovado o Estatuto do Garimpeiro, pela Lei nº 11.685, de 02 de junho;
- 2011 - Lançado o Plano Nacional de Mineração 2030 – PNM 2030, um planejamento estratégico de longo prazo para o setor.
- 2017 - O Código de Mineração sofreu modificações, através das Medidas Provisórias 789, 790 e 791, que alteraram a alíquota da CFEM, criaram a Agência Nacional de Mineração, além de novas regras e tributos, visando modernizar a base normativa da mineração brasileira.

Em 2011, o Ministério de Minas e Energia publicou o Plano Nacional de Mineração - 2030, sendo fundamentado em três diretrizes (Figura 3):

- Governança pública eficaz para promover o uso dos bens minerais extraídos no País, no interesse nacional;

² Significado jurídico: Decreto com força de lei emanado do poder executivo, quando este acumula anormalmente as funções do legislativo. No Brasil, utilizou-se o modelo até a chegada da Constituição Federal de 1988, entretanto, em caso de ausência de manifestação do Congresso Nacional, os decretos anteriores à constituição continuam ativos.

- Agregação de valor e adensamento de conhecimento em todas as etapas do setor mineral;
- Sustentabilidade em todas as etapas da cadeia produtiva mineral (BRASIL, 2011).

O setor mineral compreende as etapas de geologia, mineração e transformação, sendo a base para diversas cadeias produtivas. Participa com 4,2% do PIB e 20% do total das exportações brasileiras, gerando um milhão de empregos diretos, o equivalente a 8% dos empregos da indústria. O País destaca-se internacionalmente como produtor de nióbio, minério de ferro, bauxita, manganês e vários outros bens minerais (BRASIL, 2011).

Figura 3 - 11 objetivos estratégicos do Plano Nacional de Mineração - 2030



Fonte: BRASIL (2011)

Visualizando os objetivos mencionados na imagem, constata-se que após uma década, pouco (ou nada) se avançou na elaboração de estratégias eficazes a uma produção mineral sustentável. No contexto maranhense, não há mapeamentos representativos, baixa participação do Estado na monitoração das áreas utilizadas e ausência de ações de planejamento e controle sobre as atividades.

Ainda segundo Brasil (2011), a previsão de produção dos minerais não metálicos, de 2008 a 2030, apresenta altas com as seguintes variáveis: o cimento aumentará 206%, a cerâmica vermelha 207% e a cerâmica de revestimento 191%. Ressalta-se que as altas estão em todas as categorias, assim, é fundamental haver planos de manejo sustentável de tais área, para que maiores impactos sejam evitados (Quadro 1).

Quadro 1 - Previsão de produção de alguns minerais e produtos de base mineral

Produto		Un.	2008	2015	2022	2030
Bem Mineral	Minério de ferro	Mt	351	585	795	1.098
	Ouro	T	55	120	180	200
	Cobre (contido)	Kt	216	500	700	1.000
	Agregados	Mt	496	727	1.063	1.524
	Rochas ornamentais	Mt	7,8	11,1	15,8	22,4
	Bauxita	Mt	26,8	42,3	56,7	79,3
Metalurgia	Alumina	Mt	7,82	13,5	18,2	25,7
	Alumínio	Mt	1,66	2,04	2,51	3,18
	Níquel	Kt	25,8	33,6	80	132
	Aço bruto	Mt	33,7	56,0	77,9	116
	Ferro-ligas*	Kt	984	1.613	2.177	3.079
Não-Metálicos	Cimento	Mt	52	76	111	159
	Cerâmica vermelha	Bilh-peças	70	103	150	215
	Cerâmica de revestimento	Mm ²	713	1.009	1.458	2.077

Fonte: BRASIL (2011, modificado)

Unidades:

Mt = Megatonelada, equivalente a um milhão de toneladas;

Kt = Quiloton, equivalente a mil toneladas;

T = Tonelada;

Bilh-peças = Bilhões de peças;

Mm² = Milhões de metros quadrados.

Conforme Paz *et al.* (2015), a mineração de argila é de grande importância para a economia brasileira porque faz parte de vários processos produtivos. Os efeitos positivos são relacionados aos aspectos sociais e econômicos, enquanto que os negativos são referentes à natureza e conservação. Os autores ainda enfatizam ser necessário que a mineração seja feita dentro de um planejamento de exploração, configurando um gerenciamento dos estoques naturais.

O gerenciamento ganha ainda mais destaque quando se verifica o processo de formação do solo, que segundo Guerra e Botelho (1996) depende do material de origem, clima, tempo, relevo e microrganismos. E como o tempo necessário é longo, entende-se, desta forma, o solo como um recurso natural não renovável.

O setor sudeste da Ilha do Maranhão apresenta potencial para a extração de areia, argila e concreções lateríticas destinadas à construção civil, porém com limitações relacionadas em áreas próximas a rios e mangues. A área está recebendo o processo de urbanização, carecendo de estudos que identifiquem as aptidões e restrições do uso de meio físico e para o planejamento ambiental da área (RABELO *et al.*, 2017).

Ressalta-se os seguintes artigos do Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, que se refere ao Código de Minas:

CAPÍTULO VI

Da Garimpagem, Faiscação e Cata:

I - garimpagem, o trabalho individual de quem utilize instrumentos rudimentares, aparelhos manuais ou máquinas simples e portáteis, na extração de pedras preciosas, semi-preciosas e minerais metálicos ou não metálicos, valiosos, em depósitos de eluvião ou aluvião, nos álveos de cursos d'água ou nas margens reservadas, bem como nos depósitos secundários ou chapadas (grupiaras), vertentes e altos de morros; depósitos esses genericamente denominados garimpos. [...]

Art. 71. Ao trabalhador que extrai substâncias minerais úteis, por processo rudimentar e individual de mineração, garimpagem, faiscação ou cata, denomina-se genericamente, garimpeiro.

Art. 72. Caracteriza-se a garimpagem, a faiscação e a cata:

I - pela forma rudimentar de mineração;

II - pela natureza dos depósitos trabalhados; e,

III - pelo caráter individual do trabalho, sempre por conta própria.

Art. 73. Dependem de permissão do Governo Federal, a garimpagem, a faiscação ou a cata, não cabendo outro ônus ao garimpeiro, senão o pagamento da menor taxa remuneratória cobrada pelas Coletorias Federais a todo aquele que pretender executar esses trabalhos.

§ 1º Essa permissão constará de matrícula do garimpeiro, renovada anualmente nas Coletorias Federais dos Municípios onde forem realizados esses trabalhos, e será válida somente para a região jurisdicionada pela respectiva exatoria que a concedeu (BRASIL, 1967, grifo meu).

Observa-se que o Código de Minas conceitua o que é a atividade de garimpagem e o sujeito garimpeiro, como também define um ordenamento burocrático das suas ações, a partir da necessidade de registro profissional renovável anualmente.

Já a legislação mais recente que também trata sobre os garimpeiros é o Decreto nº 9.406, de 12 de junho de 2018, que os responsabiliza pela recuperação das áreas degradadas pela mineração:

Seção II

Da atividade de mineração, da jazida e da mina

[...] § 2º O exercício da atividade de mineração implica a responsabilidade do minerador pela recuperação ambiental das áreas degradadas (BRASIL, 2018).

Há inúmeros exemplos onde o aludido trecho sobre recuperação das áreas exploradas permanece “apenas no papel”. Na Figura 4, observam-se registros graduais da intervenção humana na paisagem, alterada por brasileiros que vivem ilegalmente no Suriname em busca de ouro no Parque Nacional Brownsber, localizado 130 km ao Sul de Paramaribo, capital do país, contendo uma área de 12.200 hectares, visitados por cerca de 20 mil pessoas por ano.

Segundo a agência de comunicação InfoAmazônia, as atividades mineradoras de ouro no Parque Nacional Brownsber estão acontecendo desde 1999. Já em 2007,

as estimativas eram de que a mineração em pequena escala já havia infligido uma perda de 5% da cobertura florestal do parque. Quase 13 anos depois, em março de 2012, a Ong WWF (World Wide Fund for Nature) publicou um relatório denunciando a destruição. Quando ele foi divulgado, o parque tinha 54 minerações, sendo uma delas a apenas 50 metros de distância de uma das suas maiores cachoeiras. As fotos das minerações feitas pelo WWF tiveram grande impacto sobre o público do país, as organizações ambientalistas e o governo do Suriname (INFOAMAZÔNIA, 2013).

Parte da cobertura vegetal é retirada, abrem-se estradas improvisadas e poços são perfurados para realizar as atividades.

Figura 4 - Garimpo ilegal de ouro no Parque Nacional Brownsber (Suriname)



Fonte: INFOAMAZÔNIA (2013)

A cobertura vegetal e seu sistema radicular desempenham um importante papel na paisagem, protegendo o solo dos agentes meteorológicos (principalmente chuva e vento). Além disso, sua estrutura facilita o processo de infiltração, garante o abastecimento de água ao nível do lençol freático e fornece matéria orgânica ao solo, elemento importante para a sua estabilidade (BEZERRA, 2013).

Assim, para Christofolletti (2015), o impacto ambiental é a alteração nas condições de saúde e bem-estar das pessoas e na estabilidade do ecossistema, do qual depende a sobrevivência humana. Tais mudanças podem resultar de ações acidentais ou propositais, provocando alterações direta ou indiretamente. Assim, consideram-se os efeitos e as transformações provocadas pelas ações humanas no ambiente e se refletem, por interação, nas condições ambientais que envolvem a vida.

Outra vertente de abordagem, mas ainda com o mesmo propósito, é a ligação do fator “social” junto ao “ambiental”, resultando em “socioambiental”, e posteriormente na expressão “impactos socioambientais”, que têm origem nas atividades humanas, sendo a indústria a principal vilã, através da utilização dos recursos naturais e posterior despejo de resíduos e poluentes na natureza. Os efeitos desses impactos atingem também o homem, que vive em conjunto com o meio natural (SANTOS, 2006).

Apesar de a industrialização estar avançada e haverem diversas legislações que dão suporte à sustentabilidade da natureza, a falta de fiscalização e investimentos do Estado em garantir um uso consciente são problemas que estão cada vez mais em evidência.

Schiavetti e Moraes (2020) afirmam que no século XX e na atualidade o homem vem avançando na formulação de legislações, expandindo quem seria sujeito de direitos (trabalhadores, mulheres, crianças, minorias sociais etc.), assim como, quais práticas são inadmissíveis na vivência em sociedade, todavia, em relação ao direito ambiental existente, percebe-se um tratamento insignificante se comparado aos direitos humanos supracitados, por exemplo.

Conforme o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, através da Resolução nº 1 de 23 de janeiro de 1986, publicada no DOU de 17 de fevereiro de 1986, Seção 1, páginas 2548-2549, em seu artigo 1º,

considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia **resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:**
I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
II - as atividades sociais e econômicas;
III - a biota;

- IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;**
V - a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986, grifo meu).

A referida Resolução ainda estabelece, em seu Artigo 2º, que é necessário um estudo de impacto ambiental com o seu produto, o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA, para que sejam realizadas as atividades de extração, caso se obtenha a aprovação do órgão estadual competente junto a Secretaria Estadual de Meio Ambiente – SEMA, para a obtenção da licença sobre atividades que causam alterações no ambiente, dentre elas a “[...] IX - Extração de minério, inclusive os da classe II, definidas no Código de Mineração; [...]” (BRASIL, 1986). Neste caso, os minérios de classe II referem-se aos aplicados de forma imediata na construção civil de modo geral, incluindo argila e areia, que são encontrados na área de estudo.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Conforme Marques (2015), não há uma metodologia padronizada para estudar os fatos geomorfológicos em suas escalas temporais e espaciais. Para Ross (2012) há uma variedade de metodologias, que variam de acordo com a percepção e objetivo do pesquisador em relação ao seu objeto.

Em vista disso, além da teoria do Geossistema e da própria perspectiva geográfica “sociedade-natureza” já abordadas no referencial teórico, optou-se por considerar os níveis de abordagem propostos por Ab’Sáber (1969 *apud* CASSETI, 2005; ROSS, 2012): compartimentação topográfica, estrutura superficial e o estudo da fisiologia da paisagem.

De maneira breve, a compartimentação topográfica se refere à caracterização e descrição das formas de relevo. Desta forma, a geomorfologia assume importância ao determinar os níveis de risco que uma área apresenta, oferecendo recomendações quanto à forma de ocupação e uso (CASSETI, 2005; ROSS, 2012).

A estrutura superficial tem sua importância na definição do grau de fragilidade do terreno, sendo responsável pelo entendimento histórico da sua evolução, com base na observação de depósitos geológicos recentes, por exemplo (CASSETI, 2005; ROSS, 2012).

Finalmente, a fisiologia da paisagem se refere a dinâmica atual, como um todo. “[...] tem por objetivo compreender a ação dos processos morfodinâmicos atuais, inserindo-se na análise o ser humano como sujeito modificador” (CASSETI, 2005, p. 5; ROSS, 2012).

Além dos conceitos adotados, a operacionalização da pesquisa se deu através de consulta de trabalhos e revisão de conteúdos estudados, principalmente nas disciplinas

Geomorfologia e Geologia durante a graduação, realização de atividades de campo e elaboração de mapas.

4.1 Pesquisa bibliográfica

Conforme Batista e Kumada (2021), a pesquisa bibliográfica abrange dados passados de estudos anteriores que servem como base para a sequência das pesquisas, auxiliando na compreensão dos conceitos preexistentes.

Para Marconi e Lakatos (2010), na pesquisa bibliográfica o pesquisador tem contato direto com o que foi registrado sobre determinado assunto, em textos, vídeos e debates. Ainda apontam este tipo de pesquisa como um conjunto de oito etapas: a escolha do tema, a elaboração do plano de trabalho, a identificação dos documentos, a localização dos documentos, a compilação dos dados, o fichamento, a análise e interpretação dos dados e, finalmente, a redação.

Com base em tais definições, as principais referências consultadas foram os clássicos Ratzel (MORAES, 1990) e Tricart (1997) para introduzir a relação sociedade-natureza. Posteriormente utilizou-se a ANA (2006) para contextualizar o uso da natureza pelas atividades de mineração, junto a conceitos de planejamento ambiental e Geomorfologia, predominantes nos livros organizados pelo professor Antônio José Teixeira Guerra e colaboradores (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 2009; GUERRA; MARÇAL, 2012; GUERRA; CUNHA, 2015; GUERRA; JORGE, 2018).

Os conceitos de paisagem e território foram apropriados principalmente dos estudos de Ratzel (MORAES, 1990), Bertrand (2004 – o qual também se abordou o método geossistêmico), Bobbio (2005), Santos (2006) e Ferreira (2010).

A relação entre Geomorfologia e Pedologia é enfatizada pelos trabalhos de Morgan (2006), Lepsch (2010) e também nas obras do Guerra, voltadas aos estudos sobre solo, relevo e processos erosivos.

Acerca dos impactos ambientais e da mineração, utilizou-se o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, que se refere ao Código de Minas (BRASIL, 1967), a Resolução CONAMA nº 1 (BRASIL, 1986) e também os conceitos de Sanchez (2013), Christofoletti (2015) e Schiavetti e Moraes (2020).

4.2 Atividades de campo

Para Suertegaray (2009) na atividade de campo, ele se configura como uma extensão do corpo do sujeito (pesquisador), ou seja, a pesquisa é fruto da interação entre sujeito e objeto. Com base nas leituras formativas e análises de imagens de satélites, as inquietações foram provocadas para a exploração total do corpo, isto é, a realização da atividade em campo.

A urbanização na Ilha do Maranhão tem se intensificado ao longo das últimas décadas, tornando a mancha da ocupação humana cada vez maior nas imagens de satélite, onde observam-se os padrões de uso do solo. Com base em tais constatações, as atividades empíricas tiveram como objetivo a observação *in loco* da influência da ação antrópica sobre as unidades da paisagem, com ênfase às áreas de mineração, onde também foram coletadas coordenadas geográficas com o uso do GPS, fotografias por câmera digital semiprofissional e *drone* modelo *Phantom 4 Pro*, pilotado em altitudes entre 200 e 400 m para registrar os pontos explorados.

Os trabalhos de campo foram realizados nas seguintes datas: 24/05/2018, 01/11/2019, 09/01/2021 e 21/07/2021, onde também se pesquisou sobre processos erosivos acelerados e políticas públicas em relação à degradação do solo, temas de planos de trabalhos do autor através da iniciação científica (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC/CNPq). Com a análise das fotografias obtidas e constante visualização de imagens de satélite da área de estudo em diferentes períodos, constatou-se a importância de abordar enfaticamente a problemática da mineração de pequeno porte.

4.3 Análise dos pontos de mineração e elaboração de mapeamento

Através de observação da área da bacia hidrográfica do rio Tibiri pelo *software Google Earth Pro*, 10 pontos de mineração foram delimitados, considerando a disponibilidade das imagens, de 1985 até agosto de 2020.

Para a produção de todos os mapas temáticos foram utilizados *shapes* das curvas de nível de cartas topográficas DSG na escala de 1:10:000 e com intervalo de curvas de 5 m que foram processados no *software ArcGIS 10.5*, através da extensão *3D Analyst*, resultando numa Rede Irregular Triangular (TIN), que é um Modelo Digital de Elevação (MDE). Além dos *shapes* de divisão político-territorial do Brasil, Maranhão e São Luís, adquiridos no banco de dados do IBGE.

Para a produção dos mapas de geologia, solos e uso e ocupação, foram utilizados também *shapes* de geodiversidade do CPRM (2018) na escala de 1:50.000 e IBGE (2018) para constatação dos resultados.

Para o mapa de geomorfologia, desenvolvido com base nas curvas de nível, além da pesquisa bibliográfica e trabalhos de campo, aplicou-se a classificação taxonômica de Ross (1992) para a definição das formas de relevo resultantes. Também se utilizou dados do CPRM (2018), IBGE (2018) e Silva (2012) para obtenção dos táxons propostos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Geodiversidade da área de estudo

Para Barros e Bandeira (2020), compreender a geodiversidade de uma área auxilia determinar as características de suas rochas, formas de relevo e solos, bem como, fundamentalmente, a indicar a adequação e as limitações do uso do terreno existente na área.

Em vista disso, a bacia hidrográfica do rio Tibiri localiza-se no município São Luís-MA, na parte Sudeste da Ilha do Maranhão, entre as coordenadas 02° 35' e 02° 43'S e 44° 10' e 44° 18'W e ocupa uma área³ de 101,1 km². Limita-se a Leste com as bacias hidrográficas dos rios Tijupá e Jeniparana, a Oeste com a bacia hidrográfica do rio dos Cachorros, ao Norte com a bacia hidrográfica do rio Bacanga e ao Sul com a baía de São José (*vide* Figura 1).

5.1.1 Geologia

Geologicamente, a área de estudo encontra-se inserida na Bacia Sedimentar de São Luís, que compreende parte do Noroeste do Maranhão e Nordeste do Pará, possuindo área aproximada de 18.000 km². Limita-se ao Norte pela plataforma continental, ao Sul pelos Altos Estruturais Arco Ferrer-Urbano Santos, a Leste pelo Horst de Rosário e a Oeste pelo Arco do Tocantins (BANDEIRA, 2013; PEREIRA, 2006).

³ Conforme a metodologia utilizada por SILVA (2001), a área da BHRT em seu estudo foi de 98.057 km². A área de 101,1 km² foi obtida por meio da vetorização de um polígono na bacia hidrográfica por meio do *software* ArcGIS 10.5 em julho de 2021.

Rodrigues *et al.* (1994) supõe que 4.5 km de sedimentos foram acumulados, sendo que destes, 2.5 km são do Mesozóico (Cretáceo) e do Cenozóico; assim, predominantemente rochas sedimentares afloram nessa bacia.

A formação da estrutura geológica sedimentar da Ilha do Maranhão está intimamente ligada aos depósitos da bacia intracratônica do Meio Norte, (Maranhão/Piauí), com a combinação de transgressões e regressões marinhas, favorecendo o acúmulo de sedimentos, resultando na configuração atual da estrutura geológica (GEPLAN, 2002).

Os ciclos de deposição sucederam para a formação de várias camadas, resultando em uma topografia tabular. Nesse sentido, o Grupo Itapecuru e os sedimentos Pós-Barreiras fazem parte das litoestratigrafias da Ilha do Maranhão. Além desses, também se encontra na BHRT a Formação Açuí (FREIRE; DIAS, 2006; BARROS; BANDEIRA, 2020).

Originado no período Cretáceo, o Grupo Itapecuru⁴ representa a maior abrangência espacial na BHRT. Fracionado em duas partes, a sequência basal, unidade indiferenciada (Albiano) constituída por aproximadamente 600-800 metros de argilitos e arenitos, e a Formação Alcântara (Cenomaniano). No fim do Cretáceo e início do Terciário foi depositada a Formação Cujupe, que ocorrem na borda norte da bacia de São Luís (KLEIN; SOUSA, 2012; BARROS; BANDEIRA, 2020; CAPUTO; IANNUZZI; FONSECA, 2005 *apud* SOARES, I, 2021).

É composto por arenitos, argilitos, siltitos e conglomerados, oriundos de deposição em diversos ambientes, como fluviais, deltaicos e lagunar, que variam de um local para outro. Possui intercalações de sedimentos arenosos siltico-argilosos e folhelhos (KLEIN; SOUSA, 2012; BARROS; BANDEIRA, 2020; SOARES, I, 2021)

Os Sedimentos Pós-Barreiras (Neógeno) são depósitos que recobrem discordantemente o Grupo Barreiras e horizontes de perfis das Coberturas Lateríticas Imaturas. Sua deposição no litoral se deu em duas ocasiões diferentes de sedimentação. No primeiro, (Pós-Barreiras I), sedimentos foram depositados sobre erosões nos depósitos miocênicos. Medindo até 10 m de espessura, esse conjunto é composto principalmente por areias vermelho-claras a alaranjadas, friáveis a endurecidas, de granulometria fina a média e localmente grossas a conglomeráticas. Está recoberto, em discordância erosiva, pelos depósitos Pós-Barreiras II, compostos por areias

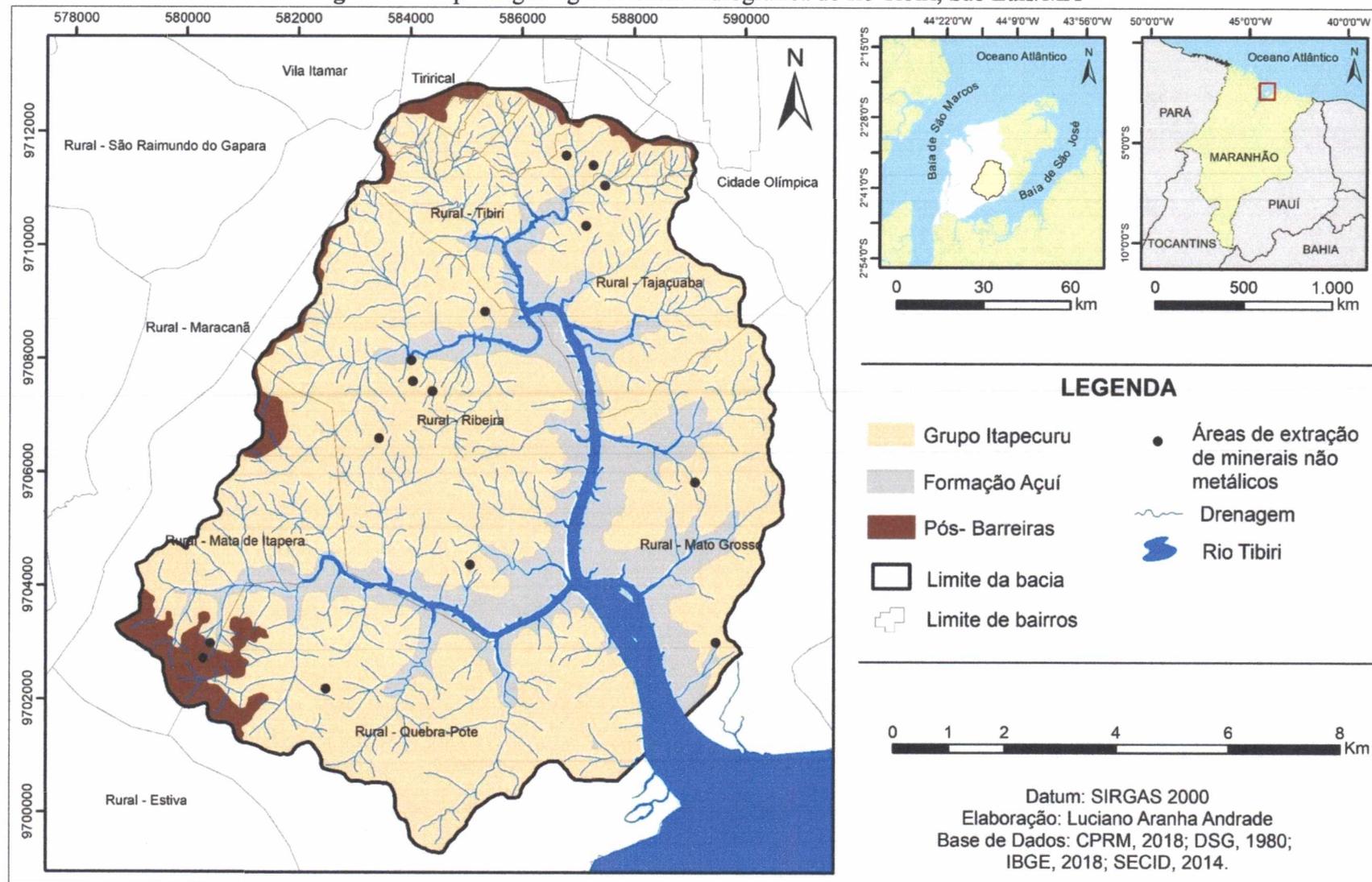
⁴ Segundo Klein e Sousa (2012, p. 71-72), a partir da descrição detalhada de depósitos do Cretáceo e Paleógeno localizados nas regiões de Alcântara-MA e Bacia de São Luís, a Formação Itapecuru foi elevada à categoria de Grupo, entretanto, ainda hoje há divergências em publicações de estudos, que tendem usar as duas denominações. Devido a utilização da categoria "Grupo" por Barros e Bandeira (2020) que organizaram um trabalho conjunto entre pesquisadores do Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos-IMESC, UEMA, UFMA, além do próprio CPRM, optou-se por manter a categoria como Grupo Itapecuru.

amareladas e marrons, de espessuras médias, apresentando, entretanto, estruturas de dissipação de dunas eólicas (KLEIN; SOUSA, 2012; BARROS; BANDEIRA, 2020).

A Formação Açuí (Quaternário), apresenta sedimentos inconsolidados argiloarenosos ricos em matéria orgânica, sais e enxofre, depositados em áreas de planícies, ambientes fluviais, marinhos e fluviomarinhos, apresentando coloração cinza. Integram a sua constituição os depósitos aluvionares, coluvionares e depósitos de mangue (CASTRO *et al.*, 2014).

Frente às análises, a bacia hidrográfica do rio Tibiri é contemplada por todas estas unidades e sua estrutura apresenta alta friabilidade, que em caso de retirada da cobertura vegetal e uso desregrado da terra, resultará na ocorrência de problemas ambientais (Figura 5).

Figura 5 - Mapa de geologia da bacia hidrográfica do rio Tibiri, São Luís/MA



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

5.1.2 Solos

Tendo em vista a classificação de solos realizada pela EMBRAPA (SANTOS *et al.*, 2018) e dados de geodiversidade elaborados pelo CPRM (BARROS; BANDEIRA, 2020), na área de estudo são encontrados os seguintes tipos de solos: Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos, Gleissolos Háplicos Tb Distróficos, Neossolos Quartzarênicos Órticos e Gleissolos Tiomórficos (Figura 6).

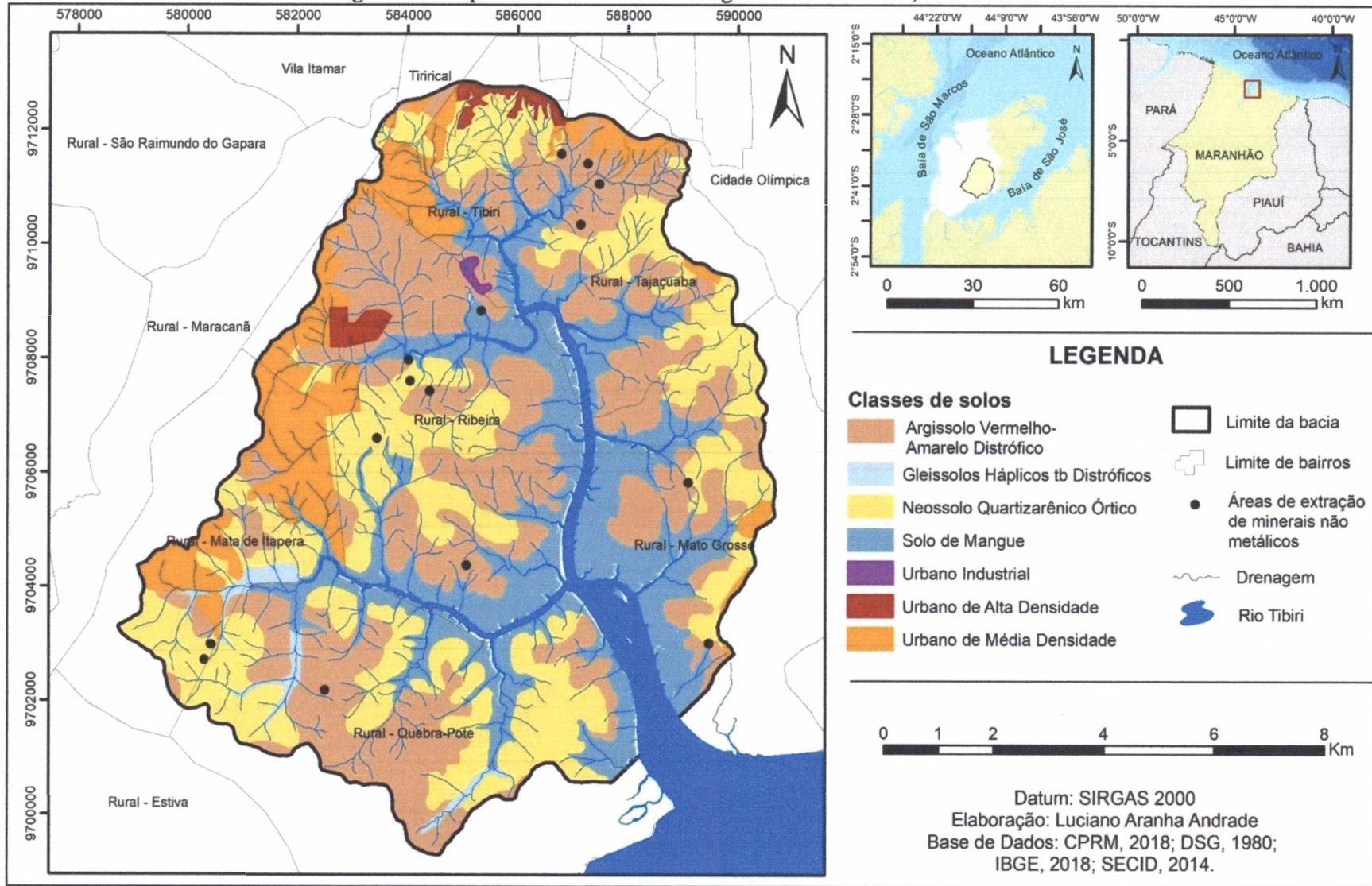
Os Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos apresentam horizonte de acumulação de argila, B textural (Bt), com cores vermelho-amareladas devido à presença da mistura dos óxidos de ferro hematita e goethita. Apresentam baixa a muito baixa fertilidade natural e susceptibilidade à erosão (SANTOS *et al.*, 2018; BARROS; BANDEIRA, 2020).

Os Gleissolos Háplicos Tb Distróficos são solos com argila de atividade baixa. São formados em condições de saturação com água, presentes principalmente em planícies ou várzeas inundáveis. Têm coloração com tendência às cores acinzentadas. Sua textura, variável de arenosa à argilosa, e sua fertilidade, variável de baixa à elevada, são bastante dependentes dos solos do seu entorno e de solos de outras posições à montante (SANTOS *et al.*, 2018; BARROS; BANDEIRA, 2020).

Os Gleissolos Tiomórficos (solos de mangue) são solos com materiais sulfídricos em um ou mais horizontes ou camadas. São formados em áreas de manguezal e são pouco desenvolvidos, lamacentos e possuem alto teor de sais, com presença de sedimentos flúvio-marinhos (SANTOS *et al.*, 2018; BARROS; BANDEIRA, 2020)

Os Neossolos Quartzarênicos Órticos ocorrem em relevos suavizados, entretanto, por apresentarem baixa coesão, sua susceptibilidade à erosão é elevada. Esta condição, em associação com sua elevada permeabilidade e muito baixa retenção de água e nutrientes, confere elevada fragilidade, fazendo-os necessitarem de práticas conservacionistas (SANTOS *et al.*, 2018; BARROS; BANDEIRA, 2020).

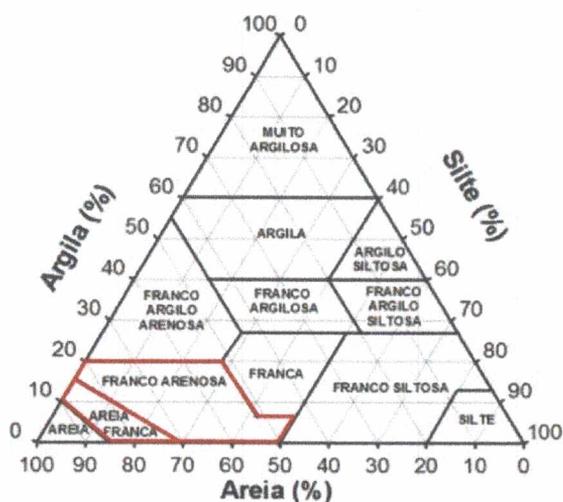
Figura 6 - Mapa de solos da bacia hidrográfica do rio Tibiri, São Luís/MA



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

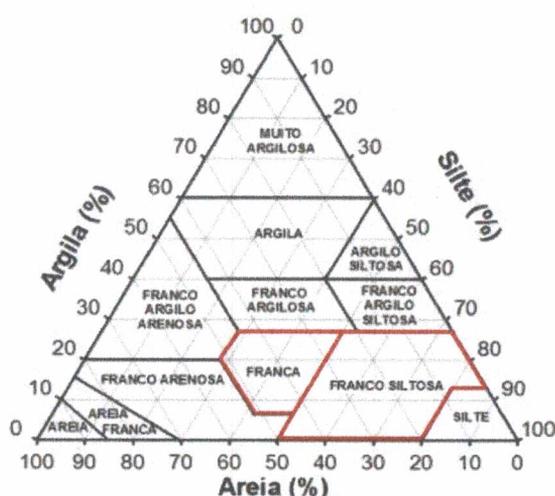
Segundo SOUZA *et al.* (2018), em uma classificação morfométrica dos solos com amostras obtidas em voçorocas localizadas na bacia hidrográfica do rio Tibiri, em relação a sua granulometria, foram obtidos resultados que reafirmam a fragilidade pedológica da área. A análise granulométrica, com a função de identificar o diâmetro das partículas de solo e classificar sua textura através da porcentagem de argila, areia e silte, mostrou como resultado um predomínio de frações de Areia Franca e Franco Arenosa na denominada Voçoroca Vila Santana (Figura 7) e predomínio de frações Franco e Franco-Siltosa na denominada Voçoroca Matadouro (Figura 8).

Figura 7 - Triângulo textural para a voçoroca Vila Santana



Fonte: Adaptado de Souza *et al.* (2018)

Figura 8 - Triângulo textural para a voçoroca Matadouro



Fonte: Adaptado de Souza *et al.* (2018)

5.1.3 Hidrografia

O rio Tibiri possui margens dominadas por manguezais, assim como os igarapés contíguos ao mesmo. Seu canal principal é perene, com drenagem exorréica. Está inserido no grupo de bacias hidrográficas do Golfão Maranhense, e corresponde a uma área drenada mediante numerosos canais (afluentes e subafluentes) que colaboram para a formação do canal principal, recebendo sedimentos e materiais dissolvidos (SILVA, 2001; REIS, 2005).

Conforme os mapas exibidos, as nascentes encontram-se na parte central da Ilha do Maranhão, com altitudes entre 50 e 60 metros. Sua drenagem possui padrão dendrítico, se assemelhando a uma árvore, onde o canal principal seria o tronco e os canais menores os ramos

e as folhas (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Segundo Silva (2001), próximo à foz do tipo estuário, o canal principal chega a aproximadamente 800 metros de largura, tendo como comprimento total o valor de 11,79 km. De modo geral, os canais passam por grande incursão da maré, atribuindo alto grau de salinidade e concentração de manguezais. Além da foz, observa-se na Figura 9, uma área de mineração de pequeno porte, com solo exposto.

Figura 9 - Foz do rio Tibiri, São Luís-MA



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

5.1.4 Clima

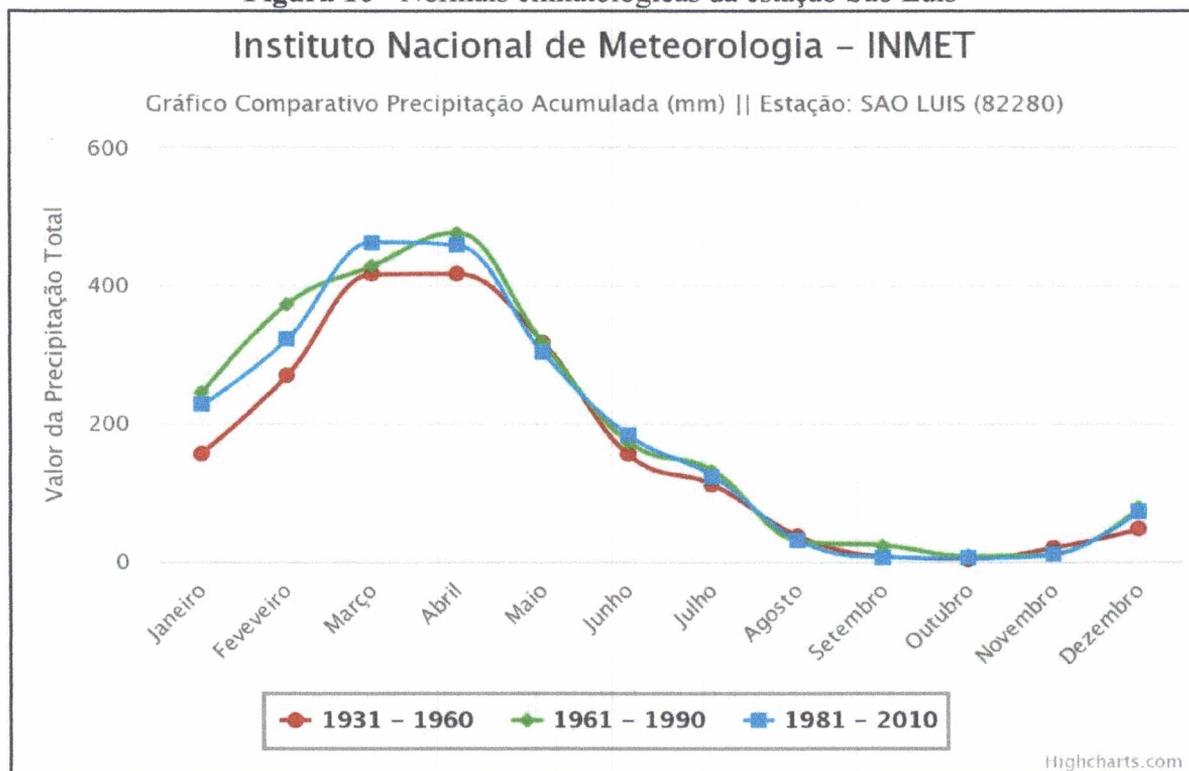
Para Huggett (2017), a caracterização do clima é fundamental para a compreensão das geoformas, uma vez que este atua direta e indiretamente sobre a superfície terrestre. Portanto, é um agente modelador das mais diversas morfologias do planeta, já que a intensidade e a duração da precipitação são fatores modeladores.

É de grande relevância o conhecimento climático de uma região, pois dá suporte ao planejamento das atividades antrópicas. Assim, os sistemas de classificações climáticas contribuem na análise e definição dos climas e seus elementos.

Dentro da classificação climática de Köppen-Geiger, a área de estudo está inserida na região caracterizada com o clima do tipo Aw', isto é, possui dois períodos distintos: um chuvoso (janeiro a junho) e outro de estiagem (julho a dezembro), em conformidade com os índices pluviométricos disponibilizados pelo INMET (Figura 10). A média anual fica em torno de 2.000 mm e a temperatura média oscila os 28°C (PEEL, FINLAYSON e MCMAHON, 2007).

Em vista disso, a pluviosidade concentrada em um só período intensifica a degradação do solo nas áreas que estão expostas pelas atividades de mineração (GUERRA, 2016; GOMES *et al.*, 2021).

Figura 10 - Normais climatológicas da estação São Luís



Ressalta-se que há modificação do microclima nas localidades onde estão as áreas de mineração analisadas, uma vez que a ausência de vegetação e o solo exposto influenciam no aumento da temperatura do ambiente (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; SILVA; HENKES, 2021).

5.1.5 Relevo

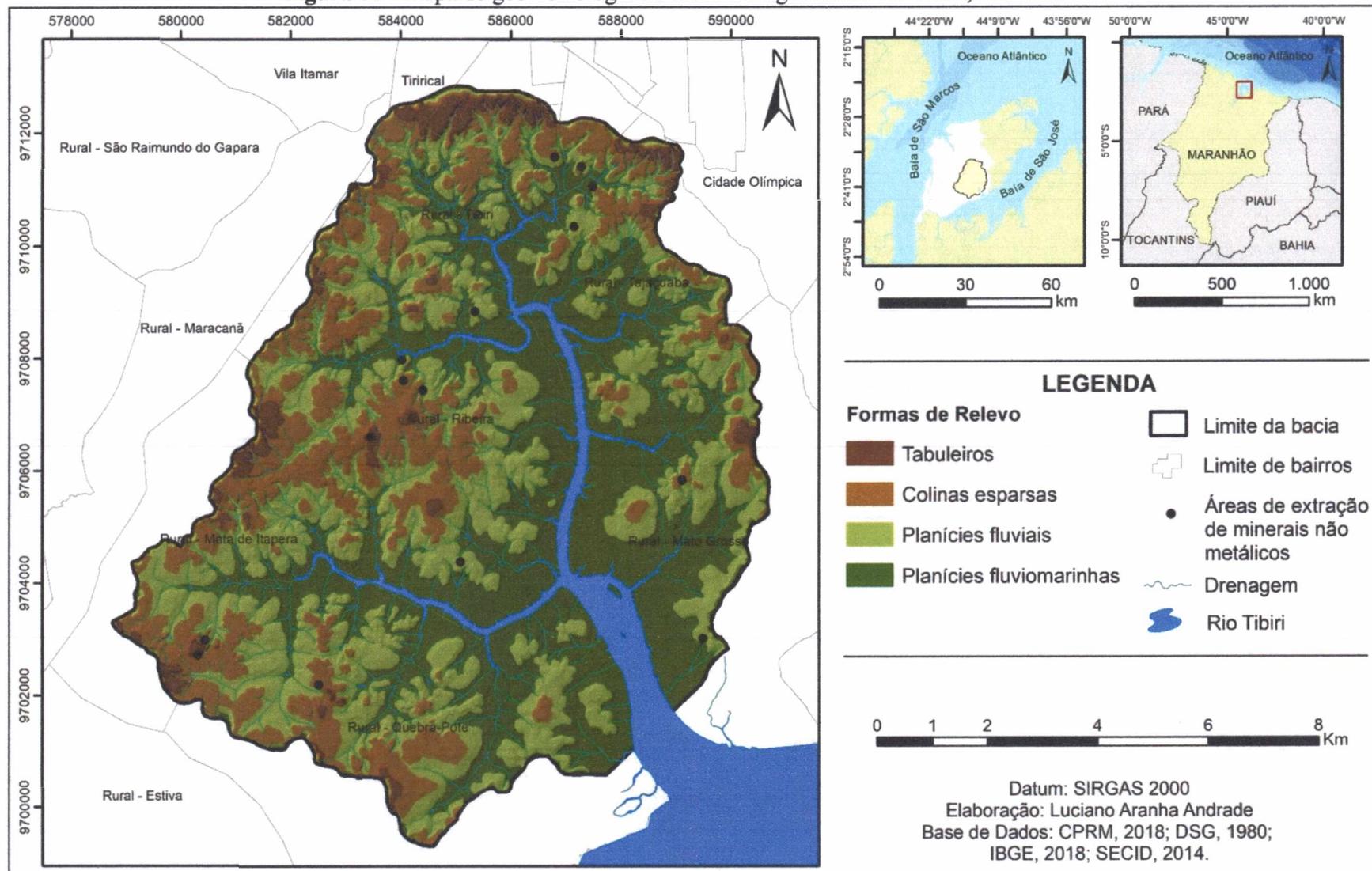
Na área de estudo, a geomorfologia é contemplada por formas tabulares, colinas esparsas, planícies fluviais e fluviomarinhas (Figura 11). O município São Luís, assim como a BHRT, estão inseridos no Tabuleiro Costeiro Maranhense. Esse tabuleiro é sustentado por sedimentos de idade cretácica, do Grupo Itapecuru (BARROS; BANDEIRA, 2020).

As colinas esparsas, também chamadas de formas subtabulares, ocorrem em grande parte do sul do município, englobando a área pesquisada. A maioria das colinas constituem formas de erosão e representam as porções do tabuleiro que sofreram dissecação no decorrer do tempo geológico e ainda preservam seu topo relativamente aplainado, com encostas brandas a íngremes (SILVA, 2012; IMESC, 2021).

As planícies fluviais são extensões do terreno resultantes dos processos de agradação de sedimentos de origem fluvial e sujeitas a inundações periódicas. As planícies marinhas são áreas recentemente emersas, com processos de acumulação por origem marinha. Na área de estudo se observa tais processos através dos canais de maré. Já as planícies fluviomarinhas resultam da combinação da acumulação de origem fluvial e marinha, comportando canais fluviais, manguezais e também as planícies de maré lamosas (IBGE, 2009; IMESC, 2021).

Tais formas de relevo aliadas à geologia de caráter sedimentar com alto grau de friabilidade e o uso inadequado do solo, sucedem a sua degradação, principalmente nas áreas com solo exposto resultantes de atividades como a mineração.

Figura 11 - Mapa de geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Tibiri, São Luís/MA



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

5.1.6 Uso e Ocupação

O município São Luís teve seu processo de ocupação iniciado na porção noroeste da Ilha, entre os rios Anil e Bacanga. Devido a esse processo, a morfodinâmica foi alterada, assim como seus sistemas físico-naturais pela retirada da cobertura vegetal para a fixação de residências. O número de habitantes cresceu de forma acentuada a partir da década de 1960, passando de 159.628 para 1.014.837 em um intervalo de apenas 50 anos, em 2010. Em 2021, a estimativa do IBGE para o município era de 1.115.932 pessoas.

Nesse período, ocorreram inúmeras ocupações desconsiderando as características naturais dos ambientes, que resultaram na ocorrência e intensificação dos processos geomorfológicos. A apropriação do espaço causou alterações na paisagem que geraram consequências ambientais adversas (SANTANA, 2021).

Um exemplo de apropriação que tende causar graves impactos socioambientais é a formação de aglomerados subnormais, como em áreas de encostas, planície de maré, planície de inundação e áreas de nascentes. Tais formas de ocupação irregular são de terrenos de terceiros (públicos ou privados) para fins habitacionais em áreas urbanas, geralmente caracterizados pela ausência de restrições (BORGES, 2021; SANTANA, 2021).

De acordo com o Censo Demográfico do IBGE (2010), 23% da população de São Luís mora em aglomerados subnormais (Quadro 2). Em pesquisa publicada em 2020, o IBGE estima que o percentual aumentou para 32,42%, totalizando 101.030 residências em condições inapropriadas.

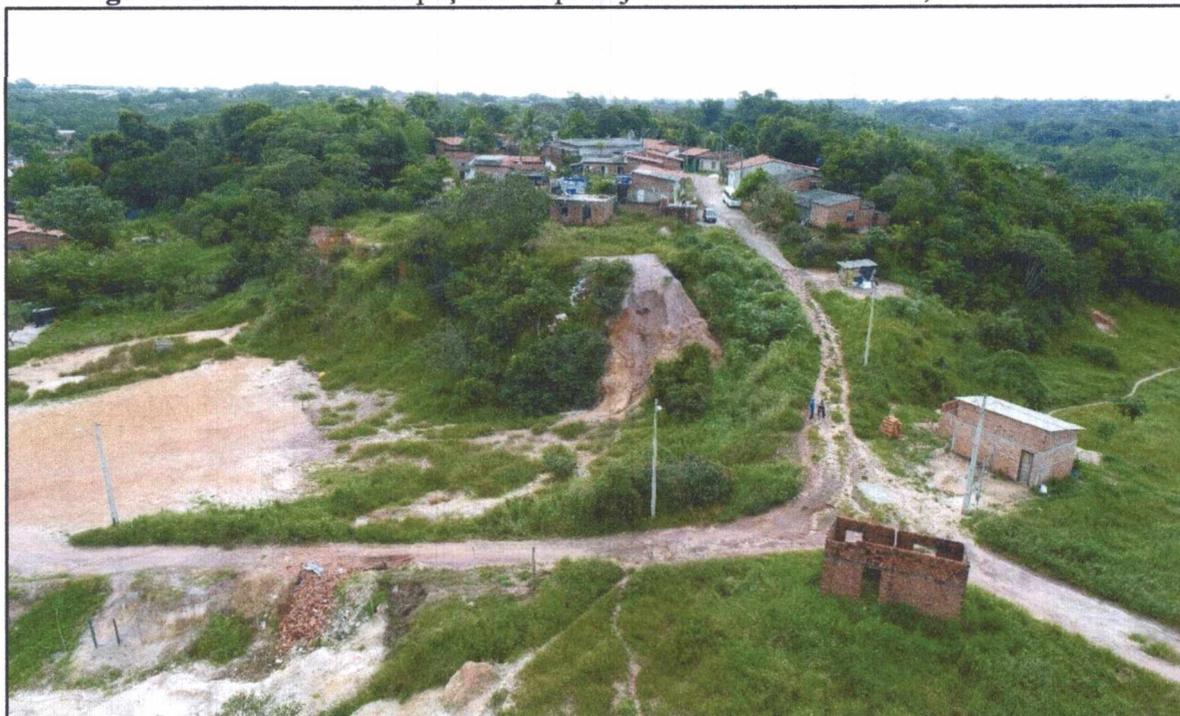
Quadro 2 - População residente em domicílios particulares em São Luís-MA

Situação do domicílio	População
Urbana	723.768
Aglomerados subnormais	232.912
Rural	56.176
Total	1.012.856

Fonte: IBGE (2010)

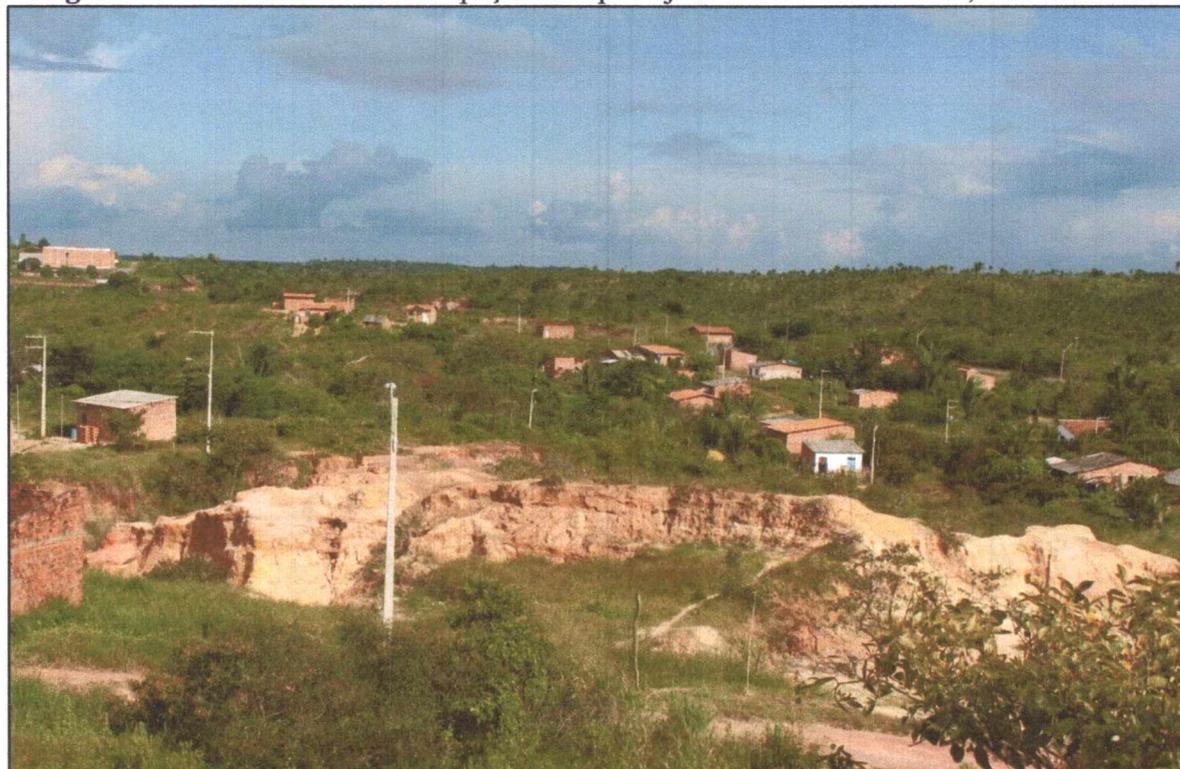
Na área de estudo se encontram exemplos de formas de ocupação subnormais, onde as residências estão próximas às voçorocas e canais fluviais, além da falta de coleta de resíduos sólidos nas localidades mais isoladas, sendo descartados nas feições erosivas (Figuras 12, 13 e 14).

Figura 12 - Formas de ocupação sem planejamento no bairro Tibiri, São Luís-MA



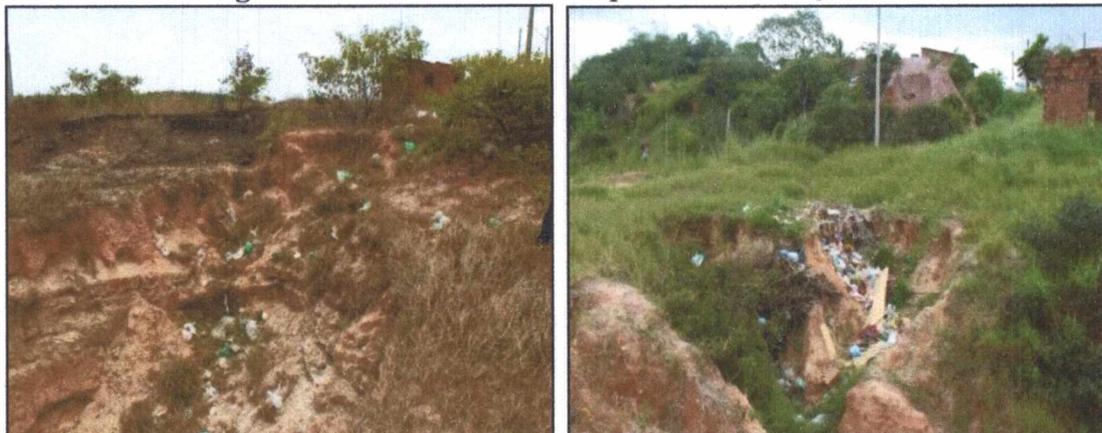
Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Figura 13 - Outras formas de ocupação sem planejamento no bairro Tibiri, São Luís-MA



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

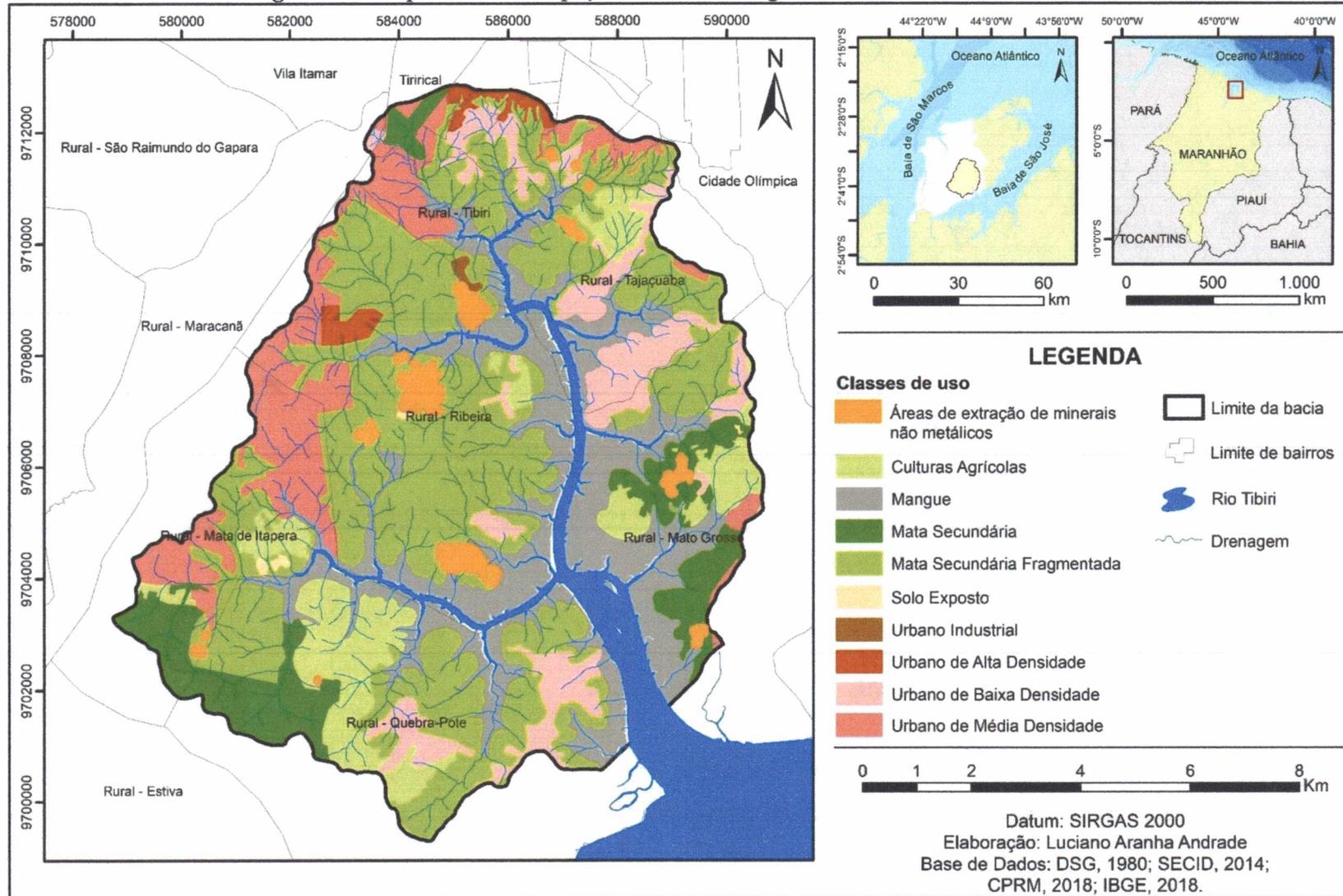
Figura 14 - Resíduos sólidos depositados em voçorocas



Fonte: Elaborado pelo autor (2020-2021)

Por se caracterizar como zona rural da Ilha do Maranhão, a vegetação vem sendo retirada para dar lugar à agricultura familiar e novas formas de ocupação residencial, configurando o aumento da urbanização. Na Figura 15, também se destacam as áreas de mineração de pequeno porte, que causam impactos como a modificação da paisagem, retirada da cobertura vegetal nativa e aumento da fragilidade na área que já apresenta predisposição à ocorrência de erosões.

Figura 15 - Mapa de uso e ocupação da bacia hidrográfica do rio Tibiri, São Luís/MA



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

5.2 Políticas públicas referentes à mineração de pequeno porte, conservação da natureza e sustentabilidade

A partir da publicação da Resolução CONAMA nº 1 de 1986, verifica-se a necessidade de mudanças comportamentais e melhorias na administração dos recursos naturais, assim como uso racional para a sua manutenção de disponibilidade. Nesse contexto, uma legislação ativa que envolva aspectos ambientais se faz necessária, através das normas técnicas e demais dispositivos legais relativos à exploração controlada da natureza pelo homem.

Teoricamente, as normas existentes estão bem fundamentadas, e outro exemplo a ser citado é o que se registra na Constituição Federal de 1988, a saber:

[...] Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações [...] (BRASIL, 1988).

E ainda,

[...] Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao poder público:
 I – preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;
 [...] III - definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção;
 [...] V - exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade; [...] (BRASIL, 1988, grifo meu).

Constata-se a necessidade de um planejamento ambiental, requisitado legalmente, para qualquer atividade exploratória de recursos naturais. Entretanto, a ausência de fiscalização, resultado da postergação do Estado, assim como a insuficiência de investimentos mantenedores, deixam tais incisos distantes da realidade.

As atividades de mineração estão diretamente relacionadas à alteração das paisagens naturais e tais atividades geram significativos impactos sociais e ambientais.

A Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais - CFEM, foi prevista na Constituição Federal de 1988, sendo regida pelas leis nº 7.990/1989⁵ e 8.001/1990⁶. Segundo

⁵ Lei Federal nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989 - Institui, para os Estados, Distrito Federal e Municípios, compensação financeira pelo resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica, de recursos minerais em seus respectivos territórios, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, e dá outras providências.

⁶ Lei Federal nº 8.001, de 13 de março de 1990 - Define os percentuais da distribuição da compensação financeira de que trata a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e dá outras providências.

a Agência Nacional de Mineração - ANM, toda e qualquer pessoa física ou jurídica que possa extrair substâncias minerais para fins econômicos deve pagar a CFEM mensalmente. Ademais, caso não ocorra a venda, mas o minério é consumido, transformado ou utilizado pelo minerador, esse valor é baseado na soma de despesas diretas e indiretas até o momento do uso do produto mineral.

Referente à mineração de pequeno porte – rochas, areias, cascalhos, saibros e demais substâncias minerais quando destinadas ao uso imediato na construção civil; rochas ornamentais; águas minerais e termais – o valor da CFEM é a alíquota de 1%.

Segundo a ANM, até novembro de 2021 o valor arrecadado pelo Estado do Maranhão através da CFEM foi R\$ 18.782.527,59 e pelo Brasil R\$ 8.845.206.944,75. A sua distribuição, chamada também de *royalties* da mineração, ocorre da seguinte forma:

- 60% para o Distrito Federal e os Municípios onde ocorrer a produção;
- 15% para o Distrito Federal e os Estados onde ocorrer a produção;
- 15% para o Distrito Federal e os Municípios, quando afetados pela atividade de mineração e a produção não ocorrer em seus territórios;
- 7% para a entidade reguladora do setor de mineração;
- 1,8% para o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, para a realização de pesquisas, estudos e projetos de tratamento, beneficiamento e industrialização de bens minerais;
- 1% para o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), destinado ao desenvolvimento científico e tecnológico do setor mineral;
- 0,2% para o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), para atividades de proteção ambiental em regiões impactadas pela mineração.

Se a atividade ocorrer em mais de um município produtor, deverá ser preenchida uma CFEM para cada um dos municípios e a divisão dela ocorre de forma proporcional à produção que acontece em cada um deles. Todos esses recursos devem ser utilizados a favor da sociedade.

Observa-se que no último parágrafo da citação (V), se encontra o que esta pesquisa busca analisar, considerando o potencial de degradação de atividades mineradoras sem uma gestão ambiental eficiente, que vise a manutenção dos recursos.

A Lei Federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e dá outras providências, incluindo atividades relacionadas à mineração, diz em seus primeiros artigos:

Art. 2º Quem, de qualquer forma, concorre para a prática dos crimes previstos nesta Lei, incide nas penas a estes cominadas, na medida da sua culpabilidade, bem como o diretor, o administrador, o membro de conselho e de órgão técnico, o auditor, o gerente, o preposto ou mandatário de pessoa jurídica, que, sabendo da conduta criminosa de outrem, deixar de impedir a sua prática, quando podia agir para evitá-la (BRASIL, 1998).

Art. 3º As pessoas jurídicas serão responsabilizadas administrativa, civil e penalmente conforme o disposto nesta Lei, nos casos em que a infração seja cometida por decisão de seu representante legal ou contratual, ou de seu órgão colegiado, no interesse ou benefício da sua entidade (BRASIL, 1998).

Adiante, ressalta-se o Art. 44: “Extrair de florestas de domínio público ou consideradas de preservação permanente, sem prévia autorização, pedra, areia, cal ou qualquer espécie de minerais: Pena - detenção, de seis meses a um ano, e multa.” (BRASIL, 1998).

Em relação à área de estudo, Silva (2001) já descrevia atividades extrativistas de piçarra, que ocorriam de forma ilegal. “Em 1993 não foi feita a quantificação deste tipo de ocupação, apesar de já existir tal uso. Em 1998, este uso apresenta 0,52% do total da área da bacia” (SILVA, 2001, p. 117). A autora acrescenta que em trabalho de campo constatou que a piçarra fora extraída para a construção das casas dos moradores locais.

Após quase 30 anos desde a primeira afirmação, em trabalho de campo realizado em janeiro de 2021 constatou-se vestígios de extração de piçarra ao Norte da bacia, e nessa prática, geralmente após toda a retirada do material desejado, as áreas são abandonadas, e ficam com solo exposto, susceptíveis à erosão.

No final de 2019, o novo coronavírus SARS-CoV-2 e a doença que causa em humanos COVID-19 emergiu em Wuhan (China) e se espalhou num mundo tornado vulnerável pelos processos de globalização (comércio e viagens), desigualdades sociais, superexploração de recursos com governos despreparados em reagir (MCNEEELY, 2021).

Nesse contexto de atenção da mídia e sociedade voltadas predominantemente à pandemia de COVID-19, o desmatamento no bioma amazônico se intensificou, inclusive na área de estudo. Na perspectiva patológica, o desmatamento leva ao surgimento de novas doenças, pois o hábitat alterado muitas vezes oferece menos comida, mudando o comportamento animal, levando-os ao contato com as comunidades humanas vizinhas, originando vetores para bactérias zoonóticas, vírus e parasitas (BORGES; BRANFORD, 2020).

No ponto de extração da confluência do rio Tibiri (ao Norte, *vide* Figura 1), a vegetação começou a ser retirada em julho de 2019, se intensificando durante março de 2020, no início da quarentena no Brasil pela pandemia de COVID-19, conforme a Figura 16.

Figura 16 - Retirada da cobertura vegetal e assoreamento de corpos d'água no ponto de extração da confluência do rio Tibiri, Ilha do Maranhão (Junho de 2019 a Junho de 2020)



Fonte: *Google Earth - Maxar Technologies*

A área de estudo apresenta aspectos geoambientais característicos de ambiente estuarino, já que está inserida no Golfão Maranhense, onde existem vários sistemas de drenagem como o próprio rio Tibiri, que tem sua desembocadura na Baía de São José. Assim, a análise dos processos morfodinâmicos é essencial ao planejamento ambiental, considerando a velocidade em que ocorrem alterações no uso da terra.

Resgata-se o objetivo nº 11 dos ODS/ONU – Cidades e Comunidades Sustentáveis –, que não está sendo difundido em São Luís, o 15º maior município brasileiro em população, com evidente necessidade de aplicação dos investimentos.

5.3 Áreas de mineração de pequeno porte na bacia hidrográfica do rio Tibiri, São Luís-MA

Por meio da análise temporal de imagens disponibilizadas pelo *Google Earth Pro* desde o primeiro registro em dezembro de 1985, foram delimitadas 10 áreas de mineração de pequeno porte (Quadro 3)

Quadro 3 - Histórico de evolução das áreas de mineração de pequeno porte

ÁREAS/LOCALIZAÇÃO	HISTÓRICO
<p>Área 1 – 23 M 585180.17 m E 9704416.16 m S</p> 	<p>A área estava preservada em junho de 2019.</p> <p>Em julho de 2019 possuía 4,3 hectares em atividade.</p> <p>Em março de 2020 possuía 11,2 hectares em atividade.</p> <p>Em agosto de 2020 possuía 30,4 hectares em atividade.</p>
<p>Área 2 – 23 M 583415.62 m E 9706570.39 m S</p> 	<p>A área possuía vegetação de gramínea em maio de 2014.</p> <p>Em junho de 2015 possuía 1 hectare em atividade.</p> <p>Em julho de 2016 possuía 6,54 hectares em atividade e permaneceu durante 2017 e 2018.</p> <p>Em junho de 2019 possuía 7,25 hectares em atividade.</p> <p>Em agosto de 2020 possuía 8 hectares em atividade.</p>
<p>Área 3 – 23 M 584437.15 m E 9707306.85 m S</p> 	<p>A área estava preservada em novembro de 2004.</p> <p>Em agosto de 2005 possuía 33,4 hectares em atividade.</p> <p>Em setembro de 2010 possuía 40,2 hectares em atividade.</p> <p>Em agosto de 2020 possuía 42,7 hectares em atividade</p>

<p>Área 4 – 23 M 584065.57 m E 9707600.12 m S</p>  <p>Google Earth</p>	<p>A área estava preservada em julho de 2019.</p> <p>Em março de 2020 apresentou 2 hectares em atividade, onde permaneceu também em agosto.</p>
<p>Área 5 – 23 M 584024.26 m E 9707952.24 m S</p>  <p>Google Earth</p>	<p>A área possui atividades desde o primeiro registro visível das imagens, em dezembro de 1985, não apresentando significativa variação desde então. Em agosto de 2020 possuía 1,7 hectare em atividade.</p>
<p>Área 6 – 23 M 585374.85 m E 9708834.53 m S</p>  <p>Google Earth</p>	<p>A área possui atividade desde antes de 2005, onde já aparece na imagem de satélite com grande área explorada, que até hoje possui aproximadamente 22 hectares.</p>
<p>Área 7 – 23 M 589493.31 m E 9703052.87 m S</p>  <p>Google Earth</p>	<p>A área estava preservada em setembro de 2013.</p> <p>Em maio de 2014 a área possuía 0,7 hectare em atividade.</p> <p>Em outubro de 2016 a área possuía 1,7 hectare em atividade.</p> <p>Em agosto de 2017 a área possuía 2,5 hectares em atividade.</p> <p>Em agosto de 2020 a área possuía 5 hectares em atividade.</p>
<p>Área 8 – 23 M 589089.96 m E 9705821.54 m S</p>	<p>A área estava preservada em novembro de 2011.</p> <p>Em setembro de 2013 a área possuía 5 hectares em atividade.</p>

	<p>Em agosto de 2020 a área possuía 10 hectares em atividade.</p>
<p>Área 9 – 23 M 587170.05 m E 9710214.42 m S</p> 	<p>A área estava preservada em junho de 2007.</p> <p>Em setembro de 2010 a área possuía 3 hectares.</p> <p>Em outubro de 2012 a área possuía 4,7 hectares.</p> <p>Em agosto de 2020 a área possuía 6,4 hectares em atividade.</p>
<p>Área 10 - 23 M 580330.19 m E 9702741.90 m S</p> 	<p>A área 10 estava preservada em julho de 2016.</p> <p>Em agosto de 2016 possuía 3 hectares em atividade.</p> <p>Em agosto de 2020 possuía 4,7 hectares em atividade.</p>
<p>Total de hectares em atividade:</p>	<p>132,9</p>

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

O total de 132,9 hectares é equivalente a 1.329.000 m² ou 186 campos de futebol. Considerando a área da bacia de 101,1 km², a área ocupada com as atividades de mineração é 1,329 km², ou seja, 1,31%. Apesar do resultado em km² ser baixo, tal valor é 152% maior que o apresentado por Silva (2001), confirmando o aumento expressivo das áreas de mineração.

Constata-se que todas as áreas apresentam estradas de acesso, sejam para exploração artesanal (utilização de ferramentas manuais), como para a entrada de veículos capacitados para tais atividades, como escavadeiras e caçambas.

Apesar de existir tal exploração mineral desde meados de 1985, conforme observado nas imagens do *Google Earth Pro*, a maior parte das áreas foi degradada recentemente, a partir

da década de 2010, o que reflete o aumento da pressão sobre os recursos naturais da bacia hidrográfica do rio Tibiri.

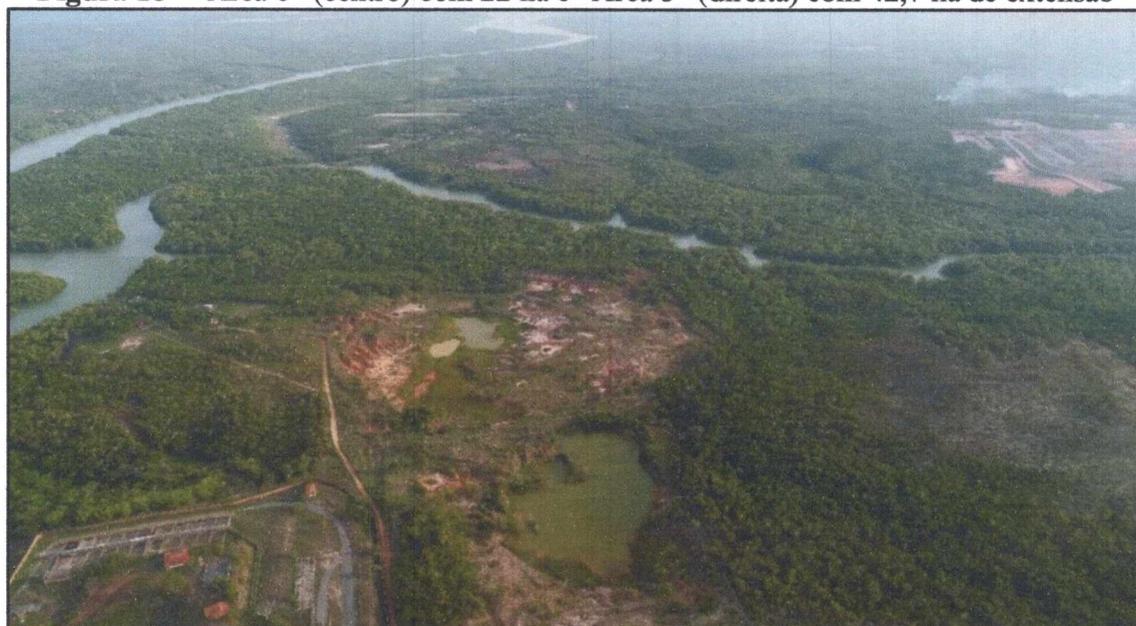
Nas Figuras 17 a 22 se observam as fotografias obtidas durante as atividades de campo, que subsidiaram a busca temporal das imagens de satélite da área de estudo, configurando a supracitada dialética de Suertegaray (2009).

Figura 17 - “Área 3” (direita) com 42,7 ha de extensão



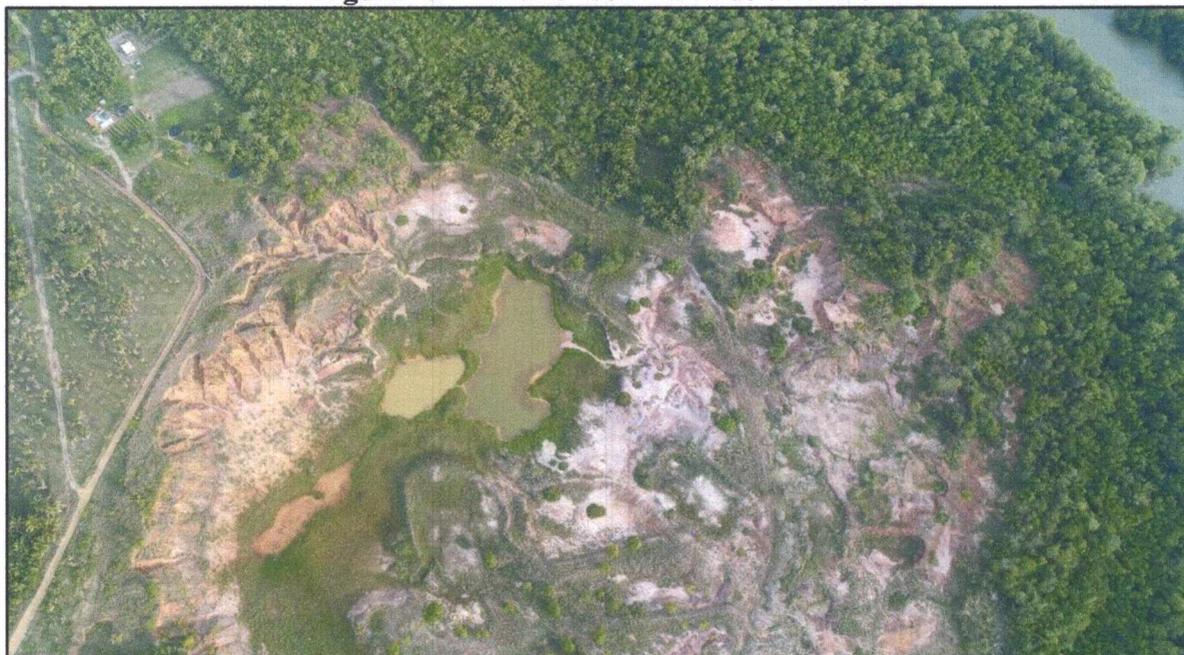
Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Figura 18 - “Área 6” (centro) com 22 ha e “Área 3” (direita) com 42,7 ha de extensão



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Figura 19 - “Área 6” com 22 ha de extensão



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Figura 20 - “Área 7” com 5 ha de extensão



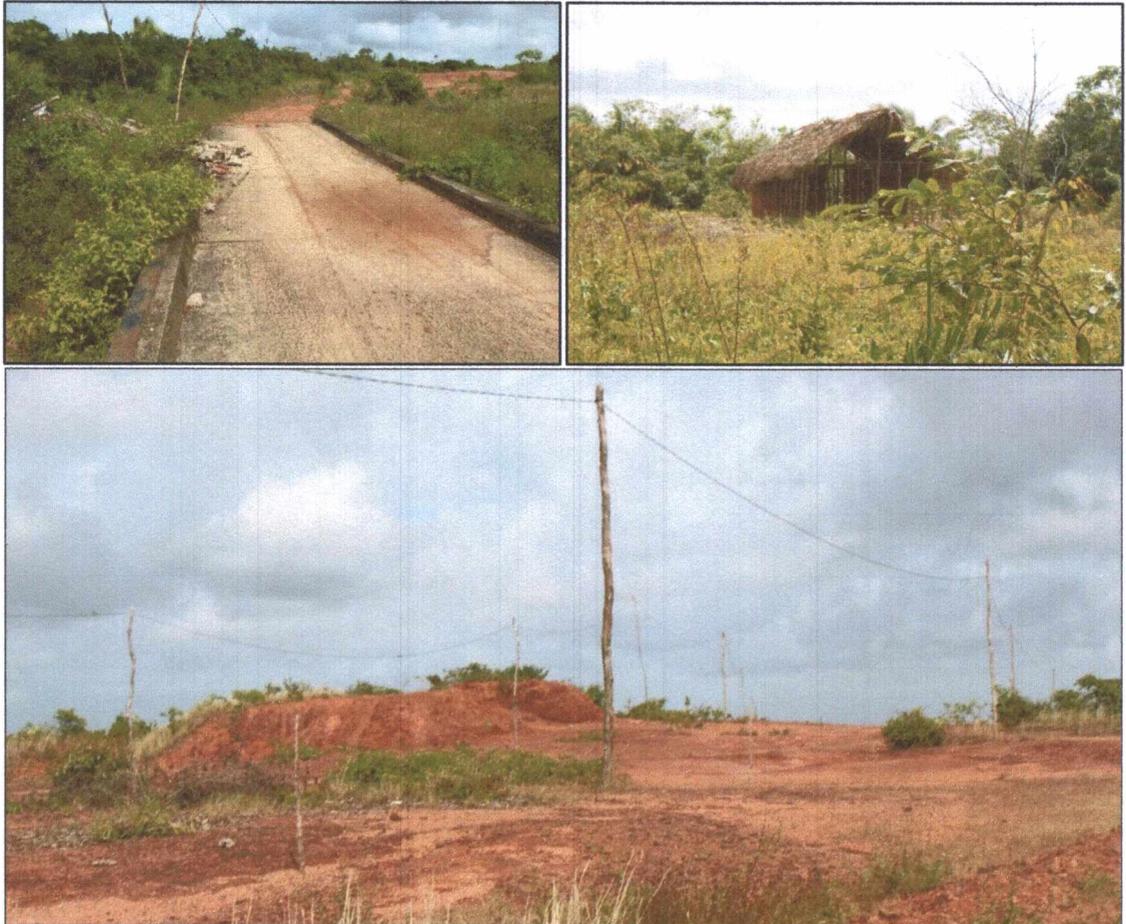
Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Figura 21 - “Área 8” com 10 ha de extensão



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Figura 22 – Acesso à “Área 8”



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bacia hidrográfica do rio Tibiri apresenta uma morfologia associada ao ambiente costeiro, onde transformações são repentinas em razão da morfodinâmica, com resultados influenciados também pela atuação humana. Considerando as características geoambientais que a conferem alto grau de fragilidade, as atividades minerárias devem ser realizadas com um efetivo planejamento ambiental, realidade não encontrada na atualidade.

Com base nos resultados, a área carece da aplicação de políticas públicas sustentáveis, pois a tendência é o aumento progressivo de localidades com solo exposto, como consequência da expansão da mineração de pequeno porte. Além disso, a retirada da cobertura vegetal é um fator determinante à deterioração, devido à elevada friabilidade do arcabouço geológico recente e ao conjunto de solos suscetíveis a processos erosivos.

É necessário reconhecer a natureza como sujeito de direitos e questionar os formuladores de políticas públicas, sendo crucial o reconhecimento da situação ambiental do município, resultado de uma efetiva educação para a cidadania.

Os recursos naturais da área devem ser administrados com responsabilidade socioambiental para a sua manutenção de disponibilidade, isto é, as áreas exploradas permanecem com solo exposto de forma contínua, enfrentando os altos índices pluviométricos da região, que intensificam o desgaste do solo e impossibilitam o retorno natural da vegetação pela perda de minerais.

Afirma-se a postergação do poder público estadual em não ter ofertado há mais de 30 anos, moradias populares à população presente na capital do Maranhão, como também o governo municipal de São Luís por não administrar de forma sustentável o seu território. A partir dos projetos de habitação, os moradores da área não precisariam extrair os minerais para construção de suas residências, sendo esse um dos primeiros usos encontrados na área, entre as décadas de 1980 e 1990.

Nesse contexto, nota-se a demanda de uma legislação ativa que envolva tais aspectos socioambientais, relativos à exploração da natureza pelo ser humano e também à ocupação ordenada do território. Teoricamente, as normas existentes estão bem construídas, entretanto, a ausência de fiscalização e investimentos mantenedores deixam as leis distantes da realidade.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. São Paulo: **Geomorfologia**, n. 18, p. 1-23, 1969.
- AFONSO, A. *et al.* **Geomorfologia Geral**. Vol.1. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2014.
- ALBUQUERQUE, A. M. **Diagnóstico físico conservacionista como subsídio para o manejo e recuperação de áreas degradadas na bacia hidrográfica do médio curso do rio Jaguaribe (CE)-Brasil**. 2021. 157 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Gestão dos recursos hídricos e a mineração**. Brasília: ANA, 2006.
- ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. 11ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.
- BASTOS, F. H.; MAIA, R. P.; CORDEIRO, A. M. N. **Geomorfologia**. Fortaleza: EdUECE, 2015.
- BATISTA, L. S.; KUMADA, K. M. O. Análise metodológica sobre as diferentes configurações da pesquisa bibliográfica. **Revista Brasileira de Iniciação Científica (RBIC)**, IFSP Itapetininga, v. 8, p. 1-17, 2021.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 8, p. 141-152, 2004.
- BEZERRA, J. F. R. **Geomorfologia e reabilitação de áreas degradadas por erosão com técnicas de bioengenharia de solos na bacia do rio Bacanga, São Luís – MA**. Rio de Janeiro: UFRJ/PPGG, 2011.
- BEZERRA, J. F. R. Reabilitação de áreas degradadas por erosão em São Luís/MA. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. do C. O. (Orgs.). **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.
- BOBBIO, N. **Estado, Governo, Sociedade: Para uma teoria geral da política**. 13ª ed. São Paulo: Paz e Terra, 2007.
- BORGES, E. M. *et al.* Dimensão socioterritorial da pandemia de COVID-19 e as desigualdades de acesso aos serviços de saúde na metrópole Goiânia. **Revista Sapiência**, v. 10, nº 3, 2021.
- BORGES, T.; BRANFORD, S. Rapid deforestation of Brazilian Amazon could bring next pandemic: Experts. **Mongabay (15 April)**, 2020.
- BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 2021.

BRASIL, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Nacional de Mineração 2030: Geologia, mineração e transformação mineral**. Brasília: MME, 2011.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S.l.]: [2005]. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~santos/Geomorfologia_Geologia/Geomorfologia_ValterCasseti.pdf>. Acesso em: 2021

CASTRO, E. *et al.* Zoneamento Geomorfológico da Ilha do Medo-MA. **Revista Geonorte**, v. 5, n. 15, p. 150 - 155, 17 dez. 2014.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Hucitec, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 13ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015.

COELHO NETO, A. S. Componentes definidores do conceito de território: a multiescalaridade, a multidimensionalidade e a relação espaço-poder. **GEOgraphia**, v. 15, n. 29, p. 23-52, 2013.

COLANGELO, A. C. Geografia Física, pesquisa e ciência geográfica. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 8, n. 2, p. 09-16, 2004.

CPRM. **Mapa de Geodiversidade da Ilha do Maranhão**. [S. l.: s. n.], 2018. Escala 1:50.000. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/20597/2/Mapa_Geodiversidade_Ilha_do_Maranhao.pdf. Acesso em: 2020-2021.

EBADI, A. G. *et al.* A brief overview on current environmental issues in Iran. **Central Asian Journal of Environmental Science and Technology Innovation**, v. 1, n. 1, p. 1-11, 2020.

FERREIRA, V. A abordagem da paisagem no âmbito dos estudos ambientais integrados. **GeoTextos**, v. 6, nº 2, p. 187-208, 2010.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FRECHIANI, J. M.; MARCHIORO, E. Evolução antropogênica do relevo em áreas de mineração do distrito de Itaoca, Cachoeiro de Itapemirim (ES), Brasil. **Revista de Geografia-PPGEO-UFJF**, v. 7, n. 1, 2017.

GAMA, J. R. N. F.; OLIVEIRA, C. M. M. **Solos: manejo e interpretação**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2011.

GARCÍA-RUIZ, J. M. Why geomorphology is a global science. **Cuadernos de Investigación Geográfica**, nº 41, p. 87-105, 2015.

- GERÊNCIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO - GEPLAN. **Atlas do Maranhão**. São Luís: Laboratório de Geoprocessamento, Universidade Estadual do Maranhão, 2002.
- GERMANY, D. J. **A mineração no Brasil**. [S. l.]: Finep, 2002.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 15ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015.
- GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (Orgs). **Degradação dos solos no Brasil**. Rio de Janeiro: Difel, 2018.
- GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia Ambiental**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.
- GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 19. p. 93-114, 1996.
- GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.
- HUGGETT, R. J. **Fundamentals of Geomorphology**. 4ª ed. Nova Iorque: Routledge, 2017.
- IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.
- IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**. 3ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.
- IBGE. **Geociências: Downloads**. 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>>. Acesso em: 2020-2021
- IBGE. **Aglomerados subnormais 2019: classificação preliminar e informações de saúde para o enfrentamento à COVID-19**. Rio de Janeiro, 2020.
- IMESC. **Enciclopédia dos municípios maranhenses: municípios da Ilha do Maranhão**. São Luís: IMESC, 2021.
- KLEIN, E. L.; SOUSA, C. S. (Orgs). **Geologia e recursos minerais do estado do Maranhão**. CPRM: Belém, 2012.
- LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2ª ed. São Paulo: Oficina de textos, 2010.
- MARCOLIN, L. **Geologia e geomorfologia na questão ambiental**. Curitiba: Contentus, 2020.
- MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 7ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARQUES, J. S. Ciência Geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 13ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015.

MAURI, L.; SALLUSTIO, L.; TAROLLI, P. The geomorphologic forcing of wild boars. **Earth Surf Process Landforms**, v. 44, p. 2085-2094, 2019.

MAXIMIANO, L. A. Considerações Sobre o Conceito de Paisagem. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 8, p. 83-91, 2004.

MCNEELY, J. A. Nature and COVID-19: The pandemic, the environment, and the way ahead. **Ambio**, p. 1-15, 2021.

MEDEIROS, P. C.; SILVA, R. A. G. **Geologia e geomorfologia: a importância da gestão ambiental no uso do solo**. Curitiba: InterSaberes, 2017.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MORAES, A. C. R. (org.). **Ratzel: Geografia**. São Paulo: Ática, 1990.

MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation**. John Wiley & Sons, 2009.

NASCIMENTO, J. A. A. **Uma breve análise do processo de urbanização do Distrito de São José da Mata, Campina Grande – PB**. Campina Grande: UEPB/DG, 2011.

NASCIMENTO, F. R.; SAMPAIO, J. L. F. Geografia física, geossistemas e estudos integrados da paisagem. **Revista da casa da geografia de Sobral**, v. 6, n. 1, p. 167-179, 2004.

OTELO, A. Q. **Validação de Termo de Referência para licenciamento ambiental de Mineração Artesanal e de Pequena Escala (MAPE) de minério de ouro no Estado de Pernambuco**. 2018. 216 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

PAZ, Y. M. *et al.* A atividade de extração de argila e a relação homem-natureza. **Revista GEAMA**, Recife. vol. 1. nº 2, 2015.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T.A. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, n. 11, p. 1633–1644, 2007.

POPOOLA, J. *et al.* Globalization and Nigeria's Economic Development: A Study of the Interconnectedness. **Open Journal of Political Science**, v. 10, n. 03, 2020.

PRADO, W. F. R. **Avaliação de impactos ambientais na extração de argila para a indústria de cerâmica vermelha em Guanambi/BA**. Monografia (especialização). Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Ambientais. Montes Claros: UFMG, 2021.

- RABELO, T. *et al.* Caracterização da Geodiversidade do setor sudeste da Ilha do Maranhão como subsídio para o planejamento ambiental. **IV Simpósio Brasileiro de Patrimônio Geológico**. Ponta Grossa, 2017.
- RAFFESTIN, C. **Por uma Geografia do Poder**. São Paulo: Ática, 1993.
- RESENDE, M. *et al.* **Pedologia**: Base para distinção de ambientes. 5ª ed. Lavras: Editora UFLA, 2007.
- ROSS, J. L. S. **Geomorfologia**: ambiente e planejamento. 9ª ed. São Paulo: Contexto, 2012.
- SANCHEZ, E. L. **Avaliação de impacto ambiental**: conceitos e métodos. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.
- SANTANA, R. G. **Fragilidade ambiental à ocupação urbana na sub-bacia hidrográfica do riacho do Angelim, São Luís-MA**. 2021. 181 f. Dissertação (Mestrado em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço). São Luís: Universidade Estadual do Maranhão, 2021.
- SANTOS, M. **A natureza do espaço**: técnica e tempo, razão e emoção. 4ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.
- SCHIAVETTI, M. B. M. P.; MORAES, M. E. B. Até onde vai o direito constitucional ao meio ambiente ecologicamente equilibrado? Uma análise sobre o posicionamento brasileiro frente ao novo constitucionalismo latino-americano. **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, v. 10, n. 3. p.57-80, 2020.
- SILVA, Q. D. **Proposta de zoneamento geoambiental da bacia hidrográfica do rio Tibiri, São Luís-MA**. 2001. 154 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.
- SILVA, Q. D. **Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão**. 2012. 248 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2012.
- SOARES, F. M. A Paisagem como Campo de Estudo Geográfico. **Revista Cadernos do Logepa - Série Pesquisa**, n. 03, p. 47-54, 2004.
- SOARES, I. G. **Análise da vulnerabilidade ambiental ao processo erosivo como subsídio ao planejamento e à gestão ambiental na bacia hidrográfica do Rio Preto - MA**. 2021. 224 f. Dissertação (Mestrado em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2021.
- SOLGI, L.; ASADI, M. Z.; MOHAMMADIAN, E. **Phenomenology in Geomorphology**. Irã: Kharazmi University, 2019.
- SOUZA, L. C. *et al.* Análise granulométrica dos solos nas voçorocas da bacia do rio Tibiri, Ilha do Maranhão. **Livro de Resumos do XXX Seminário de Iniciação Científica**. São Luís: Editora UEMA, 2018.

SUERTEGARAY, D. M. A. Pesquisa de Campo em Geografia. **GEOgraphia**, v. 4, n. 7, p. 64-68, 2009.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Geografia física e geomorfologia: uma releitura**. Porto Alegre: Compasso Lugar Cultura, 2018.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Superintendência de Recursos Naturais e Meio ambiente. Diretoria Técnica. Rio de Janeiro, 1977. Original publicado em 1965, na França.

VENTURI, L. A. B. **Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.