

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO – UEMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, NATUREZA E DINÂMICA DO
ESPAÇO – PPGeo

ANNY KAROLYNY OLIVEIRA PORTELA

DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS: historicidade, classificação e identificação na bacia
hidrográfica do rio Anil – São Luís - MA

São Luís

2022

ANNY KAROLYNY OLIVEIRA PORTELA

**DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS: historicidade, classificação e identificação na bacia
hidrográfica do rio Anil – São Luís - MA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço (PPGeo) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Allison Bezerra Oliveira

São Luís
2022

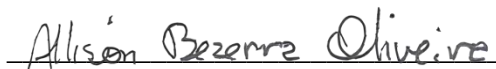
ANNY KAROLYNY OLIVEIRA PORTELA

DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS: historicidade, classificação e identificação na bacia hidrográfica do rio Anil – São Luís - MA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço (PPGeo) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Geografia.

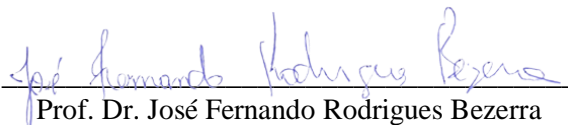
Aprovada 26 /12 / 2022

BANCA EXAMINADORA

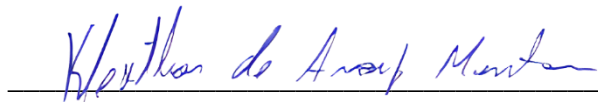


Prof. Dr. Allison Bezerra Oliveira

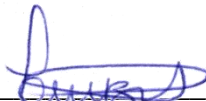
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL)
(Orientador)



Prof. Dr. José Fernando Rodrigues Bezerra
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)
(Co-orientador)



Prof. Dr. Kleyton de Araújo Monteiro
Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
(Examinador Externo)



Prof. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)
(Examinador Interno)

Portela, Anny Karolyny Oliveira.

Depósitos tecnogênicos: historicidade, classificação e identificação na bacia hidrográfica do Rio Anil – São Luís – MA / Anny Karolyny Oliveira Portela. – São Luís, 2022.

100 f

Dissertação (Graduação) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço, Universidade Estadual do Maranhão, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Allisson Bezerra Oliveira.

1.Geológico – Geomorfológico. 2.Ação antrópica. 3.Depósitos tecnogênicos. I.Título.

CDU: 551.3.051(812.1)

AGRADECIMENTOS

Durante toda minha jornada como estudante tive a honra de encontrar de contar com a presença de pessoas incríveis no meu caminho, que me apoiaram, me incentivaram e me deram carinho. Assim, este trabalho foi possível de ser realizado graças a estas pessoas, cujo presença foi fundamental em diversos momentos, seja quando precisei de um apoio, uma palavra amiga e muitas risadas para descontrair. Desta forma, agradeço:

Á Deus, pela força diária.

Ao meu Pai (Claudecy) e minha Mãe (Adelaide) por acreditar em minha capacidade e por me incentivar a buscar cada vez mais conhecimentos, ao meu Irmão (Kalmyr), que sempre esteve comigo nos momentos mais difíceis me apoiando, incentivando e principalmente me dando carinho e atenção. Sou eternamente grata, a minha família por compreender minhas ausências e me apoiar em todos os momentos da minha vida, me dando amor e carinho;

A vó Lenir (*in memoria*), que sempre acreditou no meu potencial;

Ao meu orientador, que foi primordial para a conclusão deste trabalho;

Ao meu amigo, José Fernando Rodrigues Bezerra pela confiança, por me incentivar a estudar e a enfrentar meus medos;

A minha querida Gilberlene, que sempre me ouviu sem julgamentos e trouxe palavras de apoio;

A minha amiga Mayara, amiga de infância sempre incentivou minha vida acadêmica;

Ao meu namorado Allan, pelo companheirismo, por me escutar e me ajudar na elaboração de várias tabelas;

As minhas queridas Dyana, Yamille e Carliene, que sempre estiveram dispostas a ajudar durante todo o período da dissertação;

A pessoa mais carismática da secretaria, Nana Alves que sempre me ajudou a resolver todas as complicações do mestrado que dependiam da secretaria de curso de pós-graduação e sempre com uma palavra de incentivo;

A todos, muito obrigada!

“Na verdade, a setorização da natureza foi feita pelo homem pela dificuldade de entendê-la. As relações dos diversos componentes da natureza são na realidade de interdependência e uma não existe sem a outra.”

Jurandyr Ross

RESUMO

As alterações ambientais são produtos de uma nova configuração geológica-geomorfológica, causadas pelos desenvolvimentos das técnicas exercidas pelo ser humano principalmente pelo desenvolvimento das cidades, transformando as paisagens. No Brasil, os estudos sobre a presença de depósitos tecnogênicos em meio urbano datam desde a década de 1990. Assim, foram criadas uma gama de denominações de classificações, baseadas em referências internacionais, na qual os ambientes urbanizados e a gênese dos depósitos tecnogênicos, possuem uma relação com o uso e ocupação do solo sem planejamento, promovendo a transformação dos materiais superficiais e resultando em depósitos tecnogênicos. Pois a ação geológica do homem produz variados efeitos em áreas urbanas. Em geral, têm-se observado a formação de depósitos tecnogênicos em planícies de maré e nas vertentes próximas aos cursos d'água, onde possui os maiores índices altimétricos e oscilações na declividade. Este trabalho se propõe a uma análise histórica, identificação e caracterização dos depósitos tecnogênicos, a partir das características geoambientais da área de estudo. A metodologia utilizada baseou-se em revisão bibliográfica, análises em gabinete de imagens de satélites do Google Earth®, para identificação prévia dos depósitos, trabalho de campo para reconhecimento da área de pesquisa, validação e caracterização dos depósitos tecnogênicos para o mapeamento destes na área de estudo. Disso isso, os objetivos desta pesquisa foram alcançados. Constatou-se também, que a ocorrência de depósitos tecnogênicos enquadram-se dentro da categoria de agradação e degradação.

Palavras - chave: geológico-geomorfológico; ação antrópica; depósitos tecnogênicos.

ABSTRACT

The environmental changes are products of a new geological-geomorphological configuration, caused by the developments of techniques exercised by humans, mainly by the development of cities, transforming the landscapes. In Brazil, studies on the presence of technogenic deposits in urban environments date back to the 1990s. Thus, a range of classifications denominations were created, based on international references, in which the urbanized environments and the genesis of technogenic deposits, have a relationship with the use and occupation of the soil without planning, promoting the transformation of surface materials and resulting in technogenic deposits. For the geological action of man produces various effects in urban areas. In general, the formation of technogenic deposits has been observed in tidal plains and on the slopes near waterways, where there are the highest altimetric indexes and oscillations in slope. This work proposes a historical analysis, identification and characterization of the technogenic deposits, based on the geoenvironmental characteristics of the study area. The methodology used was based on bibliographical revision, cabinet analysis of satellite images from Google Earth®, for the previous identification of the deposits, field work for the recognition of the research area, validation and characterization of the technogenic deposits for their mapping in the study area. Therefore, the objectives of this research were achieved. It was also found that the occurrence of technogenic deposits fall within the category of pleasantness and degradation.

Keywords: geological-geomorphological; human action; technogenic deposits.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Localização da bacia hidrográfica do rio Anil, São Luís – MA	16
Figura 2	- Fluxograma de desenvolvimento de atividades	18
Figura 3	- Modelo de desenvolvimento da pesquisa.....	19
Figura 4	- Processo de elaboração dos mapas de altimetria e declividade: 1) coleta de coordenadas; 2) conversão de KML para SHP; 3) geração do MDE e 4) extração de curvas de nível	21
Figura 5	- Proposta de geossistema de Bertrand.....	22
Figura 6	- Unidades taxonômicas do relevo	31
Figura 7	- Tipos de formas de relevo tecnogênico.....	40
Figura 8	- Hipsometria da bacia hidrográfica do rio Anil	47
Figura 9	- Declividade da bacia hidrográfica do rio Anil	49
Figura 10	- Compartimentação do relevo da bacia hidrográfica do rio Anil.....	51
Figura 11	- Lançamento de efluentes <i>in natura</i> em um dos afluentes do rio Anil no bairro do Anil	55
Figura 12	- Cruz no forte Saint Louis, representação da fundação da cidade de São Luís .	56
Figura 13	- Povoado Anil, atualmente Bairro do Anil.....	57
Figura 14	- Evolução da mancha urbana em São Luís do Maranhão	59
Figura 15	- Vista de São Luís em 1647, representação do forte de São Luís, entre os rios Anil e Bacanga	60
Figura 16	- Vista de São Luís em 2021 e a localização do forte de São Luís entre os rios Anil e Bacanga	61
Figura 17	- Mapa com a representação da malha viária de São Luís e a presença de planície de maré pouco modificada pelo homem e com a presença de mangue até o que hoje é conhecido como Sítio Santa Eulália.....	62
Figura 18	- Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Anil	63
Figura 19	- Os principais pontos de ocorrência de depósitos tecnogênicos identificados na bacia hidrográfica do rio Anil.....	66
Figura 20	- Baluart às margens do rio anil, após os primeiros aterros, retirada da vegetação natural, nas proximidades da atual praça Maria Aragão	68
Figura 21	- Início dos processos de sucessivos aterros na Av. Beira Mar e Praça Maria Aragão, na década de 1970	68

Figura 22 - Avenida Beira Mar, denominada como terreno urbanizado de corte-aterro.....	69
Figura 23 - Ponte José Sarney na década de 1970.....	70
Figura 24 - Ponte José Sarney na década de 2021.....	70
Figura 25 - Comunidade Ilhinha em 2021 e 2020.....	71
Figura 26 - Vista da Ponte Bandeira Tribuzzi (1982) e do aterramento dos materiais gárbicos com materiais úrbicos remobilizados.....	72
Figura 27 - Afloramento de substratos gárbicos do aterro na Comunidade do Jaracaty (A); início do aterro para a construção de casas de alvenaria com materiais gárbicos advindos do antigo lixão da cidade (seta amarela) sobre a planície tecnogênica mista (B).....	73
Figura 28 - Casas de alvenaria sob aterro com materiais gárbicos advindos do antigo lixão da cidade.....	73
Figura 29 - Palafitas no bairro Camboa antes da construção da Avenida IV Centenário sobre a planície de maré.....	74
Figura 30 - Processo de terraplenagem para a construção da Avenida IV Centenário sobre a planície tecnogênica mista.....	75
Figura 31 - Avenida IV Centenário sobre a planície tecnogênica mista entregue à população.....	75
Figura 32 - Sítio Santa Eulália e a ocorrência de terrenos induzidos com materiais úrbicos em 2022.....	75
Figura 33 - Deposição de materiais gárbicos e de bota-fora dentro e nas cabeceiras das voçorocas em 2018.....	76
Figura 34 - (A) Terreno com feições induzidas, apresentando sulcos às margens da Via Expressa (2018); (B) Terreno com feições induzidas, apresentando erosão interna (<i>pinping</i>) às margens da Via Expressa (2021).....	77
Figura 35 - (A) Terreno com feições induzidas, às Margens da Via Expressa e escavação de material sedimentar em 2018; (B) terreno com feições induzidas e revolvidas, às margens da Via Expressa, de material sedimentar movimentado em 2021.....	79
Figura 36 - (A) Lançamento de efluentes, no canal de drenagem do rio Anil, próximo de anfiteatros de nichos de nascentes localizada na Curva do Noventa; (B) Área de bota-fora, às margens do canal de drenagem do rio Anil, na Curva do Noventa no ano de 2018.....	80
Figura 37 - (A) Lançamento de efluentes, no canal de drenagem do rio Anil, localizada na Curva do Noventa; (B) Área de bota-fora, às margens do canal de drenagem do rio Anil, na Curva do Noventa no ano de 2022.....	80

Figura 38 - (A) Aterro das planícies de inundação com materiais úrbicos e construção de casas nas margens do rio, Vila Ivar Saldanha; (B) Aterro das planícies de inundação com materiais úrbicos e construção de casas sob o canal de drenagem, Vila Ivar Saldanha	81
Figura 39 - (A) Aterro na planície tecnogênica de inundação com materiais redepositados e construção de casas em suas margens	82
Figura 40 - O padrão do canal fluvial pós-intervenção antrópica.....	83
Figura 41 - Processo de aterramento com materiais gárbicos no bairro Maranhão Novo ...	84
Figura 42 - Processo de alteração das vertentes no bairro Maranhão Novo.....	85
Figura 43 - Área de recarga hídrica passando por um processo de aterramento com materiais gárbicos e impermeabilização do solo.....	86
Figura 44 - Formação de planície tecnogênica mista no bairro Vila Palmeira.....	87
Figura 45 - Inauguração da Fábrica têxtil no Povoado Anil.....	88
Figura 46 - Primeiro porto do Anil.....	88
Figura 47 - Antiga fábrica têxtil e atual IEMA.....	89
Figura 48 - Onde estava localizado o primeiro porto do Anil, hoje, encontra-se com planície tecnogênica mista e assoreada	89
Figura 49 - Rio Assoreado e materiais de bota-fora na planície de inundação no Bairro Anil	90
Figura 50 - Materiais bota-fora remobilizados nos tabuleiros com topos planos e na nascente do rio Anil no bairro Tirirical	91

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	-As interpretações de hierarquia dos táxons dos geossistemas.....	23
Quadro 2	-Particularidades de duas efetuações	24
Quadro 3	-Correlação de processos naturais e tecnogênicos segundo Ter-Stepain (1988)...	25
Quadro 4	-Ilustrações cronológicas propostas por Ter-Stepanin	28
Quadro 5	-Quadro comparativo do tempo geológico do tempo convencional e as propostas de Pavlov (1922), Ter-Stepaian (1998) e Crutzem & Stoermer (2000)	28
Quadro 6	-Quadro comparativo de processos naturais aos tecnogênicos	29
Quadro 7	-Classificação integrada dos depósitos tecnogênicos	35
Quadro 8	-Classificação de terrenos tecnogênicos para mapeamento geológico-geomorfológico.....	36
Quadro 9	-Classificação das formas de relevo tecnogênicas	37
Quadro 10	-Classificação faciológica de depósitos tecnogênicos	37
Quadro 11	-Proposta de classificação taxonômica do relevo tecnogênico	39
Quadro 12	-Coluna estratigráfica proposta para Ilha do Maranhão.....	44
Quadro 13	-Síntese do processo de ocupação da bacia do rio Anil	58
Quadro 14	-Processo de identificação de terrenos tecnogênicos através de imagens do Google Earth e em atividade de campo.....	65

LISTA DE SIGLAS

- APP - Área de Preservação Permanente
- CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
- GEPLAN - Gerência de Estado e Planejamento e Gestão
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- DSG - Diretoria de Serviços Geográfico do Exército
- IEMA - Instituto Estadual de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo geral	17
2.2	Objetivos específicos	17
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	18
3.1	Levantamento bibliográfico e cartográfico	19
3.2	Trabalho de gabinete e de campo	19
3.3	Mapeamento	20
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
4.1	A origem do quinário e os depósitos tecnogênicos	22
4.2	Depósitos tecnogênicos: definições e classificações	33
5	CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL PARA IDENTIFICAÇÃO DE TERRENOS TECNOGÊNICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ANIL	41
5.1	Geologia	41
5.2	Geomorfologia	45
5.3	Caracterização dos Solos	52
5.4	Hidrografia	53
6	A GÊNESE DA CAPITAL MARANHENSE E A RELAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E A FORMAÇÃO DE DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ANIL	56
7	OS DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS E O PROCESSO DE FORMAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ANIL	64
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
	REFERÊNCIAS	94

1 INTRODUÇÃO

Durante o processo de evolução da espécie humana, foram exercidas atividades produtivas capazes de transformar o ambiente e modificar as características geológicas e geomorfológicas, que se acumulam e diversificam no tempo e no espaço, o que resulta em uma nova proposta de período geológico – o Quinário – a época do Tecnógeno. Devido ao desenvolvimento das civilizações, a produção de bens necessários à sobrevivência e a utilização dos recursos naturais, deixam as marcas das transformações na paisagem na superfície. Isso visto que ao passo que a população aumentava, as modificações no ambiente cresciam em velocidade semelhante, acompanhando os processos evolutivos. Firmadas nesse modelo de evolução, as forças produtivas e as sociedades são resultantes do uso e da apropriação dos recursos naturais (DIAS, 2015).

Essas marcas na superfície terrestre são observadas sob a perspectiva de dois pontos, de forma direta, mediante os processos tecnológicos, terraplenagens e construções, e de forma indireta, por processos de degradação, escorregamentos e erosões, induzidos pelo uso da terra (OLIVEIRA, *et al.*, 2014). O processo de aceitação dessa nova proposta está moldado no desenvolvimento das técnicas, à medida que a sociedade ampliava e aplicava seus conhecimentos no meio físico, interferindo nas dinâmicas da natureza e tendo como características mudanças frequentes, sejam essas espaciais ou temporais, o que possibilita uma variedade de formas do relevo que reflete na geologia.

Dessa forma, os materiais deixados pelo homem no relevo, servem como indicadores do estado em que se encontram os processos. A exemplo disso, Peloggia (1997), nos traz a ideia de atuação do homem como agente geológico, que proporciona uma visão renovada e torna-o diferente dos demais tipos de agentes e fatores geológicos, além da sua implicação sobre a natureza (que está se tornando transformadora). Ao passo que o homem interfere no meio natural, as propriedades e a localização dos materiais superficiais são modificadas, interferindo na dinâmica geomorfológica. Assim, as taxas e balanços dos processos geram, de forma direta e indireta, outra morfologia, denominada de morfologia antropogênica (RODRIGUES, 2005).

Segundo Botelho (2011), nas áreas urbanas, novos elementos são adicionados pelo homem, como edificações, canalizações e retificações dos rios, dentre outros. Dessa forma, os canais de drenagem são completamente comprometidos, pois levam à diminuição e/ou à mudança no curso e padrão das drenagens, o que ocorre com os rios da Ilha do Maranhão, sendo o rio Anil, o mais afetado pela ação antrópica.

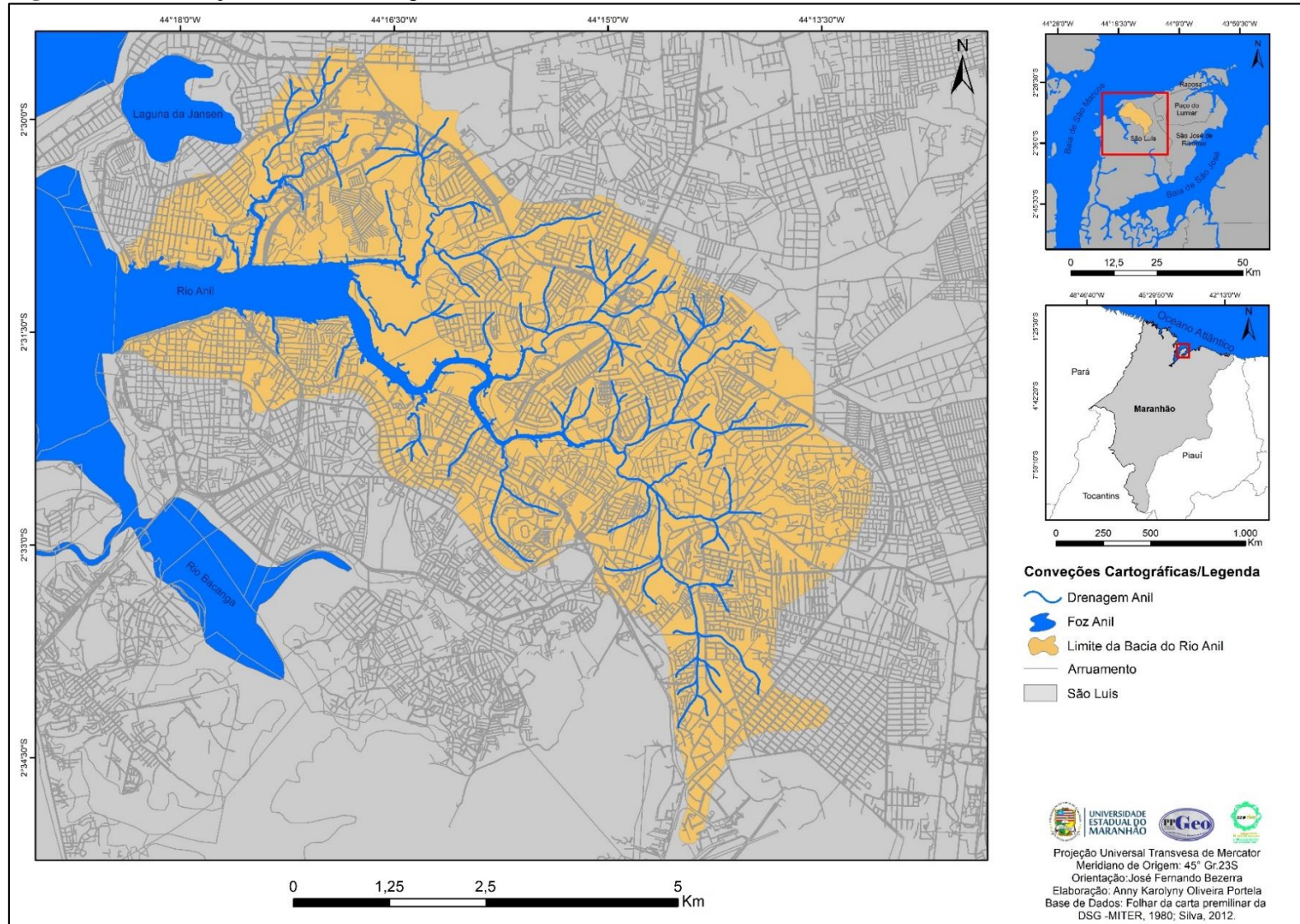
À vista disso, o processo de ocupação e urbanização da Ilha do Maranhão, comparado aos períodos geológicos é recente, uma vez que as atividades humanas desenvolvidas na superfície, sobretudo desde o início da colonização, foram intensificadas gradativamente. O tecido urbano original começou a espraiar-se às margens do mar, atualmente conhecido como o bairro da Beira Mar, e aos poucos começou a invadir a bacia hidrográfica do rio Anil, devido às condições geográficas favoráveis (divisores de água das bacias do rio Bacanga e rio Anil), provocando mudanças no seu conjunto paisagístico, modelando o relevo e marcando a passagem de período geológico para outro, com a formação de paisagens tecnogênicas.

Existe, na Ilha do Maranhão, uma variedade de feições geomorfológicas que se modificaram de acordo com o uso e ocupação do espaço, bem como as condições naturais que são exercidas no meio. Com isso, novas paisagens são formadas, dando características ao modelado terrestre. Em São Luís, a formação de terrenos tecnogênicos é nítida, especificamente na bacia do rio Anil, área proposta por essa pesquisa, que além de apresentar depósitos tecnicamente modificados, apresenta ambientes mistos (que ainda estão passando por processo de transformação – planície tecnogênica mista).

Sob essa ótica, associar os processos históricos, as características geoambientais, os sentidos de expansão urbana e o uso e ocupação dos solos com formação dos depósitos tecnogênicos revela a dinâmica dos processos naturais atuantes na paisagem, uma vez que na bacia do rio Anil, a supressão da cobertura vegetal e queimadas foram primordiais para a ocupação e expansão urbana, contribuindo assim, para a formação dos depósitos tecnogênicos, surgindo então, a necessidade de identificar e classificar essas áreas enquanto substrato originado da ação antrópica e suas principais implicações no meio.

Dessa forma, para compreender os processos que permeiam a bacia do rio Anil, é necessário analisar a situação geográfica, pois está localizada na porção noroeste da Ilha do Maranhão, com suas nascentes situadas no tabuleiro central, a uma altitude de 58m, no bairro Tirirical. As suas drenagens seguem para o canal principal de formato meandrante, desenhado pela topografia da área, cortando a porção Noroeste no centro urbano de São Luís em direção à baía de São Marcos. É importante destacar que a bacia do rio Anil possui 41,53km² e se desenvolve no sentido Sudeste/Noroeste, tendo como limítrofes as bacias do rio Bacanga, do rio Paciência e os sistemas de drenagens do litoral da Ilha do Maranhão (DIAS, 2005). A área de estudo deste trabalho retrata os ambientes modificados pelo homem e a categoria da geografia paisagem.

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do rio Anil, São Luís - MA



Fonte: Elaboração própria (2022)

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar o processo histórico e as principais transformações paisagísticas da bacia hidrográfica do rio Anil, causadas pela ação antrópica, e ainda, a relação com o uso e a ocupação do solo.

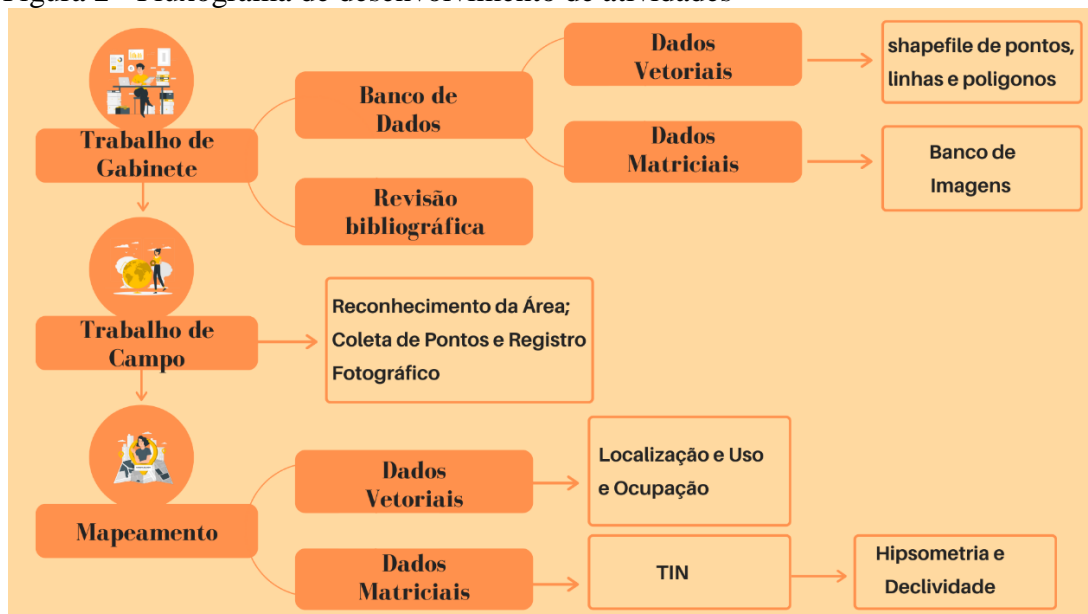
2.2 Objetivos específicos

- a) Buscar a historicidade do processo de ocupação da Ilha do Maranhão;
- b) Comparar os registros históricos com as paisagens atuais da bacia hidrográfica do rio Anil;
- c) Identificar os depósitos tecnogênicos da bacia hidrográfica do rio Anil.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Na Ilha do Maranhão, há poucos estudos que investigam a formação de depósitos tecnogênicos (PORTELA, 2018), tanto por se tratar de uma temática recente, como por falta de aceitação do novo período geológico (quinário) por parte da comunidade científica, na qual há discussão entre a relação da ação antrópica e o ambiente como elemento modificador. Para tanto, este estudo foi dividido em três etapas, a saber: levantamento bibliográfico e cartográfico, trabalho de campo e mapeamento (Figura 2), por meio do programa ArcGis 10.2® (licença EFL999703439).

Figura 2 - Fluxograma de desenvolvimento de atividades



Fonte: Elaboração própria (2022)

As temáticas abordadas se referem à classificação, identificação e mapeamento dos depósitos tecnogênicos, sendo que cada etapa da pesquisa é indissociável (Figura 3).

Figura 3 - Modelo de desenvolvimento da pesquisa



Fonte: Elaboração própria (2022)

Neste trabalho, a Ilha do Maranhão não será estudada em sua totalidade, no entanto, servirá como modelo para novas pesquisas voltadas a essa temática, uma vez que a bacia hidrográfica do rio Anil, apresenta a maior taxa de urbanização e é onde os ambientes naturais estão sendo modificados pela ação do homem de forma mais intensa.

3.1 Levantamento bibliográfico e cartográfico

A obtenção de materiais nessa fase da pesquisa desenvolveu-se com a leitura de livros impressos e digitais do acervo bibliográfico da Biblioteca Central da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), além de teses, dissertações, monografias e artigos adquiridos no portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e em endereços eletrônicos das principais revistas sobre a temática, principalmente, sobre técnicas de mapeamento e caracterização de depósitos tecnogênicos. Também foram analisados documentos históricos digitais e físicos, disponibilizados pela Biblioteca Benedito Leite em São Luís. A composição do documento foi baseada nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e da UEMA.

3.2 Trabalho de gabinete e de campo

As possíveis áreas de terrenos tecnogênicos passaram por observações preliminares em gabinete por meio do Google Earth. Essa etapa foi importante para definir a área de estudo e marcar os pontos a serem visitados.

A construção das bases de dados utilizou fontes oficiais como: IMESC (2021) – Limite do Estado do Maranhão em escala de 1:250.00; Cartas topográficas DSG/MINTER (1980) da Ilha do Maranhão, com escala de 1:10.000, e aerofotográfica da SECID (2011). Após a composição preliminar do banco de dados, a delimitação da área de estudo da bacia hidrográfica do rio Anil, tornou-se fundamental a atividade de campo, para o reconhecimento da área e a análise da paisagem, considerando os aspectos geoambientais em si.

Com o auxílio do GPS (*Global Positioning System* – Sistema de Posicionamento Global), equipamento fundamental para coleta de coordenadas (pontos) dos registros fotográficos e dos terrenos tecnogênicos identificados, tornou-se possível apresentar as primeiras impressões e anotações de campo para a espacialização dos dados em mapas temáticos.

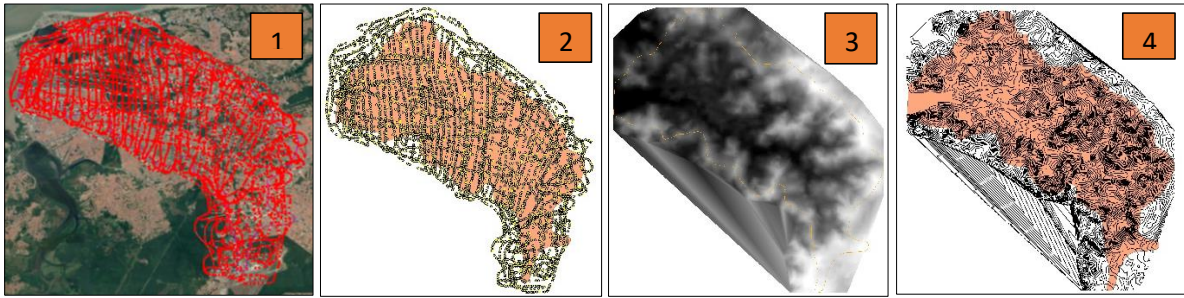
3.3 Mapeamento

A utilização das cartas DSG/ME – MINTER (Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério do Exército) de 1980, da bacia hidrográfica do rio Anil, na escala de 1:10.000, foi fundamental para a extração das primeiras informações, como a drenagem e o limite da bacia, além do banco de dados de Silva (2012), o qual somou para o desenvolvimento desta pesquisa.

Em seguida, os mapas temáticos foram elaborados em quatro etapas de processamento. A primeira, a partir de pontos KML (*Keyhole Markup Language* – Linguagem de Marcação Keyhole), com as coordenadas X, Y e Z (X = latitude, Y = longitude e Z = altitude), coletadas pelo *Google Earth*. A segunda, com a conversão de KML para SHP (*shapefile*). A terceira, com a geração do Modelo Digital e Elevação (MDE) da triangulação desses pontos. Por último, a extração de curvas de nível com equidistância de 2 m.

Com base nesses dados, foram produzidos mapas de altimetria e declividade da área. Na Figura 4, é possível analisar que os dados gerados são extrapolados ao limite da bacia hidrográfica do rio Anil, para evitar erros nas bordas da área em questão.

Figura 4 - Processo de elaboração dos mapas de altimetria e declividade: 1) coleta de coordenadas; 2) conversão de KML para SHP; 3) geração do MDE e 4) extração de curvas de nível



Fonte: Elaboração própria (2022)

Devido à extensão e diversidade da área de estudo, houve a necessidade de confeccionar um mapa de uso e ocupação, tendo como método a classificação não supervisionada, por meio de aerofotografias (2011). Costa e Candeias (2009) a definem como aquela que o algoritmo identifica as classes (amostras) dentro de um conjunto de dados (imagem), por meio do “pixel” dentro de uma área. Nesse sentido, são fornecidos o número de classes e a quantidade de agrupamentos, o que possibilita que o algoritmo assuma cada grupo, representando a distribuição de probabilidade de cada classe.

A maioria dos *softwares* de processamento digital, mediante imagens de sensoriamento remoto, faz esse procedimento por meio de uma imagem com três bandas (composição colorida), caso da pesquisa em questão, com os principais usos e ocupações identificadas na bacia do rio Anil, como por exemplo, a Vegetação Densa, a Vegetação Secundária, o Solo Exposto, a Área Urbana e a Água.

De posse dessas informações, foram elaborados mapas de Localização, Hipsometria (altimetria), Declividade, Uso e Ocupação dos Solos e Pontos de Ocorrência de Depósitos Tecnogênicos. Este último, apesar de ser atual e pouco recorrente na academia, refere-se ao objetivo desta pesquisa, a qual foi elaborada a partir de leitura sobre os principais autores dessa temática (PORTELA, 2018; PELOGGIA, 2019).

Para a elaboração do mapa de Pontos de Ocorrência de Depósitos Tecnogênicos, a análise de imagens de satélite da área de estudo, somada ao resgate de registros históricos, como fotografias e descrição da área, se tornou fundamental para a caracterização dos depósitos, que se modificam e diversificam no tempo e no espaço.

O processamento e o mapeamento dos produtos cartográficos foram realizados no *software* ArcGIS, versão 10.2, licença EFL999703439. A discussão dos resultados foi relacionada aos dados históricos, às características geoambientais e às observações da paisagem em gabinete por meio de imagens e trabalhos de campo.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação está dividida em duas abordagens. A primeira, abrange a origem e a transição do período geológico do quaternário para o quinário, o que apresenta as principais transformações no espaço geográfico provocadas pelo homem. A segunda, por sua vez, trata-se da proposição mais aceita no Brasil e no mundo para a classificação adotada.

4.1 A origem do quinário e os depósitos tecnogênicos

As transformações que o homem causa no ambiente não são um assunto recente, tampouco surgiram de uma hora para outra. Os registros históricos indicam que as grandes mudanças datam desde o período neolítico, com a criação de instrumentos para a caça e com técnicas para uma agricultura de subsistência.

Lima (2002) considera que, quando se idealiza o espaço, fica difícil imaginá-lo sem a presença do homem que, desde que apareceu no seio da Terra, procurou delimitar e organizar o seu local. Esses desdobramentos da evolução humana foram impulsionados com a Revolução Industrial (século XVII), ocasião em que as ações humanas sobre o ambiente foram intensificadas com as atividades industriais, o aprimoramento das técnicas, a urbanização e a ampliação de recursos técnicos e instrumentais (DIAS, 2015).

Passaram-se séculos, até que a chamada Revolução Técnico-Científica (século XX) provocou outra grande transformação no ambiente, com a industrialização e a utilização do termo globalização, período que marca modificações significativas e mais intensas nas paisagens naturais, o que Santos (1998) apresenta como “o meio geográfico, que já foi ‘meio natural’ e ‘meio técnico’ é, hoje, tendencialmente, um ‘meio técnico-científico’”, chamado de meio técnico-científico-informacional (SANTOS, 1998, p. 14).

A geografia física atua no campo das discussões técnico-científicas e informacionais, com debates sobre a interação homem-natureza, que surgiam de maneira tímida. Mesmo frente a uma expansão da globalização, acreditava-se que o homem não seria capaz de influenciar de forma expressiva no meio físico (PORTELA, 2018). Quando começaram a ser descritas novas abordagens de estudos, a teoria dos geossistemas foi sendo apresentada em três níveis, o planetário, o regional e o local (Quadro 1).

Quadro 1 - As interpretações de hierarquia dos táxons dos geossistemas

Nikolaiev	
Nível Planetário	Esfera da paisagem; faixa da paisagem; continentes, oceanos e subcontinentes
Nível Regional	Países físico-geográficos; domínios; províncias; regiões; landschafts
Nível Local	Localidades; comarcas; subcomarcas; fácies
Sochava	
Nível Planetário	Subcontinente; grupo de domínios; faixa
Nível Regional	Domínio; grupo de província; província; macrócoro (distrito, lanschaft). topogeócoro (região)
Nível Local	Mesogeócoro (localidade, grupo de comarcas); topogeogêneo-elementar; geócoro elementar
Bertrand	
Nível Planetário	Área ou zona
Nível Regional	Domínio; província; região natural
Nível Local	Geossistema; geofácies; geótopo
Proposta anglo-saxônica	
Nível Planetário	Ecosfera
Nível Regional	Land region; complexland systeman
Nível Local	Land system (land unit, land facet); site

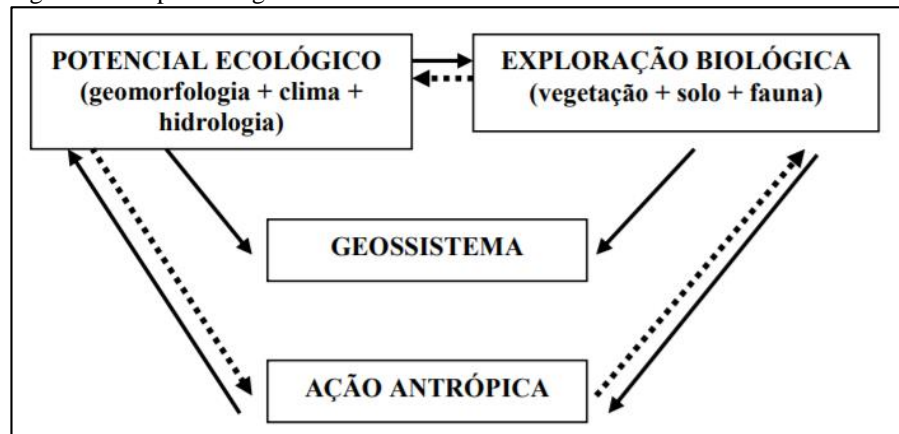
Fonte: Rodríguez (2019)

As teorias geossistêmicas apresentadas foram fundamentais para o entendimento e o desenvolvimento da geografia física, principalmente no que diz respeito aos estudos da paisagem. Para este trabalho, usou-se a teoria geossistêmica proposta por Bertrand (1998), a qual apresenta uma proposta com as correlações existentes entre a natureza e os seus componentes integradores.

Portanto, como pode ser observado na Figura 5, o geossistema refere-se aos dados ecológicos relativamente estáveis, conforme apresentados por Bertrand (2004):

[...] o geossistema corresponde a dados ecológicos relativamente estáveis. Ele resulta da combinação de fatores geomorfológicos (natureza das rochas e dos mantos superficiais, valor do declive, dinâmica das vertentes...), climáticos (precipitações, temperatura...) e hidrológicos (lençóis freáticos epidérmicos e nascentes, pH das águas, tempos de ressecamento do solo...). É o “potencial ecológico” do geossistema. Ele é estudado por si mesmo e não sob o aspecto limitado de um simples “lugar” [...] (BERTRAND, 2004, p. 149).

Figura 5 - Proposta de geossistema de Bertrand



Fonte: Bertrand (1968)

Em 1996, Rohde, munido de todas as teorias geossistêmicas e ambientais, até então criadas e melhoradas, adentra no campo das discussões filosóficas que permeiam a epistemologia ambiental, chamando de efetuações da realidade, na qual a

[...] ação humana incluída dentro do agir – da produtividade – da Natureza ou, ao contrário, considerá-la concorrente (ou – ao menos – concomitante) com aquela. No segundo caso, os seres humanos estarão, de maneira definitiva, agindo implacavelmente em relação à Natureza (ROHDE, 1996, p. 39).

O autor apresenta duas efetuações: a primeira “natural” e a segunda “humana”, abordando as argumentações que envolvem, de acordo com o tipo, o domínio, o tempo, a consciência, o sistema, as esferas e operações, descritos no Quadro 2. Portanto:

A efetuação humana, que difere da efetuação natural, constitui – assim- uma efetuação organizacionalmente aberta e não-determinada em estado pela estrutura própria da espécie humana, configurando parcela sistêmica alopoiética, de características mecanísticas, maquinicas e inventivas. O conjunto dos seres humanos não é mais um agente que “descobre” o mundo preexiste, mas no que constitui por uma atualização (ROHDE, 1996, p. 41).

Quadro 2 - Particularidades de duas efetuações

Características	Efetuação	
	Natureza (Natural)	<i>Homo Sapiens</i> (Humana)
Tipo	Amoral	Moral e ética
Domínio	Natureza	Culturas
Tempo	Cósmico, geológico e biológico “normal”	Histórico “acelerado”
Consciência	Inconsciente de si mesmo	Autoconsciente (= > ética)
Sistema	Natureza	Sociedade
Esferas (produtos)	Geosfera, biosfera	Sociosfera, tecnosfera

Operações	Criação da realidade (auto organização)	Modificação (e destruição) da realidade
------------------	---	---

Fonte: Rohde (1996)

No âmbito das particularidades, as referidas abordagens mostram a relação de interdependência do homem com a natureza, que ultrapassa o tempo e o espaço, o que resulta em marcas deixadas em escala de tempo geológico (PORTELA, 2018). Sendo assim, Peloggia (1998) afirma que a ação humana sobre a natureza tem consequências diante de três níveis de abordagem, isso em termos de formas, processos, formações e depósitos superficiais do ambiente geológico:

- 1 - A modificação do relevo e as alterações fisiográficas da paisagem, (por exemplo, retificações de canais fluviais, terraplenagem, surgimentos de áreas erodidas, áreas mineradas, etc.). Ter-Stepanian (1988), por exemplo, refere-se a tais efeitos como “novos tipos de relevo tecnogênicos”. Já Fanning & Fanning (1989) chamam de superfícies decapadas” (scalped land surfaces) a algumas paisagens resultantes da ação do homem como agente geomórfico.
- 2 - A alteração da fisiologia da paisagem, materializada pela criação, indução, intensificação ou modificação do comportamento de processos da dinâmica geológica externa (tais como o incremento da erosão e da carga sedimentar correlativa, os escorregamentos em geral, a infiltração, as drenagens pluvial e fluvial, as taxas de sedimentação, os fluxos subterrâneos, etc.) que podem atingir portes comparáveis aos resultados de variações climáticas ou dos efeitos dos movimentos tectônicos. Nas áreas urbanas, tais alterações resultam de uma nova organização da paisagem pelo construtivismo.
- 3 - A criação de depósitos correlativos comparáveis aos quaternários (os depósitos tecnogênicos), os quais vão se constituir em “marcos stratigráficos”; este caráter é indiretamente ressaltado por Fanning e Fanning (1989), ao afirmarem que “do ponto de vista de gênese dos solos, a destruição e formação de solos pelo homem, pela grande manipulação física dos materiais terrosos, são “eventos catastróficos” que criam novos pontos de partida para a formação dos solos”.

O desempenho do homem diante dos níveis de abordagem é denominado de tecnogênese (PELOGGIA, 1998). Em contrapartida, Ter-Stepain (1988) *apud* Peloggia (1998) fala sobre uma correlação entre os processos naturais (fatores geológicos) e tecnogênicos (ação do homem neolítico e moderno) que resulta em processos exógenos (Quadro 3).

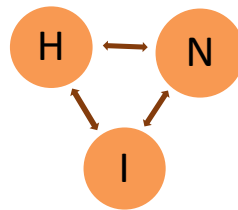
Quadro 3 - Correlação de processos naturais e tecnogênicos segundo Ter-Stepain (1988)

Intemperismo físico	Desmonte de rochas em minas, construções
Formação de relevo	Modificação do relevo pela atividade minerária e construtivismo
Desnudação	Escavações e transferência de solos
Acumulação subaérea	Aterramentos
Erosão fluvial e acumulação subaquosa	Mudanças na distribuição de depósitos fluviais por estruturas hidráulicas
Formação de meandros (padrões fluviais em geral)	Retificação de rios

Formação de escorregamentos, quedas de blocos e corridas de lama em processos desnudacionais de vertentes	Formação de escorregamentos, quedas e corridas devido à pressões neutras, escavações e sobrecarregamentos de talude e encostas
Sedimentação	Formação de depósitos tecnogênicos

Fonte: Peloggia (1998)

Peloggia (1998) elucidada que a atuação do homem sobre a natureza torna-o diferente dos demais agentes e fatores geológicos, mostrando que, à luz da teoria marxiana da alienação, baseando-se na análise de Istvan Mészáros, com a reciprocidade dialética, existe uma interação entre o “homem” (H), a “natureza” (N) e a indústria (I), firmados em um tríptico:



Ao passo que a sociedade humana cresce, as demandas aumentavam, sobretudo na indústria, suprindo necessidades antigas e criando novas, sendo que o homem é produtor e produto da indústria, considerando-o também ao mesmo tempo o criador da natureza antropológica (MÉSZÁROS, 1981 *apud* PELOGGIA, 1998). Frederico (1995 *apud* PELOGGIA, 1998) salienta que “não é correto afirmar que o homem introduz finalidades na natureza”, como foi apresentado no pensamento marxista, mas que existe uma relação homem-natureza e a ação humana sobre a natureza desde o homem pré-histórico é um “agente geológico diferenciado”, pela agricultura e pela pecuária (a produção de alimentos), a qual é conhecida como Revolução Neolítica, conforme já mencionado (TER-STEPANIAN, 1988 *apud* PELOGGIA, 1998).

A exemplo disso, os casos de europeus, que proporcionaram diversas transformações da superfície terrestre e impactos ambientais em várias escalas que foram causadas pela ação do homem, o principal agente modificador da paisagem (MARSH (1965 [1864]), *apud* OLIVEIRA *et al* (2005). Nessa perspectiva, Oliveira *et al.* (2005, p. 363) apresentam que:

Os ambientes geológicos da Terra podem ser associados aos agentes geológicos (vento, gelo, água etc.) responsáveis pelas suas principais características, os novos ambientes, criados pelo homem em substituição aos ambientes passados conferem-lhe a qualidade de agente geológico. Tratando-se dos ambientes tecnogênicos, que compreendem os ambientes transformados pela agricultura, urbanização, mineração e as mais diversas obras, como estradas, barragens e reservatórios, portos etc.

Esses ambientes ou depósitos tecnogênicos são resultados do processo das atividades humanas sobre o meio físico, sendo que o ponto principal está voltado para os efeitos geológicos e geomorfológicos, que se acumulam e se diversificam no tempo e no espaço, pois são testemunhos do passado, os quais resultaram em uma nova proposta de criação de um período geológico-geomorfológico – conhecido como período de transição do Quaternário ao Quinário, época do Tecnógeno (PORTELA, 2018). Firmado nesse modelo de evolução, Dias (2015 p. 44) enfatiza que:

[...] as ações humanas são, portanto, capazes de interferir em fenômenos e processos que, em períodos anteriores ao quinário, ocorriam de modo lento e gradual no transcorrer do tempo geológico (tempo longo).

Portela (2018, p. 30) fala que o processo de desenvolvimento das civilizações está baseado em um modelo cíclico sobre duas perspectivas:

1 - Baseado na necessidade do homem em usar os recursos naturais, para a sobrevivência no início do processo evolutivo, que posteriormente começou a ser usado para acúmulo de bens, onde o uso excessivo dos recursos naturais, começaram a causar desequilíbrios no ambiente, marcado pela primeira revolução agrícola, quando finalmente o homem começa a fixar-se na terra, intensificando o que chamamos de supressão vegetal, para sustentar a agricultura e pecuária.

2 - Está voltado ao desenvolvimento social, técnico e da ciência, que dessa forma, pode-se dizer que a junção desses aspectos acompanhou a demanda e a necessidade exercida pela sociedade, com o aprimoramento das técnicas antes aplicadas, o desequilíbrio ambiental tornou-se ainda maior, isso devido à capacidade inventiva e transformadora do homem sobre a natureza, a exemplo disso, as alterações na dinamicidade da natureza e os processos nela existente, com a principal finalidade em proporcionar melhores condições de vida.

No Brasil, os estudos voltados para o período do Tecnógeno começaram, a partir dos anos de 1990, sob a ótica de Oliveira (1990) *apud* Rohde (1996) e Peloggia, (1997). Nesse período, a ruptura do Quaternário clássico abre as portas para uma nova Era e um novo Período geológico (ROHDE, 1996). Assim o Quaternário seria o “aparecimento” do Homem e o Quinário, o Homem sobrepondo-se ativamente em relação à Natureza (ROHDE, 1996, p. 120).

Para Oliveira *et al.* (2005), a matriz dos estudos geológico-geomorfológicos no Brasil, iniciados em 1990, é baseada em Ter-Stepaian (1998), em que as mudanças no ambiente são provocadas pelo chamado “novo e inesperado agente geológico”, partindo do pressuposto que “o Holoceno seja considerado a época de transição do Quaternário ou Pleistoceno, para o Quinário ou Tecnógeno”. Ter-Stepaian explica que a “transição foi caracterizada pela completa configuração quaternária da paisagem, há cerca de 10.000 anos, enquanto seu fim será marcado, no futuro, pela completa configuração Quinária” (Quadro 04). Segundo Ter-Stepaian (1998) *apud* Oliveira *et al.* (2005, p. 364), o termo Antropógeno é proposto por Pavlov (1922), Gerasimov (1970) *apud*

Oliveira *et al.* (2005, p. 364), dando suporte ao Quaternário, denominando os eventos ocorridos nesse período, chamados de antropogênicos.

Quadro 4 - Ilustrações cronológicas propostas por Ter-Stepanin

Período	Época	Paisagens
Quinário	Tecnógeno	Tecnogênicas
Quaternário	Holoceno – 10.000a	Naturais
	Pleistoceno – 1,81Ma	

Fonte: Ter-Stepanin (1998); IUGS (1989); Salgado-Laboriau (1994) *apud* Oliveira *et al.* (2005)

Os efeitos da ação humana sobre o ambiente não são um registro recente, como pode ser observado acima no Quadro 4. Assim, diversos autores apresentam a mesma proposta sob diferentes óticas

[...] Antropoceno como uma nova época a partir da revolução Industrial. Em sua proposta estes autores fazem uma retrospectiva histórica do tema, considerando o termo Holoceno, para denominar a época geológica pós-glacial dos últimos 10 a 12 mil anos (CRUTZEM; STOERMER, 2000 *apud* OLIVEIRA *et al.*, 2014, p. 15).

Nesse intento, Oliveira *et al.* (2014), apresenta o Quadro 5, com a finalidade de comparar três propostas do tempo geológico.

Quadro 5 - Quadro comparativo do tempo geológico do tempo convencional e as propostas de Pavlov (1922), Ter-Stepaian (1998) e Crutzen ; Stoermer (2000)

EVENTOS	TEMPO HISTÓRICO	Tempo geológico Convencional (anos AP)		TEMPO GEOLÓGICO PROPOSTO (anos AP)			
				Pavlov (1922)	Ter-Stepanian 1(988)	Crutzen; Stoermer (2000)	
Revolução Industrial	Contemporâneo 1800	QUATERNÁRIO	Holoceno	150	Antropógeno	Transição para o Tecnógeno/ Quinário	Antropoceno
Revolução Agrícola	Neolítico		Holoceno	10.000			
Uso do fogo	Paleolítica		Pleistoceno	1,8M			
Ferramentas Líticas							

Fonte: Oliveira *et al.* (2014)

As propostas de tempo geológico estão pautadas no desempenho do homem sobre a morfogênese atual e as modificações que as ações humanas são capazes de aplicar sobre a biosfera, mostrando que as diversas formas de ação antrópica causam uma espécie de “ruptura” no equilíbrio do meio natural, dado que a intervenção humana é destrutiva. Dependendo

também das formas técnicas e sociais que são aplicadas na organização do espaço, definem a sua intensidade, podendo ser até mais atuantes que o clima (CAILLEUX; TRICART, 1965). Desse modo, a relação e a comparação dos processos naturais e processos antrópicos são inevitáveis. A exemplo disso, Oliveira (2005, p. 365) apresenta que

[...] apesar do período de existência do homem sobre a Terra ser insignificante em relação à história geológica, o determinante é a sua relação com os processos contemporâneos. No que diz respeito à intensidade dos processos, tem sido extensamente demonstrado que seus efeitos frequentemente superam os equivalentes naturais.

Portanto, a criação de depósitos tecnogênicos parte do princípio que o homem é um agente transformador da fisiografia da paisagem, mediante a formação de um novo modelado (relevo tecnogênico) pela transformação da fisiologia da paisagem (criação e modificação de processos geológicos superficiais) e formação de depósitos sedimentares correlatos (estratigráfico), sendo assim, a transformação do ambiente geológico pelo homem (PELOGGIA, 1997). Assim, foi estabelecido um quadro comparativo entre os processos naturais (ações e fatores geológicos) e tecnogênicos (ação do homem), representado no Quadro 6 (TER-STERPAIN, 1988 *apud* PELOGGIA, 1998).

Quadro 6 - Quadro comparativo de processos naturais aos tecnogênicos

Processos Naturais	Processos Tecnogênicos
Intemperismo físico	Desmonte de rochas em minas e construções
Formação de relevo	Modificação do relevo pela atividade minerária e construtivismo
Denudação	Escavações e transferências de solos
Acumulação de subaérea	Aterramentos
Erosão fluvial e acumulação subaquosa	Mudanças na distribuição de depósitos fluviais por estruturas hidráulicas
Formação de meandros (padrões fluviais gerais)	Retificação de rios
Formação de escorregamentos, quedas de blocos e corridas de lama em processos denudacionais de vertentes	Formação de escorregamentos, quedas e corridas devido à pressões neutras, escavações e sobrecarregamentos de taludes e encostas
Sedimentação	Formação de depósitos tecnogênicos

Fonte: Ter-Sterpain (1988) *apud* peloggia (1997).

Em 1998, Peloggia apresenta a relação entre formação de depósitos tecnogênicos com a classificação taxonômica das formas do relevo proposta por Ross (1992), dando ênfase ao sexto táxon que corresponde as pequenas formas do relevo – “ravinas, voçoroca, deslizamentos, corridas de lama, pequenos depósitos aluvionares de indução antrópica”. O homem é tratado,

de forma direta e indireta, como um fator de erosão e deposição, em que a intensidade varia de acordo com as manifestações naturais, como por exemplo, ravinamentos ou inundações (PELOGGIA, 2005).

Ao contrário do primeiro táxon, o sexto, trabalha com processos atuantes no relevo, também chamados de formas lineares, que são resultados dos processos erosivos ou depósitos recentes (Figura 6). A exemplo disso, ravinas, voçorocas, assoreamentos, marcas de deslizamentos, dentre outros. Nesse sentido, há uma questão pertinente, quanto a esse táxon, que são os processos morfogenéticos atuais, motivados pela ação antrópica, como corte, aterros, e outras ações impulsionados por esses processos.

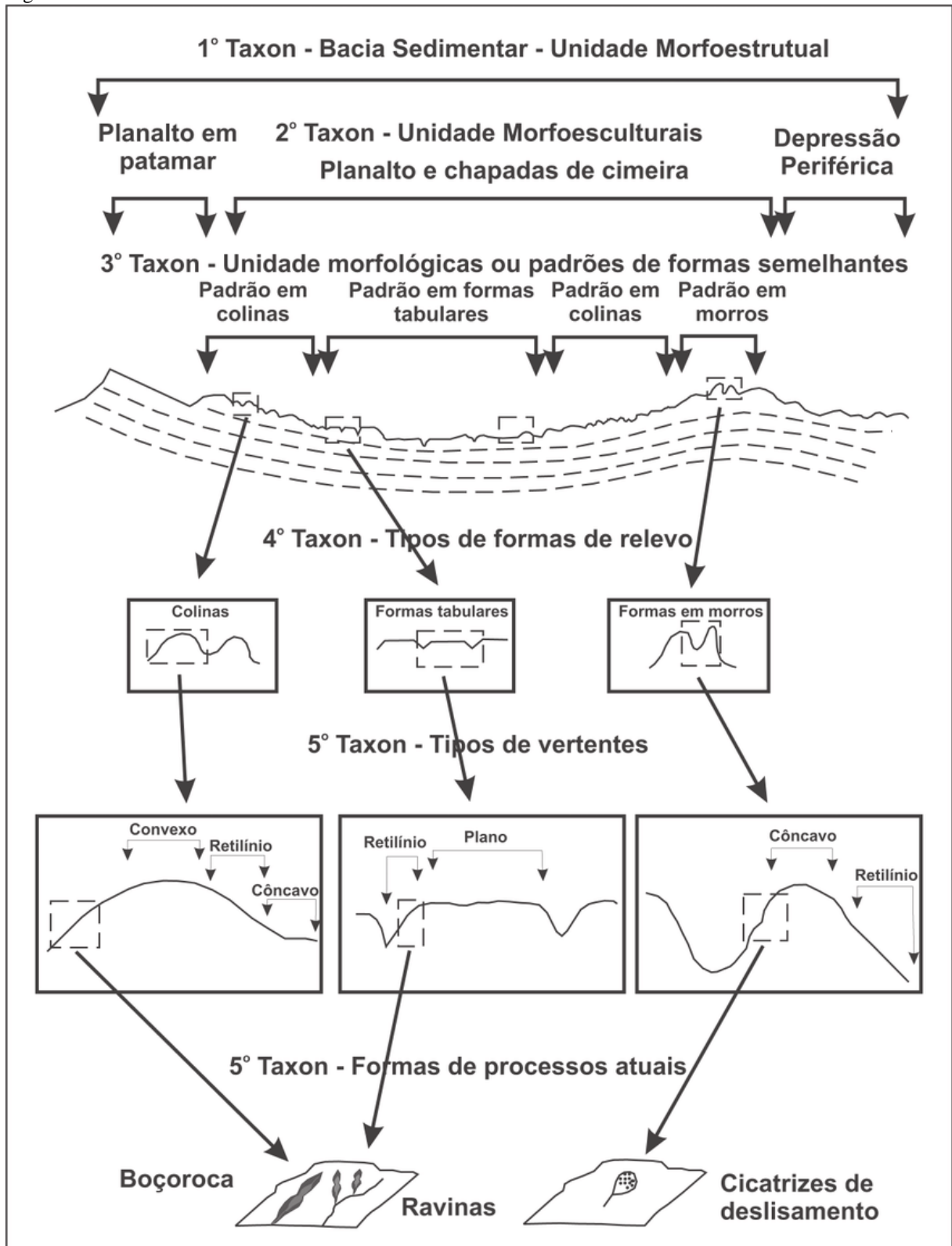
O homem é tratado de forma direta e indireta como um fator de erosão e deposição, em que a intensidade varia de acordo com as manifestações naturais, como por exemplo, ravinamentos ou inundações (PELOGGIA, 2005). Por conseguinte,

[...] a ação geomórfica do homem, ou morfotecnogênese, todavia, se dá concretamente sobre situações geológicas prévias, caracterizadas por um arcabouço constituído por formações pré-quadernárias e por uma estrutura superficial que inclui as porções superiores do regolito, as formações superficiais, os solos “pedogênicos”, os depósitos sedimentares não consolidados e, ainda mesmo, os próprios depósitos tecnogênicos. É sobre tal estrutura rasa da paisagem, caracterizada por um certo modelado de relevo e por alguns processos geológicos superficiais (ou de expressão superficial) determinados, inclusive pela ação biológica, em conjunto denominamos de ambiente geológico, que vão ser “esculpidos” os modelados tecnogênicos (PELOGGIA, 2005, p. 26).

Sendo assim,

[...] pode-se considerar, em síntese, que as formas de relevo tecnogênicas se expressam desde a posição inferior (sexto táxon), correspondente as formas menores, até formas de vertentes (quinto táxon) e mesmo, de acordo com a perspectiva, como de formas de relevo individualizadas (correspondentes ao quarto táxon) (PELOGGIA, 2005, p. 27).

Figura 6 - Unidades taxonômicas do relevo



Fonte: Ross (1992)

As formas de relevo apresentam-se muito diversificadas, sendo fundamental o uso de uma classificação, que depende de uma escala de análise, e qual a finalidade é um produto

cartográfico. A taxonomia desenvolve um importante papel na elaboração de produtos geológico-geomorfológico (PORTELA, 2018).

Assim, morfotecnogênese (formas ou feições tecnogênicas) de uma paisagem podem ou não sofrer processos tecnogênicos, divididos em dois tipos, o primeiro refere-se à “mobilização de material tecnogênico [...] terrenos rampados por terraplenagem ou vertentes ravinadas”. No caso das vertentes ravinadas, podem produzir corridas de lama (dependendo da intensidade de precipitação), causados pela supressão da cobertura vegetal, remoção de solos superficiais, além da intensidade de escoamento superficial da água, sendo denominados de processos tecnogênicos degradativos.

A ocorrência desses processos também pode influenciar na acumulação de materiais geológicos, por meios mecânicos ou correlativamente à degradação. Logo, diante da expressão geomórfica, o segundo tipo refere-se aos “aterros e morrotes artificiais e as planícies artificiais”. Assim sendo, “os materiais carreados das encostas dos processos erosivos” induzidos, preenchendo as bases das vertentes, além de assorear canais, desta maneira processos tecnogênicos agracionais (PELOGGIA, 2005). À vista disso, é importante destacar que:

A interação entre as atividades humanas e os processos originais do meio "natural" leva à configuração de uma realidade original e de expressivas consequências geológicas. Como vimos, os depósitos tecnogênicos são correlativos aos processos decorrentes das formas humanas de apropriação do relevo e, devido à originalidade desta determinação, sua época de existência por decorrência caracteriza um tempo geológico distinto (PELOGGIA, 1997, p. 263).

Destarte,

O cerne da Geologia o Tecnógeno, enquanto ramo do conhecimento geológico, encontra-se, portanto, além da consideração do estabelecimento das atividades humanas -e em particular a atividade essencialmente humana, a produção de seus meios de existência - sobre condições de relevos e substratos determinadas, encontra-se na consideração efetiva do homem como agente geológico; tal abordagem trata, portanto, do desvendamento da ontologia própria do período Quinário ou Tecnógeno (PELOGGIA, 1998, p. 38).

A ocorrência de depósitos tecnogênicos no Brasil possui uma relação com a aglomeração de pessoas em áreas urbanas, o desenvolvimento das técnicas da agricultura, principalmente no que tange à cafeicultura em São Paulo, no século XVIII, este último apontado por Ab'Saber (1965) pela alteração da paisagem como um problema de degradação ambiental causado pelo uso intensivo do solo. Essa problemática se reflete na bacia hidrográfica do rio Anil, além de gerar vários pontos de risco devido a degradação do ambiente.

4.2 Depósitos tecnogênicos: definições e classificações

Os depósitos tecnogênicos (antropogênicos ou antrópicos) são oriundos de uma classe de formação superficial gerada em decorrência da atividade geológica humana (PELOGGIA, 1999). Assim, nasce a necessidade de caracterizar os depósitos tecnogênicos, quanto ao registro geológico gerado pela atividade humana (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

Fanning e Fanning (1989) *apud* Peloggia (1998) apresentam a classificação dos solos altamente influenciados pelo homem, depósitos tecnogênicos urbanos, utilizando quatro categorias principais, de acordo com a constituinte do material. Portanto:

1 - Material Úrbico (do inglês *urbic*): trata-se de detritos urbanos, materiais terrosos que contêm artefatos manufaturados pelo homem moderno, frequentemente em fragmentos, como tijolos, vidros, concreto, asfalto, pregos, plásticos, metais diversos, pedra britada, componentes por exemplo de detritos de demolição de edifícios.

2 - Materiais Gábico (do Inglês *garbage*): são depósitos de material detrítico com lixo orgânico, de origem humana e que, apesar de conterem artefatos em quantidades muito menores que a dos materiais úrbicos, são suficientemente ricos em matéria orgânica para gerar metano em condições anaeróbicas.

3 - Materiais Espólicos (do inglês *spoil*): materiais terrosos escavados e redepositados por operações de terraplenagem em minas a céu aberto, rodovias ou outras obras civis. Incluiríamos aqui também os depósitos de assoreamento induzidos pela erosão acelerada. Seja como for, os materiais contêm muito pouca quantidade de artefatos, sendo assim identificados pela expressão geomórfica “não natural”, ou ainda por peculiaridades texturais e estruturas em seu perfil.

4 - Materiais Dragados “dragados”: materiais terrosos provenientes da dragagem de cursos d’água e comumente depositados em diques em cotas topográficas superiores à planície aluvial.

Dessa forma, associar a classificação quanto à sua gênese e constituição, possibilita envolver a maioria dos depósitos tecnogênicos comuns (PELOGGIA, 1998), o que Peloggia (1994) define de “coberturas remobilizadas”. Devido à quantidade e necessidade de classificar ambientes específicos de formação de depósitos tecnogênicos, Peloggia (1999), baseado nos autores Fanning e Fanning (1989), Oliveira (1990), Osovetskiy (1996) e Nolasco (1998), propõe uma classificação integrada, a qual consiste em analisar a aplicação dos parâmetros da gênese, composição, estrutura, forma de ocorrência e ambiente tecnogênicos. Sendo possível fazer uma classificação de acordo com os processos geradores do material constituinte – litologia, da localização e expressão do relevo.

As adaptações das classificações propostas de acordo com Peloggia (1999, p. 37-39), são, portanto:

- I) **Quanto à gênese:** a classificação tríplice proposta por Oliveira engloba depósitos tecnogênicos de primeira ordem ou geração, isto é, resultantes diretos de um certo processo tecnogênicos original e que não sofram modificações. Dessa forma, a categoria de depósitos *retrabalhados*, proposta por Nolasco, não tem o mesmo estatuto que as anteriores, por se referir a depósitos de segunda ordem ou geração. Ainda, se faz necessária a categoria adicional para englobar os depósitos resultantes de remobilização espacial de outros depósitos tecnogênicos quaisquer, formando-se novo depósito (também de segunda ordem, como por exemplo, um depósito de fundo de vale formado pelo escorregamento de um aterro nas cabeceiras);
- II) **Quanto à composição:** em primeiro lugar, abandona-se a categoria *dragados*, referente ao material constituinte, por ter conotado genética não referente à constituição e os depósitos serem passíveis de classificação na categoria de *espólicos*. Considera-se ainda que a adoção da categoria de depósitos *líticos* seja necessária para representar corpos tecnogênicos com predominância de blocos ou fragmentos rochosos, tais como enrocamentos. Já no que diz respeito principalmente aos depósitos induzidos, deve ser feita a diferenciação entre aqueles em que a influência humana se deu somente nos processos (erosão, transporte e deposição), sendo o material constituinte natural, e aqueles em que o próprio material constituinte é tecnogênico. Para os primeiros propõe-se a categoria *sedimentar*, indicando materiais que, por depositados por processos sedimentares acelerados ou induzidos pela ação humana ou ainda processos tecnogênicos análogos à sedimentação natural, apresentam características e estruturas usuais de sedimentos, e podem apresentar eventuais artefatos somente em pequena quantidade.
- III) **Quanto à estrutura:** de acordo com o molde de organização interna os depósitos tecnogênicos podem ser classificados em: *estratificados*, quanto mostram estruturas sedimentares resultantes de processos naturais ou artificiais; *acamados*, quando se identificam sobreposições de horizontes, de características distintas ou não; *em células*, como no caso de aterros sanitários; *maciços*, quando as características e a distribuição do material são homogêneas, sem estruturação interna; *irregulares*, quando há arranjo geometricamente aleatório de materiais da características distintas;
- IV) **Quanto à forma de ocorrência:** algumas situações particulares de ocorrência de depósitos tecnogênicos podem ser comparadas as formas de ocorrência de depósitos naturais, como por exemplo aquelas análogas aos colúvios (as coberturas remobilizadas) e aluviões (os depósitos de assoreamento). No entanto, formas originais também são registradas, sem análogos naturais, como os maciços isolados e os lenções de aterramento (amplas superfícies recobertas por depósitos pouco espessos, em geral antigas várzeas);
- V) **Quanto aos ambientes tecnogênicos,** incluiríamos a notação *periurbanos* como complemento de ambientes urbanos.

A proposta final da classificação de depósitos tecnogênicos pode ser observada no Quadro 7.

Quadro 7 - Classificação integrada dos depósitos tecnogênicos

Parâmetro	Gênese	Composição	Estrutura	Forma de ocorrência	Ambientes
	1ª ORDEM				
Depósito Tecnogênico (d.t.)	Construídos ^A	Úrbicos ^C	Estratificados	Maciços isolados	Industriais ^B
	Induzidos ^A	Gárbicos ^C	Em camadas	Lençóis de	Mineiros ^B
	Modificados ^A	Espólicos ^C Líticos	Em células	Aterramento	Urbanos ^B e periurbanos
			Maciços	Coluviformes	Rurais ^B
			Irregulares	Aluviformes	
2ª. ORDEM					
	Retrabalhados ^B	Sedimentares			
	Remobilizados	Tecnogênico-aluviais ^D			

Fonte: Fanning; Fanning (1989), Oliveira (1990), Osovetskiy (1996) e Nolasco (1998), *adaptado* de Peloggia (1999)

Diante da classificação de depósitos tecnogênicos e as analogias com os depósitos naturais, levando em conta o grau de interdependência da situação externa, mesmo a ação humana como o principal responsável pela formação desses depósitos tecnogênicos, outros fatores devem ser analisados como intervenientes, a exemplo disso, a hipsometria e a declividade, que contribuem para o arraste de sedimentos e materiais manufaturados, somados aos elementos climáticos (SILVA, 2012).

Dado isso, novas propostas foram surgindo a partir da classificação integrada dos depósitos tecnogênicos proposta por Peloggia (1999), espaços para uma nova proposta de classificação foram surgindo incluindo a geodiversidade dos terrenos tecnogênico, está, portanto mais atual, integrando conceitos de terrenos artificiais britânicos, por eles desenvolvidas, com os conceitos usados no Brasil, desde a década de 1990, introduzindo assim uma nova classificação integrada, conforme apresentado no Quadro 8 (PELOGGIA, 2014; PELOGGIA *et al.*, 2018).

Quadro 8 - Classificação de terrenos tecnogênicos para mapeamento geológico-geomorfológico

CLASSIFICAÇÃO DE TERRENOS TECNOGÊNICOS (ANTROPOGÊNICOS) PARA MAPEAMENTO GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICO						
CLASSE	Categoria Geológica		TIPO	CAMADA OU FEIÇÃO TECNOGÊNICA		
Terreno Tecnogênico de Agradação	Formações superficiais antropogênicas	Depósitos Tecnogênicos	Terreno produzido	Terreno aterrado	Depósitos tecnogênicos construídos	
				Terreno acumulado	Camadas tecnogênicas culturais (de ocupação, construção ou destruição) acumuladas sucessivamente.	
			Terreno Preenchido (2)			Depósitos tecnogênicos construídos recobrimdo terreno escavado
			Terreno Tecnogênico sedimentar	Aluvial	Depósitos tecnogênicos induzidos de fundos de vale	
				Coluvial	Depósitos tecnogênicos induzidos de vertentes	
			Terreno Tecnogênico de escorregamento			Depósitos tecnogênicos induzidos criados por movimento de massa
			Terreno Tecnogênico remobilizado			Depósitos tecnogênicos formados por remobilização de depósitos tecnogênicos preexistentes
Terreno Tecnogênico misto			Depósitos tecnogênicos construídos, induzidos ou remobilizados formando pacote indiferenciado			
Terreno Tecnogênico Modificado		Solos Tecnogênicos	Terreno de composição alterada	Solos naturais com incorporação de contaminantes químicos ou material orgânico		
			Terreno geomecanicamente alterado	Solos naturais compactados ou revolvidos		
Terreno Tecnogênico de degradação	Substrato Exposto ou Movimentado		Terreno erodido	Cicatrices de erosão criadas por processos induzidos		
		Terreno Escorregado	Cicatrices de escorregamentos criadas por processos induzidos			
		Terreno Movimentado ou afundado (3)	Depressões de subsidência criadas por processos induzidos			
		Terreno Escavado (4)	Superfícies de escavação			
Terreno Tecnogênico complexo	Paisagem Tecnogênica		Terreno Complexo (5)	Terrenos formados pela agregação ou sobreposição complexa de depósitos ou solos tecnogênicos ou superfícies de exposição de substrato, não diferenciáveis na escala de mapeamento adotada.		
A ocorrência de processos posteriores que afetam a configuração ou composição dos terrenos tecnogênicos (com o erosão, movimentação de massa, presença de água subterrânea ou formação de solos por pedogênese) deverá ser acrescida ao tipo de terreno com termos descritivos apropriados.						

Fonte: Peloggia (2017), modificado de Peloggia et al. (2014), Peloggia (2015) e Vitorino et al. (2016). As seguintes categorias provêm da classificação de terrenos artificiais do Serviço Geológico Britânico: (1) made ground; (2) infilled ground; (3) disturbed ground (4) worked ground; (5) landscaped ground (MCMILLAN; POWELL, 1999; ROSEMBAUM et al., 2003; PRICE et al., 2004; PRICE et al., 2011; WATERS, 2018) *apud* Peloggia et al. (2018).

De acordo com o Quadro 8, esses terrenos tecnogênicos ou artificiais ou antropogênicos, consistem por algumas porções do território transformados pela atividade geológica humana, seja de forma direta ou indireta, através de processos de agradação, acumulação de material ou degradação, remoção de material, podem ocorrer de várias formas, bem como as formas básicas de relevo tecnogênico (Quadro 9) evidenciando seu caráter morfoestratigráfico da classificação (PELOGGIA *et al.*, 2018).

Quadro 9 - Classificação das formas de relevo tecnogênicas

FORMAS BÁSICAS DE RELEVO TECNOGÊNICAS		
CATEGORIA	GÊNESE	TIPOS COMUNS
Formas agradativas	Superfícies geomórficas produzidas por processos de elevação topográfica devido à acumulação de material, notadamente aterramento, ou pela intensificação da deposição de sedimentos	(1) Formas deposicionais sedimentares. (2) Aterros em geral.
Formas degradativas	Superfícies geomórficas produzidas ou modificadas pela remoção de material geológico: diretamente por ação mecânica humana ou indiretamente pela intensificação da erosão, ou mesmo pela erosão natural agindo sobre depósitos tecnogênicos antigos.	(1) Superfícies naturais que sofreram processos de erosão acelerada induzidos. (2) Superfícies diretamente escavadas.
Formas movimentadas	Superfícies e sistemas geomórficos alterados topograficamente por movimentação in situ de material geológico devido a processos tecnogênicos superficiais ou subterrâneos.	(1) Superfícies naturais que sofreram processos de subsidência ou colapso. (2) Padrões fluviais modificados.

Fonte: Peloggia *et al* (2018) *adaptado* de Peloggia *et al.* (2014b).

Cada tipo de terreno de agradação, constituído por depósitos tecnogênicos, foi detalhado conforme a classificação integrada de depósitos tecnogênicos proposta por Peloggia (1999), de acordo com as formas básicas de relevo tecnogênico, Peloggia *et al.* (2018), faz uma associação à classificação faciológica (Quadro 10).

Quadro 10 - Classificação faciológica de depósitos tecnogênicos

CLASSIFICAÇÃO DE FÁCIES EM CAMADAS TECNOGÊNICAS	
Regra de aplicação: a classificação faciológica do depósito resulta da conjunção do material constituinte com a estrutura: (A) + (B)	
Tipo de material (A)	Composição do depósito
Úrbico	Materiais terrosos com artefatos (tecnofósseis), frequentemente em fragmentos, entulhos e detritos urbanos em geral.
Gárbico	Material detrítico com quantidade significativa de lixo orgânico.
Espólico	Material proveniente de escavação do manto de intemperismo, eventualmente com material rochoso subordinado.
Sedimentar	Material sedimentar, frequentemente com clastos tecnogênicos de qualquer granulação, e eventualmente tecnofósseis.

Lítico	Material rochoso de granulação diversa, eventualmente com material terroso subordinado.
Estrutura (B)	Características do modo de organização interna do depósito
Estratificada	Estruturas resultantes de processos sedimentares.
Acamadada	Sobreposições de camadas de características distintas ou não.
Maciça	Material com distribuição e características homogêneas.
Irregular	Arranjo aleatório de materiais de características distintas.
Celular	Porções justapostas constituídas por materiais distintos.

Fonte: Peloggia (2017) e Vitorino et al. (2016), com base em Peloggia (1999) e Fanning; Fanning (1989) *apud* Peloggia *et al.* (2018).

Os critérios dessa classificação devem ser levados em consideração, pois na maioria dos casos o mapeamento geomorfológico de paisagens ou terrenos tecnogênicos apresenta os mesmos problemas. Uma delas está relacionada às questões taxonômicas do relevo propostas por Ross (1992) ou, em outras palavras, a relação entre a escala de mapeamento e as dimensões dos possíveis objetos apresentados pela generalização cartográfica (PELOGGIA *et al.*, 2014).

Ross (1992) propõe uma classificação taxonômica de relevo, dividindo em seis táxons. E comparar as formas de relevo produzidas pela ação humana com essas categorias de relevo, é possível considerar a ocorrência das formas de relevo tecnogênicas do sexto ao quarto táxon (PELOGGIA, 2005). Contudo, há uma diferença, a classificação de Ross revela um forte elo genético entre as grandes estruturas e as formas menores (PELOGGIA *et al.*, 2014). Já, no caso específico dos acidentes geológicos tecnogênicos (PELOGGIA, 2005), os menores não têm relação genética com os maiores, na geração de processos, há um condicionamento espacial ligando a forma dos depósitos tecnogênico com os compartimentos naturais de relevo, pois a ação geológica-geomorfológica humana ocorre sobre a antigas formas naturais de relevo (PELOGGIA *et al.*, 2014).

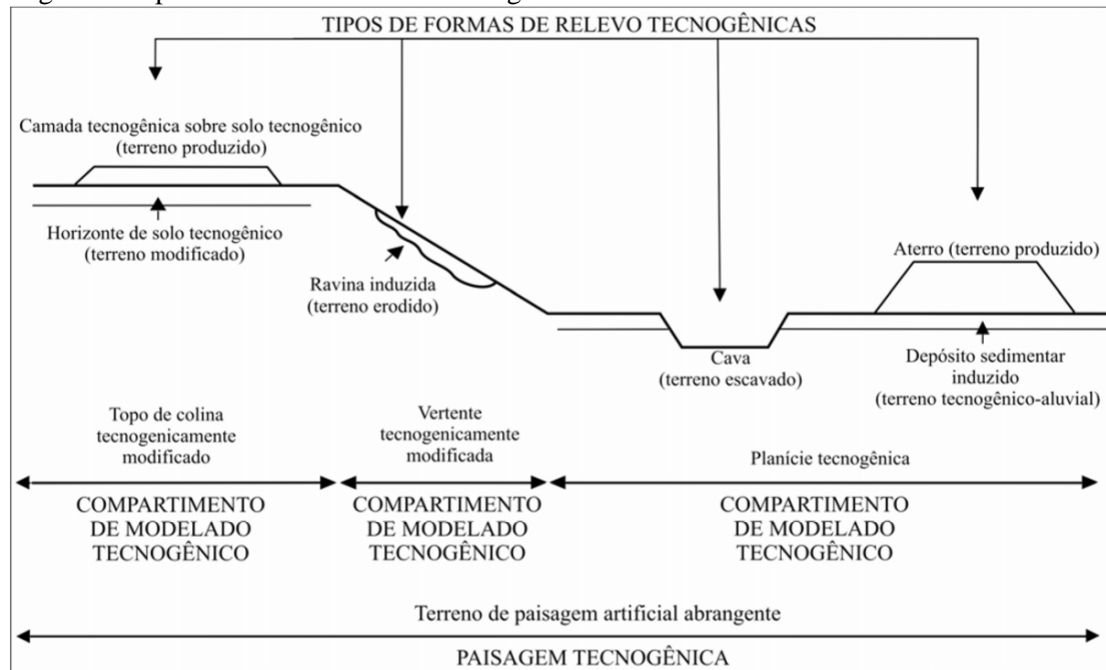
Portanto, as formas de relevo tecnogênico podem ser consideradas como a categoria taxonômica básica (Quadro 11 e Figura 7). Os próprios terrenos tecnogênicos são definidos por superfícies terrestres tecnogênicas (relacionadas à escavação, aterro, erosão ou preenchimento sedimentar). As formas de terrenos tecnogênicas são configurações de vários tipos de relevo tecnogênicos de origem que se ajustam a uma forma de relevo específica encontrada em uma determinada área. As paisagens tecnogênicas consistem em grandes áreas transformadas pela ação geomorfológica humana, que incluem formas de relevo geradas por todos os quatro processos genéticos da superfície terrestre.

Quadro 11 - Proposta de classificação taxonômica do relevo tecnogênico

TAXON GEOMORFOLÓGICO TECNOGÊNICO	1.PAISAGENS TECNOGÊNICAS	2. COMPARTIMENTOS DE MODELADO TECNOGÊNICO	3.TIPOS DE FORMAS DE RELEVO TECNOGÊNICAS E SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS RELACIONADAS
Conceito	Áreas amplas com extenso e típico relevo transformado ou produzido pela ação humana	Conjuntos de formas de relevo tecnogênicas associados a compartimentos de relevo naturais	Formas de relevo agradacionais, degradacionais ou movimentadas definidas por diferentes tipos genéticos de superfícies tecnogênicas (de escavação, aterramento, sedimentação ou erosão)
Exemplos	Paisagens urbanas, minerárias ou rurais de terrenos artificiais, extensos terrenos ravinados, etc.	Planícies tecnogênicas, topos de colinas ou vertentes modificadas por processos tecnogênicos	Aterros, terraços tecnogênicos, ravinas de induzidas, cavas de mineração
Relação com a classificação taxonômica das formas de relevo (1)	3° táxon de Ross (unidades morfológicas ou padrões de formas)	3° táxon de Demek (tipos de relevos) *** 5° táxon (tipos de vertentes) e 4° táxon (tipos de formas de relevo de Ross)	1° e 2° taxa Demek (superfícies geneticamente homogêneas e formas de relevo) *** 6° táxon de Ross (formas de processos atuais)
Terrenos tecnogênicos (artificiais) associados (2)	Terrenos de paisagens artificiais que constituem partes do Antropostroma	Conjuntos de terrenos artificiais relacionados a um ou mais tipos de forma de relevo tecnogênica	Categorias específicas de terrenos tecnogênicos agradativos, degradativos. Modificados e mistos
Escalas de referência de mapeamento (4)	Mapas de reconhecimento e Mapas regionais (escalas 1:25.000 e maiores)		Mapas de detalhe (1:10.000 ou maiores) e especializados (1:2.500 e maiores)

Fonte: Conforme Ross (1992), baseada na classificação de terrenos artificiais do Serviço Geológico Britânico, modificada, no sentido proposto por Passerini (1984), nomenclatura utilizada por Barnes; Lisle (2004), apresentado por Peloggia *et al.*, 2018.

Figura 7- Tipos de formas de relevo tecnogênico



Fonte: Conforme Ross (1992), baseada na classificação de terrenos artificiais do Serviço Geológico Britânico, modificada, no sentido proposto por Passerini (1984), nomenclatura utilizada por Barnes; Lisle (2004), apresentado por Peloggia *et al.*, 2018.

Portanto, foi exposta a proposta de classificação da formação de superfícies e, por último, um quadro com as formas de relevo atual, que resumem a modificação da paisagem natural por meio da intervenção antrópica de forma direta e indireta, formando assim, depósitos tecnogênicos. Nessa perspectiva, a modificação das paisagens está ligada, segundo Rohde (1996, p. 127) à:

[...] expansão dos sistemas urbanos será presumivelmente acelerada até que a degradação ambiental e a escassez de recursos atuem como barreiras naturais. A necessidade da contenção do crescimento do antropostoma e de controle do seu desenvolvimento nas suas trocas letais em relação aos seres humanos consiste possivelmente no próximo grande desafio para o potencial evolutivo humano.

Nesta pesquisa, trabalha-se com o conceito de depósitos tecnogênicos propostos por Fanning e Fanning (1989) *apud* Peloggia (1997).

5 CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL PARA IDENTIFICAÇÃO DE TERRENOS TECNOGÊNICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ANIL

Os aspectos geoambientais da Ilha do Maranhão são marcantes e o rio Anil está situado na porção Noroeste e faz parte de um grande sistema estuarino, além da situação e localização geográfica estratégica, onde é denominado de Golfão Maranhense. Há uma articulação transicional entre o Litoral Amazônico e o Litoral Nordeste-Setentrional que existem vários sistemas de drenagem, um deles o rio Anil, com desembocadura a Noroeste da Ilha do Maranhão, na Baía de São Marcos. Assim, a geologia, a geomorfologia, os solos, o clima, a hidrografia e o uso e ocupação fazem parte indissociável desse sistema, que atualmente onde ocorre a formação de depósitos tecnogênicos, que é resultado das interferências antrópicas no meio físico.

5.1 Geologia

A Geologia, pode ser considerada a “infraestrutura” do Planeta, devido aos seus materiais - rochas e minerais - que passam por diferentes transformações, seja no seu ciclo natural ou influenciado pela ação antrópica. Assim, aumentando a necessidade por estudar as características geológicas de uma determinada área, cresceram nas últimas três décadas, tendo em vista à sua importância para a compreensão da dinâmica ambiental. Causados pela interferência direta e indireta do homem e suas técnicas no meio físico, somados à necessidade de projetar diversas formas de uso e ocupação do solo (PORTELA, 2018). Assim, faz-se necessário traçar um perfil geológico da Ilha do Maranhão, com o intuito de identificar as principais feições geológicas presentes na bacia do Rio Anil, frente às diversas formas de apropriação e uso do relevo.

Composto por rochas sedimentares e sedimentos em todo seu território, o estado do Maranhão dispõe ainda de rochas ígneas e metamórficas na porção noroeste. As rochas sedimentares e sedimentos são fragmentos de rochosos, originários de rochas preexistentes, que se acumulam em depressões superficiais terrestre, as bacias sedimentares. Quanto às rochas ígneas, formadas a partir de material fundido a grandes profundidades, em casos excepcionais, atravessam a superfície do planeta – vulcões. No que tange às rochas metamórficas, são definidas pelas alterações físico-químicas em seu estado sólido (transformações minerais) (CPRM, 2013; SOUSA, 2021).

É sobre a Plataforma Sul-americana que estão assentadas as bacias sedimentares (intracratônicas, costeiras e interiores), as quais foram consolidadas em áreas anteriormente deprimidas e sujeitas à subsidência de material clástico sob diversas fases pretéritas com seus climas, suas condições geográficas e seus ambientes de deposição correspondentes (SUGUIO, 2003).

Submetido a vários regimes tectônicos, o território natural maranhense tem apresentado longos momentos de estabilidade deformacional dúctil (dobramentos) durante todo o Cenozóico, porém com grande incidência de retomada geotectônica de linhas de falhas, sobretudo após os eventos mesozoicos de reativação tectono-estrutural (ALMEIDA, 1967). Esses falhamentos, que estiveram relacionados a regimes tectônicos distensivos, foram responsáveis pela configuração das geoformas atuais. No entanto, seus efeitos epirogenéticos, por exemplo, auxiliaram na configuração de altos estruturais e na retomada de linhas de falhas normais e transcorrentes, por exemplo (SUGUIO, 2010).

Dessa forma, pode-se afirmar que a tectônica regional ainda pode estar em atividade, o que pode representar episódios epirogenéticos (soerguimentos e rebaixamentos) no território em questão, conforme já indicava Ab'Sáber (1960).

Em termos de megaestrutura, a Ilha do Maranhão está situada sobre a macroforma estrutura da bacia Sedimentar Costeira de São Luís, relacionada aos episódios de rifteamento da Placa Sul-americana durante os eventos do Jurássico-Cretáceo (aproximadamente entre 150 – 140 M.A.5).

Ao Norte do litoral brasileiro, o Golfão Maranhense possui características peculiares em geodiversidade, por fazer parte de uma das três maiores articulações geográficas (anteriormente denominadas de acidentes) deste setor, de acordo com Ab'Saber (1960 p. 2).

[...] os grandes acidentes encontrados em nossa costa norte, o Golfão Maranhense constitui uma espécie de ampliação das costas de rias existentes na faixa terciária do nordeste do Maranhão, possuindo, porém, uma série de caracteres geológicos e morfológicos que o individualizam e o diferenciam dos outros casos (AB'SABER, 1960 p. 2).

Sua área de extensão, o número de cursos d'águas que ali se concentram e a disposição *sui generis* de seus elementos de relevo denotam aspectos bem complexos, tanto em relação à estrutura regional quanto em face da evolução geomórfica. [...] em São Luís vamos encontrar uma ilha constituída por extensa e relativamente elevada plataforma de sedimentos terciários (AB'SABER, 1960 p. 2).

A Ilha do Maranhão está situada na porção setentrional do Golfão Maranhense, parte complementar da Bacia Costeira de São Luís, formada por rifteamento durante o Cretáceo (Eocretáceo-Albiano). Limita-se a norte pela plataforma continental, a sul pelos Altos

Estruturais Arco Ferrer - Urbano Santos, disposto aproximadamente E-W, a leste pelo Horst de Rosário e a oeste pelo Arco de Tocantins (PEREIRA, 2006).

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 (SILVA, 2012).

De modo geral, os ciclos de deposição sucederam para a formação de várias camadas, onde são dispostas de maneira horizontal pouca declividade ao Norte, resultando em uma topografia tabular/subtabular (GEPLAN, 2002).

O grupo Barreiras e as formações Itapecuru e Açuí fazem parte das litoestratigráficas da Ilha do Maranhão. O primeiro, sendo amarelo e/ou vermelho (cores marcantes), pode variar de acordo com o local, com a presença de arenitos, como os caulínicos com lentes de folhelhos (GEPLAN, 2002; SOUSA, 2021).

A formação Itapecuru devido aos processos de laterização, com perfil pouco evoluído, com espessura de 3 a 4 m, caracterizando uma cobertura detrítico/laterítica, pode ser apeada por sedimentos flúvio lacustres holocênicos das amplas planícies de inundação (PEREIRA, 2006).

Já a formação Açuí, de acordo com Freire e Dias (2006), apresentam como sendo sedimentos argilo-arenosos, presente em quase toda a Ilha do Maranhão, originário do quaternário, tendo como origem entre o Pleistoceno e o Holoceno, apresentando características de coloração “cinza, bastante plástica, maciça, salobra, adensada, podendo conter alguma areia fina disseminada”.

Desse modo, as unidades estratigráficas da Ilha dispostas no Quadro 12 esclarecem algumas informações a respeito da litologia e superficiais do grupo Barreiras, do período Terciário e a formação Itapecuru do período Cretáceo, que se estendem por toda a região Norte do Maranhão. Frente às análises das unidades estratigráficas da Ilha do Maranhão, a bacia hidrográfica do rio Anil é contemplada por todas estas unidades. É importante destacar que a formação Açuí, originada no Quaternário, tem como características principais os depósitos aluvionares coluvionares e depósitos de mangue na área de estudo, de ser possível observar a transição e formação de depósitos tecnogênicos (período atual – Quinário), sobre dois aspectos diferenciados: Agradação e Degradação, influenciado pela atividade do homem na produção do espaço.

Quadro 12 - Coluna estratigráfica proposta para Ilha do Maranhão

ÉON	ERA	PERÍODO	ÉPOCA	IDADE	UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	SEQUÊNCIA DEPOSICIONAL						
		Quinário	Tecnogêno		Tecnogênico	Fanning e Fanning (1989) <i>apud</i> Peloggia (1997)						
FANEROZÓICO	CENOZÓICO	Quaternário	Holoceno		Sedimentos Pós-Barreiras (Q)	Sucessão 3 Sucessão 2 Sucessão 1	Rossetti et al. (2013b)					
			Pleistoceno									
		Neógeno	Piloceno					Paleossolo laterítico	DS4	Rossetti (2000)		
			Mioceno		Neo	Grupo Barreiras (ENb)					Formação Barreiras Média e Superior	Unidade 3
					Meso						Paleossolo laterítico	DS3
		Eo			Formação Barreiras Inferior			Unidade 2 DS2 + RS				
		Paleógeno	Oligoceno		Neo	Formação Pirabas		Unidade 1				
					Meso							
					Neo							
		Eoceno	Paleossolo laterítico/ bauxítico		DS1							
	Paleoceno											
	MESOZÓICO	Cretáceo	Superior	Maastrichtiano	Rossetti e Truckenbrodt (1997)	Grupo Itapeuru (K12 it)	Formação Cojupe	S3	Rossetti (2001a)			
				Campaniano								
				Santoniano			Formação Alcântara			e		
				Coniaciano								
				Turoniano			Unidade diferenciada			d		
			Cenomaniano									
			Inferior	Albiano			Neo	Formações Codó/Grajaú		S1		
							Meso					
				Eo			S2					
Aptiano				Neo								

Fonte: Sousa (2021), adaptado por Portela (2022).

5.2 Geomorfologia

O estado do Maranhão, caracterizado por um relevo de baixas superfícies de aplainamento, em meio a extensas planícies fluviomarinhas, baixos platôs e chapadas (CPRM, 2013), apresenta uma diversidade em suas formas de relevo.

Ao litoral maranhense, enquadra-se como relevo de planícies e tabuleiros litorâneos, as planícies correspondem às áreas planas geradas por deposição de sedimentos recentes quer sejam de origem marinha, lacustre ou fluvial, onde predominam os processos agradacionais. Essas planícies estão associadas a depósitos recentes do Quaternário, mais precisamente no Holoceno (ROSS, 1985). As superfícies tabulares podem ser estruturais (controladas pelo acomodamento dos estratos sedimentares) ou, por vezes, erosivas, truncadas por distintas fases de aplainamento (CPRM, 2013).

A Ilha do Maranhão, está inserida na porção central do Golfão Maranhense sendo a maior reentrância do litoral do estado, fazendo parte de um complexo sistema estuarino que contém baías. Desde a sua formação, o Golfão Maranhense passou por diversas mudanças fisionômicas relacionadas às mudanças do nível do mar e aos processos tectônicos (AB'SABER (1960); CPRM (2020):

Em síntese, houve o soerguimento da faixa litorânea, no Plioceno, implicando em superimposição da rede de drenagem e erosão das unidades geológicas mais antigas, seguido por um novo soerguimento, com retomada de erosão e aprofundamento dos vales a um nível mais inferior (CPRM, 2020, p.31).

O Golfão maranhense, faz parte do domínio morfoescultural, sendo dividido em dois subcompartimentos, os relevos denudacionais e os agradacionais (ROSS, 1992; SILVA, 2012; SOUSA 2021). As unidades morfoestruturais, baseadas na classificação taxonômica do relevo propostas por Ross (1992), condiz com o táxon maior onde se definem através dos “tipos genéticos de agrupamentos de litologia e seus arranjos estruturais”, por sua vez implicam nas formas de relevo, Silva (2012) e Sousa (2021) também se apoiam nesses trabalhos para justificar suas teses.

A definição de morfoestrutura das formas de relevo da superfície e do fundo oceânico estão relacionados com os movimentos da crosta terrestre. O segundo táxon, ajusta-se aos conjuntos de formas de relevo, que preservam as mesmas características tanto de idade como de semelhanças em seus modelados. O terceiro e o quarto táxon, também apresentam unidades de padrões de formas semelhantes e tipos de formas de relevo, com morfologias agradacionais, que correspondem as planícies fluviais ou marinhas, terraços. Assim, no quinto táxon, onde

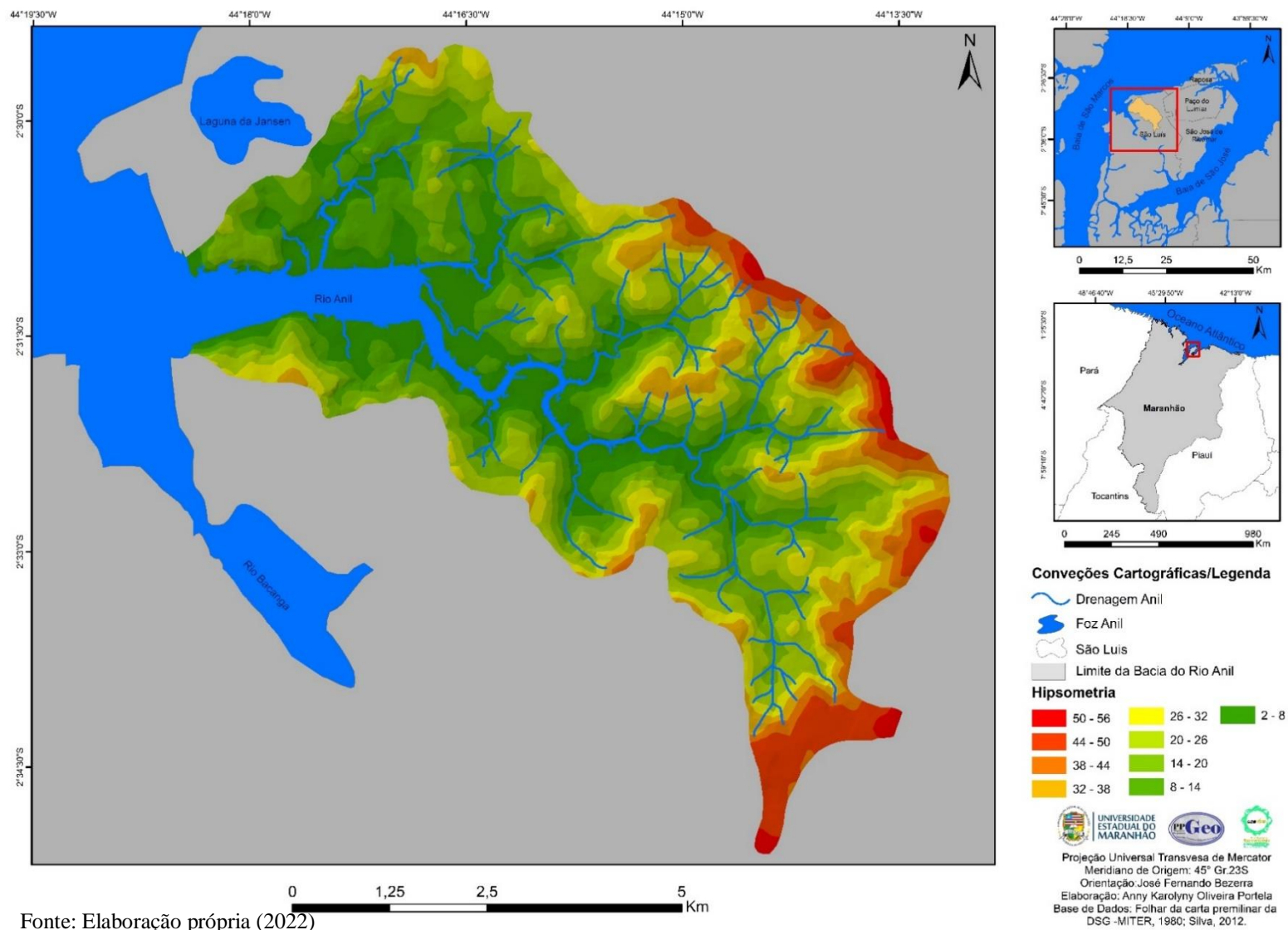
estão enquadrados os tipos de vertentes, encontram-se as formas de processos atuais naturais e antrópicos (feições erosivas e de acumulação) (ROSS, 1992; CASSETI, 2005; SILVA, 2012).

O antagonismo de forças endógenas e exógenas da Ilha do Maranhão, estão relacionadas aos índices de altitude, que são definidos a partir da interpretação de cartas topográficas. Os maiores índices altimétricos, localizam-se na porção central da Ilha do Maranhão, tendo como morfologia os tabuleiros, que apresentam as altitudes de 50 a 65 m, tornando-se assim um divisor de águas das bacias hidrográficas e com morfologias mais baixas à medida que se aproxima da linha da costa (SILVA, 2012) e (SOUSA, 2021).

Para melhor interpretação das formas de relevo da hidrografia do rio Anil, é necessário analisar a altimetria da área de estudo a uma divisão com nove classes, variando de acordo com os índices altimétricos. Essas definições de índices estão ligadas com intervalos de 2 (dois) metros, sendo que a delimitação da bacia hidrográfica do rio Anil tornou-se imprescindível, com o auxílio das cartas DSG – MINTER 1980. Quanto à distribuição das classes hipsométricas, a área de pesquisa encontra-se inserida entre os intervalos de 0 a 58 metros de altitude, os valores podem ser observados no Figura 8.

Na bacia hidrográfica do rio Anil, é possível observar com facilidade a organização das drenagens em direção ao canal principal, de padrão meandrante, já não são apenas controladas por agentes naturais como falhas, fraturas, índices altimétricos, declividades e formas de relevo, pois hoje possível perceber outro agente controlador, o homem. Pois encontra-se em sua grande parte, tem centros comerciais, conjuntos habitacionais, áreas de recarga de aquíferos impermeabilizadas, que favoreceu para o rebaixamento do lençol freático e em algumas áreas as laminais d'água dos seus afluentes são vistos apenas no período chuvoso.

Figura 8 - Hipsometria da bacia hidrográfica do rio Anil

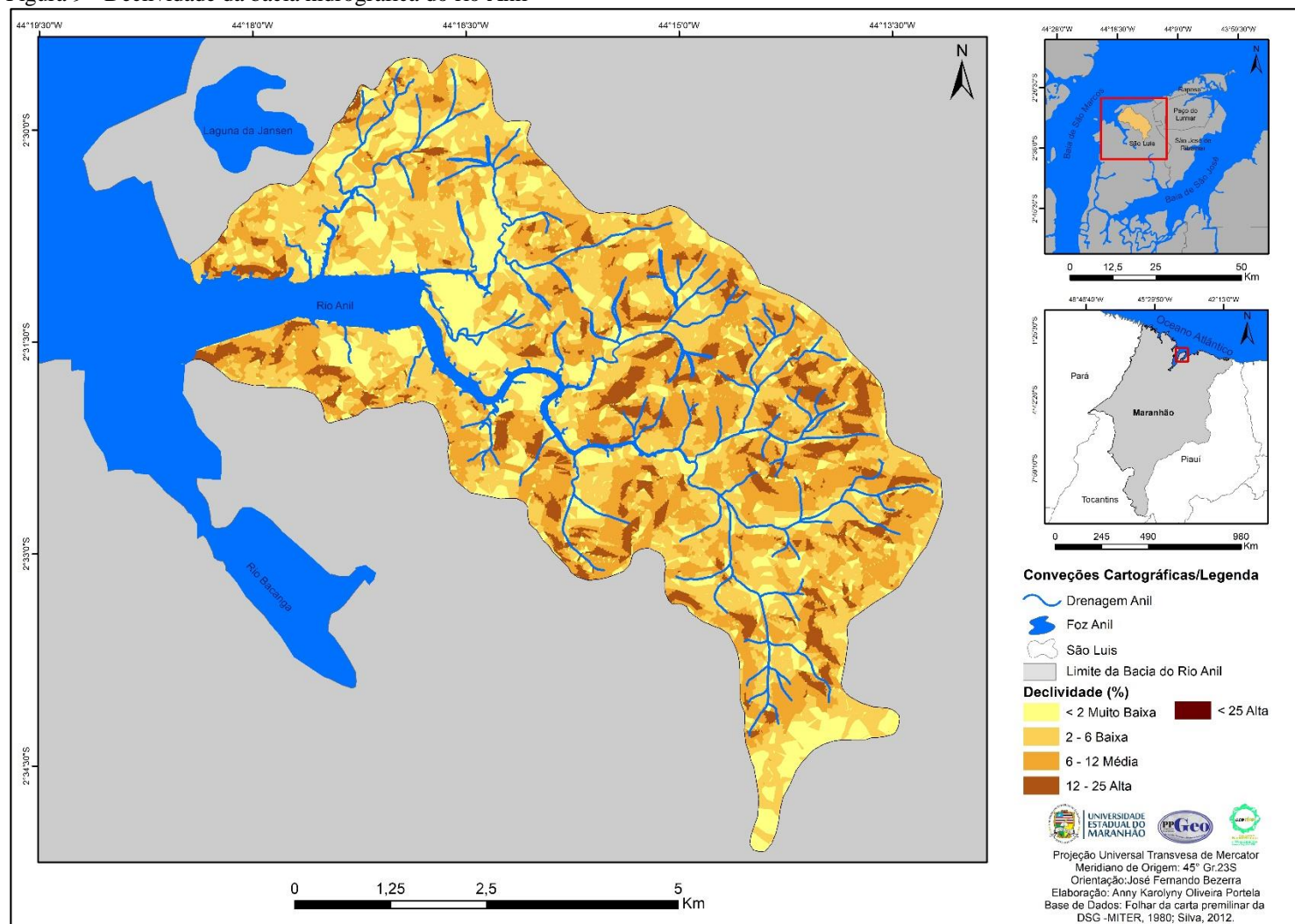


Fonte: Elaboração própria (2022)

As unidades morfológicas ou os padrões e formas da área de estudo são influenciados pela altimetria e declividade (FIGURA 9), na qual podem ser observadas duas compartimentações, uma com predominância de declividades variando de 0 a 6% e a outra com poucas incidências variação não superior a 25%, divididos em 6 (seis) classes, com variação de 0 a 25%. Portanto, os processos controladores (principalmente as voçorocas, ou seja, terrenos induzidos) na área interferência direta da declividade. Levando em consideração a altimetria, declividade e observação em campo, é possível observar que as formas dos processos atuais naturais ou induzidos pela ação antrópica se enquadram no 6º táxon da classificação taxonômica proposta por Ross (1992).

Diante disso, os índices de declividade somados aos altimétricos são capazes de contribuir para determinar a organização e o planejamento ambiental e urbano, já que a área de estudo se encontra dentro do perímetro urbano de São Luís, e as intervenções do homem no ambiente influencia em três aspectos de distribuição da água, no escoamento superficial, fluxo nos canais de drenagem e as águas subterrâneas, esses recebem interferência direta e indireta, com a ressalva de que existe outros processos envolvidos nesse sistema.

Figura 9 - Declividade da bacia hidrográfica do rio Anil



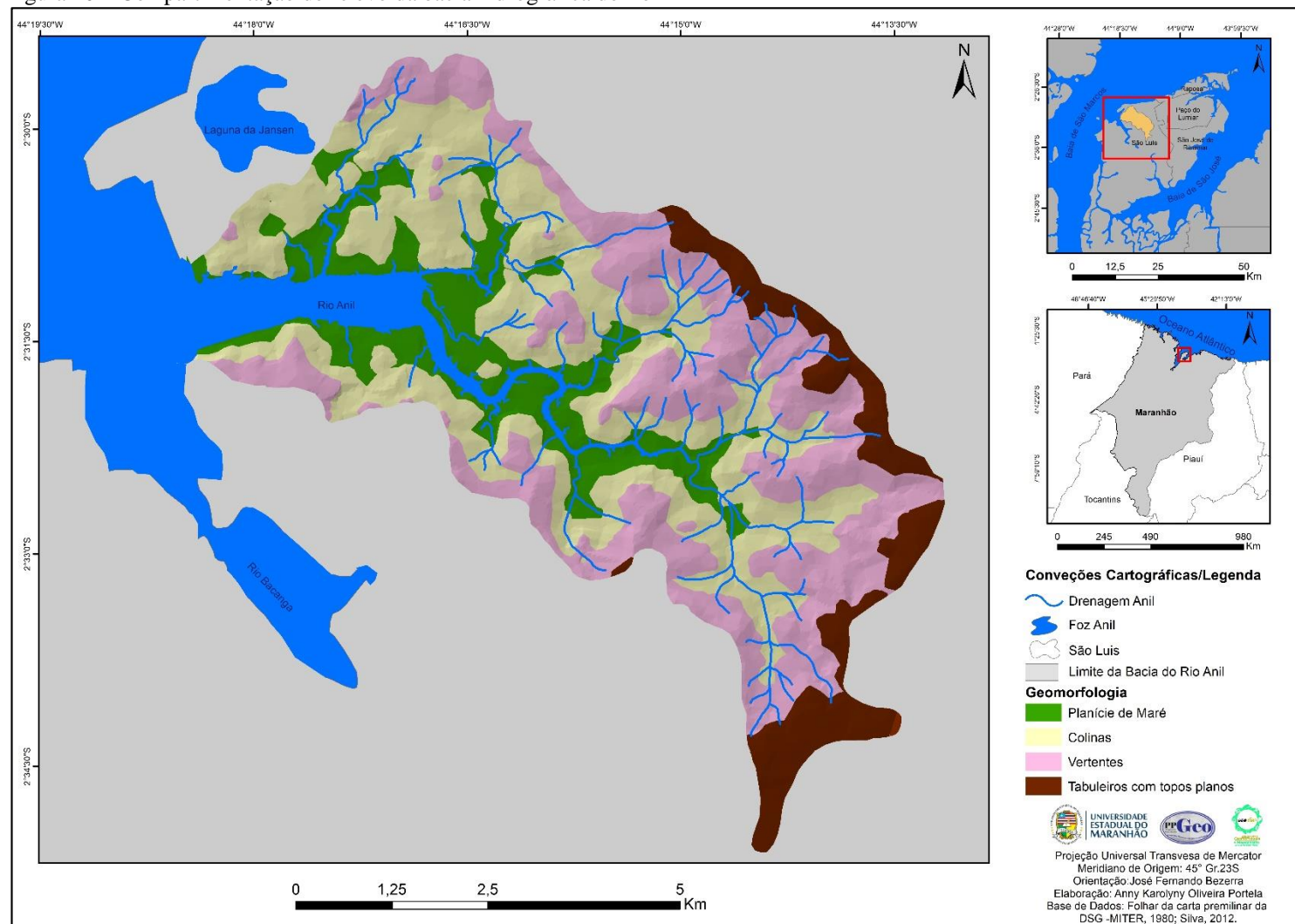
Fonte: Elaboração própria (2022)

Considerando as características do relevo, no que tange à hipsometria e à declividade, fatores importantes no processo de ocupação e desenvolvimento das técnicas humanas sobre o relevo (CHRISTOFOLETTI, 1980), analisam-se as inter-relações entre a dinâmica horizontal de espaço e a distribuição nas variadas faixas de altitude. Isso define a aplicação das técnicas de apropriação do relevo.

Devem ser avaliados não só os aspectos supracitados em conjunto com a cobertura vegetal, as características e as propriedades do solo e os índices pluviométricos, esses fatores, associados às altitudes e à declividade da área, são capazes de determinar a intensidade do escoamento superficial, bem como a taxa de infiltração e a maneira de apropriação do relevo. É que quanto menor quantidade de infiltração da água e menor a capacidade de armazenamento no solo, maior o escoamento superficial, resultando em enchentes expressivas, movimentos de massa e sujeitando a bacia à degradação. De acordo com Araújo, Teles e Lago (2009), a magnitude dos picos de enchentes ou a menor oportunidade de infiltração, favorecem a suscetibilidade à erosão dos solos, que estão relacionados principalmente com a rapidez que ocorre o escoamento superficial no modelado.

Dessa maneira, a partir das análises e interpretações, dos mapas de hipsometria e declividade, a produção do mapa geomorfológico foi confeccionado, levando em consideração os padrões geomorfológicos da Ilha do Maranhão (SILVA, 2012) e as cotas altimétricas extraídas do *Google Earth*, onde as colinas esparsas, planície de maré, tabuleiros com topos planos e vertentes, fazem parte dos conjuntos geomorfológicos, da bacia hidrográfica do rio Anil. Silva (2012) afirma que as colinas esparsas são encontradas comumente nas porções centro-sudeste, sul e noroeste da Ilha do Maranhão. Dessa forma, a área de estudo é contemplada por esta forma de relevo, possível ser observado no Figura 10.

Figura 10 – Compartimentação do relevo da bacia hidrográfica do rio Anil



Fonte: Elaboração própria (2022)

5.3 Caracterização dos Solos

A classificação dos solos é como uma “coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos”. Considerado o manto superficial que cobre a maior parte do planeta, que atualmente tem sido modificado por interferências antrópicas (EMBRAPA, 2006 p. 32).

Destarte, os processos pedogenéticos responsáveis pelo desenvolvimento dos solos são resultantes de complexas e contínuas reações físicas, químicas e biológicas. (SILVA, 2012 p. 120). “Assim, os fatores de formação dos solos são: clima, organismos, material de origem, relevo e tempo. A atuação desses fatores e suas inter-relações irão resultar em solos com diferentes características e graus de evolução” (SILVA, 2011 p. 44).

Conforme apresentado, as estruturas geológicas e as feições geomorfológicas do estado do Maranhão e pôr fim a classificação em níveis hierárquicos dos solos (EMBRAPA, 2006) e o mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão feito por Silva (2012), na área de estudo são encontradas as seguintes classes de solos: Argissolos e Gleissolos, e com a subordem definida por Maranhão (1998) Argissolos vermelho-amarelo, Latossolos Amarelos e Solos Indiscriminados.

Na área de estudo, é possível observar Argissolos vermelho-amarelos, que têm como características uma textura arenosa a média nos horizontes superiores (A e E), sendo um solo, com exceção do horizonte Bt, com pouca plasticidade, com consistência ligeiramente dura, quando molhado, mas friável quando úmida. Ambientes com esse tipo de solo possui maior suscetibilidade a processos erosivos. Além disso, há Solos Indiscriminados de Mangue, que contêm altos teores de compostos de enxofre. Em virtude da variabilidade do nível da água pelas marés e com o processo de oxidação, eles se tornam muito ácidos e, quanto ao relevo, estão associados às planícies de maré (SILVA, 2012 p. 128).

Levando em consideração esses aspectos e litologia da Ilha do Maranhão, de acordo com Bezerra *et al* (2004), esses solos apresentam susceptibilidade aos processos erosivos. Características estas, que são responsáveis pela acelerada dinâmica erosiva, facilmente percebida em áreas com maior índice de declividade e quando são submetidas à intervenção antrópica desvinculada de planejamento, que resultam em depósitos induzidos, que serão detalhados neste trabalho.

5.1 Hidrografia

As bacias hidrográficas têm como principais características os aspectos geológicos, às formas de relevo e aos processos geomorfológicos, às características hidrológicas em si, à biota e à ocupação do solo, e os cursos de água detêm os processos fluviais e nas formas resultantes do escoamento das águas (CUNHA, 2001), características evidentes na área de estudo, pois

Os rios funcionam como canais de escoamento. O escoamento fluvial faz parte integrante do ciclo hidrológico e a sua alimentação se processa através das águas superficiais e subterrâneas. O escoamento fluvial compreende, portanto, a quantidade total de água que alcança os cursos de água, incluindo o escoamento pluvial, que é imediato, e a parcela das águas precipitadas que posteriormente, e de modo lento, vai se juntar a eles através da infiltração. Dessa maneira, da precipitação total, só a quantidade de água movimentada pela evapotranspiração é que não chega a participar do escoamento fluvial” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p.117).

Esse sistema está interligado, pois o Maranhão é um estado detentor de grande potencial hídrico no país e, no tocante à região nordeste, possui dez bacias e mais dois sistemas hidrográficos (UEMA, 2016). De acordo com o IBGE (1997), esse estado conta com as bacias hidrográficas dos rios Mearim e Itapecuru, como as maiores e mais importantes sistemas hídricos deste território.

Esses rios drenam os terrenos da Bacia Sedimentar do Parnaíba, compostos principalmente pelas sequências de arenitos, siltitos, folhelhos e argilitos, onde a ocorrência de falhas e fraturas direciona o curso desses. Nesses terrenos foram esculpidos os chapadões do sul do estado, recobertos por Latossolos, os tabuleiros e planaltos dissecados na parte central, onde dominam os Latossolos e Podzólicos, a superfície rebaixada na parte norte onde ocorrem os Plintossolos e as planícies com Gleissolos, Solos de Mangues, Areias Quartzosas e Dunas (IBGE, 1997, p. 6), características que também são encontradas na Ilha do Maranhão.

Fazendo parte de um complexo sistema estuarino, a Ilha do Maranhão é integrante do Golfão maranhense, que recebe influência das principais bacias hidrográficas do estado (Bacias do rio Mearim e Itapecuru), onde a bacia hidrográfica do rio Anil está inserida, portanto, faz parte de um dos regimes hidrológicos da ilha maranhense.

De acordo com Silva (2012), a costa da Ilha do Maranhão possui característica segmentada e modelada por pequenas reentrâncias, tendo em vista que os maiores rios da Ilha, Bacanga e Anil, desaguam na baía de São Marcos. Já os rios Paciência, Santo Antônio, Jeniparana e Tibiri, na Baía de São José, são rios perenes que nascem na porção central da Ilha, devido à altitude e declividade, pois à medida que se aproximam da costa do litoral, as altitudes

e as declividades se tornam menores, favorecendo a desembocadura dos rios.

A rede hidrográfica da ilha do Maranhão é integrada por cursos de água de pequeno porte, que deságuam em várias direções, abrangendo áreas de dunas, praias e manguezais, cuja hidrodinâmica é influenciada pelas marés que podem chegar a atingir sete metros de amplitude, e afogam praticamente até os médios cursos, os principais elementos de drenagem (SOUZA, 1997).

A bacia hidrográfica do rio Anil possui uma área de drenagem de 41,53 km² inserida no setor mais urbanizado da Ilha e tem como limites as bacias dos dois maiores rios em extensão da Ilha – Bacanga e Paciência. O rio Anil nasce na superfície subtabular do Tirirical e corre no sentido Sudeste/Noroeste até desembocar na baía de São Marcos, com um canal principal e afluentes genuinamente meandantes, embora uns tenham sinuosidade mais aguda que outros, todos fazem parte de um mesmo sistema – bacia de drenagem.

Assim, como a maioria dos rios urbanos do Brasil, que estão passando por um processo de transformação associado ao crescimento urbano, perdendo suas características naturais, devido a sucessivas obras de engenharia que na maioria das vezes não consideram a rede de drenagem, a bacia hidrográfica do rio Anil, encontra-se nesse processo de descaracterização.

O rio Anil possui um canal principal que atravessa a cidade de São Luís e que recebe esgotos domésticos e industriais *in natura*, incluindo o lixiviado do lixão desativado do Jaracati e de uma área de descarte irregular de resíduos sólidos no bairro do Tirirical, em uma de suas nascentes, retificação dos canais de drenagem.

Na figura 11, é possível identificar a lâmina d'água com a coloração escura no ponto 1 (típico em águas poluídas) e lançamento de efluentes *in natura* na rede drenagem, como pode ser observado nos pontos 2 e 3. Vale destacar que essa cena se repete ao longo desta bacia.

Figura 11 – Lançamento de efluentes *in natura* em um dos afluentes do rio Anil no bairro do Anil



Fonte: Elaboração própria (2022)

Ao comparar com as demais bacias de São Luís, a área de estudo conta com o crescente aumento populacional desde a década de 70 (século XIX), que se estende até os dias atuais, fazendo com que seus aspectos paisagísticos naturais fossem transformados pela ação humana à medida que ocupa o espaço. Tal processo de contribui principalmente para ocorrência de mudanças geológicas, geomorfológicas, pedológicas e sua disponibilidade hídrica.

6 A GÊNESE DA CAPITAL MARANHENSE E A RELAÇÃO DO USO E DA OCUPAÇÃO DO SOLO E A FORMAÇÃO DE DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ANIL

Em 1912, Daniel de La Touche, Senhor de La Ravadière, comandante da expedição com o objetivo de implantar a França Equinocial no Norte Brasileiro, desembarca na Ilha do Maranhão ou, como definida pelos nativos, região do Upaon-Açu, entre a desembocadura dos rios Mearim, Bacanga e Anil, devido à sua localização geográfica estratégica. No dia 08 de setembro do mesmo ano, fundou a cidade de São Luís, entre os rios Bacanga e Anil, como sinônimo da fundação desta cidade. Os franceses e Tupinambás fincam uma cruz no forte Saint Louis (Figura 12), em homenagem ao rei da França Luís XIII (D'ABEVILLE, 2002), considerado um dos primeiros grandes marcos de dominação e ocupação na Ilha do Maranhão.

Figura 12 - Cruz no forte Saint Louis, representação da fundação da cidade de São Luís



Fonte: D'Abeville, 2002

À vista disso, a história do uso do rio Anil confunde com a história de São Luís, pois este é marcado pelas primeiras tentativas de ocupação dos europeus, conforme mencionado acima, às suas margens, foi fundado o primeiro núcleo de formação da atual Cidade de São Luís (SOUZA, 2005).

O processo de urbanização do Maranhão, sobretudo em São Luís, acompanha o ciclo de urbanização nacional, que foi impulsionado na década de 40, período que ocorreu de forma exponencial os fluxos migratórios do campo rumo aos centros urbanos. No estado maranhense, o primeiro ciclo de desenvolvimento está relacionado com a lavoura agroindústria canavieira e do comércio, o segundo associado ao algodão, ao açúcar e ao arroz. Mas a urbanização foi de fato consolidada com a implantação de indústrias no final do século XIX.

O bairro Anil, localizado dentro da bacia hidrográfica do rio Anil, durante o primeiro e segundo ciclo de desenvolvimento, era um espaço rural (Figura 13), servia apenas para lazer, devido aos sítios, chácaras e pelo fácil acesso. Anos depois começou o processo de ocupação definitiva dessas áreas com o incremento da indústria (LIMA, 2002).

Figura 13 – Povoado Anil, atualmente Bairro do Anil



Fonte: Maranhão (1908)

Nas margens do rio Anil, foram desenvolvidas várias atividades de produção, como a implantação de fábricas, atividades agrícolas e o pescadeiro, sendo este último principalmente para a subsistência pelas populações menos favorecidas, que até hoje ocorre de forma precária. Outra forma de uso está atrelada ao fornecimento de água potável dos mananciais do rio Anil, que ainda “se encontrava tão boas fontes e nascentes naturais, pela Companhia Anil em 1856,

onde as águas eram admiravelmente boas e saudáveis”, só a partir de 1862, que a Companhia passou a operar com seis chafarizes, com uma receita diária chegando a 44 mil réis [moeda vigente na época] (SOUZA, 2005; D´ABEVILLE, 2002).

No dia 23 de agosto de 1891, iniciou-se a construção da Fábrica de Fiação e Tecidos, na qual foi fundada em 1893, localizada no povoado Anil, hoje conhecido com bairro do Anil, o processo de ocupação deste bairro, início com a chegada dos operários para a construção da fábrica, e começaram a povoar as suas imediações (ocupações irregulares), quando começou de forma tímida os aterros na área. A síntese do processo de uso e apropriação da bacia do rio Anil, pode ser observada no Quadro 13.

Quadro 13 - Síntese do processo de ocupação da bacia do rio Anil

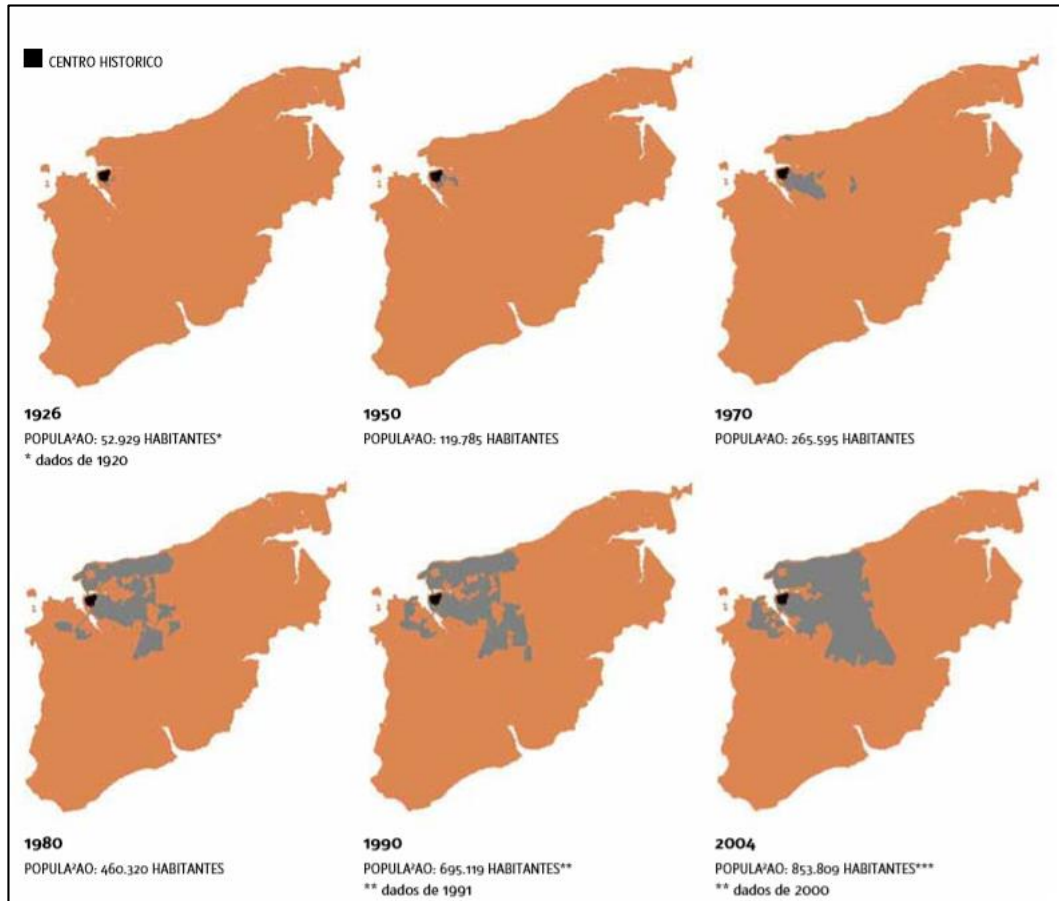
Período	Evento
Primeira metade do século IX	Início da ocupação da bacia restrita apenas aos arredores da Praia Grande, atual Centro Histórico de São Luís, que compreende a margem esquerda do rio Anil, próximo à sua foz.
Segunda metade do IX	São construídas estradas ligando o Centro aos atuais bairros do Anil, João Paulo, Vinhais e Calhau, contribuindo para a descentralização urbana gradual do Centro Histórico, apesar desta estrada ligar em sua maior, a sítios, quintas e pequenos núcleos no entorno das indústrias, nas proximidades dos bairros da Camboa e Anil (margem esquerda).
Início da década de 1960	A urbanização da área estava praticamente restrita ao entorno do eixo viário do chamado caminho grande, que ligava o Centro a São José de Ribamar, espalhando-se ao longo da margem esquerda do rio, descendo em direção as áreas de manguezais. Assim nasceram os bairros como Liberdade (matadouro), Monte Castelo (Areal), Alemanha, Caratatiua, Jorhoa e Sacavém.
Início da década de 70	No final dos anos 60 e início dos anos 70, começa a ocupação maciça da margem direita do rio Anil, em virtude da construção das duas pontes sobre este rio, e de diversos conjuntos habitacionais que começam a avançar em direção ao tabuleiro central da Ilha.
Décadas de 80 e 90	Este período se caracterizou pela multiplicação de ocupações irregulares, comumente chamadas de invasões, em sua maior parte na região do tabuleiro central, nas proximidades da nascente do rio Anil e, também pelo crescimento dos bairros na margem direita próximo à foz, como São Francisco e Renascença.
Dos anos 90 até a atualidade	Pode-se observar a intensa verticalização da margem direita do Anil, e ampliação silenciosa dos bairros desta mesma margem em direção a calha do rio, que vem sendo gradativamente aterrada, uma que a ocupação da bacia já atingiu seu ponto de saturação, restando poucas áreas verdes, em sua maioria manguezais e várzeas, vulneráveis ao lucrativo mercado imobiliário.

Fonte: Souza (2005)

Diante desses fatos, a história de ocupação da bacia hidrográfica do rio Anil se entrelaça com o crescimento territorial da cidade e a expansão da mancha urbana, que é simultâneo com a implantação de rodovias federais e estaduais, bem como com a implementação de sistemas

viários importantes, entre os quais: as pontes sobre o rio Anil, que deflagraram a expansão do tecido urbano para o Norte da Ilha, a ocupação da área litorânea e a instalação da fábrica de tecidos (Figura 14) (GARCEZ, 2009).

Figura 14 - Evolução da mancha urbana em São Luís do Maranhão



Fonte: Guia de arquitetura e paisagem, 2008

As mudanças ocorridas durante esse processo de ocupação (expansão da cidade) são percebidas principalmente pelas interferências transformadoras nas paisagens naturais, devido as técnicas de apropriação do espaço do homem, pois,

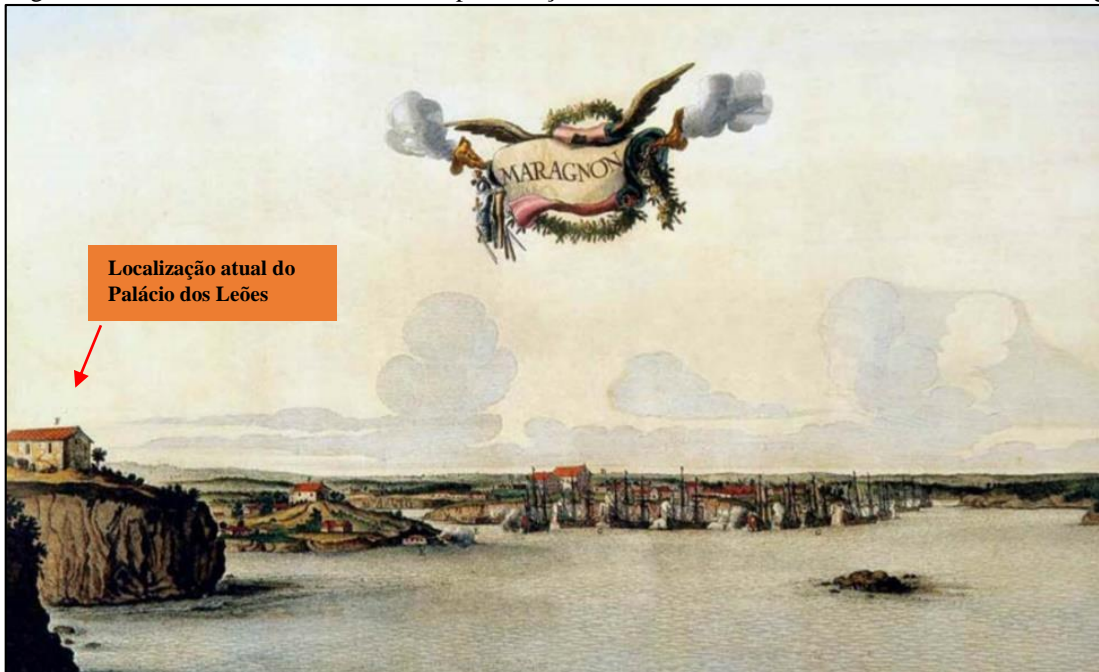
Nas margens dos rios Anil e Bacanga, existiam áreas alagadas, chamadas de “praia”, que, desde 1780, foram sendo constantemente aterrada. Nas margens do Rio Bacanga, destacavam-se as praias da Madre Deus, do Desterro e Praia Grande. No Rio Anil, a Pequena e a Praia do Caju – Cais da Sagração (ZENKNER, 2012, p. 21).

Essas modificações no ambiente não são apenas “privilégios desta população”, pois em um humorado artigo, Sérgio Citroni (1988) *apud* Peloggia (1998, p. 83) apresenta a relação da ação do homem com o meio ambiente metropolitano, quanto ao uso das várzeas paulistanas, conforme é apresentado a seguir,

O homem moderno continua mantendo relações aparentemente místicas com as águas; [...] É possível “explicar” esses rituais em vista que os rios possuem um péssimo hábito de situarem-se nas partes baixas de um terreno; se somarmos a isso a irresistível tendência de a água correr para baixo teremos um rio cheio de água (e esgoto). O problema aumenta se o volume da água chega ao fundo do terreno é maior que aquele que sai através do rio; o de sair de seu leito e invadir as planícies aluviais que o margeiam. Essas áreas muitas vezes recebem o sugestivo apelido de planícies de inundação. [...]. Em muitas dessas planícies de inundação homens de muita visão, chamados especuladores imobiliários, decidem o que seria ótimo se fossem construídas habitações. Feito isso estabelece-se um pequeno conflito entre as águas que insistem em inundar a planície de inundação e o povo [que não é bobo, mas não tem opção] (SÉRGIO CITRONI (1988) *apud* PELOGGIA (1998, p. 83).

Após analisar a expansão da mancha urbana em São Luís e o processo de apropriação do espaço dentro de uma bacia hidrográfica como descreve Citroni (1988) *apud* Peloggia (1998 p. 83), é interessante observar a situação atual do uso e ocupação da bacia hidrográfica do rio Anil, bem como as transformações que ocorreram no decorrer da história (Figura 15), onde as formas de relevo são evidentes como as colinas, vertentes e planície de maré, terraço de abrasão, além de uma pequena falésia, onde se encontra hoje o Palácio do Governo do Estado ou popularmente conhecido como Palácio dos Leões (indicado por meio da seta vermelha), à margem esquerda do rio Anil.

Figura 15 - Vista de São Luís em 1647, representação do forte de São Luís, entre os rios Anil e Bacanga



Fonte: Livro de Gapar Barleus. Estampa 51, Biblioteca Nacional (Rio de Janeiro) *apud* Fonte: Guia de arquitetura e paisagem, 2008.

Comparando a Figura 15 acima com a Figura 16 abaixo, é possível identificar mudanças significativas que ao longo do espaço, principalmente nos padrões de formas do relevo e de ocupação, em que o modelado está densamente ocupado (vertentes e colinas) e as planícies de maré situada à margem direita e esquerda do rio Anil, estão aterradas. É importante destacar que o sítio urbano de São Luís iniciou entre uma divisão geográfica (divisores de água das bacias do rio Anil e Bacanga), fator que influenciou a expansão urbana sobre bacia do rio Anil.

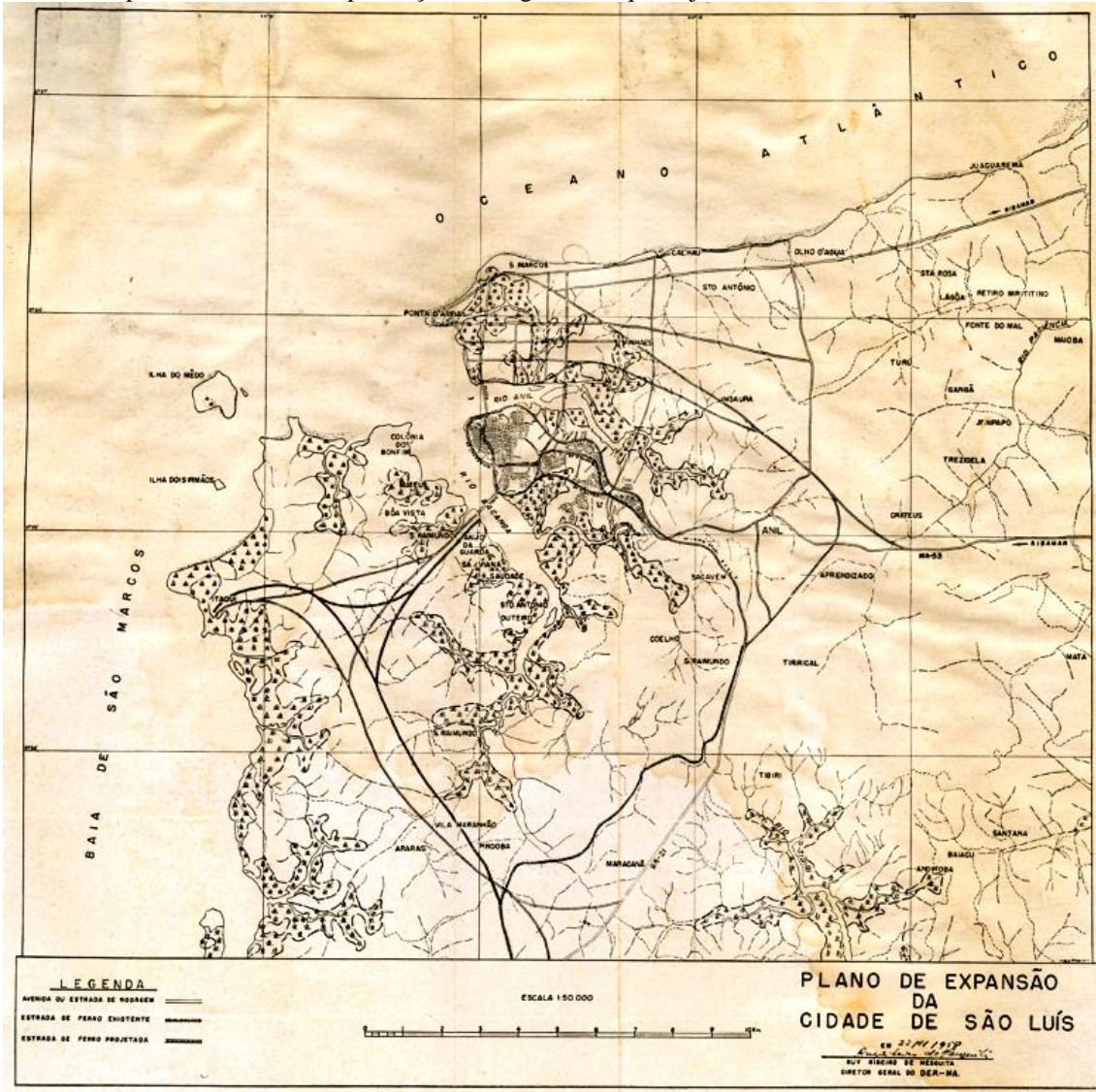
Figura 16 - Vista de São Luís em 2021 e a localização do forte de São Luís entre os rios Anil e Bacanga



Fonte: Página da SECID no Instagram, 2021

O processo de ocupação da bacia hidrográfica do rio Anil iniciou entre os rios Bacanga e Anil, e expandiu com a construção da fábrica têxtil no bairro Anil, às margens do rio. Além disso, no ano de 1958, o engenheiro Ruy Ribeiro Mesquita, apresenta um plano de expansão urbana de São Luís, mas o plano em si ficara mais no papel do que executado. Na Figura 17, é possível perceber que as principais mudanças na paisagem ocorrem a partir de meados do século XIX, pois ao observar as margens do Anil, havia muitas áreas com planície de maré pouco modificada pelo homem e com a presença de mangue que se espalhava até o Sítio Santa Eulália, no bairro Anil, nas proximidades da fábrica têxtil, tanto na margem esquerda quanto na direita, com exceção na esquerda no baixo curso do rio Anil, onde já havia começado o processo de aterramento.

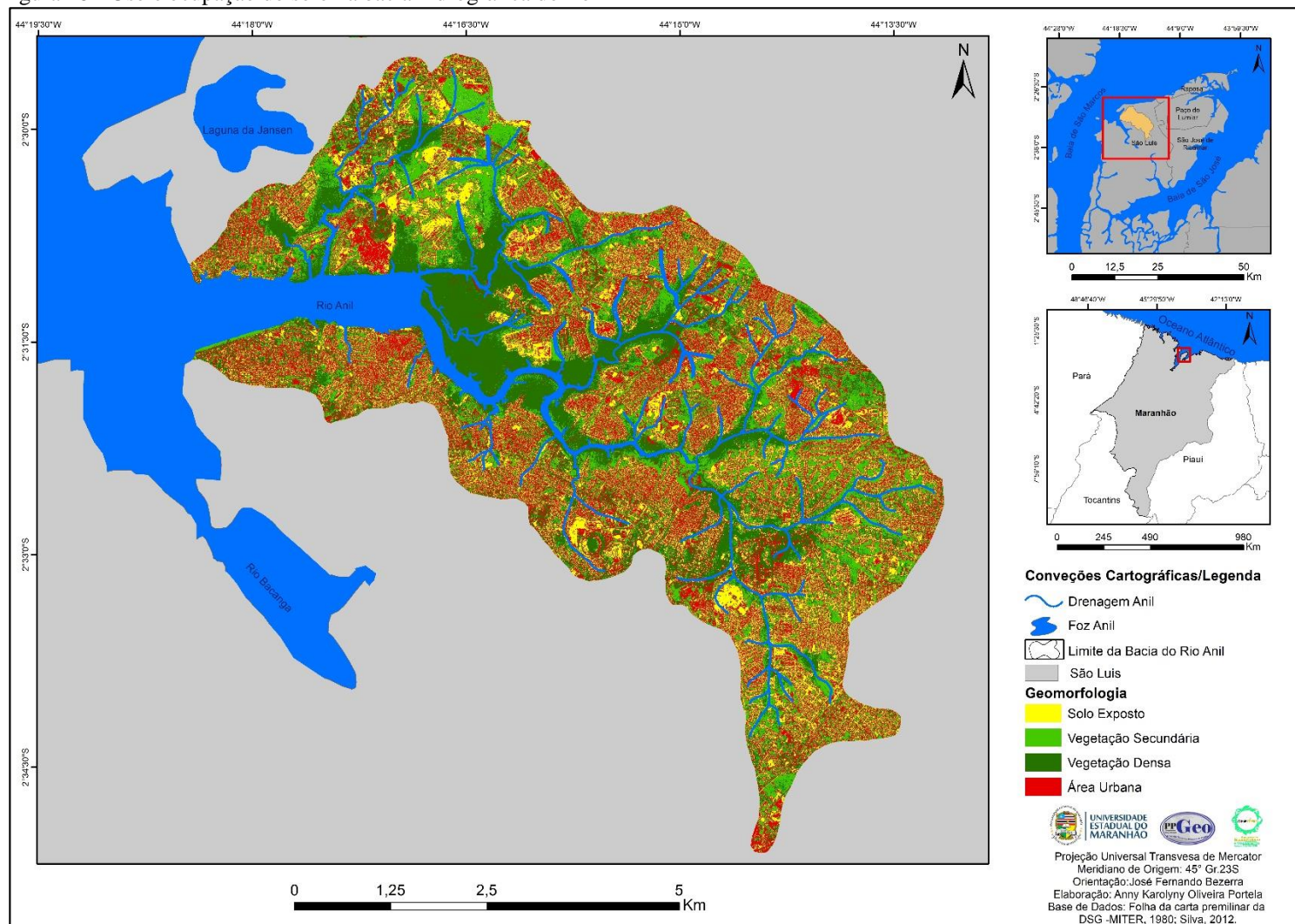
Figura 17 - Mapa com a representação da malha viária de São Luís e a presença de planície de maré pouco modificada pelo homem e com a presença de mangue até o que hoje é conhecido como Sítio Santa Eulália



Fonte: Plano de Expansão urbana de São Luís (1958)

As transformações na paisagem podem ser percebidas principalmente dentro de histórico, no caso a bacia hidrográfica do rio Anil está relacionada, sobretudo, com a interação homem-meio físico, por meio da apropriação do relevo que favorece para a formação de diversos de terrenos artificiais devido ao uso diversificado do solo (Figura 18).

Figura 18 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Anil



Fonte: Elaboração própria (2022)

6 OS DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS E O PROCESSO DE FORMAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ANIL

As transformações na paisagem, que ocorreram ao longo dos anos na bacia hidrográfica do rio Anil, são perceptíveis, sobretudo quando há um resgate histórico, o qual mostra que as planícies de maré do rio Anil foram alteradas silenciosamente, bem como as vertentes e colinas, cedendo espaço para as edificações. As transformações paisagísticas dos sistemas do meio físico dos rios Anil e Bacanga foram iniciadas com a retirada da cobertura vegetal – Mangue, para a fixação de comunidades e avenidas (PORTELA, 2018). É fato que essas mudanças não ocorrem de maneira acelerada e sim, gradualmente, pois:

[...] todos os aspectos do ambiente são alterados pela urbanização e a industrialização, inclusive o relevo, o uso da terra, a vegetação, a fauna, a hidrologia e o clima. Regra geral, a intensidade da mudança está ligada a intensidade da área edificada e à extensão da industrialização, primeiramente da indústria extrativa ou pesada. O gradiente da severidade da mudança vai do interior rural, através dos subúrbios, e ao centro comercial ou núcleo industrial. As áreas urbanas horizontais, com muitos espaços verdes, costumam alterar menos o ambiente que os centros industrializados compactos e verticais (DREW, 2002 p. 177).

A exemplo disso, Abreu (1986) *apud* Peloggia (1998, p. 39) aponta que na Região de São Paulo:

[...] pode-se dizer, de maneira geral, que as propriedades geoecológicas originais do relevo estão quase todas modificadas pela intervenção humana que, frequentemente malbaratou também as propriedades socioprodutoras, dinamizando os problemas morfodinâmicos. Este fato, aliás tem se agravado cada vez mais, na medida [em] que a urbanização extravasa os limites da bacia sedimentar neocenozóica sobre a qual a cidade se originou.







Ainda de acordo com Abreu (1986) *apud* Peloggia (1998, p. 39):

Enquanto as propriedades geoecológicas se originam por processos biológicos e morfodinâmicos, presididos pelas leis bio, físico e geoquímicas que cunham as formas e lhes conferem conteúdo plástico, as propriedades socioprodutoras são definidas pelo interesse imediato do homem pelo relevo como recurso, face ao conteúdo (solos, depósitos minerais etc.), ou suporte de edificações de um espaço construído.

A geodiversidade dos terrenos tecnogênicos ocorre pela ação transformadora da atividade geológica humana de forma direta e indireta, conforme já mencionado. Para a identificação e caracterização dos depósitos tecnogênicos de agradação, degradação e mistos, foi identificado em gabinete por meio do Google Earth e verificado em campo o cenário de cada terreno tecnogênico (Quadro 14 e Figura 19). Dessa forma, cada tipo de depósito

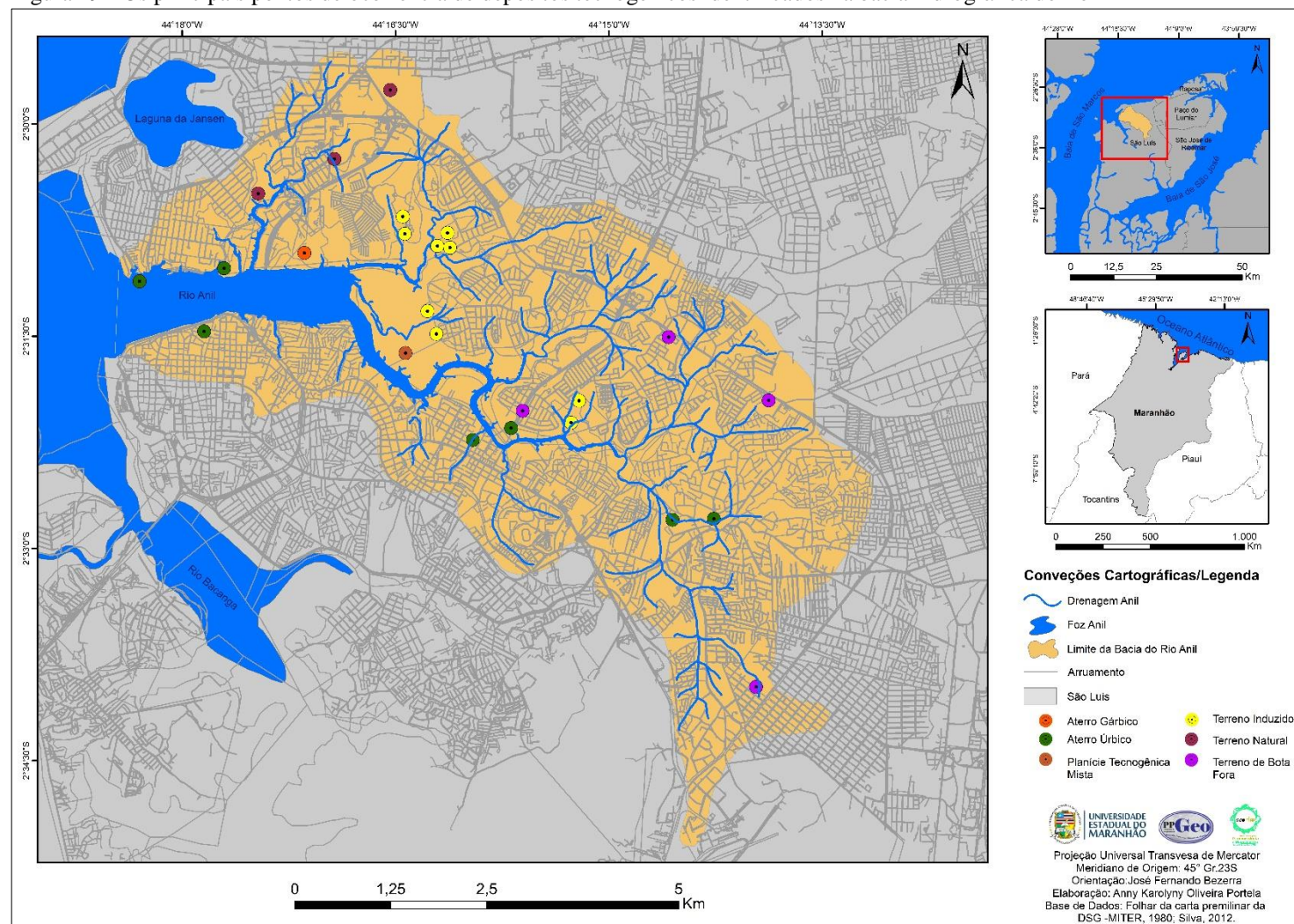
tecnogênico identificado corresponde às formas de relevo agradativo ou degradativo, de acordo com Peloggia (2018).

Quadro 14 - Processo de identificação de terrenos tecnogênicos através de imagens do Google Earth e em atividade de campo

Categorias e Tipos de Terrenos Tecnogênicos		Visualização na Imagem	Fotografia	Descrição da Fotografia
Agradativo	Terreno Urbanizado de Corte-aterro Úrbico			- Aterro sob a planície de maré e colinas (corte de aterro) na Av. Beira Mar, com sucessivas camadas de materiais úrbicos
	Aterro Gárbico			- Afloramento de substratos gárbicos, do aterro na Comunidade do Jaracaty
	Aterro de Bota-fora			- Material de bota-fora remobilizado em tabuleiros e área de nascente no bairro Tirirical
Degradativo	Terreno Induzido			- Terrenos induzidos com materiais úrbicos e gárbicos

Fonte: Portela (2018) adaptado de Portela (2022).

Figura 19 - Os principais pontos de ocorrência de depósitos tecnogênicos identificados na bacia hidrográfica do rio Anil



Fonte: Elaboração própria (2022)

A bacia hidrográfica do rio Anil é a mais urbanizada da Ilha do Maranhão, integrando um indissociável sistema que envolve a relação homem e meio físico, na qual é sustentado pela topografia, onde é possível perceber que os terrenos induzidos ocorrem em áreas de solo exposto, com uma variação na declividade de 0% a 6%, e com altitude chegando a 30m, embora nas proximidades desses terrenos induzidos, existam ambientes naturais (PORTELA, 2018).

Vale destacar que os terrenos induzidos, de aterros gárbicos, de bota-fora e urbanizados, somados às condições naturais, como chuvas, escoamento superficial e o fluxo natural do rio transportam sedimentos e dentritos urbanos, por duas vias, canais de drenagens e pelos lançamentos de efluentes tanto nos canais primários, com canal principal, transformando a planície de maré (ambiente natural) em uma planície tecnogênica mista, pois recebe uma carga alta de dentritos urbanos, que uma parte ficam fixados nas planícies de maré, formando a planície tecnogênicas mista, e com a regime de maré a outras partes são carreados para a baía de São Marcos.

A expansão urbana, portanto, deixa clara a relação entre a apropriação do relevo e a produção de sedimentos e assoreamentos das várzeas, no caso de São Paulo, a expansão periférica em direção as cabeceiras de drenagens (partes altas do relevo) funcionam como extravasamento de dentritos – lançamento de bota-fora e vazadouros (esgoto), que correspondem a uma alta taxa de mobilidade de dentritos, transportados pelos cursos d'água ou temporariamente imobilizados na forma de depósitos tecnogênicos de assoreamento (OLIVEIRA *apud* PELOGGIA, 1998). Na perspectiva da realidade ludovicense, a ocupação inicial ocorreu às margens do rio Anil (área de estudo), e posteriormente foram ocupadas as cabeceiras de drenagens, e iniciando todo o processo deposição e redeposição de matérias.

Nessa perspectiva na área de estudo, encontra-se uma diversidade de depósitos tecnogênicos, a exemplo disso, Meireles e Teixeira (1979) *apud* Azevedo (2007), discorreram sobre o aterro do lodaçal, referindo-se a área da planície de maré que sofreu com a retirada da vegetação de mangue (Figura 19). No caso da bacia do rio Anil, a construção do cais da Praia Grande, a pavimentação das ruas, a edificação da Casa da Praia Grande (Atualmente Casa do Maranhão), implementação das linhas do bonde (FIGURA 20), ocuparam outrora, a antiga planície de maré que foram aterrados sucessivamente, ocasionando o surgimento da avenida Beira-mar. Posteriormente, com o avanço das técnicas, a Avenida Beira Mar e Praça Maria Aragão, receberam uma camada asfáltica (outra camada tecnogênica), caracterizado como depósitos tecnogênicos agradativos, por aterros sucessivos com materiais úrbicos na Planície de Maré (Figura 21) e camada tecnogênica sobre a paleofalésia próximo à Praça Gonçalves Dias, caracterizado como terreno urbanizado de corte-aterro. Nas Figuras 29, 21 e 22, a seguir,

é possível analisar a mesma área em diferentes épocas e as principais transformações na paisagem.

Figura 20 - Baluart às margens do rio anil, após os primeiros aterros, retirada da vegetação natural, nas proximidades da atual praça Maria Aragão



Fonte: Maranhão (1908)

Figura 21 – Início dos processos de sucessivos aterros na Av. Beira Mar e Praça Maria Aragão, na década de 1970



Fonte: Página Minha velha São Luís (2020)

Figura 22 - Avenida Beira Mar, denominada como terreno urbanizado de corte-aterro

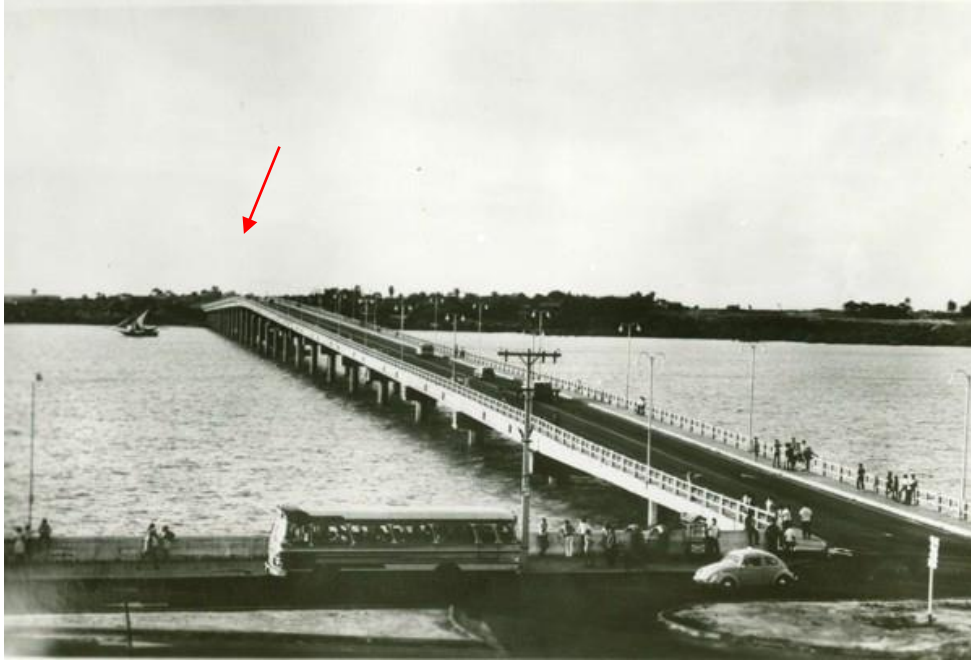


Fonte: Página Ruy Barros no Instagram (2019)

Marcado como símbolo da modernização e do desenvolvimento urbano, a ponte José Sarney, conhecida também como ponte do São Francisco, fora construída com o objetivo de encurtar caminhos, aumentar o fluxo de pessoas facilitando o acesso da população ao centro de São Luís, que até então a margem direita do rio Anil era essencialmente rural e com seu conjunto paisagístico natural e preservado.

De fato, a construção da ponte trouxe avanços para aquela região da cidade, e com ela muitas transformações no ambiente, como mostra na figura 23, é possível verificar que as características naturais estão preservadas, com vegetação de mangue densa e poucas casas (seta vermelha). Já na figura 24, é possível observar que um ambiente que tinha características naturais hoje está completamente transformado em paisagens tecnogênicas com áreas de terraplenagem, edificações e sem cobertura vegetal de mangue.

Figura 23 - Ponte José Sarney na década de 1970



Fonte: IBGE cidades 2021.

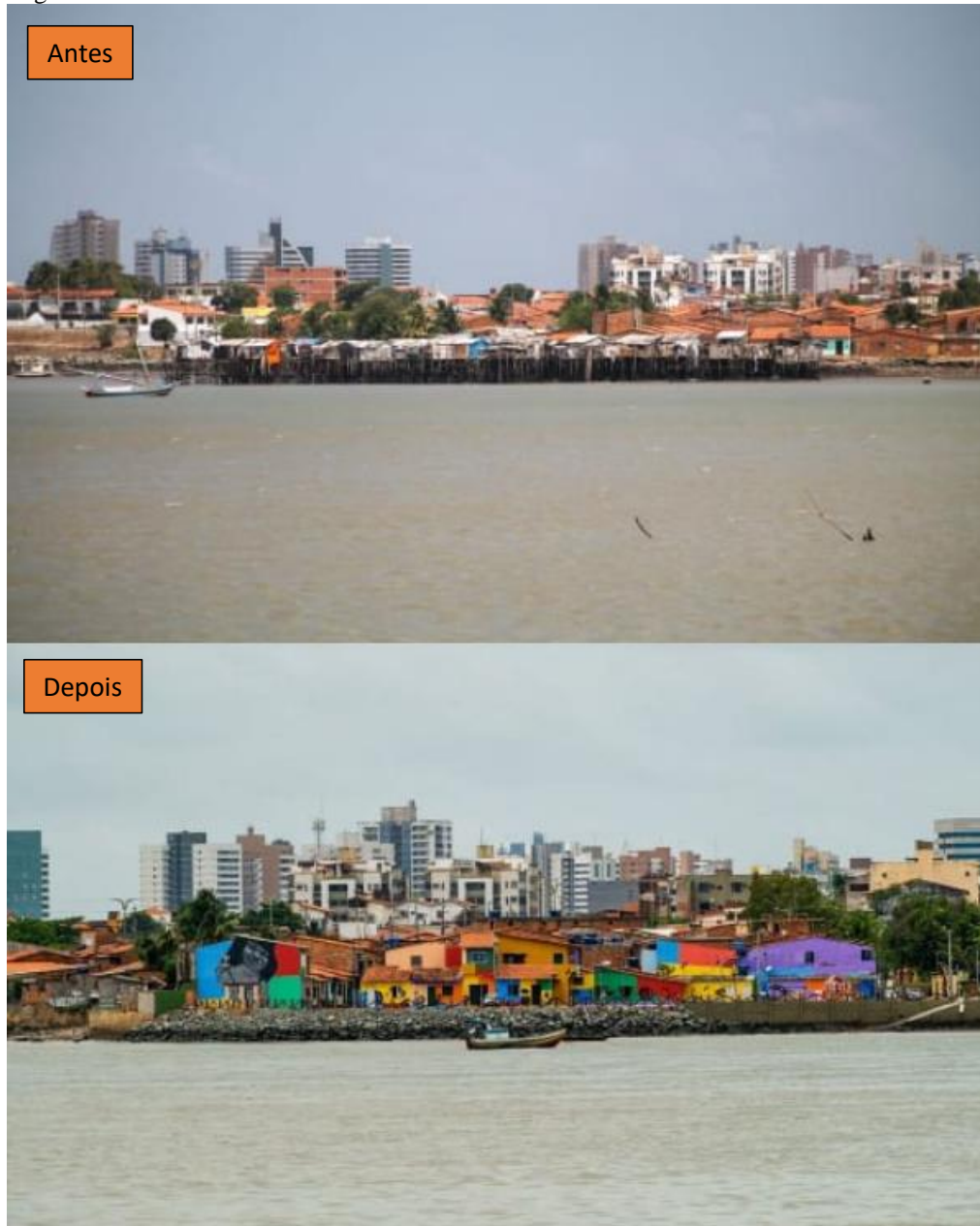
Figura 24 - Ponte José Sarney na década de 2021



Fonte: Página Ruy Barros no Instagram (2021)

Na comunidade Ilhinha, as palafitas, antes situadas na planície de maré da foz do rio Anil, foram substituídas por casas de alvenaria, necessitando de aterramento e serviços de engenharia de terraplenagem, transformando esse ambiente em um terreno tecnogênico de agradação aluvial (Figura 25) e retirando a população de áreas insalubres.

Figura 25 - Comunidade Ilhinha em 2021 e 2020



Fonte: Página do Instagram Governo do Estado (2021)

De fato, as alterações no meio físico na bacia do Anil não são recentes, pois outra grande modificação está atrelada ao antigo lixão da cidade, desativado em 1970, e posteriormente aterrado e passou por um processo de terraplenagem para a construção do atual São Luís Shopping. A área em si possui características marcantes devido às composições naturais e tecnogênicas, pois sobre a planície de maré e os solos indiscriminados de mangue, há uma camada de materiais gárbicos (lixo) e acima desta, uma camada de materiais úrbicos (aterro), conforme mostra a seta amarela (Figura 26).

Figura 26 - Vista da Ponte Bandeira Tribuzzi (1982) e do aterramento dos materiais gárbicos com materiais úrbicos remobilizados



Fonte: Página Minha Velha São Luís no Instagram (2021)

Posteriormente, edificações foram surgindo, por exemplo, o São Luís Shopping, a comunidade do Jaracaty e Condomínio Pleno Residencial, em uma área de instabilidade, devido à possibilidade de explosões pela composição dos materiais aterrados (gás metano e outros gases naturais sob condições anaeróbicas) e diminuição do volume do material pela decomposição e formação de gases. Além disso, aos arredores do aterro, estabeleceu-se a comunidade do Jaracaty, no bairro de mesmo nome, que inicialmente foi estabelecida por trabalhadores na década de 1970, quando começou a construção do Shopping.

A comunidade também vive em área de instabilidade e maior parte dela está instalada em palafitas sobre planície de maré e solos indiscriminados de mangue com altas concentrações de materiais gárbicos, sejam advindos do aterro ou dos fluxos naturais de drenagens que percorrem do alto ao baixo curso da bacia do rio Anil, além de, é claro, dos materiais lançados na maré pelos próprios moradores e os canais de esgotamento sanitários *in natura* diretamente no do rio. A comunidade do Jaracaty, se localiza em uma altitude que varia de 2 a 20m, no ponto mais alto, onde há casas de alvenaria, sobre o aterro com materiais gárbicos, de bota-fora e remobilizados no centro da comunidade, na margem direita do rio Anil (Figura 27).

Atualmente, na Comunidade do Jaracaty, não há mais o afloramento de materiais gárbicos, pois foram retirados pela comunidade e redepositados na planície tecnogênica mista para o aterramento dessas áreas e por fim construção de casas de alvenaria (Figura 28).

Figura 27 - Afloramento de substratos gárbicos do aterro na Comunidade do Jaracaty (A); início do aterro para a construção de casas de alvenaria com materiais gárbicos advindos do antigo lixão da cidade (seta amarela) sobre a planície tecnogênica mista (B)



Fonte: Portela (2017); Portela (2018)

Figura 28 - Casas de alvenaria sob aterro com materiais gárbicos advindos do antigo lixão da cidade



Fonte: Cunha (2022)

Dessa forma, a comunidade do Jaracaty e o Bairro Ilhinha estão instaladas em uma área de grande instabilidade e riscos, devido às características naturais e antrópicas na qual estão localizadas. De acordo com Fanning e Fanning (1989) *apud* Peloggia (1998 p. 133), há três variáveis de problemas futuros devido ao soterramento de detritos orgânicos soterrados,

dado que depósitos nos quais materiais de lixo (material gárbicos) são enterrados podem dar lugar:

- a) subsidências das superfícies dos terrenos; b) a risco de explosão em função da geração de metano e outros gases naturais sob condições anaeróbicas; c) à contaminação de água subterrâneas com substâncias químicas.

Já margem esquerda do rio Anil, ainda no baixo curso da bacia, é possível analisar que como a intensificação da atividade humana sobre o modelado interfere na composição dos materiais naturais, inserindo material tecnogênico (materiais úrbicos) enquadrado na categoria agradativa. Por meio do projeto a Avenida IV Centenário, foram construídos 3,8 km de extensão, localizada entre os bairros, Camboa, Liberdade, Fé em Deus e Alemanha. Além da remoção de palafitas à margem esquerda do rio Anil, foram construídos 2.720 apartamentos para as famílias desapropriadas, visando melhorar as condições de habitação da população residente na área (MARANHÃO, 2011).

Nesse sentido, passam por constantes processos de terraplenagem sobre a planície de maré (Figura 29), que se transformou hoje em planície tecnogênica de agradação (Figura 30). É importante frisar que foram construídas duas pistas de tráfego (Figura 31), sobre uma planície tecnogênica e solos indiscriminados de mangue, onde a população residia em palafitas sujeitas às variações das marés.

Figura 29 - Palafitas no bairro Camboa antes da construção da Avenida IV Centenário sobre a planície de maré



Fonte: Página do Instagram da SECID (2021)

Figura 30 - Processo de terraplenagem para a construção da Avenida IV Centenário sobre a planície tecnogênica mista



Fonte: Portela (2018)

Figura 31 - Avenida IV Centenário sobre a planície tecnogênica mista entregue à população



Fonte: Página do Instagram da SECID (2021)

Diferente do que ocorre na Avenida IV Centenário, o processo que ocorre na Via Expressa e o Sítio Santa Eulália, estão associados também com a declividade, a altimetria, a curvatura do relevo e a solos frágeis, que são os principais fatores para a formação de processos erosivos (sulcos, ravinas e voçorocas). Somados a isso, a retirada da cobertura vegetal pelo homem (primeiro elemento de modificador da paisagem), aceleraram um processo natural, provocando a deposição de materiais e lançamento de efluentes nesses ambientes favorecem a ocorrência de áreas de terrenos induzidos (PORTELA, 2018). É importante destacar que, com o avanço da malha urbana e as áreas de aterramento próximo às margens do rio, e as áreas de manguezais, que antes chegavam nas proximidades do Sítio Santa Eulália, começaram a recuar e os ambientes com características da formação barreiras avançar.

Com o passar dos anos e por sua localização geográfica privilegiada, o Sítio Santa Eulália, nas imediações da Avenida Euclides Figueiredo e Via Expressa, área da gleba do Fundo Estadual de Pensão e Aposentadoria (PEPA), esta área passou por um processo de remoção da

camada vegetal, para o loteamento que meses depois foi impedido, tanto pela importância ambiental (descarga d'água), quanto pelas proximidades com o aterro da Comunidade do Jaracaty, que traria riscos à população (MARQUES, 2012).

Com a ocorrência desses fatos, foram construídas vias de acesso às glebas com pavimentação asfáltica e tubos para a canalização de água, que produziram cortes nos terrenos e aterros, que acabaram influenciando em terrenos induzidos – processos erosivos acelerados (voçoroca) somados à dinâmica natural da área.

Tanto no Sítio Santa Eulália, nas margens da Via Expressa, existem áreas como depósitos induzidos e área de bota-fora (Figura 32, 33, 34 e 35), pois além dos terrenos erodidos, é cultural depositar restos de materiais gárbicos dentro de terrenos induzidos (degradativo), área de corte de terreno sobre a formação barreiras do período quaternário, que tecnicamente está passando por transformações paisagísticas significativas. Mesmo antes da construção da Via Expressa, os solos já se apresentavam fragilizados e com a construção da mesma, o processo se intensificou.

Figura 32 - Sítio Santa Eulália e a ocorrência de terrenos induzidos com materiais úrbicos em 2022



Fonte: Elaboração própria (2022)

Figura 33 - Deposição de materiais gárbicos e de bota-fora dentro e nas cabeceiras das voçorocas em 2018



Fonte: Portela (2018)

Figura 34 – (A) Terreno com feições induzidas, apresentando sulcos às margens da Via Expressa (2018); (B) Terreno com feições induzidas, apresentando erosão interna (*pinping*) às margens da Via Expressa (2021)



Fonte: Portela (2018 e 2021)

Figura 35 - (A) Terreno com feições induzidas, às Margens da Via Expressa e escavação de material sedimentar em 2018; (B) terreno com feições induzidas e revolvidas, às margens da Via Expressa, de material sedimentar movimentado em 2021



Fonte: Portela (2018 e 2021)

Na área de estudo (Figura 35) é possível encontrar aterros de remobilizados à margem direita do rio Anil, na categoria agradativa, sobre a cabeceira de drenagem, com materiais úrbicos-maciços, periurbano, em anfiteatros de nichos de nascentes, resultante de materiais remobilizados irregular de restos de demolição e de processos industriais, incluindo entulhos diversos plásticos, restos de tecido, metal e madeira, sem quantidade significativa de material orgânico e lançamento de efluentes, conforme Peloggia (2018).

Ainda na Figura 36, é possível perceber o processo de deposição de materiais úrbicos de várias formas, seja redepósitos ou por meio de lançamentos de efluentes e, na Figura 37, é possível verificar que em apenas cinco anos a decomposição dos materiais úrbicos passam por um processo de fixação e formando um aterro na planície de inundação e tornando o canal de drenagem mais retilíneo de acordo com o processo de ocupação da área.

Figura 36 - (A) Lançamento de efluentes, no canal de drenagem do rio Anil, próximo de anfiteatros de nichos de nascentes localizada na Curva do Noventa; (B) Área de bota-fora, às margens do canal de drenagem do rio Anil, na Curva do Noventa no ano de 2018



Fonte: Portela (2018)

Figura 37 - (A) Lançamento de efluentes, no canal de drenagem do rio Anil, localizada na Curva do Noventa; (B) Área de bota-fora, às margens do canal de drenagem do rio Anil, na Curva do Noventa no ano de 2022



Fonte: Portela (2022)

O aterramento das planícies de inundação é uma cena comum na bacia do rio Anil, principalmente quando se trata de deposição de materiais úrbicos e para o avanço da malha urbana, como pode ser observado na figura 38, onde o processo de urbanização se intensificou com a construção de casas nas margens do canal de drenagem (seta amarela da Figura 38 – A) de tal maneira em que casas foram e ainda são construídas sobre os canais de drenagens (seta vermelha da Figura 38 – B), e somados a isso, o lançamento de direto de efluentes na calha do rio que um episódio frequente, transformando um ambiente que antes era natural, em artificial.

Figura 38 - (A) Aterro das planícies de inundação com materiais úrbicos e construção de casas nas margens do rio, Vila Ivar Saldanha; (B) Aterro das planícies de inundação com materiais úrbicos e construção de casas sob o canal de drenagem, Vila Ivar Saldanha



Fonte: Elaboração Própria (2021)

Na figura 38, é possível perceber com maior nitidez que mais um dos tributários do rio Anil, no bairro Angelim, com a retirada da cobertura vegetal e consequentemente a formação de depósitos tecnogênicos com materiais redepositados na planície de inundação, se tornou

fundamental para facilitar o aterramento e posterior construção de casas às margens. No ponto 1 da figura 38, é possível verificar colunas de pneus que funcionam como barreira de proteção para a parede da casa que está situada em área de APP (Área de Preservação Permanente). Convém destacar que a preservação dessas áreas em condições naturais funciona como agente controlador de erosão, assoreamento, enxurradas, inundações e enchentes, além de proporcionar a infiltração da água e por conseguinte, a recarga de aquíferos. Ainda na figura 39, também é possível identificar fragmentos vegetacionais em estado crítico com raízes expostas e em área aterrada. Já no ponto 3, pode-se perceber que há lançamento de efluente *in natura* no canal de drenagem.

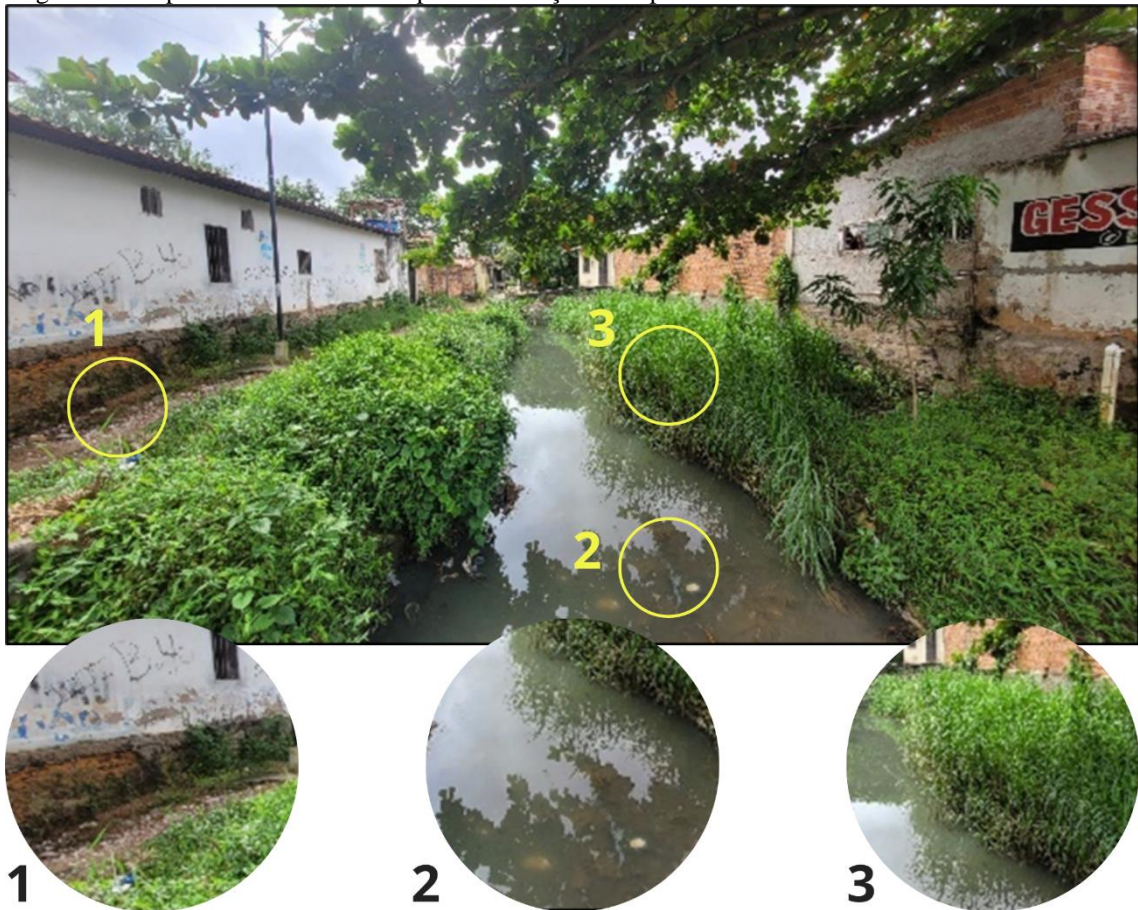
Figura 39 – (A) Aterro na planície tecnogênica de inundação com materiais redepositados e construção de casas em suas margens



Fonte: Elaboração Própria (2022).

Ainda que em condições atuais a bacia do rio Anil apresente característica do padrão de drenagem meândrica com baixa sinuosidade, em alguns pontos, é possível identificar que a geometria do sistema passou por transformações, haja vista que hoje apresenta muitos canais retilíneos (Figura 40). Um dos motivos pode estar associado à remoção da cobertura vegetal em uma área considerada de preservação, sucessivos aterramentos, construção civil (ponto 1), além de funcionarem como grandes transportadores de materiais gárbicos que são lançados e/ou depositados (ponto 2) desde as nascentes dos canais. Ademais, está associado com uma cobertura vegetal arbustiva e/ou gramínea. Tais modificações são resultados da intervenção antrópica, que tornam essas áreas mais susceptíveis à degradação ambiental.

Figura 40 - O padrão do canal fluvial pós-intervenção antrópica



Fonte: Elaboração Própria (2022).

É notório que existem várias áreas da bacia hidrográfica do rio Anil, que passaram por um processo de terraplenagem das planícies de inundação, sendo redepositados materiais diversificados em vários pontos e que tais processos ocorrem simultaneamente com a apropriação do terreno. A exemplo disso, a figura 41, onde o ponto 1, indica a remoção da cobertura vegetal e que embora no ponto 2 haja vegetação remanescente, recebe influências das moradias em suas imediações, na qual avançam cada vez mais em direção à APP, que apesar

de funcionar como barreira para os detritos urbanos, que são descartados nesta área, recebem influências dos materiais que são lançados ou depositados desde o alto curso desta bacia e carreados através do curso natural das águas. Por sua vez, no ponto 3, é possível visualizar moradias em construção e impermeabilização do solo. Esses fatores contribuem para o escoamento superficial acelerado com transporte de materiais gárbicos e sedimentos, para as áreas de preservação, levando em consideração que não são suficientes para funcionar como barreira de proteção aos agentes antrópicos, uma vez que esta área foi reduzida, assim não impede que o canal de drenagem passe por um processo de assoreamento, formando um ambiente tecnogênico misto de deposição.

Figura 41 – Processo de aterramento com materiais gárbicos no bairro Maranhão Novo



Fonte: Elaboração Própria (2022).

Ainda na mesma área a figura 41, a figura 42 mostra com maior evidência que a área que passa por um processo de remoção da cobertura vegetal em uma área de vertente e passou/passa por sucessivos aterramentos, além de ser uma área de descarte irregular de materiais diversificados, primeiro passo para a formação de depósitos tecnogênicos, além da construção de um muro que funciona como barreira para os materiais que são carreados do topo da vertente em direção à rua com paralelepípedo. À medida que esse processo ocorre, áreas

genuinamente naturais com o passar dos anos são descaracterizadas e transformadas em ambientes de depósitos tecnogênicos ou ambientes artificiais.

Figura 42 - Processo de alteração das vertentes no bairro Maranhão Novo



Fonte: Elaboração Própria (2022)

No bairro Angelim, os processos também ocorrem de forma simultânea, mas diferenciam-se dos demais devido à velocidade com que ocorre, pois houve o rebaixamento do lençol freático com a construção de um condomínio residencial (Figura 43), além de funcionar como área de descarte irregular de materiais gárbicos (área de deposição e remobilização de materiais para aterros), de terrenos naturais recortados remobilizados para a ampliação da avenida Jerônimo de Albuquerque e o aumento da área impermeabilizada do solo próximo a uma nascente. Todos esses processos dificultam a infiltração da água e facilitam o escoamento superficial da lâmina d'água em várias direções, levando consigo diversos materiais descartados de maneira irregular.

Figura 43 – Área de recarga hídrica passando por um processo de aterramento com materiais gárbicos e impermeabilização do solo

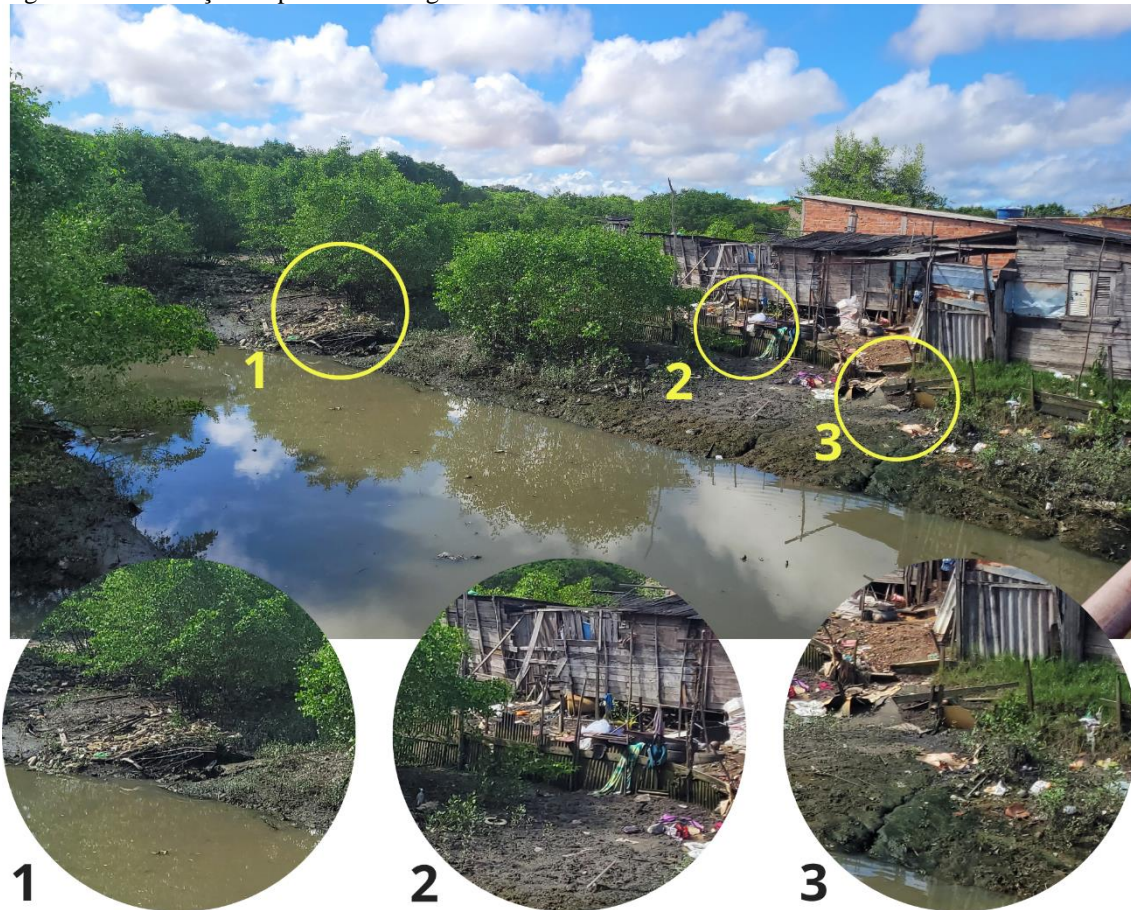


Fonte: Elaboração Própria (2022)

Em São Luís há um problema sério com a falta de habitação e saneamento básico, mas isso se deve às características do processo de ocupação, que se iniciou às margens da bacia do rio Anil, sem planejamento urbano, na qual conhecemos hoje, devido a isso, com há vários problemas relacionados a esse modelo de expansão urbana.

A exemplo disso, na figura 44, localizada no médio curso da bacia (bairro Vila Palmeira), é possível verificar a pressão do homem sobre o ambiente e as consequências na influência de maré nessa área, pois há a presença de materiais gárbicos na planície de inundação (ambiente deposicional), aterramentos, palafitas e até mesmo casas de alvenarias, um ambiente propício para a formação de planície tecnogênica mista. Nesta figura, existem três pontos que chamam atenção, há materiais gárbicos em ambientes deposicionais (ponto 1), mas apenas no ponto 2 e 3, é possível perceber casas em condições precárias, aterramentos e materiais gárbicos depositados tanto por moradores da área, como materiais que foram carreados através do curso natural do rio, e foram re/depositados no médio curso, por exemplo.

Figura 44 – Formação de planície tecnogênica mista no bairro Vila Palmeira



Fonte: Elaboração Própria (2022)

O processo de expansão urbana desordenado teve início com a construção da fábrica têxtil, no povoado Anil e atual Bairro Anil, o processo de readequação do terreno começou a ganhar forma, transformando ambientes naturais em ambientes artificiais (tecnogênicos). Vale ressaltar que a influência de maré chegava próximo à fábrica, que fora instalada estrategicamente nesse local, pois era um ambiente essencialmente rural (Figura 45) e de fácil acesso, tanto por barco como por veículos terrestres.

Após a inauguração da fábrica, os operários que nela trabalharam ficaram instalados em suas imediações, construíram casas e aterraram algumas áreas, o que contribuiu para o povoamento da região e o crescimento da malha urbana. Toda a matéria prima vinha da região do vale do Itapecuru e chegava de Alvarenga, tipo de embarcação da época que, com a subida da maré, atracava no primeiro porto do Anil, onde era a ponte da fábrica (LIMA, 2002) que, ao seu redor, apresentava características marcantes da vegetação nativa – mangue (Figura 46).

Figura 45 - Inauguração da Fábrica têxtil no Povoado Anil



Fonte: Maranhão (1908)

Figura 46 - Primeiro porto do Anil



Fonte: Maranhão (1908)

O rio Anil, também, significava fonte de vida e alimento para todos os bairros e adjacências, devido às suas águas límpidas e à grande disponibilidade de peixes. No entanto, com o uso indiscriminado do ambiente, as nascentes foram minguando, à medida que a malha

urbana aumentava, com o lançamento de efluentes e a retirada da vegetação que se tornou mais frequente. Anos depois, a fábrica fechou e funcionou por muitos anos o Colégio Cintra, onde hoje funciona o IEMA.

A área de instalação da antiga fábrica têxtil, hoje, é um terreno tecnogênico gárbico, com planícies tecnogênicas mista de agradação e materiais de bota-fora (Figura 47) e rio assoreado, devido ao carreamento dos sedimentos, retirada da cobertura vegetal e lançamento de efluentes nos seus canais de drenagem, além de materiais de bota-fora, fazendo com que os barcos não cheguem até esse ponto (Figura 48).

Figura 47 - Antiga fábrica têxtil e atual IEMA



Fonte: Elaboração Própria (2022)

Figura 48 - Onde estava localizado o primeiro porto do Anil, hoje, encontra-se com planície tecnogênica mista e assoreada



Fonte: Elaboração Própria (2022)

Esse processo de deposição dos sedimentos e materiais de bota-fora não acontecem de forma rápida, pois além das ações locais, como o caso do aterramento para a construção da fábrica têxtil e da planície de inundação da área, existem processos naturais e antrópicos que ocorrem nas cabeceiras de drenagens e são carreados ao longo do rio e redepositados nas

margens, como mostra a Figura 49 ponto 1. O rio está visivelmente assoreado, resultado do processo da remoção e substituição da cobertura vegetal natural por gramínea e plantas exótica para a área (bananeira, ponto 2 da figura 49) e deposição de materiais de bota-fora (ponto 3 da figura 49), que hora são acumulados nas margens da planície de inundação e hora são transportados e redepositados em outras áreas da bacia, transformando-se em planície tecnogênica de agradação.

Figura 49 - Rio Assoreado e materiais de bota-fora na planície de inundação no Bairro Anil



Fonte: Elaboração Própria (2022)

No alto curso da bacia, no bairro Tirirical, uma das nascentes do rio Anil encontra-se fragilizada devido ao descarte irregular de carcaças de veículos, materiais de bota-fora em geral, lançamentos de efluentes *in natura*, remoção da cobertura vegetal, terra plantagem para viabilizar a construção de moradias em uma área onde há a transição dos tabuleiros com topos planos e as vertentes, uma área de proteção permanente, prevista no Código Florestal (2012), ambas as formações geomorfológicas estão modificadas e recortadas pelo homem (Figura 50).

Ainda na figura 50, é possível perceber que na margem esquerda ainda em processo de descaracterização (ponto 1 e 2 da figura 50), pois ainda é possível identificar o Latossolo VERMELHO-AMARELO, com vegetação predominantemente rasteira e poucos sinais de aterro, embora já exista materiais de remobilizados, outro ponto de atenção está na nascente de um dos afluentes do rio Anil (ponto 2 da figura 50), onde encontra-se descaracterizada devido aos materiais remobilizados, já na margem direita, o ambiente encontra-se completamente modificado pelo homem por meio de serviços de terraplenagem, tronando-se um terreno tecnogênico gárbico (ponto 3 indicado na Figura 50).

Figura 50 – Materiais bota-fora remobilizados nos tabuleiros com topos planos e na nascente do rio Anil no bairro Tirirical



Fonte: Elaboração Própria (2022)

Na bacia hidrográfica do rio Anil, as paisagens urbanas apresentam formas de relevo tecnogênico diversificado (transformado pela ação humana), associadas aos compartimentos naturais do relevo ainda existentes. Enquadram-se dentro das categorias de relevo agradacional e degracional ou movimentadas – superfícies de terrenos tecnogênicos que passam por retirada de sedimentos, aterramento e acamamento de materiais sobre as colinas, as vertentes, a planície de maré e o terraço de abrasão (quaternário) que, por meio da ação humana, foram transformadas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A respeito dos estudos dos depósitos tecnogênicos em áreas urbanas, os pontos mostrados possuem maior representatividade tanto de intensidade como diversidade da ação humana sobre a natureza pelo uso e pela apropriação do relevo, que alteram e modificam o ambiente até então natural, dentro de um espaço-temporal, que são vistos sobre e a partir de quatro perspectivas, a saber: histórica, geológica, geomorfológica e a relação de uso e ocupação do espaço, onde as transformações são percebidas. Dessa forma, a apropriação dos ambientes se revela sob diferentes óticas, o que causa diferentes transformações.

A relação sociedade-natureza faz parte de um indissociável sistema, considerando uma infinidade de agentes e processos sociais que se organizam e se diversificam no espaço. Sendo assim, a história se confunde com o uso e apropriação do solo desta bacia hidrográfica do rio Anil, uma das principais da ilha que, devido ao seu apanhado histórico, é possível observar as alterações paisagísticas provocadas pela ação antrópica. A exemplo disso, depósitos tecnogênicos degradativos que, associados aos depósitos tecnogênicos induzidos (depósitos mal consolidados), provocados principalmente pela urbanização, encarregada de inserir novas formas de uso no ambiente, como edificações, canalizações de canais fluviais e aterros diversos.

A formação de áreas com depósitos tecnogênicos na bacia hidrográfica do rio Anil tem maior ocorrência nas margens do sistema fluvial, em Áreas de Preservação Permanente (APP). Isso ocorre devido ao lançamento direto e indireto de efluentes e resíduos sólidos, e principalmente nas áreas instáveis – vegetação de mangue e solos indiscriminados, necessitam de um olhar mais atento dos órgãos públicos, principalmente em fiscalizar e tratar os fluídos lançados nessas áreas, terrenos baldios, terrenos de solo exposto, terrenos de bota-fora que estão situados nas colinas e vertentes são carreados pelo escoamento superficial da água, sendo depositados nos fundos de vales e planícies de maré e de inundação.

A valorização das áreas urbanas impulsionada pela construção civil torna-se fundamental à implantação de medidas para a destinação de resíduos sólidos, tratamento de esgotos e água, já que o rio Anil foi fonte indispensável para distribuidoras de água em tempos áureos. Assim, a caracterização dos depósitos auxilia a estimativa de perdas de áreas úteis à população por meio da identificação de áreas afetadas. As áreas que mais chamaram a atenção foram os aterros de depósitos gárbicos nos bairros Jaracaty e Anil, que se encontram em área de preservação permanente e necessitam de um planejamento ambiental e urbano, e no Sítio Santa Eulália, que antes boa parte dessa área era caracterizada por mangues, hoje encontra-se, com muitos pontos com terrenos induzidos e com áreas de bota-fora. A ação da atividade

humana sobre o relevo está incluída na classificação taxonômica do relevo proposta por Ross (1992), no que tange ao 5º e 6º táxon.

Portanto, nem todas as formas de depósitos descritas por Fanning e Fanning (1989) *apud* Peloggia (1997) foram encontradas na bacia hidrográfica do rio Anil, mas serviram de base para a aplicação das técnicas de identificação, caracterização e mapeamento proposto por Peloggia (1997, 1998, 2014 e 2018). Além disso, todos os objetivos deste trabalho foram alcançados e a metodologia foi eficaz em sua aplicação. Diante disso, ressalta-se a importância de trabalhos voltados para a compreensão de depósitos tecnogênicos, fazendo análises em gabinete e em campo para a validação, desse modo, incorpora-se uma cartografia para análises geomorfológicas e das sedimentações recentes, das feições quaternárias documentadas. A caracterização geoambiental e histórica, fornecem bases para a discussão dos processos geológico-geomorfológicos no Antropoceno para subsidiar estudos ambientais posteriores que possam integrar sociedade-natureza.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. **Contribuições à geomorfologia do estado do Maranhão**. Transcrito do “Anuário da Faculdade de Filosofia”. Universidade Católica de São Paulo. v. 13. 1960. p. 35-49.
- AB'SABER, A. N. **O domínio dos mares e morros no Brasil**. Geomorfologia. SÃO Paulo, n. 2, 1966. p. 1-9.
- AB'SABER, A. N. **Argilas e geomorfologia ciência e cultura**. São Paulo, v. 18, n. 2, 1966. p. 223-224.
- AB' SABER, A. B.; BIGARELLA, J. J. Superfícies aplainadas do primeiro planalto do Parana. **Boletim Paranaense de Geografia**, Curitiba, n. 4-5, 1961. p. 116-125.
- AZIZ, AB'SABER. **Bases Geomorfológicas para o estudo do quaternário no estado de São Paulo**. Geografia Física da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo (Tese). 1968.
- ALMEIDA, F. F. M. Origem e evolução da plataforma brasileira. **Boletim**, n. 241. Rio de Janeiro: DNPM/DGM, 1967.
- ARAÚJO, E. P.; TELES, M. G. L.; LAGO, W. J. S. Delimitação das bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão a partir de dados srtm. **Anais[...]**. XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25 a 30 de abril, 2009, INPE, p. 4631-4638.
- AZEVEDO, K. M. **A comunidade local e a atividade turística na área da praia grande em São Luís (MA)**. Monografia (Pós-graduação Latu Sensu) – Curso de Especialização em Turismo e Desenvolvimento Sustentável – Universidade de Brasília, 2007.
- BANDEIRA, I. C. N. **Geodiversidade do estado do maranhão**. NASCIMENTO, Iris Celeste (org.). Teresina: CPRM, 2013. 294 p.
- BERTRAND, G. Paysage et géographie physique global. Esquisse Méthodologique. In: Revue Géographique des Pyrénées et du Sud Ouest. **Toulouse**, v. 39, p. 249-272, 1968.
- BERTRAND, Georges. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **R. RAÉGA**. Editora UFPR: Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004.
- BEZERRA, J. F. R.; MENDONÇA, J. K. S.; GUERRA, A. T.; FEITOSA, A. C. **Estudo do uso e ocupação do solo como condicionante aos processos erosivos no município de São Luís, Maranhão**. V Simpósio Nacional de Geomorfologia. I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia UFSC – RS, 2004. 95 p.
- BOTELHO, R. G. M. Bacias hidrográficas urbanas. In: GUERRA, José Guerra Texeira (org.). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.
- CAILLEUX, A.; TRICART, J. **Le problème de la classification des faits géomorphologiques**. Annales de Géographie, 1956.

CANDEIAS, A. L. B.; COSTA, A. P. R. Método de classificação não supervisionada por empilhamento no espaço de atributos. **Anais [...]**. XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, 25 a 30 de abril 2009. p. 6845-685.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S.l.], 2005. Disponível em: <http://www.funape.org.br/geomorfologia/>. Acesso em: 24 jan. 2016.

CHRISTOFOLOTTI, A. Vertentes: processos e formas. In: CHRISTOFOLOTTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. cap. 2, p.117.

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. Tradução: João Alves dos Santos. Revisão Suely Bastos; Antonio Christofolotti (coord.). 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. 224 p.

DIAS, M. B. Galvão. **Depósitos tecnôgenicos na região noroeste de Goiânia (GO)**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciência e Tecnologia. Presidente Prudente, 2015.

DIAS, T. R. **Influência da ocupação e uso do solo sobre a qualidade dos recursos hídricos na área da bacia hidrografia do rio Anil**. São Luís, 2005. 66 f. Monografia (Graduação em Ciências Aquáticas) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2005.

D´ABEVILLE, C. **História da missão dos padres capuccinhos – na Ilha do Maranhão e sua circunvizinhança**. São Paulo: Editora Siciliano, 2002. p. 363.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

FREIRE, M. P. e DIAS, L. J. B. da S. **Caracterização geológico-geomorfológica e pedológica do bairro cohatrac e área de entorno imediato (São Luís-MA): subsídios para estudos em geomorfologia ambiental**. V Simpósio Nacional de Geomorfologia / Regional Conference on Geomorphology. Goiânia, setembro de 2006.

GARCEZ, K. M. G. **Centro e centralidade em São Luís do Maranhão**. Presidente Prudente: [s.n.], 2009, 123 f.: il. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2009.

GOMES, C. M. T. **Degradação ambiental urbana e qualidade de vida nas áreas de manguezais ocupadas por palafitas em São Luís - ma**. 2001. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2001. 69 f.

GUIA DE ARQUITETURA E PAISAGEM. **São Luís**: Ilha do Maranhão e Alcântara. Secretaria Nacional de Programas Urbanos. Ministério das Cidades. Secretaria das Cidades, MA, 2008. Disponível em: <http://www.secid.ma.gov.br/2011/04/page/2/>. Acesso em: 04 jun. 2018. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Zoneamento geoambiental do estado do Maranhão**. Salvador, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA - IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Cidades**. Disponível em: <https://www.instagram.com/p/CTzqiJgpMcN/>. Acesso em: 15 fev. 2022.

LIMA, Normandia de Oliveira. **O bairro industrial do Anil: apogeu e decadência**. Monografia (Graduação em Geografia – Licenciatura) – Universidade Federal do Maranhão, 2002.

MARANHÃO. **Atlas do Maranhão**. Gerência de Planejamento Econômico, Laboratório de Geoprocessamento - UEMA, São Luís: GEPPLAN, 2002.

MARANHÃO. **Governo do Maranhão**. São Luís, 29 de dezembro de 2021. Instagram: governoma. Disponível em: <https://www.instagram.com/p/CYEOiGAlmtd/>. Acesso em 18 fev. 2022.

MARANHÃO. **Aris do Mar Turismo**. São Luís, 14 de setembro de 2021. Instagram: **arisdomar**. Disponível em: <https://www.instagram.com/p/CTzqiJgpMcN/>. Acesso em: 15 de dez. 2021.

MARANHÃO. **Secretaria das Cidades**. São Luís, 14 de dezembro de 2021. Instagram: secidma. Disponível em: <https://www.instagram.com/p/CXd4dSRr55s/>. Acesso em 20 de jan. 2022.

MARANHÃO. **Minha Velha São Luís**. 21 de novembro de 2020. Instagram: [minhavelhasaoluis](https://www.instagram.com/p/CWiZVVJLRb/). Disponível em: <https://www.instagram.com/p/CWiZVVJLRb/>. Acesso em 20 de jan. de 2022.

MARANHÃO. **Minha Velha São Luís**. 24 de agosto de 2020. Instagram: [minhavelhasaoluis](https://www.instagram.com/p/CESoQPBBqGu/). Disponível em: <https://www.instagram.com/p/CESoQPBBqGu/>. Acesso em 14 de nov. de 2021.

MARANHÃO. **Secretaria das Cidades**. São Luís, 22 de junho de 2021. Instagram: secidma. Disponível em: <https://www.instagram.com/p/CQcKxdGpxzr/>. Acesso em 7 de jan. 2022.

MARANHÃO. **Estudo de geologia**. Macrozoneamento do Golfão Maranhense. Diagnóstico Ambiental da Microregião da Aglomeração Urbana de São Luís e dos Municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário. São Luís: Sema/MMA/PNMA, 1998.

MARANHÃO. **Maranhão**. Rio de Janeiro, 1908.

MARQUES, G. M. Santa Eulália: parque e cidade da cultura. In: **Aspectos urbanos de São Luís: uma abordagem multidisciplinar**. NETO, José Bello Salgado; PFLUEGER, Gorete Soares (org.). São Luís: EdUEMA, 2012.

MESQUITA, Ruy Ribeiro. **Plano de expansão da cidade de São Luís**. São Luís: [s.n.]. 1958.

OLIVEIRA, A. M dos S.; BRANNSTROM, C.; NOSLASCO, M. C.; PELOGGIA, A. U. G.; PEIXOTO, M. N. de O.; COLTRINARI, L. Tecnógeno: registros da ação geológica do homem. In: SOUSA, C. R. de G.; SUGUIU, K.; OLIVEIRA, A. M dos S.;

OLIVEIRA, P. E. de. **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005.

OLIVEIRA, A. A. de; OLIVEIRA, A. M. dos S.; ANDRADE, M. R. M. Depósitos tecnogênicos como testemunhos e indicadores de processos geológicos em área urbana degradada em Guarulhos, SP. In: **Quaternary and Environmental Geosciences**, 2014, v.5, n.1, p. 12-27.

OLIVEIRA, A. A. de; SANTOS, O., A. M. dos; ANDRADE, M. R. M. Depósitos tecnogênicos como indicadores de processos geológicos em área urbana degradada em guarulhos, SP. **Quaternary and Environmental Geosciences**. v. 5, n. 1, p. 12 – 27, 2014. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/abequa/article/view/34737>. Acesso em: 15 fev. 2022.

PEIXOTO, M. de O.; MELLO, E. V.; SILVA, S. M.; MOURA, J. R. de S. de; LOPES, C. Q. G.; SILVA, S. T.; PINTO JÚNIOR, C. D. **Feições tecnogênicas em Volta Redonda (RJ)**. XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA e III Encontro do Quaternário Sulamericano. out. 2011.

PELOGGIA, A. U. G. A ação do homem enquanto ponto fundamental da geologia do tecnógeno: roposição teórica básica e discussão acerca do caso do 97 município de São Paulo. In: **Revista Brasileira de Geociências**. 1997, p. 257-268.

PELOGGIA, A. U. G. **Delineação e aprofundamento temático da geologia do tecnógeno do município de São Paulo**: as consequências geológicas da ação do homem sobre a natureza e as determinações geológicas da ação humana em suas particularidades referentes à precária ocupação urbana. São Paulo, 1997, p. 262 Tese Doutorado (Pós Graduação em Geologia) - Instituto de geociências, Universidade de São Paulo, 1997.

PELOGGIA, A. U. G. A cidade, as vertentes e as várzeas: transformação do relevo pela ação do homem no município de São Paulo. In: **Revista do Departamento de Geografia**, 2005, p. 24-31.

PELOGGIA, A. U. G.; SILVA E. C. N.; NUNES J. O. R. Technogenic landforms: conceptual framework and application to geomorphologic mapping of artificial ground and landscape as transformed by human geological action. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v.5, n.2, p.67-81, 2014.

PELOGGIA, A. U. G. **O homem e o ambiente geológico**: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo. São Paulo: Xamã, 1998, 271 p.

PELOGGIA, A. U. G. Sobre a classificação, enquadramento estratigráfico e cartografiação dos solos e depósitos tecnogênicos. In: PELOGGIA, A. U. G. **Manual Geotécnico 3**: Estudos de Geotécnica e Geologia Urbana (I). São Paulo: [s.n], 1999a. p. 35-50.

PELOGGIA, A. U. G.; SAAD, A. R.; SILVA, R. V. da e QUEIROZ, W. de. Processos de formação de terrenos e relevos tecnogênicos correlativos à urbanização: análise morfoestratigráfica e geoambiental aplicada na bacia do córrego água branca, Itaquaquecetuba (RMSP). **Rev. Bras. Geomorfol.** (Online), São Paulo, v.19, n.2, (abr./jun) p.245-265, 2018.

PELOGGIA, A. U. G. Conceitos fundamentais da análise de terrenos antropogênicos: o estudo da agência geológico-geomorfológica humana e de seus registros. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, 40 (1), 1-17, 2019

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

PORTELA, A. K. O. **Mapeamento de depósitos tecnogênicos no baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Anil**. Monografia (Graduação) – Curso de Geografia, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018. 99 f.

ROHDE, G. M. **Epistemologia ambiental**: uma abordagem filosófico-científica sobre a efetuação humana alopoiética. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1996.

ROLIM, G. de S.; CAMARGO, M. B. P. de; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. de. **Classificação climática de köppen e de thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo**. *Bragantia*, Campinas, v.66, n.4, p.711-720, 2007.

RODRIGUES, C. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista. **Revista do departamento de Geografia**, São Paulo, n. 17, p. 101 – 111, 2005.

RODRIGUES, C. G.; MOROZ-COCCIA, I. C. Importância do fator antrópico na redefinição de processos geomorfológicos e riscos associados em áreas urbanizadas do meio tropical úmido. Exemplos na Grande São Paulo. In: **98 Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. GUERRA, Antonio José Teixeira; JORGE, Maria do Carmo Oliveira. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

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

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

SANTOS, M. **Técnica, espaço, tempo**. 4. ed. São Paulo: Hucitec, 1998.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS - SEMA. **Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas no estado do maranhão**. Decreto nº 27.317, de 14 de abril de 2011. Novembro de 2011, São Luís, MA.

SILVA, É. C. N. **Formação de depósitos tecnogênicos e relações com o uso e ocupação do solo no perímetro urbano de Presidente Prudente-SP**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2012.

SILVA, A. S. da. **Solos urbanos**. In. *Geomorfologia Urbana*. Org. GUERRA, Antonio José Texeira. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

SILVA, Q. D. da. **Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão**. Presidente Prudente, 2012.

SOUZA, B. B. **Caracterização de indicadores sócio-ambientais na bacia do rio anil, São Luís-MA, como subsídio à análise econômico-ambiental do processo de desenvolvimento**. 2005.144 f. Tese (Doutorado em Geoquímica Ambiental) Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005.

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

SUGUIO, K. **Tópicos de geociências para o desenvolvimento sustentável: as regiões litorâneas**. Geologia USP – Série Didática. São Paulo: v. 2, n. 1, 2003. 40 p. Disponível em: <http://www.igc.usp.br/geologiausp/sd1/art.php?artigo=598>. Acesso em: 07 dez. 2017.

SUGUIO, K. **Geologia do quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 408 p.

TROVÃO, J.R. **Transformações sociais e econômicas no espaço rural da Ilha do Maranhão**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro (SP), 1994.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO – UEMA. **Bacias hidrográficas e climatologia no Maranhão**. Centro de Ciências Agrárias. Núcleo Geoambiental. Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, 2016. 99 p.

ZENKNER, T. T. dos S. São Luís no Século XIX: Uma capital em construção. In. **Aspectos urbanos de São Luís: uma abordagem multidisciplinar**. NETO, José Bello Salgado; PFLUERGER, Grete Soares (org.). São Luís: EdUEMA, 2012. p. 336.