



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
INSTITUTO DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



**A CONSTRUÇÃO DO RELEVO ANTROPOGÊNICO NO ATERRO DE  
RESÍDUOS SÓLIDOS DE MANAUS**

Manaus/AM

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
INSTITUTO DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

DANIELSON PEREIRA DE SOUZA

**A CONSTRUÇÃO DO RELEVO ANTROPOGÊNICO NO ATERRO DE  
RESÍDUOS SÓLIDOS DE MANAUS**

Dissertação apresentada à Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas – PPG-GEOG/AM. Linha de Pesquisa: Domínios da Natureza na Amazônia, sob a orientação da Professora Dra. Mircia Ribeiro Fortes.

Manaus/AM  
2022

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S729c Souza, Danielson Pereira de  
A construção do antropogênico no aterro de resíduos sólidos de  
Manaus / Danielson Pereira de Souza . 2022  
111 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Mircia Ribeiro Fortes  
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do  
Amazonas.

1. Depósitos tecnogênicos. 2. Relevo antropogênico. 3. Resíduos  
sólidos urbanos. 4. Aterro de resíduos sólidos de Manaus. 5.  
Paisagem. I. Fortes, Mircia Ribeiro. II. Universidade Federal do  
Amazonas III. Título

## **DEDICATÓRIA**

Este trabalho é dedicado primeiramente a Deus, meu melhor amigo, Pai e companheiro que me encontrou, e deste momento em diante, sempre esteve comigo. Aos meus pais, Josimar Anjos de Souza e Leuda Pereira de Souza Sá que desde pequeno me ensinaram que a educação é o caminho mais decente para se vencer na vida.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela vida, pelo companheirismo e amizade, por tudo;

Aos meus pais, Josimar Anjos de Souza e Leuda Pereira de Souza Sá por me incentivarem, ajudarem e estarem comigo nos momentos mais difíceis da minha vida;

A minha orientadora Profa. Dra. Mircia Ribeiro Fortes pela paciência, principalmente, na finalização da dissertação, pela orientação e apoio em todos os momentos da pesquisa;

A Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEOG) pela oportunidade;

A CAPES por conceder a bolsa de mestrado;

A todos os professores do Departamento de Geografia pela dedicação e socialização do conhecimento, em especial a Profa. Dra. Adoréa Rebello da Cunha Albuquerque, por apresentar o conceito de depósitos tecnogênicos, e o Prof. Dr. Marcos Castro de Lima, por instigar-me em relação ao aterro;

A secretária do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEOG) pela dedicação aos alunos do mestrado;

Ao amigo Yuji Santos Yano, pela ajuda nos contatos com a SEMULSP;

Ao Thalyson Mendes, pela mediação nas conversas com SEMULSP;

A SEMULSP pela permissão de visita técnica ao Aterro;

A amiga Kamila de Oliveira Craveira (minha pessoa), pelos anos de amizade. Nossa amizade é indestrutível, nem a distância ou pandemia podem acabar com este sentimento;

A amiga Ludmila Dutra Soares, minha companheira de campo, gratidão por tudo;

Ao amigo Paulo Menezes, por todo apoio dado nesses últimos anos;

E a todos os amigos e familiares que contribuíram direta e indiretamente para realização desta pesquisa.

## RESUMO

O crescimento populacional nas cidades gerou a demanda por serviços essenciais, como acesso a saúde, moradia e a saneamento básico como, por exemplo, os serviços de coletas de resíduos sólidos. Na cidade nem todos são assistidos com esses serviços, o que ocasiona, no caso da produção de resíduos urbanos, o despejo em áreas inapropriadas, dando origem aos lixões a céu aberto. É o caso do Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus (ARSM), que iniciou suas atividades como um lixão. Nos trabalhos realizados anteriormente sobre esta área, o aterro não fora visto a partir da perspectiva da geomorfologia, ou seja, como um relevo antropogênico, formado por depósitos tecnogênicos. Assim, este trabalho teve como objetivo geral: analisar o relevo antropogênico do Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus (AM-010) formado pelos depósitos tecnogênicos, tendo os seguintes objetivos específicos: a) classificar o relevo antropogênico formado pelo depósitos tecnogênicos no Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus; b) descrever a construção das áreas de implantação no Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus; c) mapear, por meio das curvas de níveis, a forma e a altimetria do relevo antropogênico do Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus; d) fazer considerações a respeito do tipo de uso que se dará a área do Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus após o encerramento de suas atividades. Utilizou-se da proposta metodológica de Libault (1971), os quatro níveis da pesquisa geográfica: nível compilatório, nível correlativo, nível semântico e nível normativo, juntamente com classificação de terrenos tecnogênicos de Peloggia (2017). Assim, notou-se que a construção do relevo do ARSM ocorreu a partir do maciço principal, e das áreas de implantação que estabilizam essa estrutura, além dos usos de áreas que possuem serviços essenciais para o funcionamento do aterro. Os valores altimétricos na área podem chegar até 143 metros de altitude, e as formas de relevo presente no perímetro apresentam padrão de morro com topo tabular e patamares nas vertentes, o que se assemelha a estrutura geomorfológica na qual está implantado, além de possuir camadas úrbicas-celulares. O relevo presente no aterro é resultado da produção e reprodução do espaço geográfico na cidade de Manaus, que por sua vez, gera formas que se assemelham a estrutura de relevo natural, no entanto com uma altimetria destacada, que neste caso compõem a paisagem local.

**Palavras chaves:** Depósitos Tecnogênicos. Resíduos Sólidos Urbanos. Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus.

## ABSTRACT

Population growth in cities has generated demand for essential services, such as access to health, housing and basic sanitation, such as solid waste collection services. In the city, not everyone is assisted with these services, which causes, in the case of urban waste production, dumping in inappropriate areas, giving rise to open dumps. This is the case of the Solid Waste Landfill of Manaus (ARSM), which started its activities as a dump. In the work carried out previously on this area, the landfill was not seen from the perspective of geomorphology, that is, as an anthropogenic relief, formed by technogenic deposits. Thus, this work had as general objective: to analyze the anthropogenic relief of the Solid Waste Landfill of Manaus (AM-010) formed by the technogenic deposits, having the following specific objectives: a) classify the anthropogenic relief formed by the technogenic deposits in the Solid Waste Landfill of Manaus; b) describe the construction of the implantation areas in the Solid Waste Landfill of Manaus; c) to map, through contour lines, the shape and altimetry of the anthropogenic relief of the Solid Waste Landfill of Manaus; d) make considerations about the type of use that will be given to the Manaus Solid Waste Landfill area after the end of its activities. Libault's (1971) methodological proposal used the four levels of geographic research: compilation level, correlative level, semantic level and normative level, together with Peloggia's (2017) classification of technogenic terrains. Thus, it was noted that the construction of the ARSM relief took place from the main massif, and from the implantation areas that stabilize this structure, in addition to the uses of areas that have essential services for the operation of the landfill. The altimetric values in the area can reach up to 143 meters in altitude, and the relief forms present in the perimeter present a hill pattern with a tabular top and terraces on the slopes, which is similar to the geomorphological structure in which it is implanted, in addition to having urban layers. - cell. The relief present in the landfill is the result of the production and reproduction of the geographic space in the city of Manaus, which in turn generates forms that resemble the structure of natural relief, however with a highlighted altimetry, in this case, it makes up the local landscape.

**Key words:** Technogenic Deposits. Urban solid waste. Solid Waste Landfill of Manaus.

## **SIGLAS**

Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus **(ARSM)**

Secretária Municipal de Limpeza Pública **(SEMULSP)**

Google Earth Pró **(GEP)**

Resíduos Sólidos Urbanos **(RSU)**

Grupo de Trabalho do Antropoceno **(AWG – Anthropocene Working Group)**

Subcomissão de Estratigrafia do Quaternário **(SQS)**

Comissão Internacional de Estratigrafia **(ICS)**

União Internacional das Ciências Geológicas **(IUGS)**

Serviço Geológico Britânico **(BGS)**

Normas Brasileiras Registrada **(NBR)**

Associação Brasileira Normas Técnicas **(ABNT)**

Proteção Ambiental do Amazonas **(IPAAM)**

Modelo Digital de Elevação **(MDE)**

Superintendência do Desenvolvimento do Amazonas **(SUDAM)**

Zona Franca de Manaus **(ZFM)**

Ministério Público e a Vara do Meio Ambiente e Qualidade Ambiental **(VEMAQUA)**

Geomembranas de polietileno de alta densidade **(GAD)**

Termo de Ajustamento de Conduta **(TACA)**

Órgão Seccional Estadual de Controle da Poluição e Proteção Ambiental  
**(OECPPA)**

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Croqui realizado na visita técnica ao ARSM.....	17
<b>Figura 2:</b> Esquema metodológico da pesquisa.....	19
<b>Figura 3:</b> Proposta de tabela geológica por Ter-Stepanian.....	32
<b>Figura 4:</b> Representação esquemática da Classificação do Relevo Tecnogênico.....	42
<b>Figura 5:</b> Mapa de Localização do Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus.....	50
<b>Figura 6:</b> Mapa de Hipsometria e MDE (Modelo Digital de Elevação) do Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus.....	53
<b>Figura 7:</b> Mapa de Declividade.....	55
<b>Figura 8:</b> Mapa de Hidrografia.....	59
<b>Figura 9:</b> Mapa de usos e áreas no ARSM.....	65
<b>Figura 10:</b> Vista do Maciço Principal, o ponta mais alto ARSM: a) Vista do ponto mais alto aterro; b) Vista do maciço de um dos pontos mais baixo do aterro.....	66
<b>Figura 11:</b> Área destinada para produção de adubo com os resíduos orgânicos coletados na área urbana de Manaus.....	67
<b>Figura 12:</b> Localização das lagoas de Precipitação (Sedimentação).....	69
<b>Figura 13:</b> Drenos do Sistema Sub-Superficial do ARSM: a) Drenos de chorume sobre as células (horizontais); b) Drenos definitivos de água pluviais.....	69
<b>Figura 14:</b> Instalações da Usina de BioGás no ARSM: Container de geração de energia a gás; b) aparelhagem condutora de gás; c) torre e tubulações da usina.....	70
<b>Figura 15:</b> Área de Implantação 3.....	73
<b>Figura 16:</b> Área de Implantação 4.....	74
<b>Figura 17:</b> Área de Implantação 5.....	75
<b>Figura 18:</b> Área de Implantação 6.....	76
<b>Figura 19:</b> Impacto altimétrico do Aterro na Paisagem.....	77

<b>Figura 20:</b> Mapeamento dos Terrenos Antropogênicos presentes no ARSM.....	79
<b>Figura 21:</b> Vegetação nas vertentes do Maciço Principal do ARSM.....	81
<b>Figura 22:</b> Modelo Digital de Elevação (MDE) e Declividade na Área de Implantação 1 e Lagoa de Precipitação (NE) no ARSM.....	84
<b>Figura 23:</b> Modelo Digital de Elevação (MDE) e Declividade na Área de Implantação 2.....	86
<b>Figura 24:</b> Vista parcial da área de Compostagem do ARSM.....	88
<b>Figura 25:</b> Modelo Digital de Elevação (MDE) e Declividade na Área de Implantação 3, Área de Compostagem e Lagoa de Precipitação (Sedimentação) Sul (S).....	89
<b>Figura 26:</b> Modelo Digital de Elevação (MDE) e Declividade na Área de Implantação 4.....	91
<b>Figura 27:</b> Modelo Digital de Elevação (MDE) e Declividade na Área de Implantação 5.....	93
<b>Figura 28:</b> Área de Implantação 6: Resíduos Sólidos sendo depositados na área que está ativa.....	94
<b>Figura 29:</b> Modelo Digital de Elevação (MDE) e Declividade na Área de Implantação 6 e Entrada do ARSM.....	95
<b>Figura 30:</b> Modelo Digital de Elevação (MDE) e Declividade na Área de Implantação 6 e Entrada do ARSM.....	97
<b>Figura 31:</b> Camada úrbica-celular do ARSM.....	98
<b>Figura 32:</b> Piezômetro para o monitoramento do chorume nas células de implantação.....	101

## LISTA DE TABELAS E GRÁFICO

<b>Tabela 1:</b> Exemplos de processos tecnogênicos comparados aos naturais.....	35
<b>Tabela 2:</b> Proposta de classificação da gênese dos depósitos.....	36
<b>Tabela 3:</b> Classificação dos materiais constituintes e estruturas dos depósitos tecnogênicos.....	37
<b>Tabela 4:</b> Classificação dos Terrenos Tecnogênicos.....	38
<b>Tabela 5:</b> Classificação do relevo tecnogênico.....	40
<b>Tabela 6:</b> Áreas de Implantação e respectivas vidas úteis.....	72
<b>Tabela 7:</b> Classificação dos Terrenos Antropogênicos no Maciço Principal.....	80
<b>Tabela 8:</b> Classificação dos Terrenos Antropogênicos na Área de Implantação 1 e Lagoa de Precipitação (Sedimentação) Nordeste (NE).....	83
<b>Tabela 9:</b> Classificação dos Terrenos Antropogênicos Área de Implantação 2.....	85
<b>Tabela 10:</b> Classificação dos Terrenos Antropogênicos na Área de Implantação 3, Área de Compostagem e Lagoa de Precipitação (Sedimentação) Sul (S).....	88
<b>Tabela 11:</b> Classificação dos Terrenos Antropogênicos - Área de Implantação 4.....	90
<b>Tabela 12:</b> Classificação dos Terrenos Antropogênicos na Área de Implantação 5, Sedes e Estacionamentos, e Usina de Produção de Gás.....	92
<b>Tabela 13:</b> Classificação dos Terrenos Antropogênicos na Área de Implantação 6 e na entrada do ARSM.....	95
<b>Tabela 14:</b> Classificação dos Terrenos Antropogênicos Área de Implantação 4.....	97
<b>Gráfico 1:</b> Resíduos Sólidos Urbanos aterrados no período de 1986-2005.....	71

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	14
2.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	16
3.	A ANTROPOGEOMORFOLOGIA NO CONTEXTO DA GEOMORFOLOGICA E NA ANÁLISE DA PAISAGEM .....	20
3.1.	O pensamento geomorfológico e fator antropogênico.....	21
3.1.1.	O conhecimento geomorfológico no Brasil .....	25
3.1.2.	A inserção do fator antrópico na Geomorfologia (Antropogeomorfologia)	
	28	
3.2.	A Proposta do Antropoceno, Depósitos Antropogênicos e Análise da Paisagem .....	31
3.2.1.	A Proposta do Antropoceno .....	31
3.2.2.	Depósitos Antropogênicos (Tecnogênicos).....	34
3.2.3.	O Relevo Tecnogênico: Teoria e classificação .....	38
3.2.4.	Análise do relevo Tecnogênico na Paisagem .....	43
3.2.5.	Aterros sanitários como relevos antropogênicos: uma leitura geográfica	
	46	
4.	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	50
4.1.	Descrição Fisiográfica .....	51
4.2.	Aspectos socioambientais .....	59
5.	CARACTERIZAÇÃO DOS DEPÓSITOS ANTROPOGÊNICOS: CONSTRUÇÃO DAS ÁREAS DE IMPLANTAÇÃO E OUTRAS NA ARSM .....	64
5.1.	Estruturação do ARSM.....	64
5.2.	Construção das áreas de implantação do ARSM e dados de resíduos sólidos	
	70	
5.3.	Classificação dos Terrenos Antropogênicos do ARSM .....	78
5.3.1.	Maciço Principal.....	79
5.3.2.	Área de Implantação 1 e Lagoa de Precipitação (Sedimentação) Nordeste (NE)	
	82	
5.3.3.	Área de Implantação 2 .....	85

5.3.4.Área de Implantação 3, Área de Compostagem e Lagoa de Precipitação (Sedimentação) Sul (S).....	86
5.3.5.Área de Implantação 4.....	90
5.3.6.Área de Implantação 5, Sedes e Estacionamentos e Usina de Queima de Gás 91	
5.3.7.Área de Implantação 6 e Entrada da ARSM .....	93
5.3.8.Área de implantação 7 .....	96
5.4. Classificação faciológica e do relevo tecnogênico do ARSM .....	98
5.5. Perspectivas para uso do ARSM: O que fazer com a área depois da vida útil acabar? .....	100
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	105
REFERÊNCIAS .....	107

## 1. INTRODUÇÃO

A geografia é uma das poucas ciências que conseguem realizar uma série de análises que consideram a relação entre natureza e sociedade. Esta relação, na maioria das vezes, se apresenta de forma conflituosa, se dando dialeticamente, pois o ser humano, através das suas ações interfere diretamente no equilíbrio da dinâmica dos processos naturais (CASSETI, 1995).

Dentre essas dinâmicas, destaca-se a atuação dos processos geomorfológicos, nos quais ocorrem o agenciamento humano, interferindo diretamente na formação do relevo, em escala local, por meio dos depósitos tecnogênicos, transformando a paisagem fisiográfica, originando os relevos antropogênicos ou tecnogênicos, que por sua vez, nos permite realizar uma análise considerando a relação na sociedade e entre este com a natureza (VITORINO *et al.*, 2016; MIYAZAKI, 2014).

Os depósitos tecnogênicos ou antropogênicos são produzidos pela ação humana sobre a superfície do planeta e resultam da transformação *in situ* de materiais constituintes do manto de intemperismo, do solo superficial, do substrato rochoso e depósitos sedimentares ou da mobilização de materiais (VITORINO *et al.*, 2016), como é caso dos aterros sanitários que são responsáveis pelo armazenamento de resíduos sólidos urbanos.

O Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus (ARSM), funciona desde 1986, e está localizado no km 19 da Rodovia AM-010, dentro dos limites do município de Manaus, na Zona Norte.

O ARSM apresenta diversos impactos ambientais em seu entorno, principalmente nos cursos d'água (CPRM, 2006; OLIVEIRA, 2007). No entanto, além de chamar a atenção pela elevação na paisagem, “representa” nas camadas de depósitos tecnogênicos, um pouco da história do modo de vida da população manauara, nas décadas anteriores, trazendo uma forma diferente de compreender a gênese dos depósitos do aterro, principalmente pela constituição de uma forma de relevo “postiço”, que na dinâmica natural, demoraria tempos geológicos (tempo que escoia) para se desenvolver. No entanto, por conta da intervenção humana, num tempo histórico (tempo que se faz) (SUERTEGARAY e NUNES, 2001), cria-se uma forma de relevo antropogênico.

Neste sentido, esta pesquisa teve por objetivo analisar o relevo antropogênico do Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus (AM-010) formado pelos depósitos tecnogênicos, tendo seguintes objetivos específicos:

- a) Classificar o relevo antropogênico formado pelos depósitos tecnogênicos no Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus;
- b) Descrever a construção das áreas de implantação no Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus;
- c) Mapear, por meio das curvas de níveis, a forma e a altimetria do relevo antropogênico do Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus;
- d) Fazer considerações a respeito do tipo de uso que dará a área do Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus após o encerramento de suas atividades.

Guiados por estes objetivos, notou-se que os depósitos tecnogênicos oriundos das células de implantação no Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus compõem um relevo antropogênico bastante característico, que carrega as formas advindas da base em que foi implantado (colinas tabulares), e ao mesmo tempo, possui uma gênese proveniente do modo produção capitalista, que por sua vez, é o responsável pelas relações que ocorrem na sociedade entre os indivíduos e desses com a natureza (produção de resíduos sólidos urbanos)

Ressalta-se que em 2021, o ARSM recebeu 838.286 toneladas de resíduos sólidos urbanos, uma média de 2.302,87 toneladas de resíduos dispostas por dia (SEMULSP, 2021), que resultam das atividades humanas, e que ficaram registrados nas camadas dos depósitos tecnogênicos, aumentando a altimetria desse relevo. Vitte (2007) destaca que a intencionalidade humana, por meio das atividades urbanas e o modo de vida da sociedade, acaba deixando registrados na paisagem formas de relevo, o que é notório nos bairros próximos ao aterro.

Para além da análise do relevo antropogênico do ARSM, este trabalho visou contribuir para fortalecimento de estudos voltados para análise dos depósitos antropogênicos (tecnogênicos) que compõem a paisagem tecnogênica sendo resultados da produção do espaço geográfico, num dado período histórico da cidade, e estão presentes em diversas áreas da cidade de Manaus, como parques (Parque Cidade da Criança – Bairro do Aleixo) e até bairros (Novo Israel).

## 2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia adotada nesta pesquisa está pautada na proposta de Libault (1971), fundamentada nos quatro níveis da pesquisa geográfica: nível compilatório, nível correlativo, nível semântico e nível normativo.

O nível compilatório se dividiu em duas etapas: levantamento de dados e seleção de dados. Na primeira etapa, partiu-se do pressuposto que não se pode compilar informações sem antes dispor de um levantamento.

Assim, foram levantados dados bibliográficos textuais de cunho teórico (Tecnogênico e Antropoceno; Teoria Geomorfológica; Depósitos Tecnogênicos; Análise da Paisagem e Produção do Espaço; Antropogeomorfologia; Classificação dos Depósitos e Relevo Antropogênico), cartográficos (características geológicas e geomorfológicas, pedológicas, climáticas, vegetação e topográficas oriundos de imagem de radar), e informações de campo, relatórios e trabalhos científicos sobre o Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus.

Nesta etapa também, através da imagem de radar do projeto do Copérnico DEM<sup>1</sup> (Satélite Sentinel 2B), disponível na plataforma da The European Space Agency (ESA) (<https://spacedata.copernicus.eu/web/cscda/dataset-details?articleId=394198>), foi realizado a produção de mapas de Hipsometria, MDE (Modelo Digital de Elevação) e declividade da área de estudo, revelando as cotas no Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus, e também foram construídos perfis topográficos para analisar a configuração do relevo presente na área.

Vale ressaltar, que a SEMULSP (Secretária Municipal de Limpeza Pública), por meio das empresas concessionárias operacionais (TUMPEX e MARQUISE), dispõe de uma equipe de topógrafos responsáveis pelo mapeamento topográfico de detalhe no ARSM, no entanto, os produtos cartográficos não foram disponibilizados para pesquisa.

As imagens do Google Earth Pro (GEP) também foram utilizados na pesquisa para apresentar os momentos de construção das áreas de implantação

---

<sup>1</sup> O Copérnico DEM é um Modelo de Superfície Digital (DSM) que representa a superfície da Terra, incluindo edifícios, infraestrutura e vegetação. O Copérnico DEM é fornecido em 3 instâncias diferentes denominadas EEE-10, GLO-30 (dois subconjuntos de dados) e GLO-90. As instâncias Copérnico Dem têm resolução variada (10 m, 30 m, 90 m), extensão geográfica (europeia e global), formato variado (INSPIRE, DGED, DTED) e direitos de acesso variados (dentro da cobertura glo-30, o acesso a poucas áreas é restrito às categorias de alguns usuários).

do aterro, tendo como base para utilização dessa plataforma, foi levado em consideração o que Santos et.al. (2019) apontou, do potencial para auxiliar no mapeamento geomorfológico de detalhe.

Em relação ao uso desses dois produtos cartográficos, os mesmos foram utilizados, após o campo (visita técnica ao aterro) do dia 01 de dezembro de 2021. Este campo teve como objetivo observar alguns detalhes no aterro e entender como funciona e está organizado o processo de aterramento. Como não foi possível obter fotos dos mapas topográficos e até mesmo dos produtos cartográficos (foram solicitados os produtos por meio de ofício, no entanto, sem resposta positiva para solicitação), o responsável pela visita técnica permitiu a confecção de um croqui que auxiliou no mapeamento das áreas do aterro (Figura 1).

**Figura 1:** Croqui realizado na visita técnica ao ARSM



**Fonte:** SEMULSP (2021). **Org.:** Danielson Souza (Dez/2021).

A segunda etapa do Nível Compilatório consistiu na seleção dos dados levantados de gabinete e campo. Neste sentido, Ross (2014) ao tratar sobre a etapa, destaca que nesse momento o domínio do conhecimento teórico-conceitual é essencial para não se desprezar dados que possam ter grande significado para

pesquisa. Assim, foram selecionados os dados relevantes para realização dos objetivos propostos no trabalho.

No Nível Correlativo, os dados levantados e selecionados foram correlacionados, para a posterior interpretação, ou seja, os dados bibliográficos textuais, cartográficos e mapa produzidos com os produtos cartográficos passaram por um de análise para identificação correlativa.

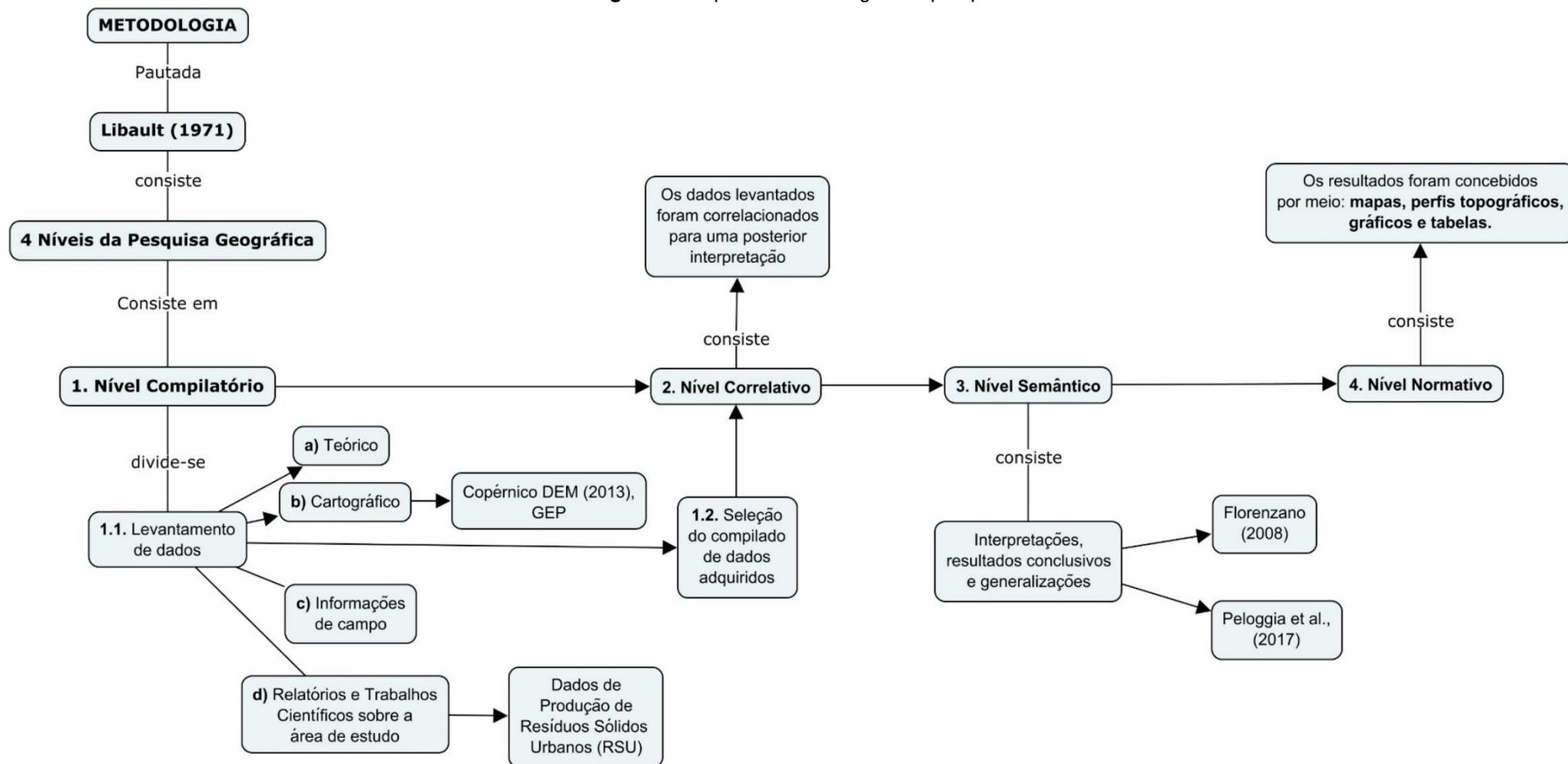
As interpretações, resultados conclusivos e generalizações foram executadas no Nível Semântico, onde ocorreram a classificação do relevo tecnogênico do aterro por meio da sua forma e altura, quanto a morfologia, como se fossem modelados naturais, (colina, morro e outros) (FLORENZANO, 2008), e também, a partir da sua gênese antrópica, tipos terrenos e modelados tecnogênicos, através das classificações propostas por Peloggia (2017), que serão apresentados no capítulo de Referencial Teórico.

Para além da classificação, com levantamento de dados sobre a produção de resíduos sólidos ao longo do funcionamento do aterro, as informações obtidas por meio desse levantamento foram correlacionadas com as imagens obtidas no Google Earth Pró (GEP), na qual teve o propósito de verificar como ocorreu a construção das áreas de implantação ao redor do maciço principal.

O último nível proposto por Libault (1971) é o normativo, onde os resultados obtidos foram concebidos por meio de modelos, como: mapas, tabelas e gráficos. Assim, serão gerados mapas identificando a forma de relevo a partir das classificações utilizadas na pesquisa, perfis topográficos, o que servirão para classificar de forma generaliza o relevo do Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus (ARSM).

A figura 2 apresenta um esquema dos procedimentos metodológicos a partir dos níveis de pesquisa geográfica de Libault (1971):

Figura 2: Esquema metodológico da pesquisa.



Fonte: Libault (1971). Org.: Danielson Souza (julho/2022).

### **3. A ANTROPOGEOMORFOLOGIA NO CONTEXTO DA GEOMORFOLOGICA E NA ANÁLISE DA PAISAGEM**

A geomorfologia é a ciência que estuda as formas de relevo que por sua vez, representam a expressão espacial da superfície, e compõem diferentes configurações da paisagem geomorfológica (CHRISTOFOLETTI, 1980).

O objeto de estudo desta ciência são as formas de relevo, que por sua vez resultam da ação de determinado processo. Christofolletti (1980) destaca que as formas e processos apresentam uma grande relação entre si, e por isso, se tornam o objetivo central deste ramo do conhecimento.

O relevo é resultado da interação que ocorre entre as forças endógenas, relacionados aos aspectos tectogenéticos, e forças exógenas, na qual os mecanismos morfodinâmicos exercem o papel modelador da superfície terrestre, e resultando nas formas atuais na paisagem (CASSETI, 1995). Dentro dessa dinâmica natural o agenciamento humano aparece como uma ação que influencia diretamente em sua estabilidade, ocasionando mudanças marcantes na paisagem.

Conforme Peloggia (2020) agenciamento ou agência geológica humano é a efetuação transformadora ou neoformadora do ambiente geológico (estrutura superficial e sub-superficial da paisagem) referenciada nos contextos culturais particulares.

Segundo Christofolletti (1980), partindo de uma concepção sistêmica, para compreender as formas de relevo e seus processos, é necessário observar os seguintes sistemas antecedentes: climático, biogeográfico, geológico e antrópico. Ele destaca que o:

sistema climático que, através do calor, da umidade e dos movimentos atmosféricos, sustenta e mantém o dinamismo dos processos. [...] sistema biogeográfico que, representado pela cobertura vegetal e pela vida animal que lhe são inerentes, e de acordo com suas características, atua como fator de diferenciação na modalidade e intensidade dos processos, assim como fornecendo e retirando matéria. [...] sistema geológico que, através da disposição e variação litológica, é o principal fornecedor do material, constituindo o fator passivo sobre o qual atuam os processos. [...] sistema antrópico, representado pela ação humana, é o fator responsável por mudanças na distribuição da matéria e energia dentro dos sistemas, e modifica o equilíbrio dos mesmos. Consciente ou inadvertidamente, o homem produz modificações sensíveis nos processos e nas formas, através de influências destruidoras ou controladoras sobre os sistemas em seqüências (CHRISTOFOLETTI, p. 10-11, 1980).

Até chegar ao entendimento do “homem como agente modelador do relevo”, a Geomorfologia passou por etapas histórica relevantes, onde se formaram correntes do pensamento geomorfológico que contribuíram para o seu desenvolvimento, enquanto ciência. Para destacar esses momentos, far-se-á uso das obras de Christofolletti (1980), Casseti (1995) e alguns artigos científicos.

### **3.1. O pensamento geomorfológico e fator antropogênico**

As formas de relevo sempre motivaram curiosidade ao ser humano, e por conta disso, desde os primórdios da civilização ocorreram diversas explicações para sua gênese. Na antiguidade, as fábulas embasadas em conceitos religiosos existentes eram base da explicação do surgimento de morros, montanhas e de outras formações geomorfológicas. Na Idade Média, por conta do poder exercido pela igreja católica, em todas as esferas sociais, as explicações eram centradas na Teologia com cronologias baseadas na Bíblia, com domínio do pensamento especulativo. (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Com o findar da Idade Média, um movimento chamado de Renascimento marcou este período. Neste período surgiram alguns pensadores, como Leonardo da Vinci (1452-1519) e Bernard Palissy (1510-1590) que chegaram a compreender alguns conceitos básicos da geomorfologia, os quais só foram sistematizados mais tarde, como por exemplo, a relação entre vales e rios e o antagonismo entre os processos endógenos e exógenos na modelagem do relevo. Christofolletti (1980) destaca que além desses dois pensadores houveram outros, que fizeram observações isoladas de cunho pertinente e que tiveram sua importância para o pensamento geomorfológico.

Apesar disso, foi por meio de James Hutton (1726-1797), no século XVIII, que tivemos a primeira tentativa científica de observação dos fenômenos e da História da Terra. Hutton formulou sua teoria do Atualismo, com o argumento de que o presente é a chave do passado (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Essa teoria nasceu num contexto na qual o princípio do catastrofismo (cataclismo), trazendo consigo um pensamento e método mais integrado e sistemático para explicar o surgimento dos modelados geomorfológicos (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Christofolletti (1980) destaca que até no início do século XIX haviam praticamente três correntes de pensamento sobre o processo de modelagem do relevo: os fluvialistas (Hutton, estava inserindo nesta corrente), os estruturalistas e os diluvianistas, sendo que os dois últimos eram baseados no princípio do catastrofismo. Além disso, a teoria do Atualismo surgiu no período do Império Alemão, que na época necessitava das descobertas de novas fontes de energia, como combustíveis fósseis (CASSETI, 1995).

A teoria do Atualismo trazia uma noção do tempo presente como chave para se entender os processos ocorridos no passado. Silva (2008) destaca que essa teoria apontava que os processos geológicos atuantes hoje, também funcionaram de modo muito semelhante no passado, ao longo do tempo geológico. Por esse motivo, o método utilizado buscava entender os fatos e fenômenos naturais do passado por meio do conhecimento de como eles ocorrem no presente.

Sales (2004) também destaca que o princípio do Atualismo partiu de uma interpretação da dinâmica dos processos atuais, considerando que esses submetidos as mesmas leis físicas, atuavam de forma semelhante com intensidade diferente durante a história natural da Terra.

Apesar da importância do Atualismo para sistematização da geomorfologia, essa teoria possuía algumas limitações, como por exemplo, a atribuição de uma grande importância ao tempo geológico. A respeito disso, Silva (2008) destaca:

o limite da aplicação do princípio da lei do atualismo está na pura dependência do tempo geológico. Apesar de sua limitação, visto que a intensidade e que os ritmos dos fenômenos podem variar, o atualismo ou uniformitarismo foi um importante fator no desenvolvimento da geomorfologia, ao se distanciar das explicações cataclísticas na interpretação da gênese e evolução das paisagens da superfície terrestre. (SILVA, 2008, p. 5)

Com decorrer deste momento, no século XIX, alguns acontecimentos históricos influenciaram o desenvolvimento do pensamento geomorfológico, a destacar neste período dois contextos: A Segunda Revolução Industrial, na Europa, e a Conquista do Oeste Americano. Por conta disso, surgiram duas linhas de pensamentos, a anglo-americana, tendo como principal expoente W. M. Davis, e a outra com raízes germânicas, tendo como autores relevantes, Ferdinand Von Richthofen, Albrecht Penck, e Walther Penck, esta corrente influenciou a produção científica em algumas nacionalidades na Europa, como a russa e polonesa

(CASSETI, 1995). Vale ressaltar que enquanto Davis se destacava grandemente dentro da produção americana, W. Penck apareceu como sendo um grande opositor a teoria davisiana, valorizando principalmente os estudos voltados para os processos de formação morfoclimáticas.

Na metade do século XIX nos Estados Unidos, Davis introduziu o fator tempo em seus estudos geomorfológicos, com uma noção de ciclicidade na interpretação do relevo. Christofolletti (1980) destaca que a teoria davisiana trouxe coesão aos conceitos geomorfológicos desenvolvidos pelos autores anteriores a ele, e que se encontravam de maneira dispersa, trazendo uma contribuição no que tange as questões de integrar, sistematizar e definir a sequência normal dos acontecimentos num ciclo ideal, ou seja, uma classificação genética das formas para facilitar na descrição das formas de relevo terrestre.

A maior preocupação de Davis em sua teoria do ciclo geográfico (ciclo de erosão) não estava simplesmente na descrição das formas topográficas do relevo, mas na gênese do modelo terrestre, assim, apresentando um caráter teórico, onde o principal propósito estava na abstração de toda gama complexa de vetores do relevo (MONTEIRO, 2001).

Marques (2001) destaca que o ciclo geográfico se iniciava por meio de um soerguimento, a partir da ação das forças endógenas, nas superfícies aplainadas que se elevariam, criando um desnivelamento em relação ao nível do mar. Por meio da ação de outros elementos, como a água corrente e a erosão natural, agindo sobre o relevo, ocorreria um processo de dissecamento, causando a redução na área soerguida, até se tornar uma superfície, novamente aplainada (peneplano). Durante esse processo, o relevo passaria por fase de juventude, maturidade e senilidade como na vida orgânica.

O ciclo davisiano trouxe grandes contribuições para Geomorfologia Estrutural, tendo mantido como referência a teoria de Davis até meados do século XX (SILVA, 2008). Além disso, Davis foi responsável por levar a Geomorfologia no patamar de ciência, por meio da sua teoria, pois foi o primeiro a apresentar de forma sistemática e lógica fases do relevo ao longo tempo.

O enfraquecimento da teoria do ciclo geográfico ocorreu pela limitação na sua aplicabilidade, pois a teoria foi idealizada para áreas temperadas. Silva (2008) destaca que alguns estudos sobre as glaciações quaternárias e o papel dos

diferentes climas no relevo fizeram surgir novas concepções, como a geomorfologia climática.

A geomorfologia climática teve como expoente W. Penck, um dos grandes críticos ao modelo Davisiano. Essa perspectiva ganhou grande relevância por meio dos estudos voltados para os sistemas morfoclimáticos em formações pediplanos que serviram de testemunho sobre os paleoclimas e tiveram importância para o entendimento dos níveis de bases locais, este último de extrema importância para a pesquisa geomorfológica (SILVA, 2008).

Em sua teoria, Penck deu grande atenção para vertente, na qual o processo de evolução se deu por meio da interação de dois processos em conjunto: levantamento crustal e denudação. Vitte (2001) destaca que na explicação dessa teoria havia uma relação dialética entre as forças endógenas e exógenas na formação do relevo com forte ligação com o processo de soerguimento crustal e com o papel de dissecação fluvial, faltando-lhe especificar a importância do intemperismo e da litologia na dinâmica dos canais fluviais e das vertentes.

A grande diferença entre a teoria de Penck e Davis estava na formação de uma planura baixa (*primärrumpf*). Christofolletti (1980) destaca que sua gênese se inicia por um levantamento inicial lento, desconsiderando a estrutura geológica, ocorrendo a degradação de modo paralelo ao soerguimento, na formação de uma superfície primária que seria a unidade geomórfica geral para todas as sequências topográficas que deviam seguir na superfície.

Silva (2008) destaca o conceito o *primärrumpf* desenvolvido por Penck demonstrava que a evolução geomorfológica dependeria das relações entre os fatores endógenos e exógenos, enquanto para Davis, os movimentos tectônicos seriam essencialmente mais rápidos quando relacionados com às taxas de erosão.

A principal contribuição de W. Penck para geomorfologia foi considerar o elemento clima com algo relevante na formação do relevo, diferente de Davis não considerou suas contribuições (SILVA, 2008). Além disso, as formações geomorfológicas poderiam dar uma noção de como era o paleoclima, assim servindo de testemunho das condições ambientais no passado, algo não cogitado por Davis.

Ainda no século XIX, a geomorfologia nos países germânicos, como Áustria, Alemanha e Suíça começaram a utilizar métodos quantitativos, fazendo

uso de algumas técnicas de análise morfométricas, como curvas hipsográficas. No entanto, foi a partir do século XX que houveram avanços significativos e o aperfeiçoamento de algumas técnicas com objetivo de mensurar altimetria da superfície terrestre, ampliando os mapeamentos de grande escala, utilizando a tecnologia de obtenção de fotografias aéreas (contribuição tecnológica deixada pela 2ª Guerra Mundial). Isso facilitou a coleta de dados, estimulando a precisão analítica para o estudo dos processos morfodinâmicos e morfogenéticos reproduzindo modelos, criando condições para experimentação (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Os teóricos que mais se destacaram neste período foram de Strahler e Horton. Apesar da geomorfologia experimentar grandes avanços neste século, Christofolletti (1980) destaca que os modelos quantitativos não podiam propor um prognóstico determinista do porvir, mas apenas uma modelagem conceitual possibilista.

### **3.1.1. O conhecimento geomorfológico no Brasil**

No Brasil, o conhecimento geomorfológico é recente. No século XIX houveram as primeiras observações, no entanto, as contribuições mais estruturadas e relevantes ocorreram no século XX. Algumas notas de Aziz N. Ab'Sáber (1958, 1964) apud Christofolletti (1980, p. 20) destacam que ocorreram três períodos principais no desenvolvimento histórico da Geomorfologia no Brasil: período dos predecessores (1817-1910), período dos estudos pioneiros (1910-1940) e o período de implantação de técnicas modernas (1940-1949).

O primeiro período (1817-1910) foi caracterizado por escritos e inventários esparsos de viajantes e naturalistas que realizaram suas expedições no território brasileiro na primeira metade do século XIX. Além disso, Christofolletti (1980) baseado nos escritos de Ab'Sáber, destaca que na segunda metade do século XIX até a primeira década do século XX, os geólogos estrangeiros e alguns trabalhadores operavam trabalhos em diversas comissões geológicas, contribuindo de forma objetiva e ampla em muitos produtos cartográficos.

O segundo período (1910-1940) caracterizou-se pelo predomínio de pesquisadores estrangeiros na área da Geologia e Geomorfologia que fizeram relevantes contribuições por meio dos seus trabalhos. Neste período, também

ocorreu a participação efetiva de pesquisadores brasileiros, destacando as contribuições realizadas por Delgado de Carvalho, Teodoro Sampaio, Everardo Backeuser e outros (CHRISTOFOLETTI, 1980).

O terceiro período (1940-1949) teve como marco inicial a publicação do artigo “Os problemas morfológicos do Brasil Tropical Atlântico” de Emmanoel de Martonne em 1940. As pesquisas geomorfológicas nesta década foram impulsionadas por Francis Ruellan, no Rio de Janeiro, que introduziu e divulgou diversas técnicas de trabalho. Nesta década também, os trabalhos de Fábio Macedo Soares Guimarães e Aroldo de Azevedo se destacaram, pois procuraram sistematizar os conhecimentos adquiridos até este momento (CHRISTOFOLETTI, 1980). Vale ressaltar que antes deste período, alguns acontecimentos foram importantes para criar um “pano de fundo” para todos avanços alcançados nesta década: a criação das primeiras Faculdades de Filosofia no país e a fundação do Conselho Nacional de Geografia, em 1937.

A partir 1950, o conhecimento geomorfológico no Brasil evoluiu de maneira rápida, por conta da contribuição de pesquisadores que foram alcançados pela a realização do XVIII Congresso Internacional de Geografia em 1956, que fez o número de pesquisadores interessados em áreas detalhadas e específicas da Geomorfologia crescessem, estabelecendo a fase “contemporânea”<sup>2</sup> da Geomorfologia brasileira. Neste mesmo ano, ocorreu a elaboração de nove livros guias de excursão de conhecimentos geomorfológicos de várias regiões percorridas no Brasil, ainda, a expansão dos cursos de Geografia e Geologia nesta década, fazendo que o conhecimento geomorfológico tivesse uma grande difusão (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Neste período, grandes nomes surgiram no cenário brasileiro. Christofolletti (1980) destaca os nomes Aziz N. Ab’Sáber, Fernando F. M. de Almeida, João Dias Silveira, João José Bigarella e Margarida M. Penteado, pesquisadores que se debruçaram em trabalhos sobre caracterização geomorfológica de vários modelados e cidades, cenários do Quaternário e entre outros temas. Destaca-se,

---

<sup>2</sup> A palavra contemporânea deve ser entendida neste contexto a partir da data de escrita do livro, em 1974. Nesta década ainda predominava os conhecimentos sistematizados no período dito como contemporâneo.

ainda, as contribuições de Antônio Teixeira Guerra nas análises das formas de relevo.

No transcorrer dos 25 anos seguintes foram realizadas inúmeras pesquisas, no entanto, deve-se destacar a preocupação em fazer uso novas técnicas de pesquisa, com objetivo de desbravar novos rumos e tipos de problemas, e aplicando novas interpretações com base em novas teorias geomorfológicas (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Nos anos 1970, a questão apresentada acima e principalmente evidencição de problemas ambientais ocasionados pela ação humana, deram origem o surgimento de um novo paradigma na ciência geomorfológica: Geomorfologia Ambiental. Casseti (1995) afirma que este campo se define pela aplicação do fator social na Geomorfologia por meio dos princípios de Kügler (na sua obra, *Zur Aufgaben der geomorphologischen Forschung und Kartierung in der DDR*, 1976) que teria como preocupação primordial a intensidade ou forma de transformação geocológicas em sócio reprodutoras, ou seja, a apropriação racional do espaço natural, sem perder a dimensão de tê-lo como próprio ambiente.

Na Geomorfologia Ambiental, entende-se que a relação entre a sociedade e natureza se materializa nas forças produtivas que por sua vez, são mediadas pelo trabalho, e esta, é resultante da relação dos indivíduos na sociedade, componente indispensável ao entendimento da reprodução do espaço e conseqüente possibilidade de alteração ambiental (CASSETI, 1995).

A partir de 1990, observou-se uma intensificação do uso de termo Geomorfologia Ambiental dentro da Geografia e Geologia, e isso demonstrou que as bases que deram origem a este paradigma estavam sendo inseridas no cerne da Geociências. Assim, tivemos o surgimento de outros paradigmas, como a Geomorfologia Urbana e Antropogeomorfologia (SOUZA e PEREIRA, 2015).

A Geomorfologia Urbana é uma especialidade da ciência geomorfológica e destaca a ação dos processos naturais sobre o ambiente artificial, na qual o homem tem provocado mudanças no meio, e que tem acarretado diversos problemas visíveis nas cidades (JORGE, 2011).

A Antropogeomorfologia é o estudo do ambiente que resulta da presença e intervenção do homem no meio natural, no tempo e espaço, considerando três

elementos morfológicos básicos: formas, materiais e processos da superfície terrestre (SANTOS FILHO, 2011).

Seja na Geomorfologia Ambiental ou Geomorfologia Urbana seja na Antropogeomorfologia, a ação humana sobre a superfície terrestre transforma a paisagem, e tornando-se um agente geomorfológico com alto potencial de desconstruir e construir formas de relevo (SOUZA e PEREIRA, 2015).

Apesar de Souza e Pereira (2015) destacarem o homem como agente geomorfológico, muitos autores, antecessores ao surgimento desse ramo, já realizavam seus apontamentos sobre a importância do ser humano nos processos geomorfológicos ao longo de sua história na Terra.

### **3.1.2. A inserção do fator antrópico na Geomorfologia (Antropogeomorfologia)**

O ser humano passou a ser ativo na formação do relevo há apenas 8.000 anos. Brown (1971) destaca que o primeiro instrumento efetivo para modificação do relevo foi o fogo. No entanto, ainda não existem informações suficientes para relatar como ocorreu a interferência dos incêndios e, conseqüentemente, a exposição do solo, deixando-o sujeito aos processos erosivos. Além do uso do fogo, o machado de pedra polida segue o mesmo raciocínio.

Com o desenvolvimento da agricultura, começaram a surgir alterações significativas das atividades humanas na superfície terrestre. Dentre as tecnologias que surgiram a partir dessa atividade, o arado foi uma invenção que além de revolver a terra facilitou a exposição do solo.

Uma outra tecnologia que causou grandes modificações na paisagem foi a invenção da pólvora, que em questões de segundos, destruiu diversos modelados terrestres (BROWN, 1971)

Com aumento de áreas urbanas, produção agrícola, mineração e a intensificação e melhoria das técnicas de apropriação e transformação da natureza (principalmente, a partir da Revolução Industrial), ficaram visíveis as mudanças ocorridas no uso do solo por meio das atividades humanas (GOUIDE, 1977 apud PASCHOAL, SIMON e CUNHA. 2015, p. 97).

Com o passar do tempo, e obtenção de novas técnicas, o ser humano aumentou sua eficácia no processo geomorfológico. Por conta disso, algumas

concepções, como: a superfície terrestre é resultante da dinâmica da natureza (essa concepção de natureza coloca o homem como sendo algo externo) influenciando o ser humano (concepção determinista) começaram a ser revistas, e assim, ao homem se atribuiu uma importância na realização de modificações no relevo (BROWN, 1971).

Guerra (1964), no Boletim Geográfico, apresenta o conceito de Geomorfologia Antropogenética, como sendo o “lapso de tempo, no que diz respeito ao trabalho humano” (p. 812), ou seja, a ação humana no modelado é realizada através de processos diretos (desmontes, aterros, túneis, exploração de jazidas) e indiretos (desflorestamentos).

Para Guerra (1964) o fator tempo, do ponto de vista da geomorfologia antropogenética, diferencia os processos contínuos do processo humano de modificação do relevo, pois

os processos indiretos de modificação do relêvo pelo homem são mais importantes do que os processos diretos, uma vez que o homem agindo indiretamente sobre o relêvo, só consegue produzir formas de dimensões reduzidas, enquanto agindo indiretamente, altera o fator tempo, de suma importância, e os resultados serão em maior escala. (GUERRA, 1964, p. 814).

Até os anos 1970, eram poucos os trabalhos que afirmavam que o homem poderia modelar o relevo. Brown (1971) atesta que o primeiro trabalho mais sério partindo desse entendimento foi publicado em 1922, por R.L. Sherlock, intitulado “O homem como um agente geológico”.

Antes desse, Paschoal, Simon e Cunha (2015) destacam que os primeiros trabalhos a colocar o fator antrópico foram de caráter ambientalista, de George Perkins March, em 1894, denominado *Man and nature: physical geography as modified by human action* (Homem e Natureza: Geografia Física modificada pela ação humana), que não possui vínculo restrito com a geomorfologia, e enfatizava as questões relacionadas a retirada de cobertura vegetal original e erosão ocasionada pelo aumento das áreas agrícolas desprovidas de técnicas de proteção.

Brown no texto intitulado “O homem modela a Terra”, publicado no Boletim Geográfico do Rio de Janeiro, em 1971, destaca alguns trabalhos pioneiros e que tiveram relevância para essa nova concepção:

O homem como causador da erosão dos solos foi exposto à atenção do mundo num livro mais eficiente da Jacks e Whyte (1939). Mais recentemente o tema começou a atrair a atenção do continente europeu na França (Tricart, 1953), na Alemanha e Rússia, e recentemente na Califórnia veio uma proposta para criar uma “nova” ciência chamada “antropogeomorfologia” (Golomb e Eder, 1964). Na Austrália, o professor J. N. Jennings, em 1956, usou o título de Sherlock para alocução no Congresso ANZAAS Horbart e, muito antes disso (1890), Blair havia salientado a modificação física da Nova Zelândia pelos primeiros colonizadores. Mas o assunto não tem sido ventilado em [tôda] extensão que a sua relevância parece merecer para o futuro da humanidade, nem mesmo naquele alentado volume [sôbre] O papel do homem na modificação da face da Terra, da Fundação Wenner-Green. (BROWN, 1971, p.4).

Todos esses trabalhos tiveram grande importância por evidenciar o agenciamento humana sobre o relevo. No entanto, a obra mais importante neste período foi escrita por Dov Nir, em 1983 (*Man, a geomorphological agent*). Segundo Paschoal, Simon e Cunha (2015) o trabalho de Nir destaca as particularidades da ação antrópica em ambientes diferentes, como: áreas rurais, urbanas, floresta, mineração e entre outros, apresentando um roteiro metodológico de análise das intervenções humanas, que considera a dinâmica do sistema socioeconômico e a veiculação de alterações morfológicas em uma escala de tempo histórico: períodos pré e pró significativas intervenções humanas.

Os estudos sobre a agência humana sobre o relevo tiveram grande avanços tanto no campo metodológico como no teórico, e por isto, este novo paradigma começou a receber diversas nomenclaturas: Neogeomorfologia, Geomorfologia Antrópica e Antropogeomorfologia (PASCHOAL, SIMON e CUNHA, 2015).

A discussão sobre este novo ramo da Geomorfologia avançou, e questões como grau de interferência do homem sobre o relevo se estendeu para Geologia (PASCHOAL, SIMON e CUNHA, 2015). Nos anos de 1990 começaram a surgir os primeiros trabalhos no Brasil, com Antônio Oliveira, em 1995, e Alex Peloggia, em 1997, 1998 e 2005. Ambos autores, destacaram o ser humano atuando de forma significativa no relevo e no substrato geológico formando depósitos construídos, induzidos e modificados (depósitos tecnogênicos). Essas formas e processos na qual o homem é responsável indireta ou direta por sua gênese deveriam ser incluídos num novo período chamado, Quinário ou Tecnógeno (PELOGGIA, 1998).

A partir disso, tivemos outros estudos que surgiram no Brasil, a destacar, os trabalhos de Cleide Rodrigues, em 2005 e 2007, sobre a Região Metropolitana

de São Paulo, Viviane Vieira e Sandra Cunha, em 2008, sobre as alterações nos canais fluviais da microrregião serrana do Rio de Janeiro e entre outros (PASCHOAL, SIMON e CUNHA, 2015).

Até a primeira década do Século XXI, os trabalhos realizados no Brasil caracterizam-se em sua maioria por dois pontos em comum: a utilização da cartografia geomorfológica evolutiva para taxonomia dos fenômenos, e execução de estudos em áreas com grande densidade urbana (PASCHOAL, SIMON e CUNHA, 2015).

A ação do homem na modelagem do relevo resulta em muitas mudanças na paisagem, uma delas são surgimento dos depósitos tecnogênicos que estão presentes, em sua maioria, nas áreas urbanas, e servem de materialização da dinâmica da sociedade neste período histórico. No ponto posterior, dar-se-á uma atenção para este conceito e sua relação com a paisagem, e também surgimento da proposta do Antropoceno.

### **3.2. A Proposta do Antropoceno, Depósitos Antropogênicos e Análise da Paisagem**

#### **3.2.1. A Proposta do Antropoceno**

Antes da emergência do Antropoceno, uma proposta precedeu o surgimento deste paradigma chamada Tecnógeno. Ter-Stepanian (1988) estabeleceu no âmbito da Geologia de Engenharia este período que, também, pode ser denominado Quinário.

Em seus estudos, o referido autor aponta que as mudanças ambientais profundas na paisagem foram provocadas pelo “novo e inesperado agente geológico” e que o Holoceno seria o evento principal de transição entre Quaternário ou Pleistoceno para o Quinário ou Tecnógeno. Essa transição ocorreu no início do Holoceno, onde as paisagens quaternárias foram consolidadas, há 10.000 anos, com a última glaciação. Assim, o final acontecerá quando as paisagens tecnogênicas estiverem estabilizados. Conforme Oliveira *et al.* (2005), Ter-Stepanian aponta que o final do Holoceno ocorrerá quando os ambientes modificados pelo homem forem dominantes na Terra. A figura 3 mostra a proposta de tabela do tempo geológica por Ter-Stepanian, retirada da obra de Oliveira *et al.* (2005).

**Figura 3:** Proposta de tabela geológica por Ter-Stepanian

PERÍODO	ÉPOCA	PAISAGENS
QUINÁRIO	Tecnógeno	Tecnogênicos
QUATERNÁRIO	Holoceno 10.000 a	Naturais
	Pleistoceno 1,81 Ma	

**Fonte:** Oliveira *et al.* (2005). **Org.:** Danielson Souza (2020).

Apesar da proposta, a mesma não teve grande repercussão entre os geocientistas, que preferiram adotar a concepção do Antropoceno, proposta por Paul Crutzen e Eugene Stoermer, cientistas ambientais. O prestígio de Crutzen, químico holandês e ganhador do Prêmio Nobel em 1995, certamente ajudou a alavancar a discussão desse paradigma no meio científico e sua difusão entre o público (FRANÇA JUNIOR e PELOGGIA, 2020).

A respeito do termo do Antropoceno, França Junior e Peloggia (2020) apontam que ele é entendido como uma nova época geológica caracterizada pela influência humana sobre o funcionamento do sistema-Terra ou “Sistemas-Terras”, ou seja, conjunto de sistemas geológicos, ecológicos e físico-químicos, envolvendo a atmosfera, a hidrosfera, a litosfera e a biosfera, que configuram o modo como o nosso planeta “funciona”. Pode ser definido como “o intervalo de tempo geológico atual, em que diversas condições e processos terrestres estão profundamente afetados pelo impacto humano” (Grupo de Trabalho do Antropoceno da Comissão Internacional de Estratigrafia).

Para os autores citados, o marco inicial do Antropoceno estaria em meados do século XVIII (1800-1980), correspondendo ao início das enormes transformações decorrentes da Revolução Industrial (FRANÇA JUNIOR e PELOGGIA, 2020).

A partir desse entendimento, o conceito de Antropoceno passou a orientar um número cada vez maior de investigações que descrevem o impacto coletivo da humanidade nos processos geológicos e químicos nos sistemas terrestres, apesar de não ser um conceito original da geociência.

Conforme França Junior e Peloggia (2020):

A partir daí o conceito, usado informalmente, e apesar de não ser original nas geociências, como veremos, passou a orientar um número cada vez maior de investigações que descrevem o impacto coletivo da humanidade nos processos geológicos, biológicos, físicos e químicos nos sistemas terrestres. Tais trabalhos, na verdade, vêm se juntar às contribuições pioneiras realizadas desde o século XIX, bem como a diversas pesquisas produzidas nas últimas décadas do século XX. (FRANÇA JUNIOR e PELOGGIA, p. 19, 2020).

Apesar de considerar-se o século XVIII como o marco inicial do Antropoceno, entende-se que desde os povos pré-históricos, a partir do uso de rochas para confecção de instrumentos, têm modificado a paisagem, produzindo resíduos e formando depósitos.

A capacidade do ser humano em gerar resíduos e/ou depósitos na paisagem se tornou algo com proporções gigantescas. Para Wilkinson e McElroy (2007) a quantidade anual mundial de depósitos produzidos pelas atividades humanas é de 57.000 Mt (Milhões de Toneladas), superando a de transporte de sedimentos dos canais fluviais para os oceanos (22.000 Mt).

Com isso, é notório que os seres humanos são agentes geológicos e geomorfológicos de primeira grandeza, constituindo-se como um fator dominante na lógica da evolução da paisagem no Antropoceno. A magnitude dos impactos (quantidade e extensão espacial) e do material transportado correspondem não só ao aumento populacional, mas também ao desenvolvimento da técnica e ao progressivo uso de energia extra somática. Este tipo de exploração dos recursos da paisagem para atender as necessidades da sociedade é impulsionado por mudanças em parâmetros tecnológicos, políticos, culturais e socioeconômicos em escala mundial (FRANÇA JUNIOR e PELOGGIA, 2020).

Em relação a estratigrafia, conforme França Junior e Peloggia (2020), a formalização ganhou destaque na última década com as atividades do Grupo de Trabalho do Antropoceno (AWG – Anthropocene Working Group), da Subcomissão de Estratigrafia do Quaternário (SQS) da Comissão Internacional de Estratigrafia (ICS) da União Internacional das Ciências Geológicas – IUGS. O principal objetivo deste grupo é oficializar o Antropoceno como unidade cronoestratigráfica (registros geológicos formados em um determinado intervalo de tempo) e geocronológica (tempo geológico), especificamente época/série do período Quaternário.

França Junior e Peloggia (2020) destacam que AWG iniciou os seus trabalhos em 2009, com a missão de examinar o estatuto, nível hierárquico e

definição do Antropoceno como um potencial nova divisão da Escala do Tempo Geológico. Em maio de 2019, a pedido Comissão Internacional de Estratigrafia, os membros do AWG votaram por ampla maioria, e deliberaram que:

- O Antropoceno deve ser tratado como uma unidade cronoestratigráfica formal por uma GSSP;
- A base do Antropoceno deve ser definida por algum sinal estratigráfico pertencente a meados do século 20 EC.

Assim, a definição do Antropoceno usado pela AWG como instância da SQS/ICS encarregada pela questão, é a seguinte: “O intervalo de tempo geológico atual, em que diversas condições e processos terrestres estão profundamente afetados pelo humano” (FRANÇA JUNIOR e PELOGGIA, 2020).

Com isso, apesar de que as camadas antropogênicas possam ser e de fato sejam em grande parte pré-antropocênicas, sua classificação estratigráfica operacionalmente independe da definição formal do Antropoceno como unidade “crono”, é certo que sua vez realizada tal formalização, o estatuto geológico da ação humana passa a ser também aceito “oficialmente” (FRANÇA JUNIOR e PELOGGIA, 2020).

### **3.2.2. Depósitos Antropogênicos (Tecnogênicos)**

Os depósitos antropogênicos ou tecnogênicos são produzidos pela ação humana sobre a superfície terrestre e resultam da mobilização ou transformação *in situ* de materiais constituintes do manto de intemperismo, do solo superficial, do substrato rochoso ou depósitos sedimentares (VITORINO *et al.*, 2016). Esses terrenos formam-se quando ocorrem a mobilização de materiais contidos no relevo ou solo, originando duas classes de materiais geológicos: agradação (deposição direta ou acumulação induzida) ou degradação (escavação ou erosão induzida).

Vitorino *et al.* (2016) destacam que as ações de agradação e degradação, frequentemente, ocorrem de forma associada ou sucessivamente no mesmo contexto, caracterizando terrenos mistos. Guerra (1964), por sua vez, denomina as os processos produzidos pelos grupamentos humanos como “aterro antropogenético” (acumulação) e “desaterro antropogenético” (desnudação).

O termo depósito tecnogênico (antropogênico) é originário da Geologia de Engenharia Soviética, a partir da década de 1980 (TER-STEPANIAN, 1988), e

conforme Vitorino *et al.* (2016) no Brasil, o termo passou a ser utilizado a partir da década 1990.

Outro conceito importante que merece destacar é o de terreno tecnogênico, que deriva do conceito de terreno artificial (*artificial ground*). A expressão foi usada pelo Serviço Geológico Britânico (BGS), a partir da década de 1990, no mapeamento geológico sistemático na escala de 1:50.000 do Reino Unido (PRICE *et al.*, 2011).

Apesar disso, essa categoria não surgiu na década 1990. Em algumas literaturas geológicas, a partir do século XIX, é possível notar a presença do termo *made ground* (terrenos produzidos) que apresenta o mesmo conceito dos termos citados anteriormente (LYELL, 1863; SHERLOCK, (1922) apud VITORINO *et al.*, 2016, p. 34).

A produção desses depósitos na fisiografia da paisagem dá origem a um modelado espacial correspondente (relevo tecnogênico ou antropogênico), que sofre influência humana na modificação e criação dos processos exógenos (superficiais), formando também depósitos sedimentares correlativo (estratigrafia). Esse processo denomina-se de geotecnogênese: a transformação superfície pela ação do homem (PELOGGIA, 2005).

O tempo geológico é um ponto importante a ser evidenciado na construção deste conceito, pois a existência do ser humano em relação a história da Terra é insignificante. No entanto, atualmente, as relações sociais entre os indivíduos e a natureza fazem com que os processos na qual o homem é responsável, sejam mais intensos do que os equivalentes naturais.

Oliveira *et al.* (2005) enfatizam o trabalho de Ter-Stepanian, onde demonstram uma tabela de comparação dos processos tecnogênicos equivalentes aos naturais (Tabela 1).

**Tabela 1:** Exemplos de processos tecnogênicos comparados aos naturais

<b>Processos naturais</b>	<b>Processos tecnogênicos</b>
Intemperismo	Moagem de rochas na mineração
Formação do relevo	Modificações por construções e cortes
Denudação	Perda de solo agrícola
Dinâmica fluvial	Canalizações e retificações

Formação de caverna	Obras subterrâneas, metrô e túneis
Subsidência dos terrenos por carstificação	Subsidência por colapso de minas
Sismos naturais	Sismos induzidos por grandes reservatórios

**Fonte:** Oliveira et al. (2005). **Org.:** Danielson Souza (2020).

A respeito dos mecanismos responsáveis pela formação dos depósitos tecnogênicos, Oliveira *et al.* (2005) afirmam que erosão antrópica (de forma direta ou indireta) não é o único mecanismo, mas existem outras atividades apontadas pelos autores, como:

[...] os aterros ou bota-foras construídos pelo homem e os depósitos de resíduos industriais e minerais. Alguns autores consideram também tecnogênicos os contaminados por poluentes e os depósitos formados por exemplo, no sopé da Serra do Mar, pelos escorregamentos dos anos de 1970. (OLIVEIRA *et al.*, p., 2005).

Existem uma série de transformações ocasionadas pelo homem, e por conta disso, há uma grande dificuldade para classificação dos ambientes específicos de formação dos depósitos tecnogênicos. Oliveira *et al.* (2005) frisam que a classificação é um ponto fundamental para caracterização dos depósitos enquanto registro das atividades humanas. Os autores apresentam a classificação proposta por Peloggia (1999) e Nolasco (2002) para gênese dos depósitos tecnogênicos (Tabela 2).

**Tabela 2:** Proposta de classificação da gênese dos depósitos

Peloggia (1999)	
<p><b>Depósitos de 1ª ordem ou geração</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Depósitos construídos: resultantes da ação humana direta (ex.: aterros);</li> <li>• Depósitos induzidos: resultantes de processos naturais modificados (ex.: assoreamento produzido por ação antrópica);</li> <li>• Depósitos modificados: correspondem aos depósitos preexistentes, mas alterados (ex.: solo contaminado).</li> </ul>	<p><b>Depósitos de 2ª ordem</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Depósitos remobilizados: são os depósitos de fundo de vale oriundos de escorregamento;</li> <li>• Depósitos retrabalhado: correspondem as feições erosivas em depósitos tecnogênicos, (ex.: ravinas em aterros).</li> </ul>
Nolasco (2002)	
<p><b>Depósitos tecnogênicos diretos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Depósitos construídos: realizados pela ação direta do homem (ex.: aterros);</li> <li>• Depósitos induzidos: decorrentes da ação humana com o uso planejado de outro agente, (ex.: depósitos resultantes de escorregamento provocado por mineração).</li> </ul>	<p><b>Depósitos tecnogênicos indiretos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• É resultado da ação do agente homem, sem intencionalidade, com outros agentes, ex.: leque de escorregamento de encosta em áreas urbanas por acúmulo de lixo e peso de construções).</li> </ul>

**Fonte:** Oliveira et al. (2005). **Org.:** Danielson Souza (2020).

Outra proposta taxonômica destaca a identificação dos materiais constituintes dos depósitos tecnogênicos (antropogênicos) e suas estruturas (modo de organização interna - estratigrafia) (Tabela 3).

**Tabela 3:** Classificação dos materiais constituintes e estruturas dos depósitos tecnogênicos.

Tipo de material	Características
Úrbico	Materiais terrosos com artefatos, frequentemente em fragmentos, entulhos e detritos urbanos em geral.
Gárbico	Material detrítico com lixo orgânico.
Espólico	Material terroso proveniente de escavação do manto de intemperismo, eventualmente com material rochoso subordinado.
Sedimentar	Material sedimentar, frequentemente com componentes tecnogênicos de qualquer granulometria
Lítico	Material rochoso de granulometria diversa, eventualmente com material terroso subordinado.
Estrutura	Características
Estratificada	Estruturas resultantes de processos sedimentares.
Acamadada	Sobreposições de camadas de características distintas ou não.
Maciço	Material com distribuição e características homogêneas.
Irregular	Arranjo aleatório de materiais de características distintas.
Celular	Porções justapostas constituídas por materiais distintos.

**Fonte:** PELOGGIA (1999) apud VITORINO *et al.* (2016). **Org.:** Danielson Souza (2020).

Recentemente, Peloggia (2017) classificou os terrenos tecnogênicos em quatro classes, correspondendo a categorias geológicas particulares que são subdivididas em tipos específicos, associados uma camada ou feição tecnogênica, assim, trazendo um maior detalhamento para os produtos resultantes da ação do homem (Tabela 4).

**Tabela 4:** Classificação dos Terrenos Tecnogênicos

CLASSIFICAÇÃO DOS TERRENOS TECNOGÊNICOS (ANTROPOGENICOS) PARA MAPEAMENTO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO				
CLASSE	CATEGORIA GEOLÓGICA		TIPO	CAMADA OU FEIÇÃO TECNOGÊNICA
Terreno Tecnogênico de Agradação	Formações superficiais	Depósitos tecnogênicos	Terreno aterrado	Depósitos tecnogênicos construídos
			Terreno produzido (1)	Terreno acumulado

			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		Cicatrizes de erosão criadas por processos induzidos
			Terreno escorregado		Cicatrizes 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 afetem a configuração ou composição dos terrenos tecnogênicos (como 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). **Org.:** Danielson Souza (2021).

Os depósitos tecnogênicos que compõem e modelam relevos, principalmente urbanos, apresentam gênese distinta, e por isso, sua classificação e seu mapeamento se tornaram um desafio metodológico.

A seguir, destacar-se-á o esforço de Pelligia (2005; 2014) em apresentar a teoria e classificação do relevo tecnogênico, além disso, se fará menção do trabalho de Miyazaki (2014), onde a autora, vai um pouco mais além da descrição taxionômica, e propõe um olhar geográfico para os depósitos tecnogênicos.

### 3.2.3. O Relevo Tecnogênico: Teoria e classificação

A abordagem do relevo tecnogênico partiu da constatação de que a ação morfogenética humana (criação de novos relevos) é notada em todo planeta, e

pode ocorrer de forma direta ou indireta, por meio da erosão ou deposição (PELOGGIA, 2005).

A ação geomórfica do ser humano ocorre a partir das condições prévias, na qual o referido autor denomina de *situações geológicas prévias*, que caracterizam certas condições nos aspectos naturais. São nesses ambientes que ocorrem a formação dos relevos tecnogênicos:

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 [...] 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, p. 26, 2005).

Com a criação de novos modelados, a ação do homem deve superar as questões descritivas, e ser entendido a partir da tríade metodológica, como propõe Ab’Sáber (1968; 1969) para os estudos do Quaternário, onde deve-se analisar os processos, os depósitos e as formas resultantes, apud Peloggia (2005, p. 26).

Outro método citado por Peloggia e que adota a mesma proposta de Ab’Sáber, é o de Rodrigues (1999). Em sua obra *Antropogeomorfology*, considera a ação humana como geomorfológica a partir das atividades que promovem mudanças nas formas, atributos (material) e posição dos atributos (estratigrafia) e nas taxas, balanços e vetores dos processos relacionados, propondo assim, uma análise mais detalhada e dinâmica da morfotecnogênese (apud PELOGGIA, 2005, p. 26).

Para exemplificar, Peloggia (2005) aponta uma situação na qual em uma dada paisagem onde ocorreram processos tecnogênicos (mobilização de materiais), surgem terrenos de *primeira ordem induzidos*, como vertentes ravinadas. Esse ravinamento produz corridas de lama (a partir de certas condições como, remoção da cobertura vegetal, alta pluviosidade, assim intensificando o escoamento superficial), que resultaria na alteração das condições hidrológicas, estrutura da superfície da paisagem, nos vetores e limiares de atuação dos processos, produzindo formas de relevo tecnogênicos sem a ação direta do homem.

Os relevos tecnogênicos apresentam uma certa dependência variável com os substratos e formas originais, apesar da transformação drástica na superfície. Isso ocorre porque os modelados tecnogênicos adquirem formas baseadas a partir das características geomorfológicas atuais onde estão inseridas, como por exemplo, morretes artificiais formados em antigas áreas de planícies fluviais, que apresentam compartimentos relativamente planos, no entanto, sua estruturação original (disposição dos materiais em camadas) não é mais a mesma (PELOGGIA, 2005).

Isto implica numa questão taxonômica, pois, neste caso, conforme a classificação de Jurandyr Ross (utilizado pelo autor), os relevos tecnogênicos aparecem representados no 6 e 5 táxons (formas menores e até formas de vertentes), no entanto, ao se manifestarem no 4 táxon (tipos de relevo), apresentam características que seguem os padrões dos relevos originais menores (planícies, conjuntos de colinas e morros) recobrando-os de forma quase homogênea (PELOGGIA, 2005).

Partindo desses pressupostos, Peloggia *et al.* (2014) propõe uma classificação geomorfológico tecnogênico, apresentada na Tabela 5 e na representação esquemática da Figura 4.

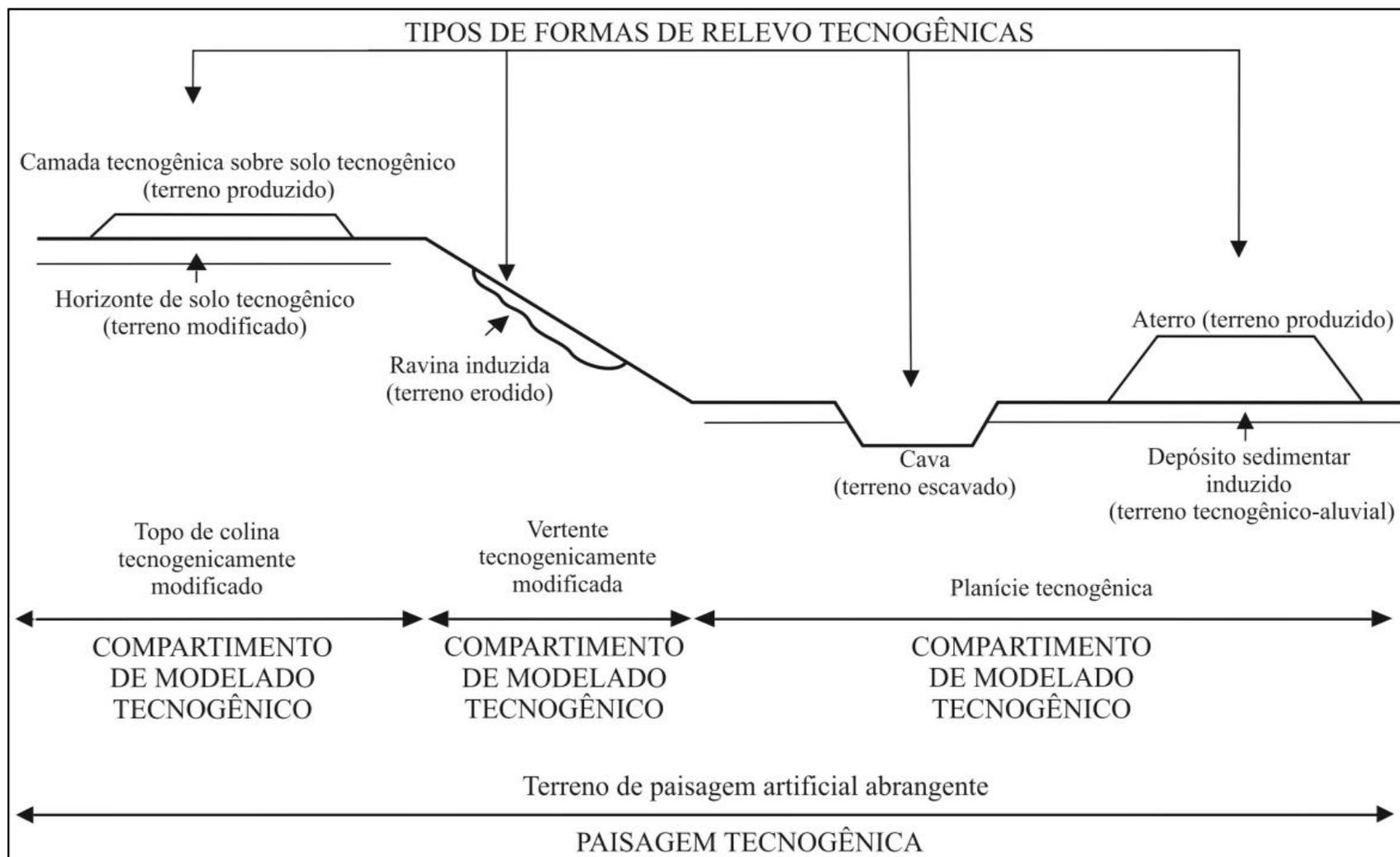
**Tabela 5:** Classificação do relevo tecnogênico

<b>Táxon geomorfológico tecnogênico</b>	<b>Paisagens tecnogênicas</b>	<b>Compartimentos de modelados tecnogênico</b>	<b>Tipos de formas de relevo tecnogênicas e superfícies geomórficas relacionadas</b>
<b>Conceito</b>	Áreas amplas com extenso e típico relevo transformado ou produzido pela humana	Conjuntos de formas de relevo tecnogênicos associadas a compartimentos de relevo naturais	Formas de relevo agradacionais, degradacionais ou movimentadas definidas por diferentes tipos genéticos de superfície tecnogênicas
<b>Exemplos</b>	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.
<b>Relação com a classificação taxonômica das formas de relevo (ROSS, 1992)</b>	3º táxon de Ross (unidades morfológicas ou padrões de formas)	3º táxon de Demek (tipos de relevos) 5º táxon (tipos de vertentes) e 4º táxon (tipos de formas de relevo) de Ross	1º e 2º táxon de Demek (superfícies geneticamente homogêneas e formas de relevo) 6º táxon de Ross (formas de processos

			atuais)
<b>Terrenos tecnogênicos associados</b>	Os terrenos de paisagens artificiais que constituem partes de Antropostroma (Paserini, 1984)	Conjuntos de terrenos artificiais apresentando relacionados um ou mais tipos de formas de relevo tecnogênica.	Categorias específicas de terrenos tecnogênicos agradativos, degradativos, modificados e mistos.
<b>Escalas de referência de mapeamento</b>	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: PELOGGIA *et al.* (2014). Elaboração: Danielson Souza (2020)

**Figura 4:** Representação esquemática da Classificação do Relevo Tecnogênico



Fonte: PELOGGIA *et al.*, (2014).

A teoria e classificação apresentada nesta seção demonstram uma forma de sistematização descritiva dos depósitos tecnogênicos que compõem os relevos antrópicos, no entanto, para entender em sua completude (as relações homem-homem, e homem-natureza) a construção desses depósitos, é necessário analisar e compreender os processos geradores (MIYAZAKI, 2014), e para isso, far-se-á o uso da categoria de análise geográfica paisagem, que é tida neste trabalho como a materialização do espaço geográfico no tempo (SANTOS, 2004).

#### **3.2.4. Análise do relevo Tecnogênico na Paisagem**

A palavra paisagem surgiu no século XVI e está ligado a país, no sentido de região, nação, território (VITTE, 2007). No entanto, ao observar a etimologia deste termo, Vitte (2007) aponta que as designações se caracterizam historicamente sob duas perspectivas: uma estética-fenomenológica, correspondendo a uma aparência, uma representação, arranjo de objetos visíveis pelo sujeito por meio de seus próprios filtros; a outra caracteriza-se por uma concepção geopolítica, designando uma unidade territorial, onde se desenvolve a vida de pequenas comunidades humanas.

Apesar das designações apresentadas, o conceito paisagem na geografia acabou sendo influenciado pelo movimento cultural do romantismo que instituiu uma nova dimensão à categoria tempo, passando a valorizar as singularidades e atribuindo a cada comunidade ou nação uma identidade, partindo do princípio da contemplação (conhecimento da natureza era adquirido pela percepção e observação) (VITTE, 2007).

Posteriormente, esse conceito passou a ser considerado como resultante da inter-relação entre a natureza e cultura, assumindo uma postura dualista. Isso, juntamente com filosofia kantiana ocasionou uma fragmentação, surgindo, assim, diversos tipos de paisagens, prejudicando a noção de totalidade (noção de separação da natureza, cultura, espaço e tempo, complexidade). Apesar disso, vale destacar que a visão kantiana trouxe muitas contribuições, como por exemplo, para a concepção de paisagem natural, onde cada elemento da natureza era estudado de forma isolada para se entender sua função e como era influenciado pelo todo (noção de totalidade) (VITTE, 2007).

Por conta dessas especializações (advinda das fragmentações), o homem passou a ter o conhecimento das dinâmicas dos elementos da natureza, ao mesmo tempo que estes passaram a ser vistos como recurso econômico. Agora, a sociedade e natureza já não eram vistos somente por uma visão de diferenciação ou estruturação, mas como entidades abstratas, sujeitas as ações de controle e planejamento, por meio da intervenção tecnológica, isso porque o ser humano passou a valorizar o seu bem-estar a qualquer custo (VITTE, 2007).

Vitte (2007) destaca que com o desenvolvimento da racionalidade tecnocientífica (a serviço da racionalidade econômica), a técnica permitiu ao homem transformar a natureza, comportando-se como se estivesse acima das leis naturais.

É importante salientar que ao longo do tempo, na ciência geográfica, o conceito de paisagem estava restrito à noção de natureza, e por conta dessa abordagem, esse conceito perdeu seu caráter holístico. Apesar disso, Vitte (2007) aponta que paisagem não se restringe somente aos estudos dos aspectos naturais, mas vai além, mostrando que é uma representação temporal do espaço:

A geração da paisagem é o resultado imediato da intencionalidade humana na superfície terrestre. Seja ontem ou hoje, por meio dos mais variados meios técnicos e científicos, a sociedade imprime sua marca no espaço que fica registrada na paisagem. Assim, a paisagem é uma representação do espaço. Na Ciência Geográfica e particularmente na geografia física, a paisagem passa a ser sinônimo de natureza. (VITTE, p. 77, 2007).

Esse conceito assemelhou-se aos apontamentos de Santos (2013), a respeito do caráter do espaço e tempo, e sua cristalização por meio de formas na paisagem (um dos componentes do espaço) que por sua vez, são resultantes de uma acumulação, na qual algumas construções permanecem intactas ou modificadas, enquanto outras desaparecem cedendo lugar a novas.

A respeito disso, Santos (2004) apresenta o conceito de rugosidades no espaço, uma metáfora de inspiração geomorfológica, e que se caracteriza por ser resultado do espaço construído. O tempo histórico transforma-se em paisagem, que representa uma divisão do trabalho manifestada localmente por combinações do capital, das técnicas e do trabalho criando formas espaciais fixas, e que ao longo do tempo apresentam novos significados na vida social.

Nas duas obras de Milton Santos (2004; 2013) (*Por uma nova Geografia; Técnica, Espaço e Tempo*, respectivamente) e no conceito apresentado por Vitte (2007), percebe-se que a paisagem é resultado de uma prática humana no espaço, onde, a intencionalidade do homem por meio da técnica, gera formas que se materializam, imprimindo um dado tempo histórico, e com passar dos anos pode adquirir novos significados conforme a cultura.

O tempo é um ponto de ligação e de relevância tanto para paisagem como para relevo, pois é responsável pela consolidação de ambos. Por isso, ao analisar o relevo tecnogênico presente na paisagem, o entendimento deste conceito deve estar bem definido.

Suertegaray e Nunes (2001) ao destacaram a importância do tempo para formação relevo, evidenciaram “o tempo que escoia e tempo que se faz”, onde o primeiro apresenta característica de tempo longo (geológico) e indica os processos pretéritos que formaram o relevo (forças exógenas), e o segundo, corresponde ao tempo de irregularidades, que introduzem a dimensão antropogênica, exigindo uma compreensão do desenvolvimento social da humanidade, do momento atual de crescimento, levando a refletir sobre relação da ciência e tecnologia.

Para os citados autores o tempo que se faz é o responsável pela formação do relevo atual, no qual o homem por meio da técnica estabelece formas de relevo “postição”, que na dinâmica natural, demorariam tempos geológicos (tempo que escoia) para se desenvolver. No entanto, por conta da intervenção humana, num tempo histórico (tempo que se faz), cria-se uma forma de relevo antropogênico.

É neste sentido que os depósitos tecnogênicos, na qual dão origem a novas formas de relevo antropogênicos ou tecnogênicos, e que são formados pelo registro da ação homem sobre a paisagem, aparecem como uma nova perspectiva de leitura geográfica (MIYAZAKI, 2014).

Ao tornar o relevo antropogênico como objeto de análise geográfica, os estudos devem superar a mera análise da descrição das camadas do relevo e da sua forma, tomando também como arcabouço teórico o entendimento da relação dos indivíduos na sociedade e estes com a natureza (no passado e na atualidade), que no final, resultarão na construção dos depósitos tecnogênicos, que dão origem as novas formas de relevo (MIYAZAKI, 2014).

A partir dessa afirmação, o compartimento de modelado de origem antropogênica construído nos aterros sanitários, para além das formas de relevo presentes na paisagem, evidenciam, também, um conteúdo relevante a respeito do modo de vida urbano e da sua história (resultante das relações sociais entre os indivíduos e com a natureza), demonstrando um grande potencial para este tipo de estudo de análise geográfica.

### **3.2.5. Aterros sanitários como relevos antropogênicos: uma leitura geográfica**

O aterro sanitário é uma das formas de disposição final dos resíduos sólidos. Segundo a Norma Técnica Brasileira Registrada (NBR-8419) da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), o aterro sanitário é:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-o com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores se for necessário (NBR-8419, 1992).

O método operacional empregado em aterros sanitários é a deposição dos resíduos sólidos em cavas ou cortes de talude feitas no terreno, onde as alturas podem variar de 2 a 5 metros, e após são compactados por um trator de esteira. Geralmente, no final do dia, recobre-se os resíduos compactados com uma camada de solo, que pode variar entre 30 a 50 cm de espessura, dependendo do teor de argila (NUNES e SANT'ANNA NETO, 2002).

Para o aterro sanitário manter-se em funcionamento de modo seguro, é necessário seguir criteriosamente as normas técnicas do projeto inicial. Nunes e Sant'Anna Neto (2002) apontam que este deve ser composto:

por um sistema de drenagens de águas superficiais e de subsuperfície, de chorume e de gases. Além destes elementos, ele deve ser cercado para evitar a entrada de catadores de materiais recicláveis (papéis, latas, vidros, plásticos, etc.) deve ter também uma portaria, uma balança para pesagem dos caminhões que transportam os resíduos, um pátio de estocagem de materiais e iluminação para atividades no período noturno. (NUNES e SANT'ANNA NETO, 2002, p. 70).

A produção dos resíduos sólidos destinada aos aterros sanitários está associada à dinâmica da sociedade capitalista e urbana, a forma e ocupação nas

idades, a produção de consumo e a concepção que a sociedade tem sobre seu “lixo” (ANTONIO E GOMES, 2008).

Os resíduos sólidos surgem como um problema nos centros urbanos quando ocorre o aumento da concentração da população. A maior parte desta população não possui acesso a um sistema gerenciamento adequado, e assim os problemas ambientais se intensificam (ANTONIO E GOMES, 2008).

Segundo Antônio e Gomes (2008) essa problemática deve ser observada tanto na óptica da relação homem-natureza, como nas relações que ocorrem dentro da sociedade, dos interesses individuais e coletivos, que em sua maioria acabam por demonstrar as contradições existentes.

Um dos fatores que aumentou a produção de resíduos sólidos foi o “inchaço” dos centros urbanos. Isso ocorreu por causa de uma falsa promessa de desenvolvimento e oportunidade de emprego, logo, de melhoria de vida. Essa esperança atraiu os indivíduos que moravam no campo, no entanto, ao chegarem na cidade, tiveram que encarar uma realidade distinta da prometida, e acabaram indo para subemprego, tendo apenas o necessário para subsistência em áreas inadequadas para moradia, como planícies de inundações e vertentes íngremes (ANTONIO E GOMES, 2008). Isso acarretou em desequilíbrios nesses ambientes frágeis, ocasionando problemas que poderiam comprometer a própria vida.

Além do aumento da população nos centros urbanos e as consequentes desigualdades sociais, outra problemática é a cultura do consumo, reforçando a obsolescência programada de objetos (ANTONIO E GOMES, 2008). Neste sentido, a mídia, as empresas multinacionais e até mesmo a ciência (quando está a serviço do capital) acabam reforçando a ideia do obsoleto, mesmo quando o objeto ainda possui utilidade (valor de uso).

É importante ressaltar que nas situações apresentadas acima para o aumento na produção de resíduos sólidos (seja no aumento da população, seja na cultura do consumo), a natureza sempre é concebida como algo externo ao ser humano, uma fonte inesgotável de recursos para produção, e também tida como receptáculo de objetos produzidos pelo homem (NUNES E SANT’ANNA NETO, 2002). Neste sentido, isso mostra porque o homem precisa conceber a natureza como uma forma de manutenção para o modo produção capitalista.

Os resíduos sólidos ao serem levados para destinação final num aterro sanitário, produz o relevo antropogênico, que tem sua origem nas relações sociais de classes, e assim perpetuando na paisagem a história do modo de vida da sociedade.

A atuação dos agentes sociais produtores do espaço (CORRÊA, 2004) sobre o relevo de forma dinâmica, e conforme seus interesses, deixam suas “marcas” que se concretizam em rugosidades têmporo espacial na paisagem. Assim, a produção do espaço físico das cidades é, ao mesmo tempo, a produção da natureza transformada e modificada pelo jogo de interesse público e privado que constroem, destroem e reconstroem novos espaços sociais (NUNES E SANT’ANNA NETO, 2002).

A atuação de forma dialética dos agentes sociais numa sociedade cuja a valorização do consumismo e o bem-estar é predominante, o relevo passar a ser apropriado de forma desigual, assim, a 1ª natureza é apoderada, transformando-se em 2ª natureza, onde está passa a possuir valor de uso e troca (NUNES E SANT’ANNA NETO, 2002; CASSETI, 1995).

Nunes e Sant’Anna Neto (2002) afirmam que esta é síntese da apropriação da natureza, sendo recurso para manutenção do modo de produção capitalista, e ainda sendo despejo dos resíduos sólidos produzidos, que particularmente são destinados (uma boa parte) para aterros sanitários.

Os aterros sanitários além de se disporem na paisagem, carregam em si, um conteúdo histórico relevante sobre a produção do espaço nos centros urbanos, e por conta disso, ao torná-lo objeto de estudo na geografia, é necessário superar a mera análise descritiva dos modelados (mas sem deixar de realizá-la), e ir além, investigando as relações dos indivíduos com natureza e com a sociedade (MIYAZAKI, 2014), assim, compreendendo, de forma analítica, como ocorreu sua construção. Neste sentido, o Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus, localizado na rodovia AM-010, é um excelente objeto de estudo para este tipo de análise.

O ARSM surgiu no final da década de 1980 como uma lixeira a céu aberto (SANTOS, 2001 apud CPRM, 2006, p. 4), fazendo limites com a área de expansão urbana da cidade de Manaus, e inserindo-se na bacia do igarapé Matrinxã.

Em muitos trabalhos sobre o ARSM, a temática a respeito dos impactos ambientais sobre os cursos d’água e nos empreendimentos privados próximos são

predominantes (CPRM, 2006; OLIVEIRA, 2007; SANTOS, *et.al.*, 2006). Assim, na pesquisa bibliográfica realizada não foram encontrados trabalhos sobre as novas formas de relevo formados pela ação do homem e o conteúdo histórico dos depósitos tecnogênicos.

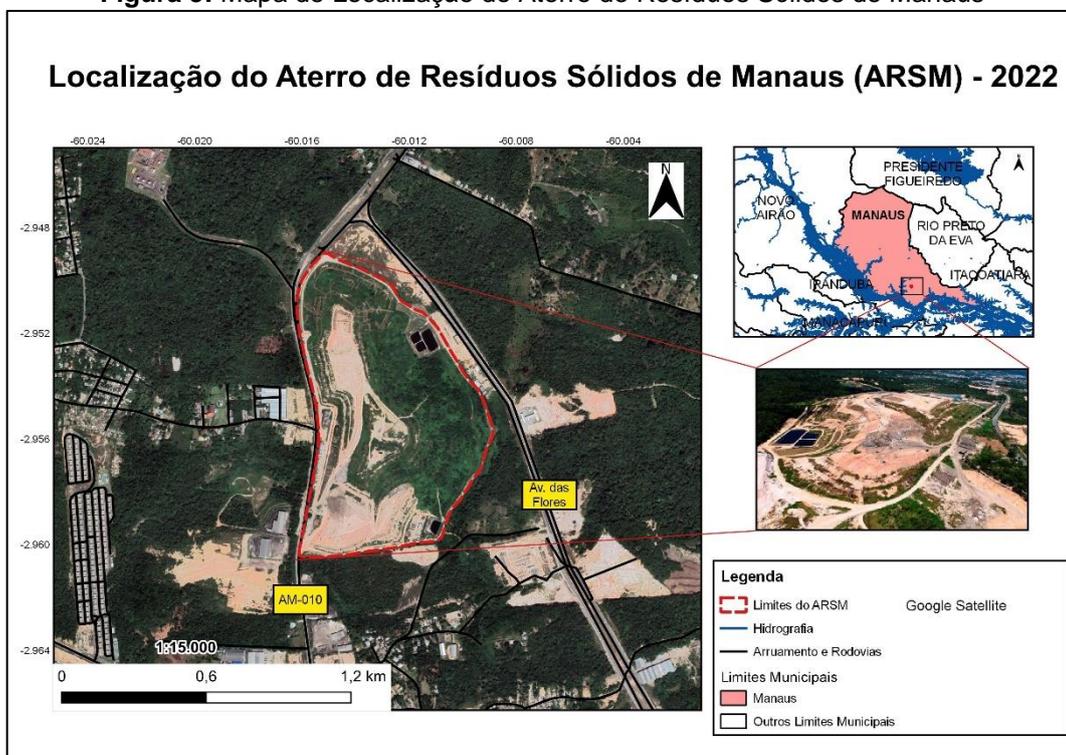
Por isso, esta pesquisa tem como objetivo analisar as formas de relevo do Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus (AM-010) formado por depósitos tecnogênicos, atribuindo-lhe as classificações apresentada neste capítulo, destacando a altimetria do relevo por meio das curvas de níveis, e descrevendo os materiais que compõem os depósitos, e ainda, apresentando dados sobre a produção de resíduos sólidos destinados ao aterro.

#### 4. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus (ARSM) localiza-se no km 19 da Rodovia AM-010, também conhecida como Rodovia Torquato Tapajós ou Deputado Vital de Mendonça, nas coordenadas geográficas 02°57'23.86"S e 60°00'47.62W Gr, no Bairro Lago Azul, na Zona Norte (Figura 5). As áreas adjacentes ao aterro apresentam relevo caracterizado por colinas, com altitudes em torno de 50 metros e, aproximadamente, 150 metros de extensão, topos aplanados e vales em V. A cobertura vegetal nativa está muito reduzida em consequência da ocupação urbana, sendo que a cabeceira do igarapé Bolívia se encontra, em parte, preservada (SANTOS *et al.*, 2006).

Trata-se de um complexo de destinação de resíduos sólidos urbanos com uma área de 66 hectares, na qual possui a licença ambiental cedida pelo Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM) (SEMULSP, 2020). Importante notar na Figura 5, que o ARSM está situado entre a AM-010 e a avenida das Flores, inaugurada em 2018.

**Figura 5:** Mapa de Localização do Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus



**Fonte:** IBGE (2010), DNIT (2010). **Org.:** Danielson Souza (2021).

Esse complexo é responsável por receber todo tipo resíduo sólido produzido na zona urbana de Manaus, tais como: doméstico, comercial, industrial, hospitalar, entulho de construção e resto de poda de árvores (CPRM, 2006). Esses materiais perfazem uma média de diária 2.650 toneladas (SEMULSP, 2020).

O trabalho realizado pela Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais (CPRM), para diagnosticar e avaliar a contaminação dos cursos d'água no entorno do aterro, apresentou que a média diária de produção de resíduos sólidos em 2005 era de 2.800 toneladas (CPRM, 2006), já em 2021, essa média foi de 2.302,87 toneladas (SEMULSP, 2021), demonstrando que houve uma diminuição de aproximadamente 17,54 %.

Os resíduos recebidos no complexo apresentam três de tipos de destinação:

1) aterramento, onde os resíduos sólidos são dispostos em camadas, intercaladas por solo argiloso.

2) reciclagem (encaminhamento para os galpões de catadores);

3) produção de composto orgânico realizada pela Usina de Compostagem.

#### **4.1. Descrição Fisiográfica**

O ARSM, assim como o município de Manaus, encontra-se localizado sobre a Unidade Sedimentar Bacia do Amazonas, uma das unidades que compõem o domínio estrutural Cobertura Fanerozóica Sedimentar da Amazônia (REIS e ALMEIDA, 2010).

No período Cretáceo, a Bacia Amazonas passou por um processo de sedimentação fluvial e fluviolacustre que deram origem a formação Alter do Chão, onde o sítio urbano de Manaus está assentado (REIS e ALMEIDA, 2010). Cunha *et al.* (2007) destacam que os registros sedimentares ígneos nesta bacia são reflexo tanto das variações eustáticas do nível do mar quanto aos eventos tectônicos.

A formação Alter do Chão pertence ao grupo Javari e ocorre na parte superior do pacote sedimentar da Bacia do Amazonas sobre a discordância do topo paleozóico (CUNHA *et al.*, 2007), apresentando litologia constituída pelos arenitos intercalados com siltitos e argilitos e subordinadamente conglomerados (FRAZENELLI e IGREJA, 2011). Segundo Franzenelli e Igreja (2011) os arenitos

encontrados nesta formação são finos a grossos, vermelhos a variegados, argilosos, mal selecionados, friáveis e ocasionalmente silificados.

Os arenitos com horizontes silificados são predominantes em Manaus e recebem o nome de Arenito Manaus. Ao descrever este arenito, Vieira (2008) destaca os horizontes sobrepostos que possuem coloração esbranquiçadas, podendo ser encontrados nas margens do rio Negro, e em outros cursos d'água presente na cidade (igarapés) e até mesmo em voçorocas.

Quanto ao relevo, o ARSM está inserido na unidade geomorfológica Planalto Rebaixado dos Rios Negro e Uatumã (IBGE, 2014), com colinas que atingem altitudes em torno de 50 metros até 150 metros, topos aplainados e vales em "V".

Conforme Dantas e Maia (2010), a região de Manaus está inserida no domínio geomorfológico Baixos Platôs da Amazônia Centro-Oriental, caracterizado por terras baixas (cotas inferiores a 200 m), recobertas por Mata de Terra-Firme, com solos espessos, pobres e bem drenados.

A gênese desse domínio ocorreu com o fecho deposicional da Bacia Sedimentar Amazonas, ou seja, com o fim do processo de sedimentação da Formação Alter do Chão:

Após o entulhamento da Bacia do Amazonas, em algum momento do Paleógeno, a bacia sofreu um processo de epirogênese que rebaixou o nível de base regional e soergueu os depósitos cretácicos. Tais fenômenos expuseram a Formação Alter do Chão à erosão subaérea, sendo que a nova área deposicional ao longo do Neógeno passou a ser a Amazônia Ocidental. Os processos de franca esculturação desses baixos platôs também apresentam uma componente neotectônica, conforme observado em diversos perfis lateríticos expostos em cortes de estradas e no notável paralelismo dos principais afluentes da margem esquerda do rio Amazonas, como os rios Preto da Eva, Urubu, Uatumã, Jatapu e Nhamundá. (DANTAS E MAIA, 2010, p. 37-38)

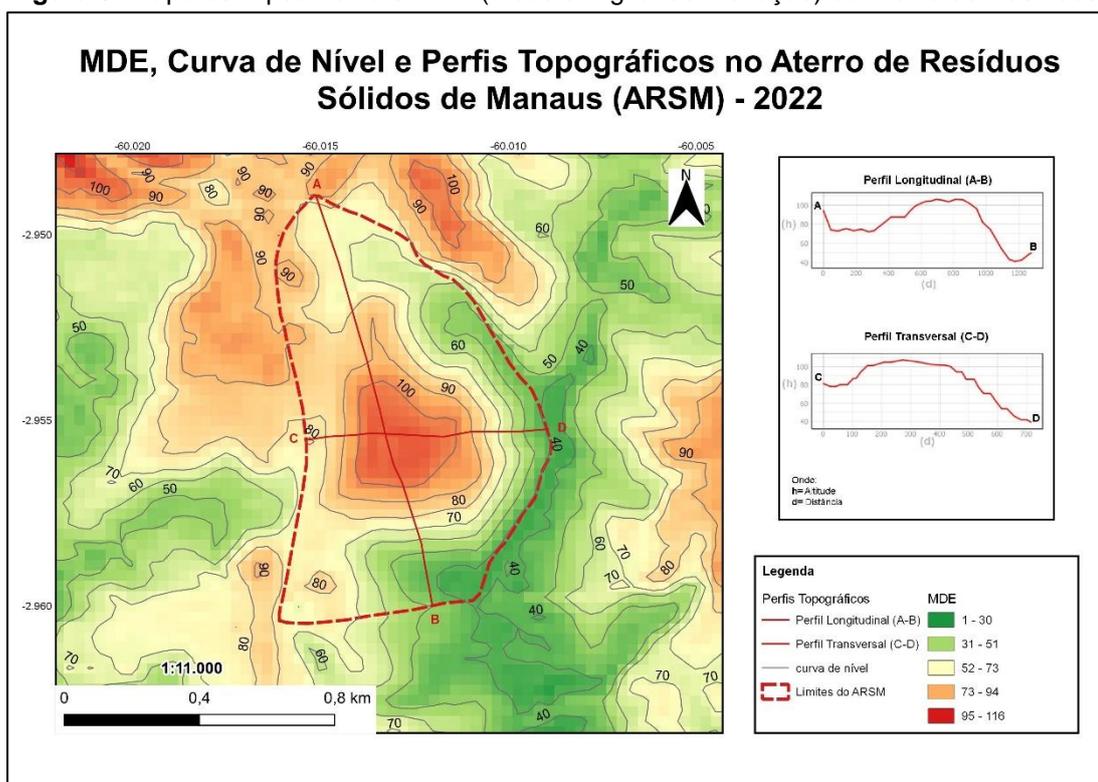
Em Manaus, especificamente na porção norte da cidade, os platôs embasados por rochas sedimentares da Formação Alter do Chão, são dissecados em relevo de Colinas Tabulares (DANTAS e MAIA, 2010), resultantes de um longo processo de intemperismo químico que geraram espessos perfis intempéricos lateríticos (COSTA, 1991; HORBE *et al.*, 1997) apud (DANTAS e MAIA, 2010, p. 37).

Conforme Santos *et al.* (2006) o ARSM, inicialmente, foi construído no topo de uma colina, e com a expansão da área do mesmo, os resíduos sólidos estão sendo depositados nas vertentes.

Por meio de dados de sensoriamento remoto presentes na Figura 6, observa-se que a altimetria da área central do ARSM apresenta as maiores cotas, variando entre 70 a 100 metros de altitude. A Leste e Sudeste ocorrem as menores cotas, com uma variação entre 40 a 60 metros de altitude, onde percebe-se uma influência do vale do igarapé<sup>3</sup> Matrinxã. Na porção Oeste e Noroeste, as cotas variam entre 70 a 80 metros de altitude, apresentando pouca variação nesta área, no entanto, tendo em certo ponto 90 metros.

Analisando de forma geral, nos limites do ARSM, a variação máxima de altimetria chega em torno de 60 metros, ou seja, da parte mais baixa do relevo (Porção Leste) para mais alta (Porção Central).

**Figura 6:** Mapa de Hipsometria e MDE (Modelo Digital de Elevação) do Aterro de Resíduos



Sólidos de Manaus

**Fonte:** COOPÉRNICO DEM (2013), IBGE (2010), DNIT (2010). **Org.:** Danielson Souza (2021)

<sup>3</sup> “Igarapé” é uma palavra indígena, de origem tupi, que significa “caminho de canoa”. Por ser um canal estreito e pouco profundo, somente canoas e barcos podem navegar por ele.

Para verificação das formas presentes do relevo no ARSM, foram gerados 2 perfis topográficos no sentido A-B e C-D MDE (Modelo Digital de Elevação), demonstrados ao lado do mapa da Figura 5.

O perfil A-B compreende o eixo norte-sul do ARSM, inicia seu transecto numa curva de nível acima de 90 metros de altitude, perpassando pelo topo, na parte central com valor altimétrico acima 100 metros de altitude, e após, ocorre uma quebra de declive caracterizando a parte mais baixa, onde os valores apresentam uma queda abrupta indo de 100 a 40 metros de altitude.

Este perfil aponta que a parte mais alta do relevo encontra-se no centro dos limites do aterro, e apresenta um topo pouco arredondado. Tanto para o norte como para sul, existem concavidades, que são bastante significativas na porção sul, e que caracterizam uma ruptura altimétrica.

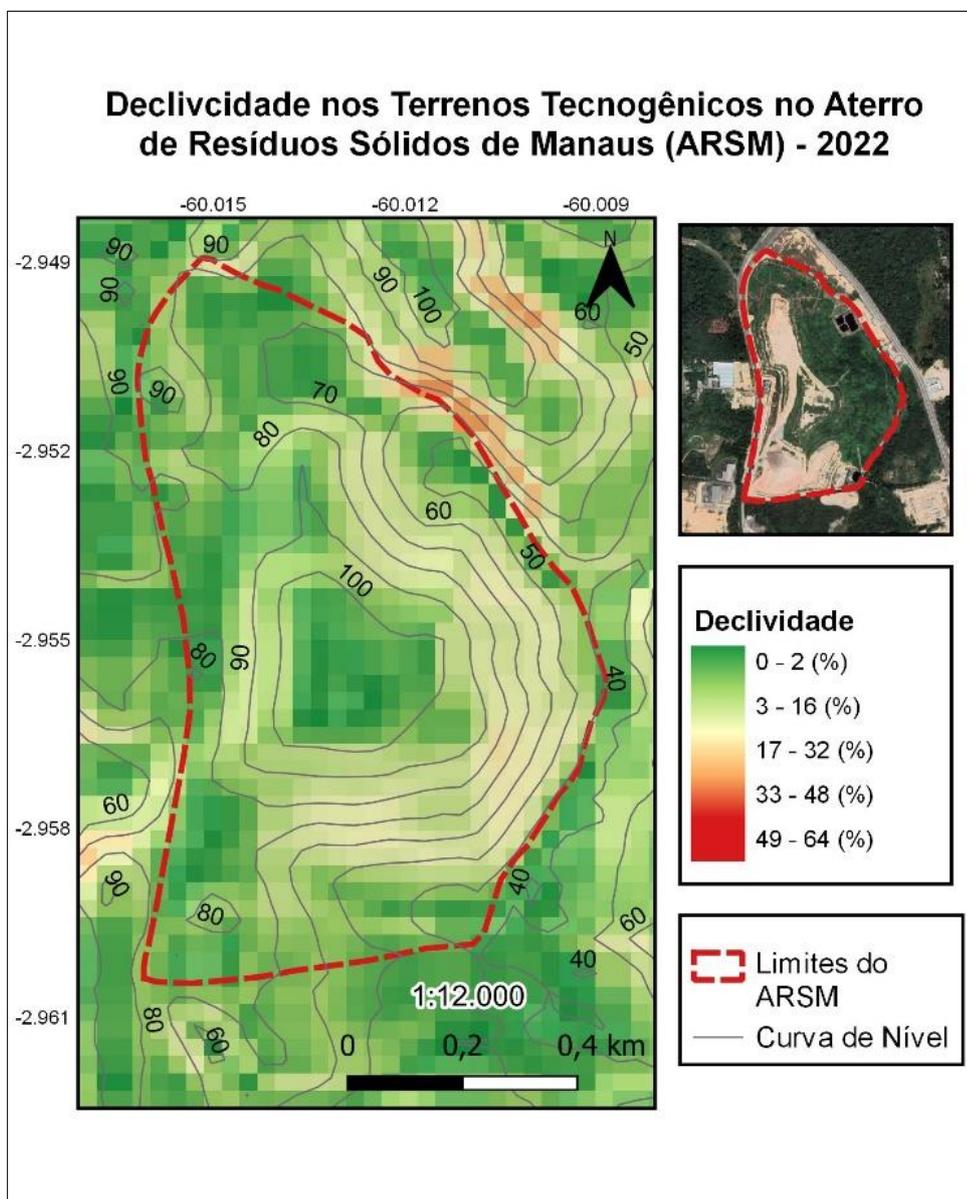
O perfil C-D compreende o eixo Oeste-Leste do ARSM. O transecto inicia numa curva de nível em torno de 70 a 80 metros de altitude, e em algumas partes 90 metros de altitude, perpassando pelo topo, na parte central com valores altimétricos acima de 100 metros de altitude, e após, a leste, os valores ficam em torno de 60 e até 40 metros de altitude.

Este perfil aponta novamente que a parte mais alta do aterro se encontra na parte central dos limites ARSM, com topo com características de arredondado a tabular. A porção Oeste do relevo uma baixa altimetria, no entanto, na porção Leste, é onde ocorre uma queda considerável na altimetria, na qual forma uma vertente alongadas configurando degraus (patamares).

Fazendo uma análise geral dos dois perfis, a parte central de ambos os transectos apontam a elevação principal presente nos limites da ARSM, e nas partes extremas, temos uma altimetria mais baixa que circunda essa elevação apresentando formas côncavas bastante evidentes nas porções Leste e Sul, sofrendo influência direta do vale do Igarapé Matrinxã. As porções Oeste e Norte apresentam altimetria mais elevada comparada as porções citadas anteriormente. O MDE (Modelo Digital de Elevação) mostra que nessas porções o valor de altitude fica próximo da parte mais elevada do aterro.

O mapa de declividade (Figura 7) aponta um panorama diferenciado em cada setor do relevo presente na área de estudo: Topo, vertentes e áreas em torno do topo ao Norte, Oeste e Sul.

Figura 7: Mapa de Declividade



Fonte: COOPÉRNICO DEM (2013). Org.: Danielson Souza (2021).

No topo, localizado na parte central do ARSM, a declividade fica em torno de 0% a 2% apresentando pouca variação, o que corresponde a uma forma plana.

Nas vertentes há um gradiente de declividade bastante significativo, que varia em torno de 3% a 32% de declividade, indo de relevo com declividade fraca à forte. Nota-se também, que na parte Sudeste-sul das vertentes tem-se uma

tonalidade mais forte de amarelo, o que significa que nesta área há uma inclinação bastante evidente, o que pode ser algo resultante da influência do vale do Igarapé Matrinxã.

As áreas em torno do topo ao Norte, Oeste e Sul apresentam declividade em torno de 17% a 32%, com variações de moderado a forte. Neste gradiente, temos um conjunto de áreas planas e áreas com bastante declividade, localizadas próximas as vertentes, muito evidente no setor do sul do ARSM.

Os mapas de declividade e hipsométrico apontam que nas áreas com maior altitude no ARSM, o relevo apresenta formas mais planas com pouco a moderada declividade. Nas áreas em que há menor altitude, e que apresentam rupturas altimétricas e alguns degraus nas vertentes, a declividade é bastante expressiva indo de fraca a forte.

Com relação ao solo, sobre a Formação Alter do Chão, na região de Manaus, ocorre seis tipos de solos: Argissolo, Espodossolo, Gleissolo, Latossolo amarelo distrófico, Neossolo e Plintossolo (IBGE, 2010). Desses, apenas dois são encontrados na área urbana da cidade, o Argissolo, no extremo leste, e no restante dos limites territoriais, o Latossolo amarelo distrófico argiloso ou muito argiloso.

Conforme (TEIXEIRA *et al.*, 2010) os Latossolos são uma classe de solo mineral, não hidromórfico que apresentam uma sequência de horizontes A B bastante intemperizados com ausência de minerais primários, apresentando textura que variam de franco-arenoso ou mais fina e reduzidos a teores de silte, e em seu horizonte C tendo pouca diferenciação entre o horizonte B, e, em geral, com transição entre os horizontes plana e difusa.

Lepsch (2010) destaca que os processos responsáveis pela formação do Latossolos são designados como dessilicificação ou latossolização concomitante à prolongada bioturbação (estrutura sedimentar gerada pela deformação e/ou mistura de material sedimentar devida a ação de seres vivos como, por exemplo, as minhocas que deformam camadas já sedimentadas em um fundo de lago lodoso).

Os latossolos com textura argilosa e muito argilosa, encontrados na área de estudo, apresentam altas tensões (“solos secos”) e elevada umidade (>20% em volume), que apesar de estar disponível nos microporos revestidos de partículas de argila, a água contida não é disponível para maioria das plantas (TEIXEIRA *et*

*al.*, 2010). Geralmente, os solos que apresentam este tipo de textura compõem relevos planos ou suavemente ondulados, embora também ocorram em relevo movimentados (SHINZATO *et al.*, 2005).

Com relação a cobertura vegetal, Manaus localiza-se dentro dos limites da Floresta Amazônica (IBGE, 2010). No entanto, obviamente, pelas suas peculiaridades, o ARSM não tem cobertura vegetal no topo. No entanto, foram plantadas cortinas vegetais, também conhecidas como barreira vegetal, à margem da AM-010 para minimizar os odores e limitar a visualização do aterro. Nos taludes foi estabelecida a revegetação com gramíneas. Tanto a cortina verde quanto a revegetação de gramíneas demarcam o aterro como um cinturão verde.

Santos *et al.* (2006) em seu trabalho sobre a influência do Aterro Sanitário de Manaus sobre o sistema hídrico no rio Tarumã, destaca as características da vegetação próxima aos limites, afirmando que as áreas nas proximidades da cabeceira do Igarapé Bolívia estão preservadas, no entanto, no que se refere as outras áreas circunvizinhas, em consequência do aumento expansão urbana, apresentam desmatamento, em especial na margem direita do rio Tarumã.

Conforme o trabalho de Romano *et al.* (2016) na qual se utilizou de dados meteorológicos da estação convencional de Manaus (82331) numa série histórica entre 1961-2014, Manaus evidenciou uma sazonalidade anual com dois períodos: período chuvoso (dezembro a maio) e período menos chuvoso (junho a novembro) com taxa anual média de 2100 mm aproximadamente.

A temperatura apresentou um comportamento que segue a sazonalidade das chuvas, onde as maiores temperaturas ocorreram em setembro e outubro próximos 34°C, e as menores temperaturas em fevereiro e março entre 23°C e 24°C (ROMANO *et al.*, 2016).

O clima de Manaus, assim como na região Amazônica sofre influências dos sistemas atmosféricos precipitantes (ZCIT, e outros) e dos eventos de ENOS (El Niño Oscilação Sul) associados a temperatura da superfície do Pacífico, com isso e as características citadas acima, pode ser classificado, conforme a metodologia de Köppen, um clima Amg (clima tropical monçônico, com o mês de maior temperatura após junho e com estação seca curta, seguida por uma estação úmida com fortes chuvas). Na classificação Thornthwaite, a classe climática resultou em B2r A' a', que representa um clima de características úmidas com pouca ou

nenhuma deficiência hídrica, com alta evapotranspiração que se concentra no verão (ROMANO *et al.*, 2016).

Nesse sentido, a temperatura e precipitação colaboram para o processo de lixiviação e escoamento superficial, levando em consideração a ausência de cobertura vegetal, declividade do terreno e exposição aos raios solares.

Com relação a hidrografia, Manaus caracteriza-se por apresentar uma rede de drenagem densa que cortam boa parte da cidade. Por estar situada à margem esquerda do sistema Rio Negro-Solimões, os cursos d'águas que cortam a cidade sofrem influência direta na dinâmica fluvial do nível do Rio Negro por conta das oscilações de cheias e vazantes (AB'SABER, 1953).

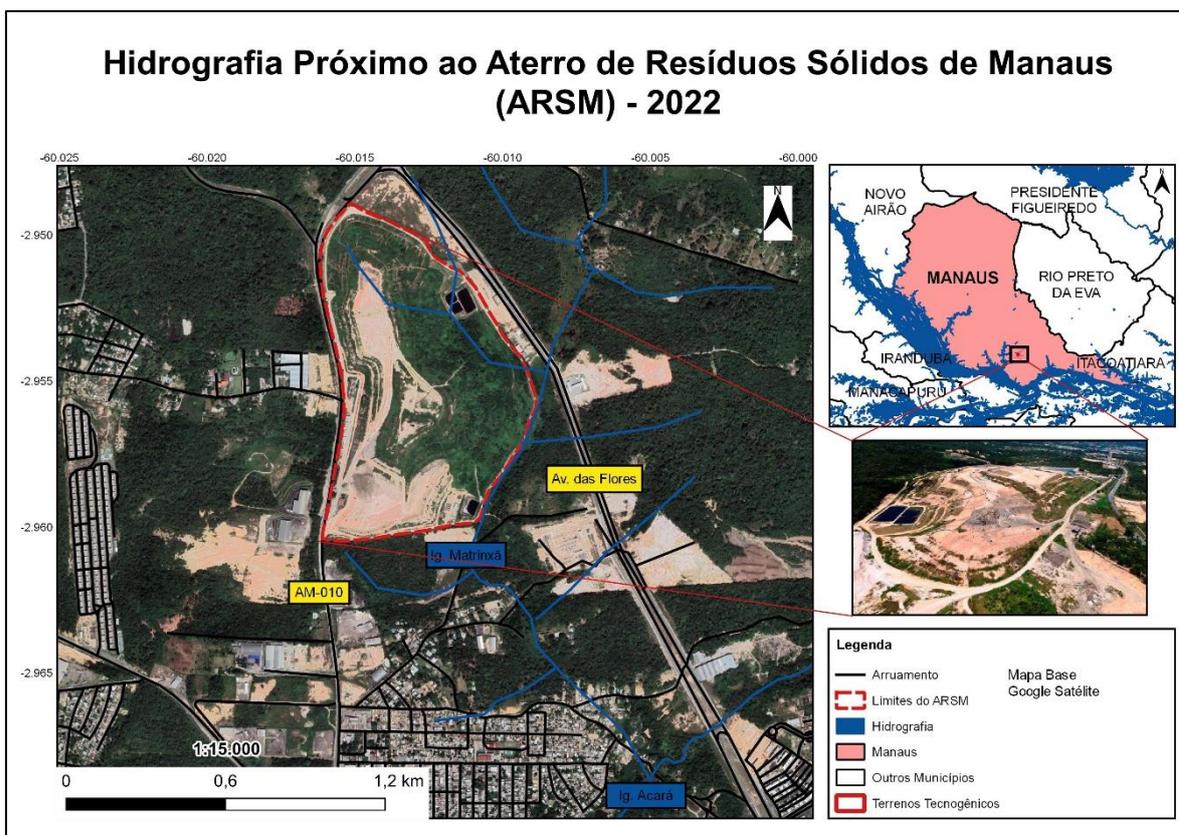
Na cidade os principais cursos d'águas que drenam a área urbana são: o Igarapé do Mindu, com aproximadamente 13,5 km e que deságua no Igarapé do São Raimundo num sentido NE-SW, e o Igarapé dos Educandos, que corre no sentido NW-SE e NE-SW (VIEIRA, 2008).

Por conta do crescimento urbano e o processo de ocupação, os Igarapés sofreram grande pressão, o que resultou na poluição por dejetos residuais e industriais em muitos cursos d'águas (VIEIRA, 2008).

A área de estudo situa-se no alto curso da Bacia do Tarumã-Açu, à margem direita do Igarapé Matrinxã, afluente da margem direita do Igarapé Acará, o qual confluindo com o Igarapé Santa Etelvina forma o Igarapé da Bolívia (Figura 8).

Na figura 8, nota-se que o limite do ARSM está no interflúvio de dois afluentes do Igarapé Matrinxã e, conseqüentemente, todo o aterro gerado está nas nascentes e recobre um curso d'água.

Figura 8: Mapa de Hidrografia



Fonte: IBGE (2010); DNIT (2010). Org.: Danielson Souza (2021).

#### 4.2. Aspectos socioambientais

O início do povoamento da região amazônica se deu por meio do processo de ocupação dos espanhóis e portugueses após a confirmação de posse da terra, e se intensificou com o conhecimento progressivo da área até a fronteira com os países vizinhos (PAULINO JÚNIOR, 2009).

Conforme Paulino Júnior (2009) o objetivo inicial dos colonizadores era extrair da região Amazônica (florestas e rios) as especiarias e riquezas que haviam perdidos na Índias.

Por conta das secas do Nordeste, especialmente em 1877, diversos homens procuraram outras paisagens e destinos com intuito de procurar melhores oportunidades, sempre dispostos ao trabalho, conforme as condições. Assim, aos poucos, dominaram a terra, e foram modificando a área, principalmente por conta da atividade de extração da borracha (PAULINO JÚNIOR, 2009):

(...) aos poucos dominaram a terra e cresceram. Foram então modificando a paisagem. Cidades e vilas foram surgindo nas margens dos rios. A luta

pela extração da borracha foi épica. E foram subindo os rios, atingiram as cabeceiras, puseram e fizeram, nas margens, as suas atividades construtivas e uma população ordeira e trabalhadora dominou, assim, a região. (PAULINO JÚNIOR, 2009, p. 40)

Portanto, a colonização da região empreendida a partir de centro geoeconômico e institucional visava à conquista e defesas de lugares, e também a implantação e fortificação de outros (PAULINO JÚNIOR, 2009).

A ocupação do sítio urbano de Manaus pode ser vista como um dos exemplos de surgimento de comunidades ao longo da calha da Bacia Amazônica. Paulino Júnior (2009) destaca que na Carta Régia de 3 de março de 1755 estava determinado a criação Capitania de São José do Rio Negro que abrangiam territórios equivalentes atualmente aos estados do Amazonas e Roraima.

No entanto, historicamente, Manaus foi reconhecida como cidade em 24 de outubro de 1848, pela lei nº 145, na Assembleia Provincial do Pará, e passou a ser chamada de Barra do Rio Negro, e no dia 4 de setembro de 1856 a localidade passou a ser chamada definitivamente de Manaus, em virtude da lei nº 68 (IBGE, 2014).

Após dois anos, em 1850, corriam grandes agitações internas no território amazonense e o resultado delas foi a criação da Província do Amazonas, em projeto aprovado pela Câmara e sancionado pelo Imperador Pedro II em 5 de setembro de 1850 (PAULINO JÚNIOR, 2009).

Ainda, em 1850, Manaus era apenas uma pequena cidade de 6.000 habitantes, passando em 1870 para uma população 45.000 habitantes, aproximadamente, e com o tempo, de 1895 a 1905, transformou-se inteiramente, suas ruas foram calçadas, sobre os cursos d'águas que atravessavam a cidade, foram construídas pontes, erguidos três igrejas, um enorme teatro, e belos jardins, e grande parte desta história está ligada com período áureo da borracha (PAULINO JÚNIOR, 2009).

A descoberta do látex na região e suas diversas utilidades deram um estímulo econômico para região, fazendo com que ocorressem uma imigração para a Amazônia com o intuito de buscar terras, trabalhos e riquezas. Assim os seringais localizados as margens dos afluentes amazônicos atraíram novas massas humanas provenientes do Nordeste, que se deslocaram para vilas e povoados já

existentes, ou criando núcleos em rios (áreas ainda não exploradas) (PAULINO JÚNIOR, 2009).

Com a queda de produção por conta da retração do consumo, as comunidades que viviam em função da exploração da borracha entraram em processo de decadência e estagnação (PAULINO JÚNIOR, 2009).

Até 1930, o Amazonas passava por um momento econômico inquietante, no entanto, ao final deste período, iniciou-se uma reação interna contra o atraso, apesar da ausência de visibilidade por parte dos usuários dos poderes (PAULINO JÚNIOR, 2009).

Em 1964, por conta da transformação da Superintendência do Plano de Valorização do Desenvolvimento do Amazonas em Superintendência do Desenvolvimento do Amazonas (SUDAM), incentivos fiscais, e a reformulação da legislação da Zona Franca de Manaus, a capital experimentou um crescimento urbano sem precedente, que tiveram reflexos nas Sedes Municipais de Itacoatiara, Parintins, Manacapuru e Maués (PAULINO JÚNIOR, 2009).

Antes do período, anteriormente, o extrativismo era principal atividade econômica do estado com a economia gomífera, e por conta dos eventos ocorridos na década de 60, a produção de matérias-primas voltadas as demandas industriais de São Paulo e Rio de Janeiro, e em menor proporção para exportação passaram a ser o suporte econômico do Amazonas, assim, o modelo Zona Franca de Manaus (ZFM) foi responsável por esta mudança, inserindo o estado no sistema capitalista internacional (PAULINO JÚNIOR, 2009).

É importante ressaltar o interesse geopolítico na ocupação territorial da Amazônia (PAULINO JÚNIOR, 2009):

A instalação da Zona Franca de Manaus bem no centro da Amazônia Ocidental, correspondia a um interesse geopolítico, materializado na ocupação territorial principalmente, das áreas fronteiriças aproveitamento econômico capitalista da região, motivado por interesses nacionais e internacionais, estando articulada com a nova divisão técnica e territorial do trabalho, caracterizada pela substituição dos Estados Unidos pelo Japão, enquanto país centro de tecnologia mundial. (...) Em meados da década de 70, a Zona Franca de Manaus passou a promover a dinamização da economia do Estado como o surgimento de novas oportunidades de emprego e, por conseguinte, elevação da renda interna. (PAULINO JÚNIOR, 2009, p. 51).

Na década de 90 ocorreram profundas crises na Zona Franca de Manaus (ZFM): redução da alíquota do imposto de importação, abertura do mercado nacional aos produtos estrangeiros, provocando o fechamento de estabelecimentos comerciais e elevação do índice de desemprego com dispensa de três mil pessoas em decorrência do esgotamento das cotas de importação de 1995, além da formulação do Mercosul – Mercado Comum Cone Sul – resultado da União Aduaneira entre Brasil, Argentina, Paraguai, Uruguai, que foi inicialmente estimulada por questões políticas. Por conta desta crise, a ZFM não conseguiu elevar, de modo significativo, o número de empregos, a ponto de chegar, ao menos, 2/3 a quantidade de empregos oferecidos antes da crise (PAULINO JÚNIOR, 2009).

A crise não ficou restrita somente na indústria, mas também ao setor social e urbano de Manaus, assim, como no meio rural do estado, à medida que ocorreu o aumento do desemprego, miséria e exclusão, a violência cresceu, principalmente na periferia de Manaus, enquanto aconteceu o inchaço da capital, por meio das ocupações desordenadas e irregulares, (ocasionado pelo esvaziamento do interior), deste modo, as favelas se proliferaram, a partir do final da década 70 e início dos anos 80, como também surgem inúmeros novos bairros (PAULINO JÚNIOR, 2009).

O crescimento populacional de Manaus elevou consideravelmente a demanda por serviços públicos de infraestrutura básica (saúde, educação, transporte, saneamento básico, e etc.) que não foram atendidas pelo Estado que por sua vez tinha outros interesses e prioridades. Paulino Júnior (2009) destaca que este fato ocorreu pela falta de recursos em função da ausência de isenção das empresas que poderiam prestar serviços e atendimento em demanda.

Todo este contexto contribuiu para o aumento do índice dos problemas sociais relacionados com a delinquência e violência urbana provocada por menores de idade em situação de rua, quadrilhas, grupos de extermínio, corrupção policial, tráfico de drogas e outros. Assim, a oferta de emprego e a infraestrutura urbana não acompanharam o acelerado crescimento populacional, o que gerou enormes problemas sociais e urbanístico em Manaus (PAULINO JÚNIOR, 2009).

Atualmente, Manaus possui uma população de 1.802.014 habitantes, de acordo com Censo 2010, e com estimativa de 2.220.000 habitantes em 2020, com uma área aproximada de 12.000 km<sup>2</sup>, ficando situada na margem esquerda do Rio

Negro (principal afluente do Rio Amazonas), e edificado sobre um relevo cortado por diversos igarapés, onde alguns foram aterrados para construção de avenidas e construções (PAULINO JÚNIOR, 2009).

## **5. CARACTERIZAÇÃO DOS DEPÓSITOS ANTROPOGÊNICOS: CONSTRUÇÃO DAS ÁREAS DE IMPLANTAÇÃO E OUTRAS NA ARSM**

Neste capítulo será apresentado a caracterização dos depósitos antropogênicos, a partir da taxonomia de Peloggia (2017), e também a partir de dados altimétricos de radar (COOPÉRNICO DEM, 2013).

Além disso, por meio dos dados de produção de resíduos sólidos no ARSM, observou-se a dinâmica na quantidade produzida de resíduos durante os períodos de implantação de áreas destinadas para o processo de aterramento.

Concernente a construção das áreas de implantação, fez-se uso de imagens disponíveis na plataforma Google Earth Pro (GEP), para descrever como ocorreu este processo. Conforme Santos et. al. (2019) as imagens disponíveis no GEP possuem potencial para mapeamento geomorfológico na escala de detalhe, necessitando de um software que finalize o mapeamento, afim de melhorar o processo de confecção principalmente do layout.

O uso dessas imagens levou em consideração a disponibilidade delas na plataforma GEP, já que durante os períodos de implantação de áreas de aterramento, nem sempre haviam imagens disponíveis para o período

Antes de tratar das questões apresentadas acima, é necessário fazer uma breve descrição sobre a estruturação da área do ARSM, sobre as instalações e a função de área dentro dos seus limites.

### **5.1. Estruturação do ARSM**

O Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus possui uma área estimada de 66 hectares e dentro dos seus limites foram identificados 14 tipos de uso de solo, sendo os seguintes:

- 1 maciço principal;
- 7 áreas de implantações;
- 1 área de compostagem;
- 1 área de entrada;
- 1 área de estacionamento e sedes;
- 2 lagoas de precipitação;
- 1 usina de queima de gás.

É importante destacar que a classificação dos usos nos limites do ARMS foi realizada levando em consideração uma questão de escala, ou seja, áreas distintas, que no mapa ficassem sobrepostas por conta da escala, seriam identificadas por um único meio de implantação cartográfica (ponto). Por este motivo, estacionamento e Sedes foram identificados no mapa com um único ponto. O mapa a seguir apresenta a estrutura da ARSM a partir desse critério (Figura 9).

**Figura 9:** Mapa de usos e áreas no ARSM



**Fonte:** Google Satélite (2022). **Org.:** Danielson Souza (Março/2022).

### a) Maciço Principal (1)<sup>4</sup>

O maciço principal do ARMS é resultado do período em que a destinação dos resíduos sólidos urbanos eram despejados na área sem nenhum controle ou sistematização. Essa situação ocorreu de 1986 a 2000, mas só em 2006, a partir da assinatura de um Termo de Ajustamento de conduta com o Ministério Público e a Vara do Meio Ambiente e Qualidade Ambiental (VEMAQUA), a Prefeitura de Manaus, por meio da SEMULSP, iniciou seus trabalhos de remediação do aterro,

<sup>4</sup> Os números ao lado dos usos e áreas de implantação do ARSM são os seus identificadores no mapa da Figura 8.

o que se consolidou com a construção de células revestidas com geomembranas de polietileno de alta densidade - GAD (SEMULSP, 2013).

Conforme o responsável pela visita técnica, a altitude nesta área pode chegar até 143 metros, resultado do período em que a área do aterro recebeu resíduos sólidos urbanos sem nenhum controle em suas áreas aterradas (Figura 10).

**Figura 10:** Vista do Maciço Principal, o ponta mais alto ARSM: a) Vista do ponto mais alto aterro; b) Vista do maciço de um dos pontos mais baixo do aterro



Fonte: SEMULSP (Dez/2021). Org.: Danielson Souza (2022).

## b) Áreas de Implantação (2-8)

As áreas de implantação são setores estabelecidos com objetivo de receber a destinação final dos resíduos sólidos produzidos na cidade. Conforme Lino (2007) a seleção de áreas para implantação de aterros sanitários é um processo complexo, pois abrange elementos do meio físico (abiótico), biótico e socioeconômico.

No caso das áreas de implantações do ARSM, temos uma peculiaridade. Estas áreas foram criadas para estabilizar o maciço principal. Geralmente, a tomada de decisão na escolha de áreas de implantação de aterros é feita antes da instituição desses espaços. Neste sentido, a ARSM utilizou essas técnicas para manter o maciço que foi gerido sem nenhum controle. Por este motivo, as 7 áreas

de implantação presentes nos limites do aterro têm uma forma de ferradura entre o maciço principal, o que segundo responsável técnico é uma técnica de estabilização de áreas susceptíveis a movimentação e consequente desabamento (SEMULSP, 2021).

### c) Área de compostagem (9)

A área de compostagem (Figura 11) localiza-se na parte sul do ARSM, e destina-se aos resíduos orgânicos coletados na área urbana. Este espaço produz adubo que é utilizado pela SEMMAS (Secretária de Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade) para produção de mudas que são distribuídas à população e utilizadas em projetos de plantio e replantio de áreas verdes.

**Figura 11:** Área destinada para produção de adubo com os resíduos orgânicos coletados na área urbana de Manaus



**Fonte:** SEMULSP (Dez/2021). **Org.:** Danielson Souza (2022).

O responsável pela visita técnica ao aterro destacou que antes da deposição dos resíduos sólidos urbanos nas áreas de implantação, processa-se a

separação dos materiais orgânicos e sólidos (inorgânicos), e, posteriormente, os resíduos são encaminhados para suas devidas áreas.

#### **d) Área de Entrada (10)**

A área de entrada localiza-se na parte sul-sudoeste do ARSM, e é parte na qual os caminhões e carros passam antes de depositar os resíduos sólidos urbanos coletados na cidade.

Na entrada há duas balanças com capacidade de 60 toneladas que são utilizadas para aferir o peso dos veículos coletores na entrada e saída do acesso as células de aterramento, de modo a obter exatamente, pela diferença, o peso líquido dos resíduos a serem dispostos (SEMULSP, 2021).

#### **e) Área de Estacionamento e Sedes (11)**

Abrange a área de estacionamento e da sede das Concessionárias Tumpex e Marquise, empresas que operam nos limites da ARSM, situadas na parte Oeste.

As concessionárias Tumpex e Marquise são as responsáveis pela função operacional do aterro, ou seja, são elas que fazem todo o circuito de coleta, recebimento e aterramento dos resíduos sólidos advindos da área urbana de Manaus.

#### **f) Lagoa de Precipitação (Sedimentação) Sul e Nordeste (12 e 14)**

As lagoas de precipitação ou sedimentação sul e nordeste (Figura 12) têm o objetivo de ser a área que recebe os líquidos produzidos nas células de implantação (chorume).

**Figura 12:** Localização das lagoas de Precipitação (Sedimentação)



Fonte: SEMULSP (2020)

O chorume produzido nas células de implantação é drenado por um sistema subsuperficial composto por (SEMULSP, 2013) (Figura 13): Drenos de chorume sobre as células (horizontais) (Figura 13a); Drenos verticais de chorume; Drenos provisórios e definitivos de água pluviais (Figura 13b); Impermeabilização de base e drenagem da fundação.

**Figura 13:** Drenos do Sistema Sub-Superficial do ARSM: a) Drenos de chorume sobre as células (horizontais); b) Drenos definitivos de água pluviais



Fonte: SEMULSP (2021). Org.: Danielson Souza (2022).

### g) Usina de Queima de Gás (13)

A usina de Queima de Gás localiza-se na parte oeste dos limites do ARSM, próxima as sedes das concessionárias que operam no perímetro. Este tipo de serviço é executado desde 2008 e trata-se da captura, coleta e queima limpa dos gases produzidos no aterro para geração de energia (Figura 14) (SEMULSP, 2021).

**Figura 14:** Instalações da Usina de BioGás no ARSM: Container de geração de energia a gás; b) aparelhagem condutora de gás; c) torre e tubulações da usina



**Fonte:** SEMULSP (2021). **Org.:** Danielson Souza (2022).

A empresa responsável pelo controle e medição dos gases é a CRA (Conestoga-Rovers e Associados Engenharia LTDA) e a empresa canadense DNV (Det Norske Veritas), que presta serviços no Brasil desde 2006<sup>5</sup>, é a responsável pela certificação das emissões reduzidas.

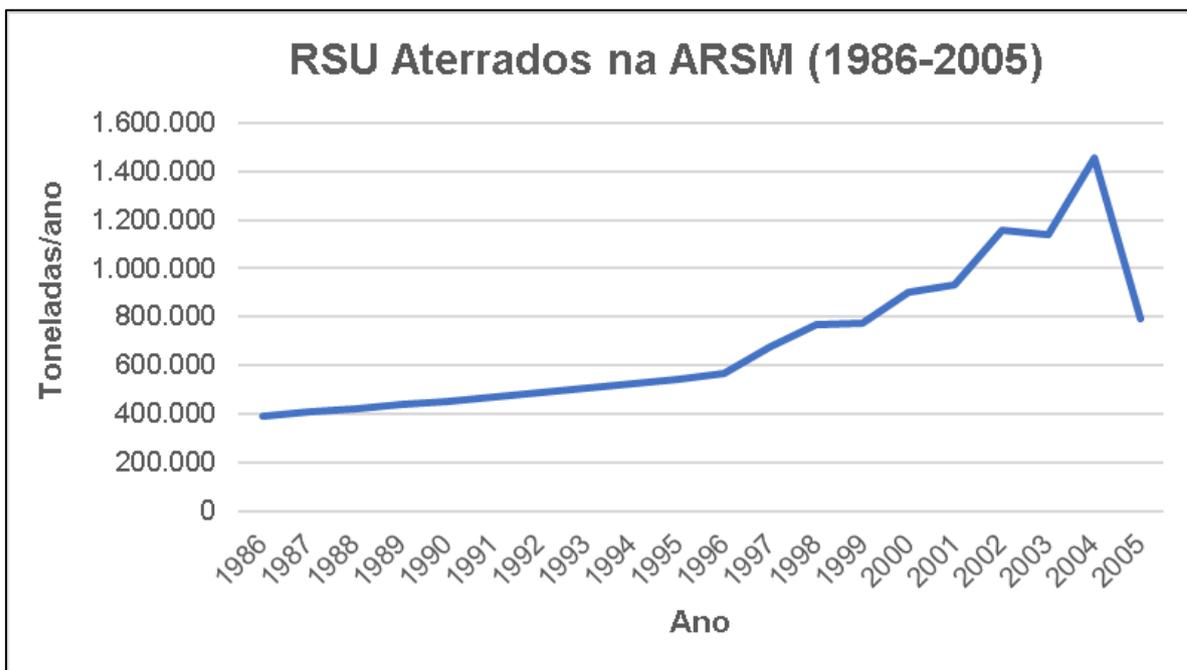
### 5.2. Construção das áreas de implantação do ARSM e dados de resíduos sólidos

A construção das áreas de implantação no ARSM surgiu da necessidade de criar meios para estabilizar o maciço principal, o qual é resultado de destinação de resíduos sólidos urbanos durante o período de 1986, quando ainda era uma lixeira a céu aberto, até o ano 2005, um ano antes da instalação da primeira área.

<sup>5</sup> Essas informações foram retiradas do site da empresa disponível em: <http://conestoga.com.br/sobre-a-cre/> Acessado em 12 de maio de 2022.

A seguir é apresentada a quantidade de resíduos sólidos urbanos que foram aterrados na área, no período de 1986 a 2005 (Gráfico 1).

**Gráfico 1:** Resíduos Sólidos Urbanos aterrados no período de 1986-2005



**Fonte:** Fernandes, Nogueira e Jimenez (2020). **Org.:** Danielson Souza (2022).

Antes da implantação das áreas para estabilizar o maciço principal, observa-se que entre 2002 e 2004, os totais anuais de deposição de resíduos sólidos urbanos foram acima de 1.000.000 de toneladas. Através desses valores tem-se uma noção da contribuição desses materiais para composição do maciço principal.

Diante disso, em 2006 iniciou-se o projeto de implantação de áreas para estabilizar o maciço principal, que está localizado na parte central do aterro. Assim, conforme o responsável pela visita técnica ao aterro, as áreas de implantação estão distribuídas em volta do aterro, formando uma espécie de ferradura que iria “abraçar” o maciço principal, deixando-o estável em suas vertentes, logo sustentando a magnitude altimétrica alcançada pelo processo de aterramento de resíduos sólidos urbanos (SEMULSP, 2021).

As áreas de implantação são formadas por células que podem ser definidas por camadas revestidas por geo-membrana, na qual os resíduos sólidos são depositados e destinados de forma a não prejudicar ou causar danos ao meio ambiente (SEMULSP, 2013).

Ressalta-se que a utilização de geo-membrana se iniciou em 2006, no início das atividades da área de implantação 1. A seguir, a Tabela 6 apresenta as áreas de implantação do aterro com seus respectivos tempos de vida útil.

**Tabela 6:** Áreas de Implantação e respectivas vidas úteis

Áreas de Implantação	Tempo de vida útil das áreas
Área de Implantação 1	2006 – 2009 (3 anos)
Área de Implantação 2	2009 – 2011 (3 anos)
Área de Implantação 3	2011 – 2015 (4 anos)
Área de Implantação 4	2015 – 2019 ( 3 anos e 6 meses)
Área de Implantação 5	2019 – 2020 (1 ano)
Área de Implantação 6	2020 – 2022 (1 ano e 6 meses)
Área de Implantação 7	2023 – 2025 (2 anos)

**Fonte:** SEMULSP (2021). **Org.:** Danielson Souza (2022).

A construção dessas áreas será apresenta neste item por meio dos dados de resíduos sólidos urbanos e mosaicos de imagens disponíveis no Google Earth Pró (GEP) para o período de atividade da área de implantação.

A área de implantação 1 localiza-se na parte nordeste do aterro, e iniciou suas atividades em 2006, após a assinatura do Termo de Ajustamento de conduta (TACA) com o Ministério Público e a Vara do Meio Ambiente e Qualidade Ambiental (VEMAQUA). O perímetro recebeu resíduos sólidos urbanos até o ano de 2009, durante 3 anos.

Lamentavelmente para a citada área, não haviam imagens disponíveis para o período em questão. Apesar disso, os dados de resíduos sólidos depositados na área nos apresentam uma dimensão quantitativa despejada. Foram aproximadamente 2.219.913 toneladas de materiais depositados na área em questão, contribuindo para aumento do perímetro do aterro (SEMULSP, 2021).

A área de implantação 2 localiza-se na parte sudeste do aterro, e iniciou suas atividades em meados de 2009, finalizando seus trabalhos em 2011. Também, para esta área não há imagens disponível do Google Earth Pró (GEP) para o período em questão, no entanto os dados de resíduos sólidos podem nos trazer uma noção da dimensão deste perímetro.

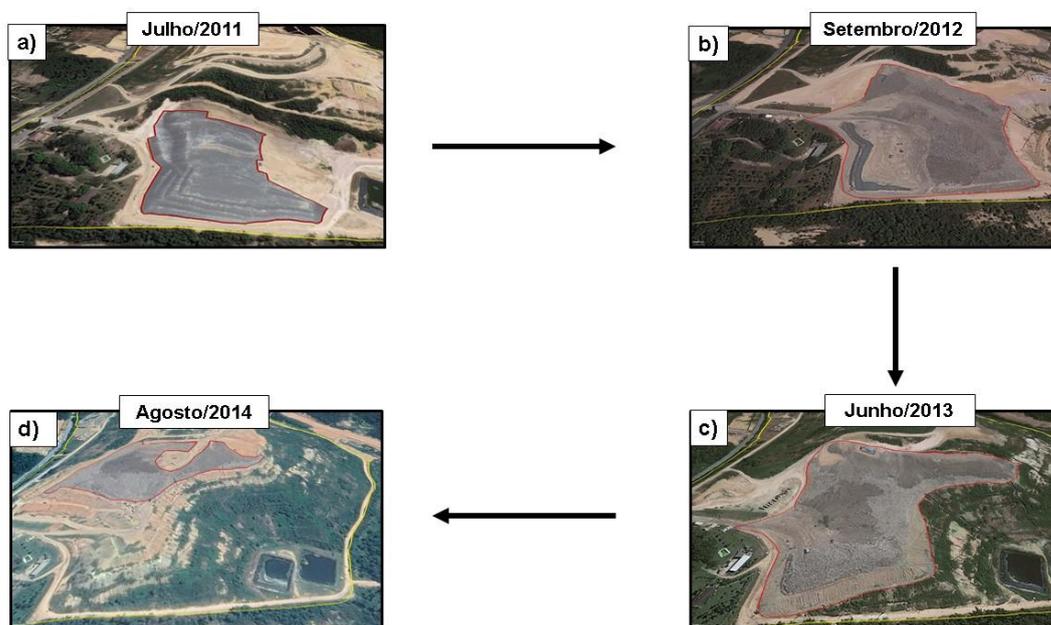
Durante o período de atividades desta área de implantação foram depositados em seus limites aproximadamente 2.126.284 toneladas de resíduos

sólidos urbanos produzidos na cidade de Manaus (SEMULSP, 2021). A forma como esses materiais foram aterrados contribuiu para estabilização do maciço na parte sudeste do aterro.

A área de implantação 3 localiza-se ao sul do aterro, e iniciou suas atividades em meados de 2011, finalizando seus trabalhos em 2015.

Através da Figura 15, temos uma noção de como funcionou as etapas de construção durante o período de atuação na área 3.

**Figura 15:** Área de Implantação 3



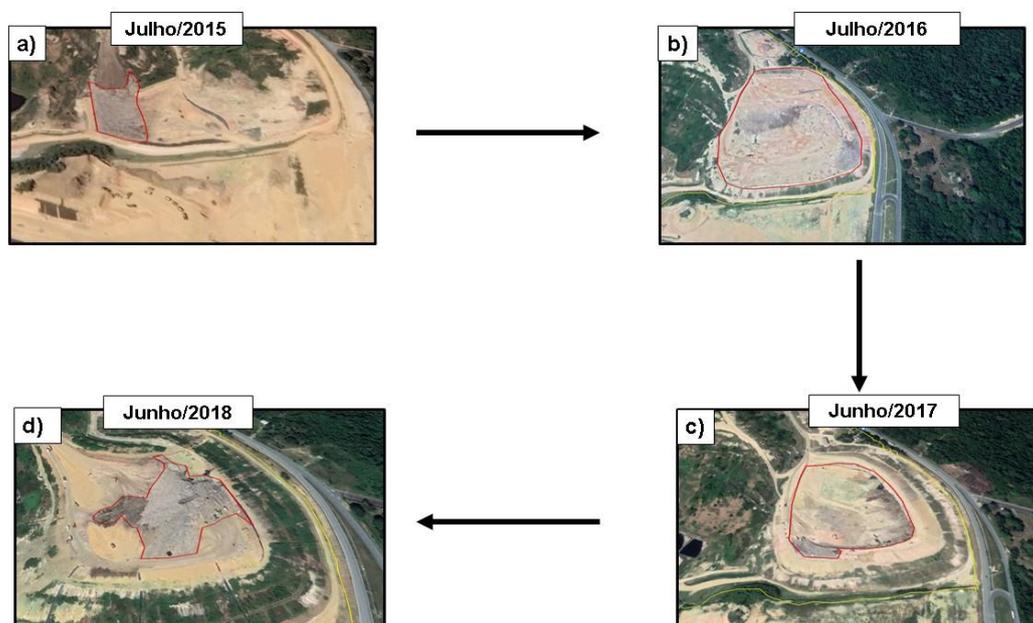
**Fonte:** Google Earth Pró (2022). **Org.:** Danielson Souza (2022).

Em julho de 2011 (Figura 15a) foi o início das atividades na área, a geo-membrana aparece na imagem, em grande, parte exposta, o que evidencia o começo da preparação para deposição de resíduos. Já no ano seguinte (Figura 15b), observa-se que a área já possui resíduos em seu interior. Através dessa imagem também se notou que a geo-membrana se estendeu para vertente em direção ao maciço. Na imagem seguinte (Figura 15c) esta manta impermeável se estendeu para parte leste dos limites da área de implantação em questão, com bastante resíduos sólidos depositados em seus limites. Por fim na imagem de 2014 (figura 15d), a geo-membrana se estende em parte da vertente e ao topo.

Durante o período ativo desta área foram aterrados em seu perímetro aproximadamente 3.416.264 toneladas de resíduos sólidos produzidos na cidade de Manaus (SEMULSP, 2021). Assim como as outras áreas, os materiais depositados por meio de célula de implantação ajudaram na estabilização do maciço principal na parte sul dos limites do aterro

A área de implantação 4 localiza-se na porção norte do aterro, e iniciou suas atividades em meados de 2015, finalizando em meados de 2019. Através da Figura 16, observa-se como funcionou as etapas de construção durante o período de atuação na área.

**Figura 16:** Área de Implantação 4



**Fonte:** Google Earth Pró (2022). **Org.:** Danielson Souza (2022).

Através da mosaico, observa-se que em julho de 2015, a disposição dos resíduos sólidos iniciou na parte oeste dos limites dessa área (Figura 16a), que inclusive, ainda possuía vegetação, ao norte. Já na imagem de julho de 2016 (Figura 16b) a vegetação já havia sido removida, e a disposição de resíduos sólidos compreendia uma grande parte da área de implantação.

Na imagem de junho de 2017 (Figura 16c), a área de atuação se limitou mais ao topo, e no ano seguinte, a imagem aponta que os resíduos sólidos ainda estavam sendo depositados no topo, no entanto, numa área menor, e numa pequena parte da vertente (Figura 16d).

Durante o período de atuação, nesta área foram depositados aproximadamente 3.121.027 de toneladas de resíduos sólidos urbanos produzidos pela cidade de Manaus (SEMULSP, 2021). Mas, por conta da forma como foi aterrada no aterro e numa porção específica, a área de implantação 4 estabilizou o maciço principal ao norte.

A área de implantação 5 localiza-se numa pequena área na porção oeste, bem próximo ao topo do maciço principal. Está área iniciou suas atividades em meados de 2019 e finalizou suas atividades em 2020. Através da Figura 17, verifica-se como funcionou as etapas de construção durante o período de atuação na área.

**Figura 17:** Área de Implantação 5



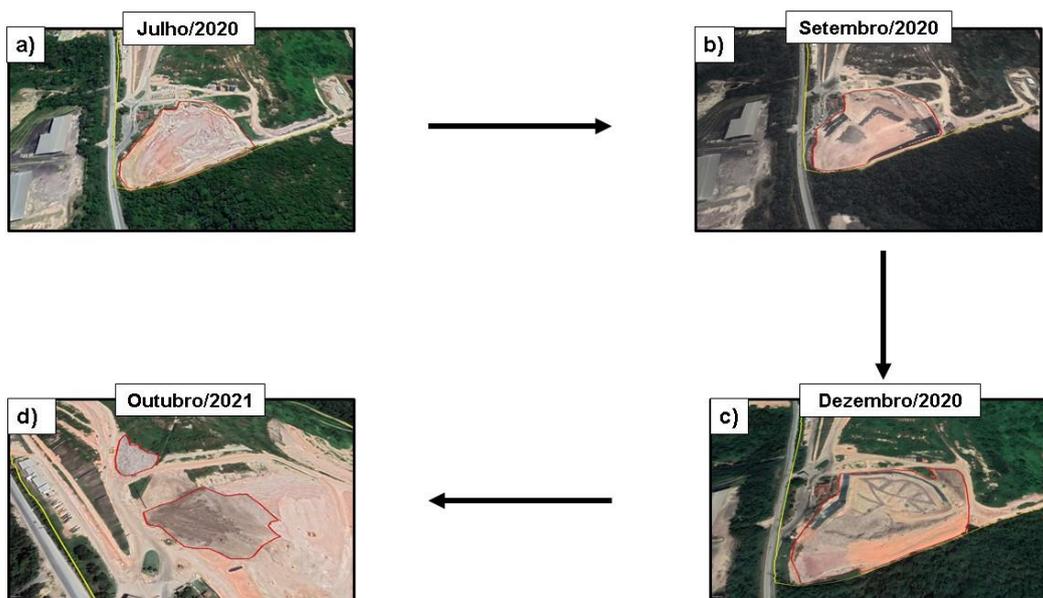
**Fonte:** Google Earth Pró (2022). **Org.:** Danielson Souza (2022).

Na imagem de junho de 2019, os resíduos sólidos foram depositados da vertente ao topo, em sentido Leste-Oeste na área de implantação em questão (Figura 17a). Já na imagem de julho de 2020, os resíduos foram depositados mais a oeste, no topo (Figura 17b).

Durante os trabalhos na área de implantação foram aterradas mais de 477.045 toneladas de resíduos sólidos urbanos produzidos na cidade Manaus. Ressalta-se que este valor não corresponde à realidade do que foi depositado na área de implantação, pois, é apenas o quantitativo de meados de 2019, ou seja, da metade do ano. Isso aponta a carência de informações sobre o quantitativo recente de materiais aterrados na área, já que esses dados não foram cedidos à pesquisa pela secretaria responsável. O importante é destacar que está área de implantação estabilizou o maciço à oeste numa porção próximo ao topo.

A área de implantação 6 localiza-se na porção Sul-Sudeste do aterro, próximo à entrada do ARSM. O início das atividades ocorreu em 2020 e tem previsão para finalizar seus trabalhos em 2022. Através da Figura 18, tem-se uma noção de como funcionou as etapas de construção.

**Figura 18:** Área de Implantação 6



**Fonte:** Google Earth Pró (2022). **Org.:** Danielson Souza (2022).

Na imagem de julho de 2020 (Figura 18a), o solo foi exposto, e ainda não é possível notar a presença da geo-membrana na área. Já na imagem de setembro do mesmo ano, esta manta havia sido colocada e, em partes, estava sobreposta por uma camada de solo. Na imagem de dezembro (Figura 18c), os resíduos já estão sendo depositados na área, principalmente na porção Sul-Sudoeste da área. Na última imagem, em outubro de 2021 (Figura 18d) os resíduos sólidos estavam sendo depositados na vertente próximo ao topo do maciço principal e na base.

Assim como na área interior, pela ausência de dados, não foi possível estimar a quantidade resíduos sólidos urbanos depositados na área de implantação 6.

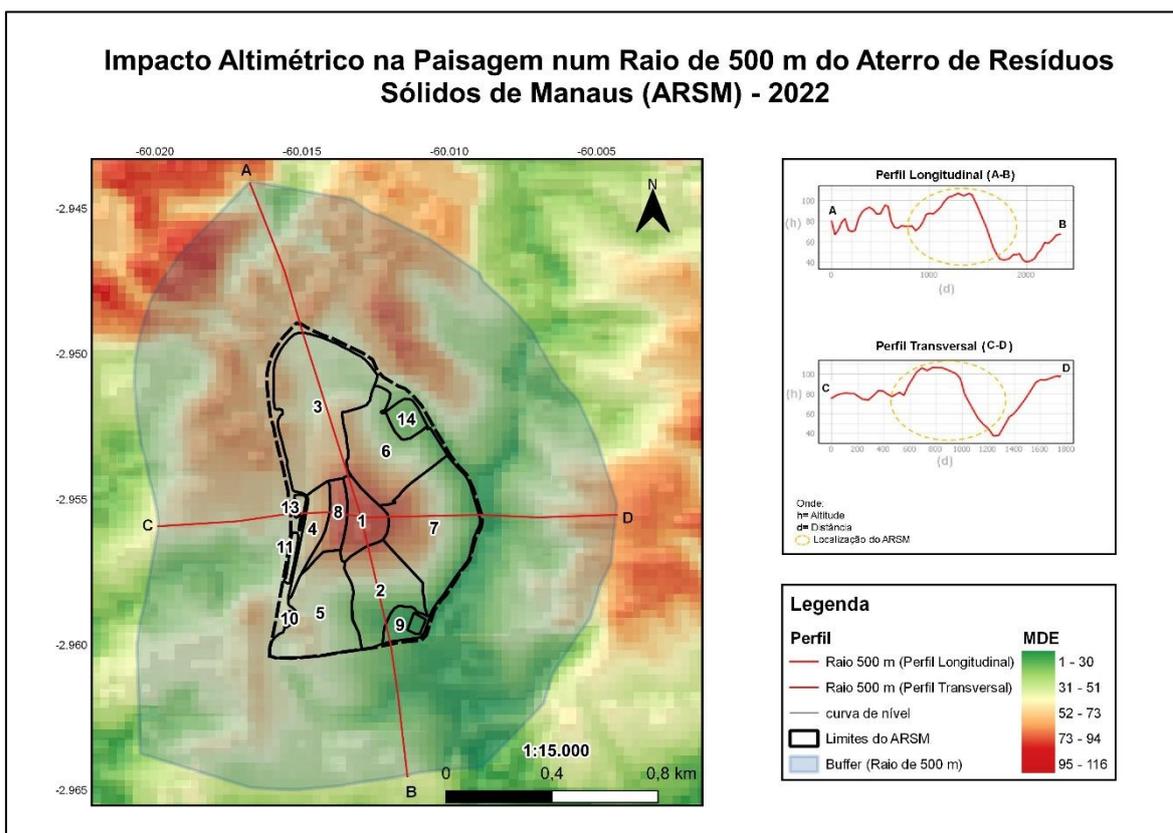
A área de implantação 7 será a última antes do fim da vida útil do ARSM. Esta área iniciará suas atividades em 2023 e tem previsão para finalizar seus trabalhos em 2025.

De forma geral, as áreas de implantação no ARSM iniciam suas atividades na base do maciço principal, seguem pela vertente e finalizam seus trabalhos no topo, em contato direto com a estrutura principal.

Para finalizar este item, é notório que a construção das áreas de implantação em relação ao maciço principal são itens da paisagem local que chamam bastante atenção nas proximidades, principalmente no que se refere a questão altimétrica em relação às áreas adjacentes.

A partir desta análise foram construídos dos perfis cortando o aterro, no sentido transversal e longitudinal. Através das informações obtidas com os transectos topográficos, é possível notar o impacto deste modelado em ambas direções, com valores altimétricos que ultrapassam os 100 metros de altitude, destacando-se topograficamente das áreas ao redor (Figura 19).

**Figura 19:** Impacto altimétrico do Aterro na Paisagem



**Fonte:** COOPÉRNICO DEM (2013). **Org.:** Danielson Souza (2022).

Assim sendo, no próximo item é apresentada a classificação para cada terreno presente no ARSM, a partir de Peloggia (2017), descrevendo o processo de gênese e as formas dessas áreas e uso próximo a elas.

### **5.3. Classificação dos Terrenos Antropogênicos do ARSM**

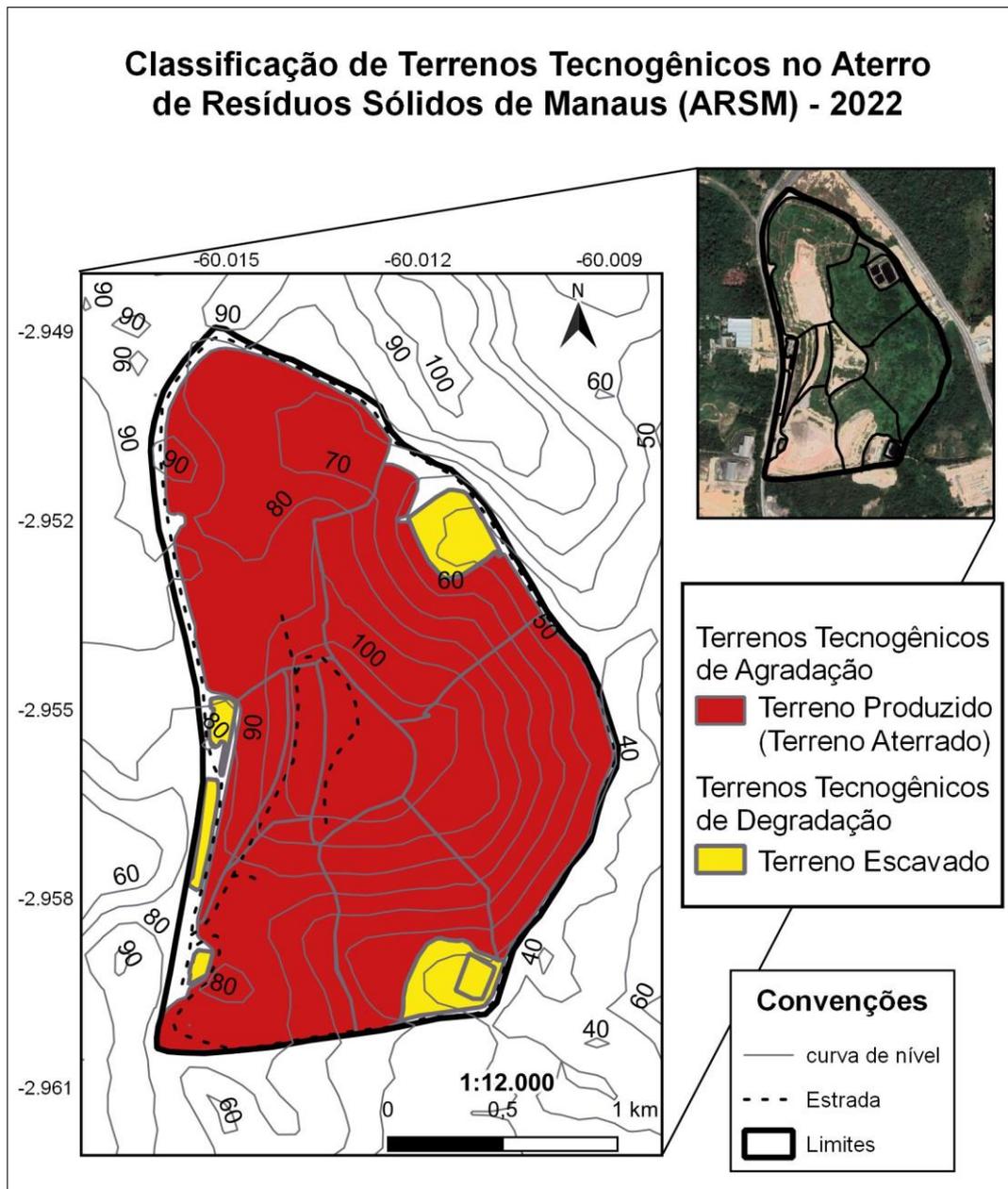
A classificação dos modelados antropogênicos (tecnogênicos) presentes no ARSM levou em consideração a estruturação do aterro, na qual foi mapeada na seção anterior. Conforme o táxon apresentado por Peloggia (2017), o ARSM apresenta dois tipos de terrenos antropogênicos: Terrenos Produzidos (Terrenos Aterrados) e Terrenos Escavados (Figura 20).

Os dois tipos de terrenos antropogênicos presentes no ARSM fazem parte de duas classes: os Terrenos Tecnogênicos de Agradação e Terrenos Tecnogênicos de Degradação.

A partir do mapeamento e das informações coletadas na visita técnica no ARSM, os terrenos antropogênicos foram descritos, por meio de suas características presentes em cada modelado geomorfológico.

Ressalta-se que a descrição dos terrenos antropogênicos, levou em consideração as áreas de implantação do ARSM, na qual são as responsáveis pela paisagem tecnogênica. Tendo em vista esta questão, os resultados apresentados farão uso da subdivisão por áreas de implantação, tanto nesta seção como nas posteriores. Logo, os outros terrenos mapeados que não são áreas de implantação, serão descritos nos itens das áreas de implantação mais próxima.

Figura 20: Mapeamento dos Terrenos Antropogênicos presentes no ARSM



Fonte: COOPÉRNICO DEM (2013); PELOGGIA (2017); SEMULSP (2021). Org.: Danielson Souza (2022)

### 5.3.1. Maciço Principal

O maciço principal localiza-se na parte central do aterro e apresenta terrenos antropogênicos de agradação, resultado do período de deposição de resíduos sólidos de forma controlada e não controlada, considerando que a implantação, inicialmente, da área ARSM foi como lixeira a céu-aberto.

Na classificação dos terrenos antropogênicos de agradação, o maciço principal encaixa-se no tipo de terreno produzido (aterrado), que são resultantes de depósitos tecnogênicos construídos, ou seja, a partir de uma intencionalidade do ser humano, com um propósito, que no caso é a disposição de resíduos sólidos urbanos.

A Tabela 7 apresenta um resumo das características dos terrenos antropogênicos de agradação.

**Tabela 7:** Classificação dos Terrenos Antropogênicos no Maciço Principal

<b>Classe</b>	<b>Categoria Geológica</b>	<b>Tipo</b>	<b>Camada ou feição tecnogênica</b>
Terreno Antropogênico de Agradação	Depósitos Antropogênicos	Terreno Produzido/Aterrado	Depósitos tecnogênicos construídos

**Fonte:** PELOGGIA (2017); SEMULSP (2021). **Org.:** Danielson Souza (2022).

Os terrenos presentes no maciço, antes do TACA, em 2006, apresentavam instabilidade em suas vertentes. Sendo assim, houve a necessidade de construir um projeto de implantação de áreas que pudessem oferecer solidez ao modelado, que é resultado da destinação dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Manaus de forma inadequada.

Apesar do maciço principal ser resultado da disposição dos resíduos sólidos numa época que ainda não havia um controle rigoroso dos depósitos no ARSM, ele apresenta uma forma que se assemelha a estrutura na qual foi concebida. O aterro localiza-se numa área que apresenta colinas com topos tabulares, e esse padrão, também, é algo visto nos modelados construídos, muito provavelmente por conta do processo de aterramento dos resíduos.

Atualmente o maciço principal apresenta estabilidade. Além da implantação de áreas, as vertentes deste modelado apresentam cobertura vegetal bastante consolidada, protegendo-o da ação dos processos erosivos e permitindo a consolidação do terreno (Figura 21).

**Figura 21:** Vegetação nas vertentes do Maciço Principal do ARSM

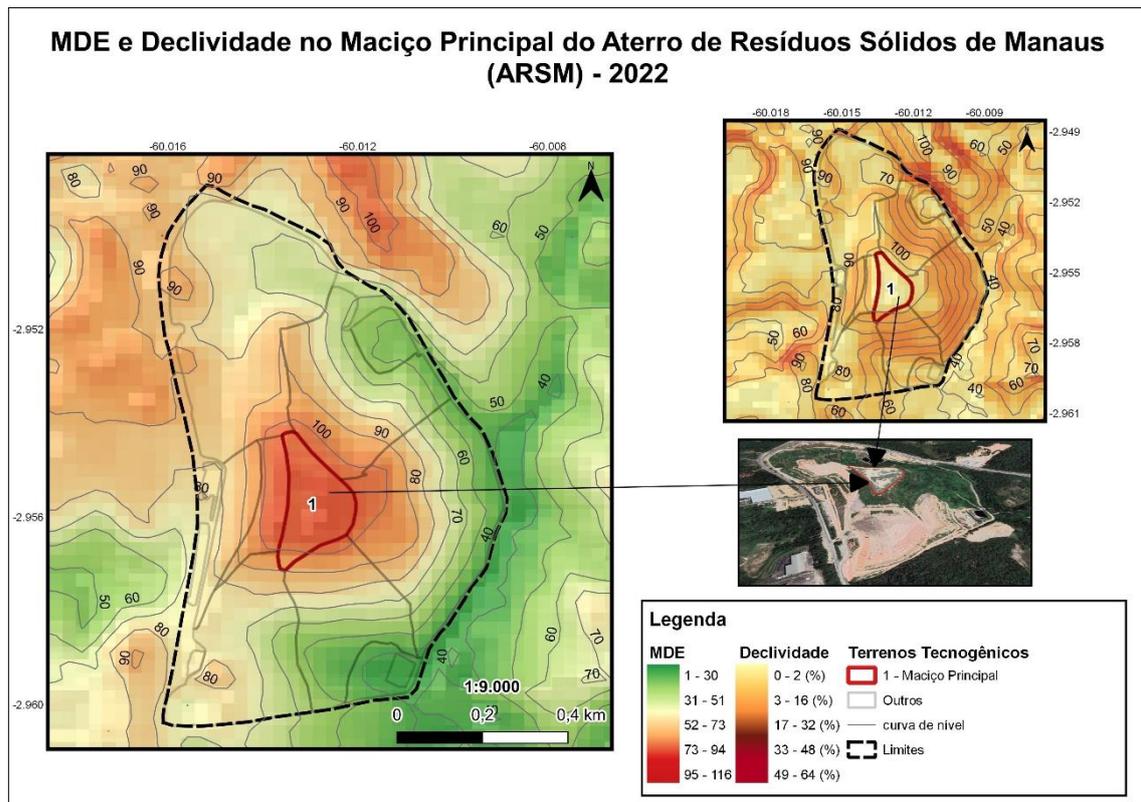


**Fonte:** SEMULSP (2021). **Org.:** Danielson Souza (2022).

O maciço principal apresenta altimetria elevada em seu topo, pois nesta área, conforme o responsável pela visita técnica, os valores de altitude podem chegar a 143 metros.

A Figura 21 apresenta valores mais baixos em relação ao real, o que é resultado da questão da resolução espacial (COPÉRNICO DEM), ou seja, o produto utilizado para o mapeamento tem uma resolução espacial de 10 metros, o que comparando com as cartas topográficas produzidas pela SEMULSP, por meio das empresas concessionárias (Tumpex e Marquise) que apresentam produtos topográficos com resolução espacial de menos de 1 metro, o valor encontrado nos mapas irá subestimar os valores altimétricos reais do relevo.

**Figura 21:** Modelo Digital de Elevação (MDE) e Declividade no Maciço Principal no ARSM



**Fonte:** COOPÉRNICO DEM (2013). **Org.:** Danielson Souza (2022).

Conforme a Figura 21, a área do maciço principal tem os maiores valores de altitude, com valores acima de 100 metros, além disso, o mapa secundário que apresenta a declividade aponta, no topo do maciço principal, os valores de declividade em tono de 0% a 2%, o que evidencia baixo desnível, e ainda corrobora com afirmação anterior de que este modelado apresenta um formato de topo tabular.

### 5.3.2. Área de Implantação 1 e Lagoa de Precipitação (Sedimentação) Nordeste (NE)

A área de implantação 1 e a lagoa de precipitação (Sedimentação) em fica situada na parte nordeste dos limites do ARSM. Ambos apresentam distintos terrenos antropogênicos.

A área de implantação 1 apresenta terrenos tecnogênicos de agradação do tipo produzido (aterrado). Está área surgiu a partir do planejamento realizada pela SEMULSP juntamente com as concessionárias operacionais do aterro, com o

objetivo estabilizar o maciço principal. A partir desse planejamento este modelado teve uma vida útil de 3 anos (2006-2009).

Durante esse período, o processo de aterramento seguiu as etapas de disposição de resíduos sólidos urbanos por meio de células de implantação, ou seja, a camada onde os materiais seriam despejados, passavam por um processo de impermeabilização com geo-membrana, um processo explicado anteriormente.

A lagoa de precipitação (sedimentação) nordeste (NE) foi a primeira ser criada no aterro, e tem como objetivo receber os líquidos produzidos nas células de implantação. Por este motivo, a área apresenta terrenos tecnogênicos de degradação do tipo escavado. As escavações são bastante visíveis, pois para construção da lagoa foi necessário a retirada de solo.

A Tabela 8 apresenta um resumo das características dos terrenos presentes na área de implantação 1 e lagoa de precipitação (sedimentação) Nordeste (NE).

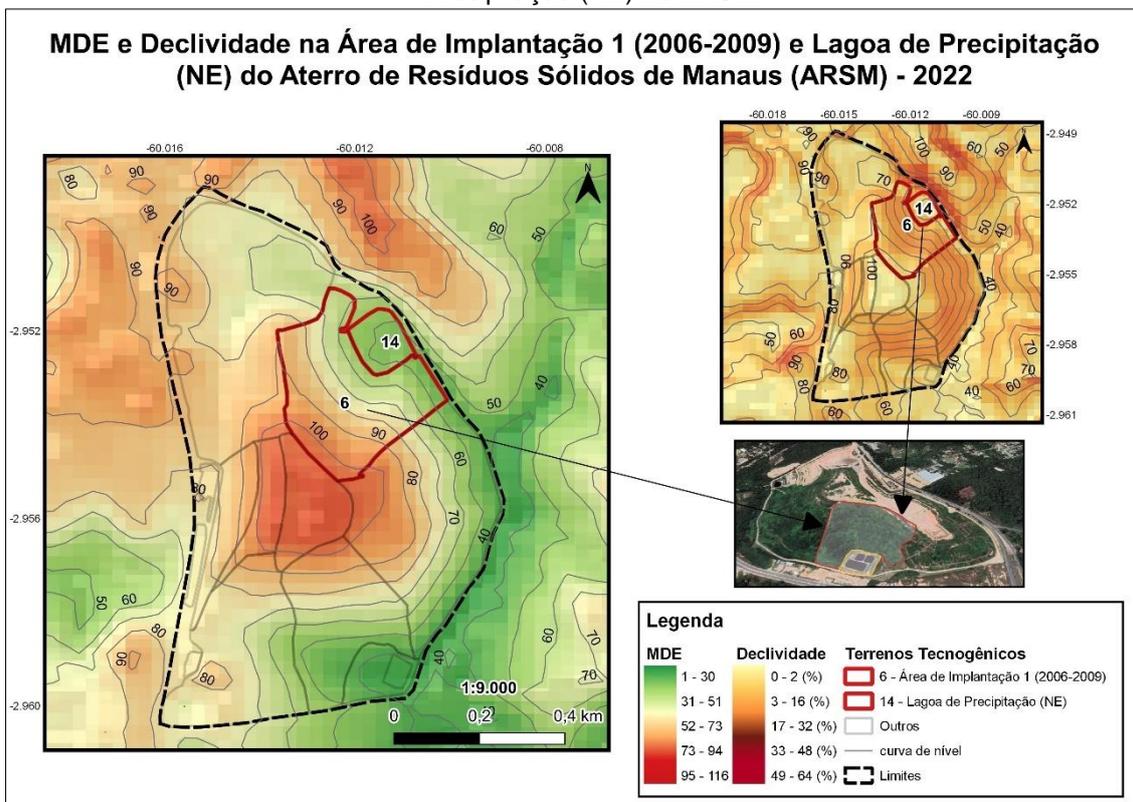
**Tabela 8:** Classificação dos Terrenos Antropogênicos na Área de Implantação 1 e Lagoa de Precipitação (Sedimentação) Nordeste (NE)

Áreas	Classe	Categoria Geológica	Tipo	Camada ou Feição Tecnogênica
Área de implantação	Terreno Tecnogênico de Agradação	Depósitos Antropogênicos	Terreno Produzido/Aterrado	Depósitos tecnogênicos construídos
Lagoa	Terreno Tecnogênico de Degradação	Substrato Exposto	Terreno de Escavação	Superfícies de escavação

**Fonte:** PELOGGIA (2017); SEMULSP (2021). **Org.:** Danielson Souza (2022).

A área de implantação 1 e a lagoa de precipitação (NE) apresentam valores altimétricos distintos, o que está relacionado ao tipo de terreno. Conforme a Figura 22 a área de implantação 1 apresenta um gradiente altimétrico que varia de valores entre 100 metros a 40 metros de altitude, e uma amplitude de 60 metros.

**Figura 22:** Modelo Digital de Elevação (MDE) e Declividade na Área de Implantação 1 e Lagoa de Precipitação (NE) no ARSM



**Fonte:** COOPÉRNICO DEM (2013). **Org.:** Danielson Souza (2022).

Os valores mais baixos são os mesmos observados na lagoa de precipitação (40 metros), que em seus limites podem chegar a 60 metros, com uma amplitude de até 20 metros.

Além da questão altimétrica, a lagoa de precipitação apresenta pouca declividade variando de 0% a 2%, o que mostra que nas áreas mais baixas do aterro, o padrão tabular continua predominando, mesmo sendo uma área propícia a deposição (sedimentação), por ter um controle rigoroso.

A declividade na área de implantação 1 é bastante variada, o que está relacionado ao gradiente altimétrico que apresenta valores de declividade entre 3% a 32%, aumentando conforme aproxima-se das partes mais baixas de seu limite.

Os valores apresentados no mapa juntamente com a curva de nível apontam que a construção desta área de implantação serviu para oferecer firmeza ao maciço principal, a nordeste dos seus limites.

Apesar da declividade alta, o fato da vertente apresentar patamares (degraus que são resultados das células de implantação), produz maior

estabilidade ao modelado, principalmente no processo de escoamento superficial que ocorre bastante no período de chuvas. Além disso, é notório na imagem do mapa, a presença de vegetação em quase toda parte da área de implantação. Isso ocorre pelo fato do perímetro ser o mais antigo no aterro. A vegetação nas vertentes está consolidada, que é um fator extremamente importante no processo de consolidação do terreno.

### 5.3.3. Área de Implantação 2

A área de Implantação 2 localiza-se na parte sudeste do ARSM e apresenta terrenos tecnogênicos de agradação do tipo produzido (aterrados). Sua vida útil perdurou, também, por três anos, entre 2009 a 2011.

A Tabela 9 apresenta um resumo das características dos terrenos presentes na área de implantação 2.

**Tabela 9:** Classificação dos Terrenos Antropogênicos Área de Implantação 2

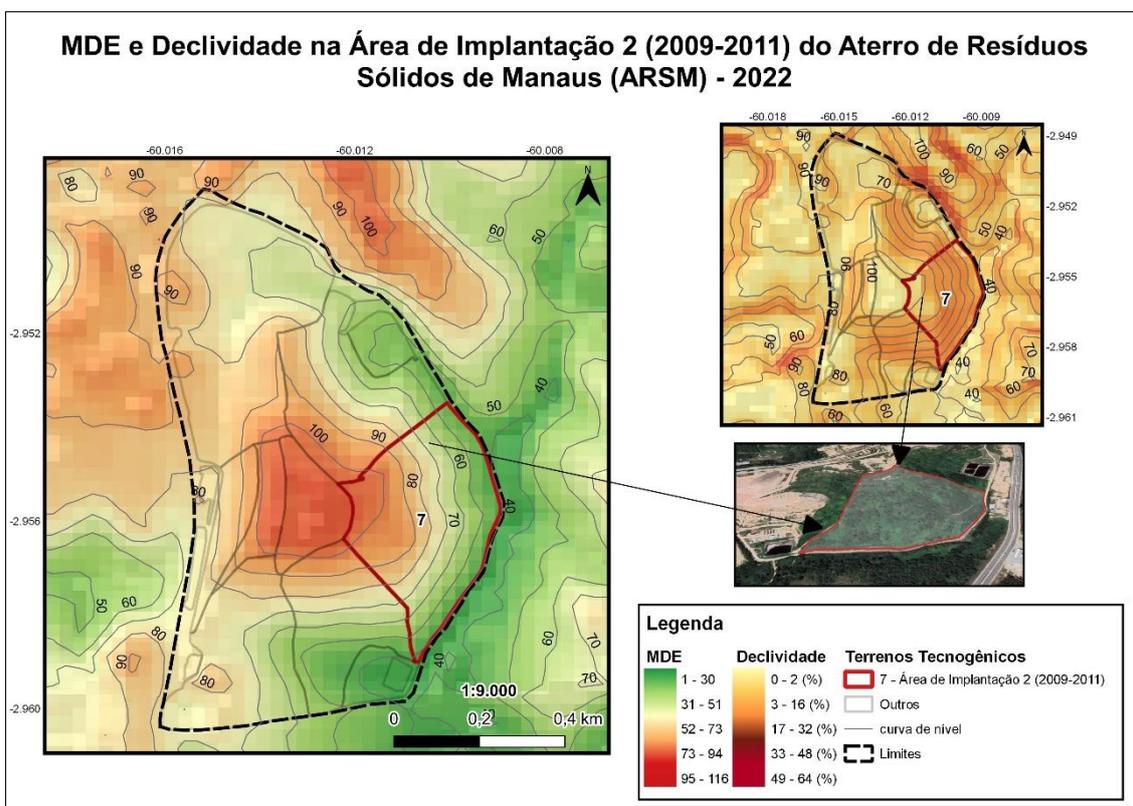
Classe	Categoria Geológica	Tipo	Camada Ou Feição Tecnogênica
Terreno Tecnogênico de Agradação	Depósitos Antropogênicos	Terreno Produzido/Aterrado	Depósitos tecnogênicos construídos

**Fonte:** PELOGGIA (2017); SEMULSP (2021). **Elaboração:** Danielson Souza (2022).

Devido a área ser a continuidade do projeto de estabilização do maciço principal, na qual tem o objetivo de criar uma espécie de áreas ao redor deste modelado formando uma ferradura, os processos de implantação de células que formam as camadas no perímetro em questão seguem o padrão do anterior.

Os valores altimétricos variam de 100 metros a 40 metros de altitude, um gradiente bastante considerável, e apresenta uma amplitude de até 60 metros (Figura 23).

**Figura 23:** Modelo Digital de Elevação (MDE) e Declividade na Área de Implantação 2



**Fonte:** COOPÉRNICO DEM (2013). **Org.:** Danielson Souza (2022).

Pela elevada diferença que existe no gradiente altimétrico nesta área, os valores de declividade são bastante significativos, variando de 0% a 35%. Essas taxas ficam maiores conforme se aproxima dos valores mais baixos de altimetria.

Assim como na área anterior, o fato da declividade ser bastante evidente nas vertentes do perímetro, a área de implantação conseguiu estabilizar o setor sudeste do maciço principal, principalmente pela questão da forma como foi implantada (construção de células de implantação).

Além das características altimétricas dessas áreas serem bastante parecidas, a vertente da área de implantação 2 apresenta, também, vegetação, o que auxilia na sua estabilização, logo, na firmeza do maciço principal.

#### 5.3.4. Área de Implantação 3, Área de Compostagem e Lagoa de Precipitação (Sedimentação) Sul (S)

A área de implantação 3, área de compostagem e lagoa de precipitação (sedimentação) sul (S) localizam-se na parte sul dos limites do ARSM, e

apresentam dois tipos de classes distintas de terrenos tecnogênicos: os terrenos de agradação e os terrenos de degradação.

Os terrenos de agradação estão presentes na área de implantação 3, e são compostos por uma tipologia de terrenos produzidos durante o período de 2011 a 2015, com 4 anos de vida útil. Durante esse período sua forma e conteúdo foram sendo conformadas na área a partir do processo de aterramento e a construção de células de implantação.

Os terrenos de degradação estão presentes na área de compostagem e na lagoa de precipitação (sedimentação), e são compostos por uma tipologia de terrenos escavados.

A área de compostagem foi implantada numa das partes mais baixas dos limites do ARSM, que apresenta características de escavação para fixação dos instrumentos e materiais presentes nesta parte do aterro (Figura 24).

A lagoa de precipitação (sedimentação) na parte Sul foi a segunda a ser construída e é responsável por drenar os líquidos produzidos nas células de implantação.

Para a construção desta área, o terreno passou pelo processo de escavação, ou seja, a retirada de solo, o que deixou exposta uma parte da camada do solo. Para que não houvesse a percolação do chorume para outras áreas ao redor do aterro, este “buraco” passou pelo processo de impermeabilização por técnicas de engenharia, o que deu origem a lagoa presente nesta parte do aterro.

**Figura 24:** Vista parcial da área de Compostagem do ARSM



**Fonte:** SEMULSP (2021). **Org.:** Danielson Souza (2022).

A Tabela 10 apresenta um resumo das características dos terrenos presentes no área de implantação 1 e na lagoa de precipitação (sedimentação) Nordeste (NE).

**Tabela 10:** Classificação dos Terrenos Antropogênicos na Área de Implantação 3, Área de Compostagem e Lagoa de Precipitação (Sedimentação) Sul (S)

Áreas	Classe	Categoria Geológica	Tipo	Camada Ou Feição Tecnogênica
Área de implantação	Terreno Tecnogênico de Agradação	Depósitos Antropogênicos	Terreno Produzido/Aterrado	Depósitos tecnogênicos construídos
Área de Compostagem Lagoa	Terreno Tecnogênico de Degradação	Substrato Exposto	Terreno de Escavação	Superfícies de escavação

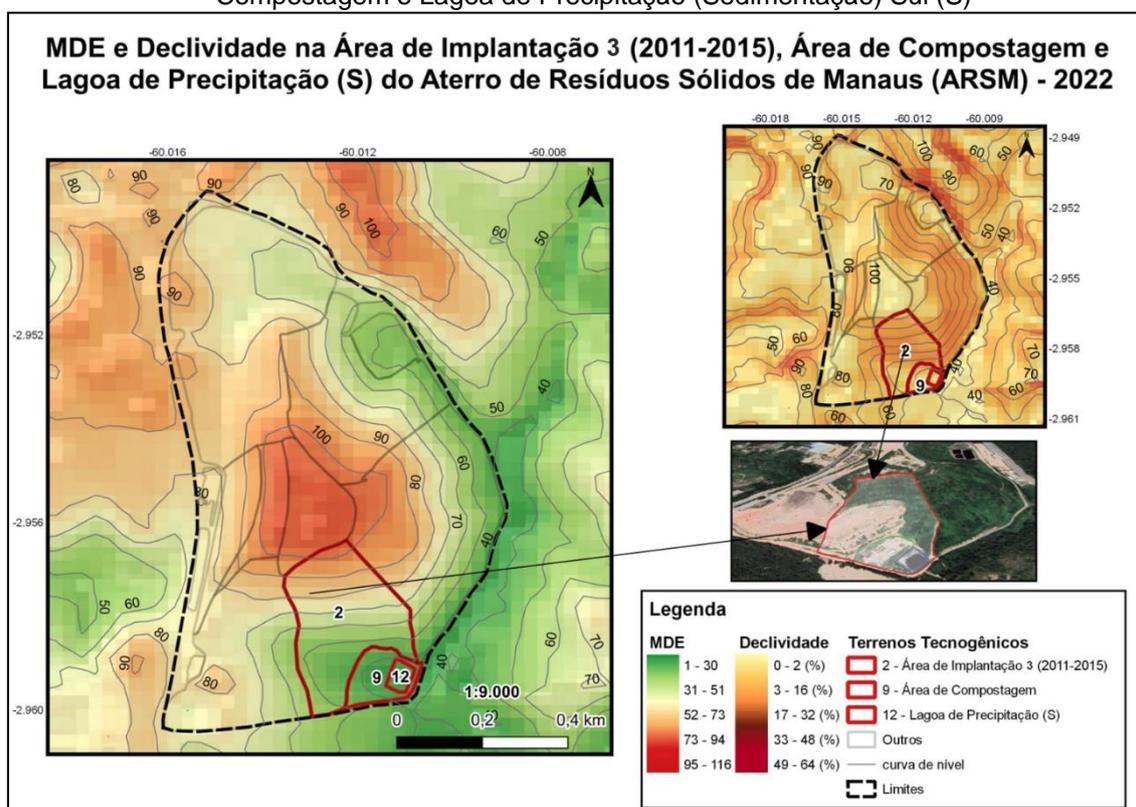
**Fonte:** PELOGGIA (2017); SEMULSP (2021). **Elaboração:** Danielson Souza (2022).

Os valores altimétricos presentes na área de implantação 3 variam de 100 metros a 40 metros de altitude com uma amplitude que pode chegar até 60 metros (Figura 25). Os valores mais altos encontram-se no sentido oeste, cujo o contato

com o maciço principal é maior, e conforme o modelado se aproxima da parte mais meridional dos limites do aterro, esses valores diminuem.

Os valores 40 metros a 60 metros são observados na área de compostagem e da lagoa de precipitação. Esses valores de altimetria mais baixos podem ter influência do vale do igarapé Matrinxã, no sentido da Avenida das Flores, na parte leste dos limites do ARSM.

**Figura 25:** Modelo Digital de Elevação (MDE) e Declividade na Área de Implantação 3, Área de Compostagem e Lagoa de Precipitação (Sedimentação) Sul (S)



**Fonte:** COOPÉRNICO DEM (2013). **Org.:** Danielson Souza (2022).

Em relação a declividade, os valores mais altos são observados na área de implantação 3 que apresenta um gradiente de 0% a 32%. Esses valores são encontrados próximo ao contato com maciço principal.

Apesar da grande declividade apresentada na área de implantação 3, os patamares (degraus) formados pelas células de implantação deste perímetro auxiliam na firmeza deste terreno, diminuindo o impacto ocasionado pelo escoamento superficial, principalmente no período chuvoso. Com isso, o maciço principal ganha estabilidade em parte da área do sul do ARSM.

Os valores mais baixos de declividades são vistos na área de compostagem e da lagoa de precipitação que apresentam valores entre 0% e 2%, apresentando um modelado tabular, o que provavelmente está relacionado ao tipo de atividade que é executada, na qual necessita que o terreno retilíneo, mesmo apresentado uma tipologia de escavação.

Ressalta-se que por conta da área de implantação 3 ser recente, há pouca vegetação neste perímetro, isto é, nos patamares.

### 5.3.5. Área de Implantação 4

A área de implantação 4 localiza-se na porção norte dos limites do ASRM. Possui terrenos tecnogênicos de agradação, e são compostos por tipos de terrenos produzidos e que foram aterrados durante o período de 4 anos, entre meados de 2015 e 2019, com objetivo de armazenar os resíduos sólidos urbanos de Manaus.

Assim como as outras áreas de implantação, este perímetro foi produzido a partir da construção de células de implantação que criam camadas impermeáveis no modelado dando-se a forma de patamares (degraus) na vertente.

A Tabela 11 apresenta um resumo das características dos terrenos presentes na área de implantação 4.

**Tabela 11:** Classificação dos Terrenos Antropogênicos - Área de Implantação 4

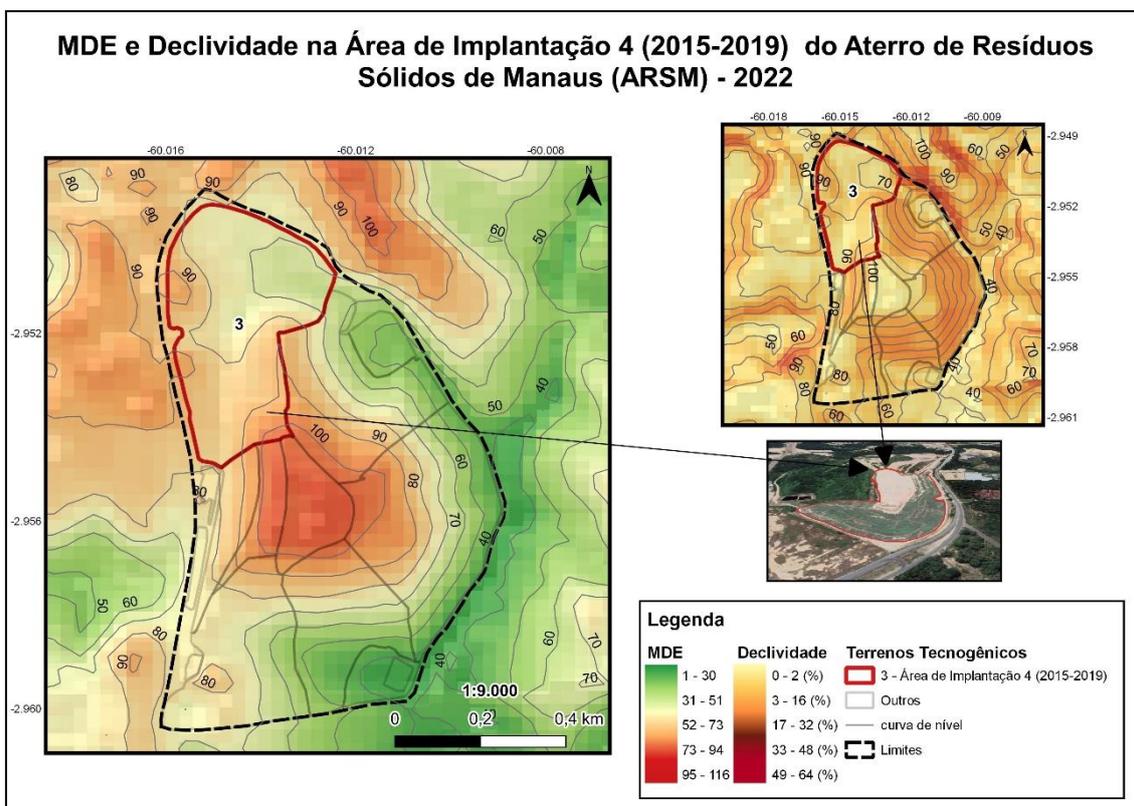
Classe	Categoria Geológica	Tipo	Camada Ou Feição Tecnogênica
Terreno Tecnogênico de Agradação	Depósitos Antropogênicos	Terreno Produzido/Aterrado	Depósitos tecnogênicos construídos

Fonte: PELOGGIA (2017); SEMULSP (2021). Org.: Danielson Souza (2022).

Os valores altimétricos (Figura 26) variam entre 100 metros a 60 metros de altitude, com amplitude máxima de 40 metros nos limites da área de implantação em questão. Este gradiente apresenta seus maiores valores na área de contato com maciço principal, e vai decrescendo do topo para base, em direção a parte mais setentrional leste, próximo ao vale do igarapé Matrinxã.

Os valores de declividade observados apontam que a área de implantação tem uma forma bastante regular, seguindo o padrão de tabular em boa parte dos seus limites, o que está relacionado ao processo de aterramento dos resíduos sólidos urbanos destinados ao terreno, estabilizando o maciço principal na porção norte de sua área.

**Figura 26:** Modelo Digital de Elevação (MDE) e Declividade na Área de Implantação 4



**Fonte:** COOPÉRNICO DEM (2013). **Org.:** Danielson Souza (2022).

Os valores de declividade nesta área variam entre 0% a 16%, o que indica que a área apresenta pouca declividade. Os maiores valores são encontrados nas extremidades dos limites, nas partes oeste e próximo ao topo, no contato com o maciço principal. Os menores valores encontram-se na área de contato com vale do rio Matrinxã.

### 5.3.6. Área de Implantação 5, Sedes e Estacionamentos e Usina de Queima de Gás

A área de implantação 5, sedes e estacionamentos e usina de queima de gás estão localizadas na parte oeste dos limites do ARSM. Os terrenos são de agradação e degradação apresentam dois tipos de superfícies: produzidos (aterrados) e escavados.

Os terrenos produzidos são encontrados na área de implantação 5 que foi gerada a partir do processo de células de implantação durante o período de quase 2 anos, entre meados de 2019 a 2020, formando terrenos com patamares evidenciados na sua vertente.

Os terrenos escavados são encontrados nas sedes e estacionamentos, além da usina de produção de gás. Toda essa área, da usina de produção, passando pela sedes e estacionamento até a entrada do ARSM passou pelo processo de escavação. No caso das duas primeiras, sobre o terreno escavado foi construído estruturas importantes para o funcionamento do aterro, uma relacionada a questão ambiental (usina) e a outra de cunho administrativo e operacional (sedes e estacionamentos).

A Tabela 12 apresenta um resumo das características dos terrenos presentes na área de implantação 5, sedes e estacionamentos, e usina de produção de gás.

**Tabela 12:** Classificação dos Terrenos Antropogênicos na Área de Implantação 5, Sedes e Estacionamentos, e Usina de Produção de Gás

Áreas	Classe	Categoria Geológica	Tipo	Camada ou Feição Tecnogênica
Área de implantação 5	Terreno Tecnogênico de Agradação	Depósitos Antropogênicos	Terreno Produzido/Aterrado	Depósitos tecnogênicos construídos
Sedes e Estacionamento Usina de Queima de Gás	Terreno Tecnogênico de Degradação	Substrato Exposto	Terreno de Escavação	Superfícies de escavação

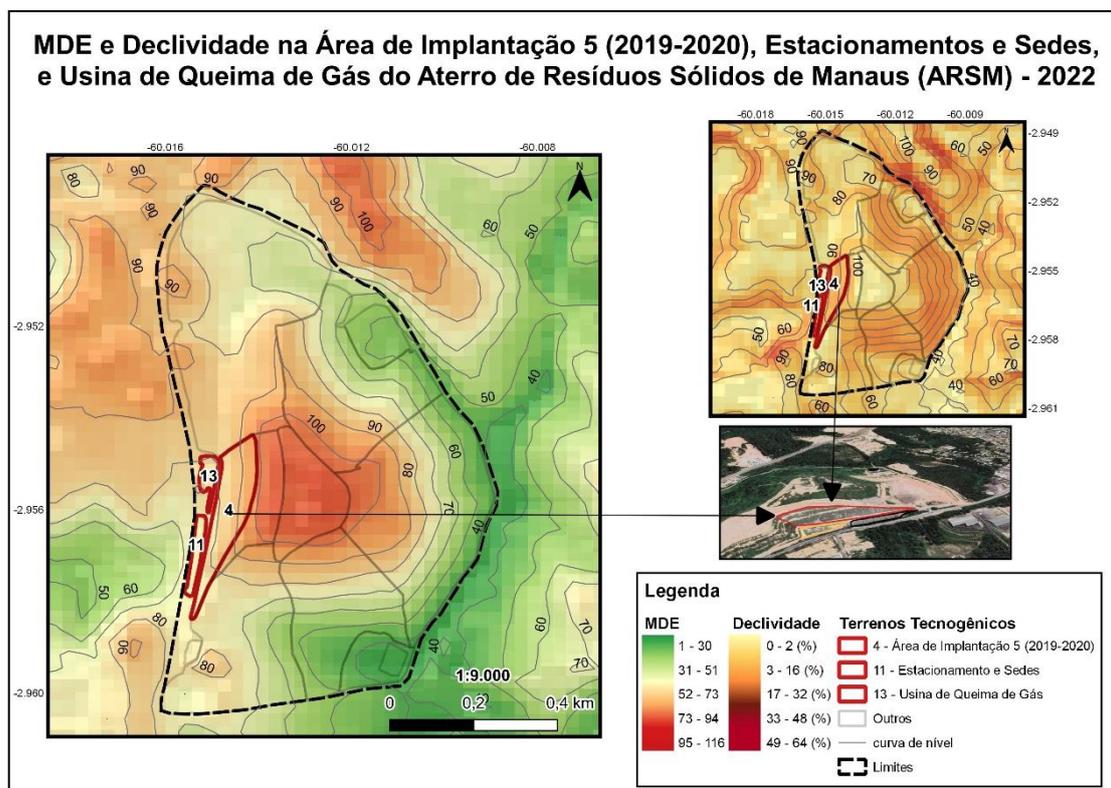
**Fonte:** PELOGGIA (2017); SEMULSP (2021). **Elaboração:** Danielson Souza (2022).

Os valores altimétricos localizado na área de implantação 5 podem chegar até 90 metros de altitude no contato com o maciço principal, e os menores podem chegar até 70 metros, na parte sudoeste, próximo as outras duas áreas deste item. Esses valores apresentam uma amplitude máxima de 20 metros.

Os maiores valores encontradas nas sedes e estacionamento, e também na usina de queima gás podem chegar até 70 metros de altitude, e os menores valores podem chegar 60 metros com uma amplitude máxima de 10 metros (Figura 27).

De forma geral, olhando os três perímetros analisados, na área próximo ao contato do maciço temos os maiores valores de altitude, e esses valores decrescem em direção as outras duas áreas que estão construídos sobre terrenos de degradação escavado.

**Figura 27:** Modelo Digital de Elevação (MDE) e Declividade na Área de Implantação 5



**Fonte:** COOPÉRNICO DEM (2013). **Org.:** Danielson Souza (2022).

A declividade também segue o mesmo sentido dos dados altimétricos, próximo ao topo temos uma declividade mais acentuada que pode chegar 16%, conforme se distancia desde ponto inicial, o grau de declividade vai diminuindo, principalmente quando se chega nos terrenos escavados, onde localiza-se as sedes, estacionamento e a usina, podendo chegar até 0% ou 2%. Essa informação aponta que na área escavada o terreno é mais plano. Ressalta-se que apesar da declividade, a área de implantação 5 mantém o maciço principal estável na parte oeste ARSM.

### 5.3.7. Área de Implantação 6 e Entrada da ARSM

A área de implantação 6 e a entrada da ARSM localiza-se na parte sul – sudoeste do aterro, e apresenta terrenos de agradação e degradação com dois tipos de superfícies: os terrenos produzidos (aterrados) e os terrenos de escavação.

Os terrenos produzidos são encontrados na área de implantação 6 que foi gerada a partir de 2020 e atualmente é a perímetro que na qual os estão sendo depositados os resíduos sólidos urbanos da cidade (Figura 28). A área, assim como

as anteriores, foi produzida a partir das células de implantação que passam pelo processo de aterramento.

**Figura 28:** Área de Implantação 6: Resíduos Sólidos sendo depositados na área que está ativa



**Fonte:** SEMULSP (2021). **Org.:** Danielson Souza (2022).

Conforme o responsável pela visita técnica ao ARSM, a área de implantação, como dito anteriormente, é a atual área na qual são destinados os resíduos sólidos urbanos da cidade, e tem previsão de ser utilizada até meados o final de 2022, ou seja, até o fim do ano, quando o perímetro deve finalizar suas atividades.

Os terrenos escavados são encontrados na área de entrada do ARSM, que contem uma balança de precisão que monitora a quantidade de resíduos sólidos urbanos que os caminhões compactores de lixo depositam no aterro. Outra estrutura que foi instalada foi a sede da SEMULSP que é responsável pela gestão operacional do aterro, antes da balança de precisão. Com isso, o processo de escavação ocasionou a exposição do solo do perímetro e sobre ele foram construídas as estruturas necessárias para gestão da área do aterro.

A Tabela 13 apresenta um resumo das características dos terrenos presentes na área de implantação 6 e na entrada do ARSM.

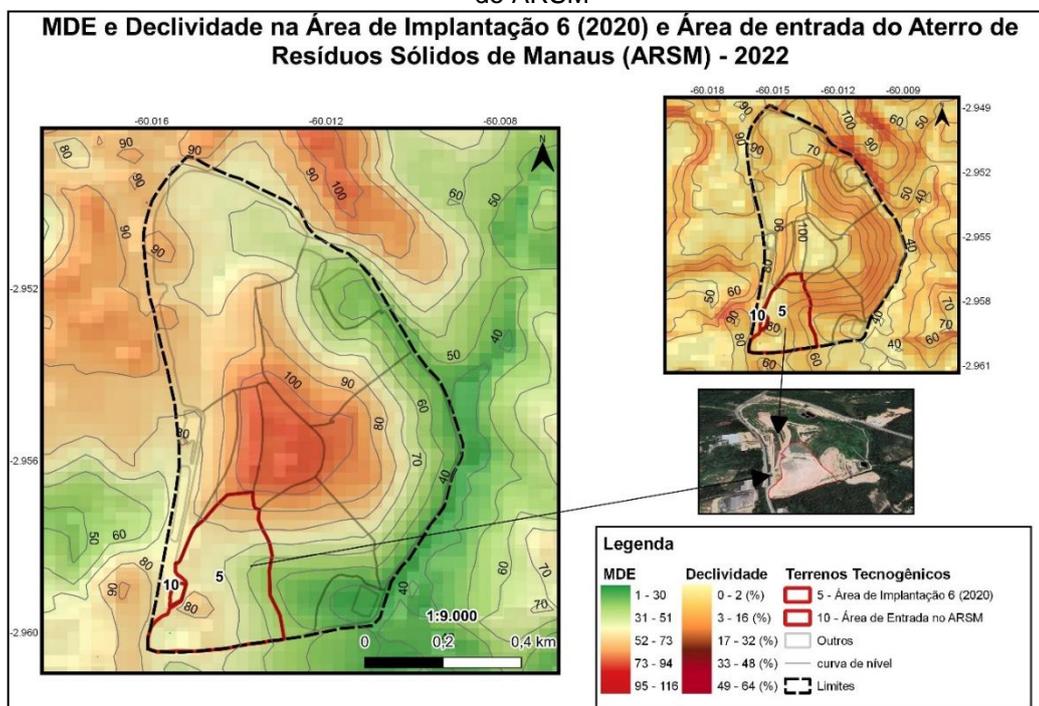
**Tabela 13:** Classificação dos Terrenos Antropogênicos na Área de Implantação 6 e na entrada do ARSM

Áreas	Classe	Categoria Geológica	Tipo	Camada ou Feição Tecnogênica
Área de implantação 6	Terreno Tecnogênico de Agradação	Depósitos Antropogênicos	Terreno Produzido/Aterrado	Depósitos tecnogênicos construídos
Entrada do ARSM	Terreno Tecnogênico de Degradação	Substrato Exposto	Terreno de Escavação	Superfícies de escavação

Fonte: PELOGGIA (2017); SEMULSP (2021). Org.: Danielson Souza (2022).

Os valores altimétricos na área de implantação podem chegar até 90 metros de altitude, e os valores mais baixas são de 40 metros, assim apresentando uma amplitude altimétrica de até 50 metros. Ressalta-se que os valores mais baixos estão em contato com vale do igarapé Matrinxã e os valores mais altos com o maciço principal (Figura 29).

**Figura 29:** Modelo Digital de Elevação (MDE) e Declividade na Área de Implantação 6 e Entrada do ARSM



Fonte: COOPÉRNICO DEM (2013). Org.: Danielson Souza (2022).

A entrada do ARSM apresenta valores altimétricos bastante homogêneos entre 70 a 80 metros de altitude e amplitude altimétrica que pode chegar até 10

metros. O processo de escavação ocasionou um terreno com valores altimétricos iguais entre si.

A área de implantação 6 tem apresentada um padrão de declividade que pode variar entre 0% nas áreas mais próximas ao contato com os terrenos escavados na entrada, podendo chegar até 17% na parte que está em contato com o maciço principal. Ressalta-se que apesar da declividade, a área de implantação mantém o maciço principal estável na parte sul e sudoeste do ARSM.

A declividade na área de entrada do ARSM, também é homogênea, variando entre 0%, em seu início, e 3% na parte que segue na direção às outras estruturas presentes no aterro.

#### **5.3.8. Área de implantação 7**

A área de implantação 7 localiza-se a oeste. É a única área que faz parte do planejamento de estabilização do maciço principal que ainda não foi utilizada, sendo destinada para ser uma última área para deposição de resíduos sólidos urbanos de Manaus.

A área em questão deve começar a ser utilizada, a partir de 2023 e a previsão para a finalização das atividades de aterramento na área está prevista para o ano de 2025, o que significa que o aterro deve receber os resíduos sólidos urbanos produzidos em Manaus até este período, sendo necessário, após o seu fim, uma outra área para destinação desses materiais.

A área de implantação 7 ainda não está em atividade, no entanto, os terrenos tecnogênicos encontrados no seu perímetro são de agradação, apresentando terrenos produzidos, que são ocasionados pelo processo de aterramento no maciço principal. Este fato acontece porque a área de implantação em questão está sobre parte da vertente do maciço principal, logo, sua estrutura determinada pelo tipo de terreno do maciço principal.

A Tabela 14 apresenta um resumo das características dos terrenos presentes na área de implantação 7.

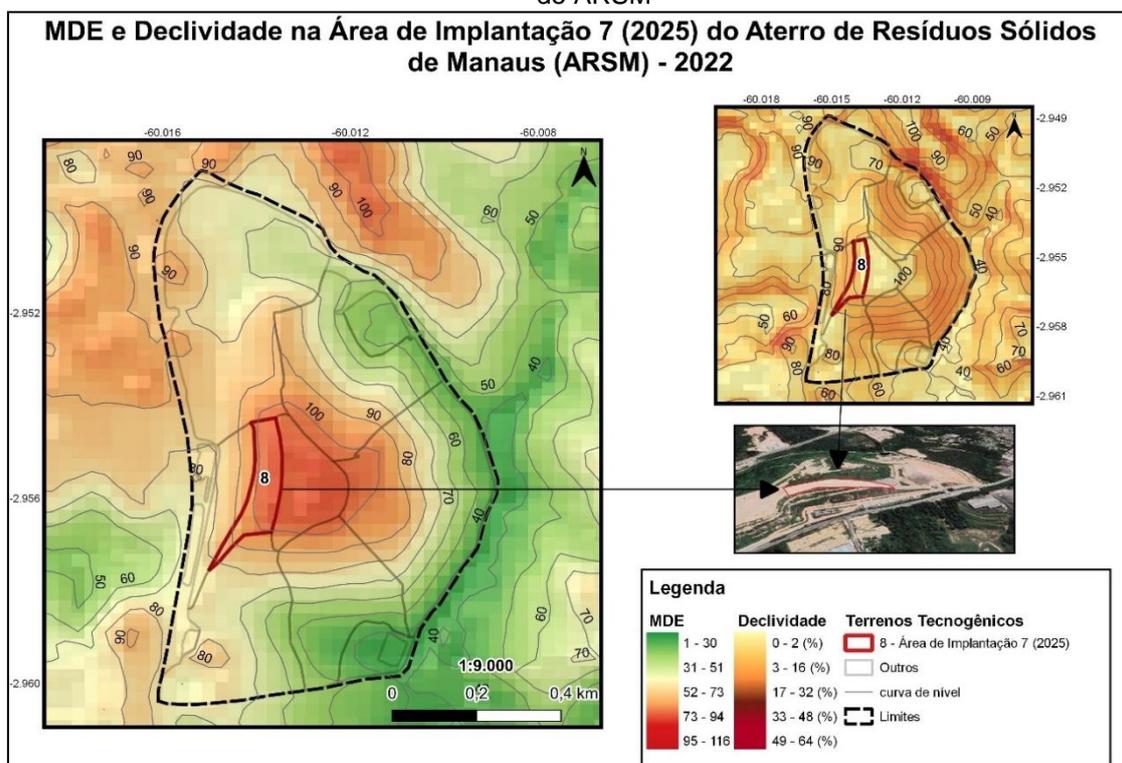
**Tabela 14:** Classificação dos Terrenos Antropogênicos Área de Implantação 4

Classe	Categoria Geológica	Tipo	Camada ou Feição Tecnológica
Terreno Tecnogênico de Agradação	Depósitos Antropogênicos	Terreno Produzido/Aterrado	Depósitos tecnogênicos construídos

**Fonte:** PELOGGIA (2017); SEMULSP (2021). **Org.:** Danielson Souza (2022).

Os valores altimétricos mais elevados da área de implantação 7 podem chegar até 100 metros de altitude, e as menores até 70 metros, com amplitude altimétrica de até 30 metros no perímetro em questão (Figura 30). Todos esses valores têm ligação direta com o processo de aterramento do maciço principal, já que está área ainda não foi ativada.

**Figura 30:** Modelo Digital de Elevação (MDE) e Declividade na Área de Implantação 6 e Entrada do ARSM



**Fonte:** COOPÉRNICO DEM (2013). **Org.:** Danielson Souza (2022).

De forma geral, os terrenos encontrados nos limites do aterro são de agradação e degradação. Os terrenos de degradação estão situados na borda das áreas de implantação e foram formados por escavação e exposição do substrato, e sobre esses terrenos foram edificadas estruturas importantes para o funcionamento do estabelecimento.

Os terrenos de agradação são produzidos por aterramento e localizam-se na maior parte dos limites do aterro, e apresentam formas que se assemelham a estrutura na qual foram implantadas, podendo ser classificado de forma generalizada diante da sua morfogênese antrópica e forma como morro tecnogênico com vertentes de patamares e topos tabulares.

#### 5.4. Classificação faciológica e do relevo tecnogênico do ARSM

A faciologia (descrição das facéis ou camada de um modelado geomorfológico) existente no ARSM apresenta materiais relacionados a entulhos e dendritos urbanos em geral (úrbicos) com estruturas celular (porções justapostas constituída por matérias distintos). Com isso, a descrição faciológica dos modelados presentes no aterro pode ser definida como: facéis úrbicas-celulares (Figura 31).

**Figura 31:** Camada úrbica-celular do ARSM



**Fonte:** SEMULSP (2021). **Org.:** Danielson Souza (2022).

Essas estruturas faciológicas compõem um relevo que pode ser classificado conforme sua forma, como morro, pois apresenta possui uma altimetria que corresponde ao modelado, com elevações superiores a 100 metros (os dados de radar e as informações de campo, apesar de diferentes correspondem ao padrão da forma) (FLORENZANO, 2008).

Conforme a classificação apresentada por de Florenzano (2008), os topos do ARSM são tabulares, o que no caso dos morros não é algo comum, no entanto, por conta do processo de aterramento dos resíduos sólidos, as áreas de implantação seguem um padrão que exige uma superfície plana. Assim, o morro tecnogênico do aterro apresenta um padrão no seu topo que remete ao relevo originário onde o aterro está inserido: colinas com topos tabulares.

Além disso, por conta também do processo de aterramento, as vertentes da área de estudo apresentam patamares (FLORENZANO, 2008), ou seja, degraus, na qual possuem 75 cm de largura, e tem o objetivo de “quebrar a gravidade”, ou o efeito dela através da chuva, facilitando e diminuindo danos do escoamento superficial.

Partindo das considerações trazidas anteriormente, o ARSM pode ser classificado como morro com topos tabulares e vertentes em patamares. Ressalta-se que esses padrões não são comuns, a partir dos processos do tempo que escoa (tempo geológico), mas a partir da forma como o homem produz o espaço geográfico, num tempo que se faz (tempo histórico), por meio do domínio de técnicas, é possível deixar marcas na paisagem através de relevos fora do padrão “natural”.

Os relevos formados por terrenos tecnogênicos apresentam uma característica peculiar serem produzidos pelo agenciamento geológico do humano, podendo ser denominados de relevos tecnogênicos. Esses modelados tecnogênicos apresentam uma certa dependência variável com os substratos e formas originais, apesar da transformação drástica na superfície. Isso ocorre porque esses relevos adquirem formas baseadas nas características geomorfológicas atuais onde estão inseridas (PELOGGIA et al., 2014).

A proposta de Peloggia et al. (2014) contempla três táxon geomorfológico tecnogênico: paisagens tecnogênicas; compartimentos de modelados

tecnogênicos; tipos de formas de relevos tecnogênicos e superfícies geomórficas relacionadas.

A classificação proposta possui uma relação taxonômica com as formas de relevos presente táxon de Ross, e apresenta uma relação de escala de referêncica, na qual facilita na mapeamento geomorfológico (PELOGGIA et al., 2014).

Em relação ao táxon apresentado, é difícil definir em qual classificação a área de estudo se encaixa, pois geralmente os aterros se formam sobre os compartimentos de modelados tecnogênica, no caso do ARSM, este relevo não se formou sobre um modelado tecnogênico, mas sobre um relevo natural.

Assim, o relevo presente no ARSM pode se classificar como compartimentos de modelados tecnogênicos, pois a conceita deste táxon é defina como conjuntos de formas de relevo tecnogênicos associados a compartimentos de relevos naturais (PELOGGIA et al., 2014).

O aterro foi construído sob um relevo de colinas com topos tabulares, e por conta do processo de aterramento, manteve algumas características do relevo natural, com o topo tabular, no entanto, agora não é mais uma colina, mas um morro que apresenta um topo plano, e vertentes em patamares, conforme os aspectos apresentados por Florenzano (2008).

Diante das informações expostas neste item, podemos classificar o relevo do ARSM como compartimento de modelado tecnogênico que apresenta morro com topo tabular e vertentes em patamares, formado por camadas úrbicas-celulares.

#### **5.5. Perspectivas para uso do ARSM: O que fazer com a área depois da vida útil acabar?**

O Aterro de Resíduos Sólidos da Manaus nos últimos anos foi a área de destinação dos resíduos sólidos urbanos produzidos pela cidade, no entanto, sua vida útil vem se aproximado do fim.

Diante dessa realidade, muitos questionamentos têm sido levantados em relação ao que fazer com esta área. Conforme NBR 8419 (1992), que trata das questões relacionadas a apresentação de projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos, o projeto de criação deve apresentar um plano de encerramento do aterro e cuidados posteriores, além de plano usos futuros da área do aterro.

O plano de encerramento do aterro e cuidados posteriores deve apresentar como e quando o aterro será dado como encerrado, assim como os cuidados que serão mantidos após o encerramento das atividades, tais como monitoramento e controle de vetores (NBR 8419, 1992).

No caso do ARSM, conforme o responsável pela visita técnica, o principal cuidado a ser tomado ao encerrar as atividades na área será na questão do monitoramento do escoamento dos líquidos produzidos por meio decomposição nas células de implantação (chorume).

A respeito do monitoramento do chorume, as concessionárias responsáveis pela parte operacional do aterro estalaram piezômetros, que são dispositivos utilizados para a medição e monitoramento do nível d'água. Esses instrumentos foram construídos e instalados baseados em estudos prévios da posição da linha freática, com o objetivo de obter a pressão atuante na áreas<sup>6</sup>. No caso do aterro, os piezômetros estão monitorando a quantidade de chorume presente nas células de implantação (Figura 32).

**Figura 32:** Piezômetro para o monitoramento do chorume nas células de implantação



**Fonte:** SEMULSP (2021). **Org.:** Danielson Souza (2022).

<sup>6</sup> As informações sobre o que é um piezômetro foram retiradas do site: [Piezômetros - JS Sondagens](#)

Independentemente de estar ativo ou não, a área continua apresentando um grande potencial para contaminação do solo e cursos d'água que são drenados próximos a área de implantação. É necessário monitoramento durante e após o encerramento das atividades na área para verificação de questões que podem causar danos ambientais significativos aos elementos que compõem a paisagem neste espaço.

O plano para uso futuro da área do aterro deve ser apresentado no bojo do projeto de apresentação do aterro (NBR 8419, 1992), e este item se justifica, pois é necessário que haja um uso deste espaço, pois se não houver, ficará sem nenhuma utilidade e sujeito a ocupações irregulares, o que ocasionariam impactos de grande magnitude, principalmente social.

Além disso, é importante destacar que no momento de apresentação deste plano, o OECPPA (Órgão Seccional Estadual de Controle da Poluição e Proteção Ambiental) pode solicitar informações adicionais que permitam avaliar a exequibilidade e correção do projeto diante das proposições apresentadas (NBR 8419, 1992).

A partir dessas informações técnicas é importante destacar que o ARSM é uma área que não foi planejada, surgindo em 1986 como um lixão a céu aberto, logo não houve um projeto definido por meio da NBR 8419. Ressalta-se que em 2001, a gestão da área foi designada para a prefeitura de Manaus, sendo que a partir deste momento, os planos e projetos para estabilização do maciço e melhoria da disposição de resíduos na área começaram a ser pensados.

Neste contexto, é notório que o plano de encerramento do aterro e cuidados posteriores já está bem definido. No entanto, o plano de uso é algo que se tem sido questionado. Segundo o responsável pela visita técnica ao aterro, ainda há uma grande dúvida sobre o que fazer com esta área e o uso que se dará a este espaço (SEMULSP, 2021).

Conforme Peloggia (2018) assim como as paisagens e sítios geológicos-geomorfológicos são uma herança em relação aos registros dos processos naturais antigos, remodelados, e modificados por processos mais recentes, e são protegidas pelo Decreto-Lei nº 25 de 30 de novembro de 1937, as camadas e modelados antropogênicos deveriam ser protegidos como patrimônio.

Os terrenos tecnogênicos constituem-se registros e heranças de um tipo particular de agência humana, que diz respeito ao modo como os seres humanos, em relações sociais que ocorrem na sociedade, colocam em prática sua capacidade de conformar e transformar a paisagem, como produtores de cultura material, mas também de depósitos e formas de relevo (PELOGGIA, 2018).

Reforçando as considerações tecidas anteriormente, Ab'saber (2003) aponta que a paisagem possui um caráter de heranças de processos de atuação antiga, remodelado e modificado por processos de atuação recente. É uma herança em todos o sentido da palavra: herança de processos fisiográficos e biológicos, e patrimônio coletivo dos povos que historicamente as herdaram como território de atuação de suas comunidades.

Pensar no ARSM como sendo uma paisagem tecnogênica que é responsável por carregar em seu interior o modo de vida de algumas gerações manauara, é algo inovador. Em relação a essa questão, Santos (2004) aponta que o espaço geográfico apresenta rugosidades que são paisagens resultantes da produção espaço geográfico no passado e que ficaram cristalizadas ou marcados compondo uma paisagem e servindo de testemunho histórico da produção do espaço.

O conceito apresentado por Santos (2004) corrobora ainda mais com as afirmações de Peloggia (2018) e Ab'saber (2003). Com isso uma das possibilidades de uso para área do ARSM seria transformá-lo em patrimônio histórico, protegendo-o legalmente de qualquer uso irregular que possa ocasionar grandes impactos negativos.

Além do patrimônio histórico, dois outros usos poderiam ser aplicados na área do ARSM: a implantação de Parque e Praças, ou área de produção de energia solar.

No Brasil existem alguns iniciativas de transformar antigos lixões e aterros em praças ou parques para benefício da população, no entanto, para que ocorra este tipo de uso é necessário um estudo sobre o risco de contaminação para a população<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> As informações colocadas neste parágrafo foram retiradas da seguinte fonte: [A transformação de aterros sanitários em parques | ArchDaily Brasil](#); [Movimento Lixo Cidadão – Conheça a história de 5 lixões que foram totalmente transformados \(movimentolixocidadao.com.br\)](#)

A produção de energia solar é uma possibilidade rentável de uso da área do ARSM. Segundo o responsável pela visita técnica ao aterro, após a finalização das atividades no aterro, a usina de queima de gás ainda produzirá bastante energia, no entanto, com o tempo o potencial de produção diminuirá, e uma forma de continuar a produção de energia sustentável é a implantação de placas de energia nas partes mais elevadas do aterro que poderia gerar energia para o abastecimento da cidade (SEMULSP, 2021).

Independentemente do uso dado ao aterro na finalização de suas atividades, é importante que a decisão seja tomada de forma transparente, e que preserve a área e as formas que já chamam bastante atenção na paisagem seja pela sua magnitude (elevada altimetria) ou pela configuração dos seus modelados (compartimento de modelado tecnogênico que apresenta morro com topo tabular e vertentes em patamares, formado por camadas úrbicas-celulares).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus apresenta uma construção que pode ser estruturada a partir de dois momentos: antes das áreas de implantação (1986 – 2005), e depois das áreas de implantação (2006 – 2025). A partir dessa divisão temporal, é importante notar que no período anterior as áreas de implantação, formou-se o maciço principal que é resultado dos resíduos depositados na área no período em questão, e todos os esforços posteriores a sua construção foram para mantê-lo estabilizado, e para não causar danos ambientais mais catastróficos do que o ocorrido (contaminação por chorume nos cursos d'água próximo ao aterro).

As áreas de implantação foram construídas a partir da base do maciço principal, e seguiam passando pela vertente e até ao topo, na estrutura principal, finalizando suas atividades.

O maciço principal, áreas de implantação e outros usos que haviam no aterro apresentam dois tipos de classificação de terrenos tecnogênicos: terrenos de gradação e terrenos de degradação.

Os terrenos de agradação compreendem todas as 7 áreas de implantação e o maciço principal, apresentando tipos de terrenos produzidos por aterramento, como é o caso da estrutura principal, e construção de células de implantação com objetivo de estabilização do maciço, no caso das áreas de implantação.

Os terrenos de degradação compreendem as 2 lagoas de sedimentação, área de compostagem, usina de biogás, entrada do estabelecimento, sedes e estacionamento, apresentando terrenos escavados, que estão da borda das áreas de implantação aos limites do Aterro. Destaca-se que após o processo de escavação sobre o substrato exposto foram construídas as estruturas citadas acima.

Dados altimétricos obtidos por radar, infelizmente apresentaram informações que não foram as melhores possíveis para verificar o real tamanho do relevo na área em questão (resolução espacial e temporal do satélite que não possuía detalhamento necessário), no entanto, permitiu observar as formas presentes no perímetro, que diante do aparato teórico levantado e visita técnica ao aterro, ficou claro que os depósitos tecnogênicos (antropogênicos) que formam o

aterro seguem o padrão original do relevo na qual estão instalado, com topos tabulares.

Assim, diante da morfogênese antrópica e forma construída, pode-se classificar este relevo como compartimento de modelado tecnogênico que apresenta morro com topo tabular e vertentes em patamares, formado por camadas úrbicas-celulares.

Apesar dos dados de radar desconsiderarem a altimetria real presente no ARSM, por meio das informações coletadas pela visita técnica, notou-se que nos limites do aterro, os valores altimétricos podem chegar até 143 metros de altitude, sendo o ponto mais alto dentro do perímetro urbano de Manaus.

Em relação ao que se fazer com a área após o encerramento das atividades do aterro, por meio da visita técnica, um dos cuidados será o monitoramento das células de implantação, concernente ao chorume escoada das áreas implantadas, e geração de energia a gás que com tempo, diminuirá, pois as atividades de deposição de resíduos sólidos encerrarão na área.

Para além disso, a área tem potencial de se tornar um parque com instalação de placas para produção de energia solar, e também se transformar em patrimônio público, pois os modelados carregarão a história da produção do espaço geográfico durante 39 anos (este tempo calculou-se a partir da data inicial das atividades na instalação até fim previsto pela SEMULSP) e ficarão cristalizados na paisagem.

O Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus é um complexo que vai além da sua função na dinâmica espacial da cidade, e reflete impactos gigantescos na paisagem compondo o relevo antropogênico que é uma forma diferenciada de vista de longe. A produção do espaço geográfico em Manaus está relacionada a magnitude dos modelados presentes no perímetro do aterro, ou seja, o relevo é resultado das relações presentes na sociedade (produz os resíduos sólidos) e dessa com a natureza (deposição dos resíduos no relevo).

Espera-se que com este trabalho possam surgir novos estudos mais detalhados sobre a área do ARSM, na perspectiva da antropogeomorfologia, utilizando classificações específicas para esses modelados, e que se avance também para novas áreas em Manaus, já que temos parques e até bairros construídos sobre antigas áreas de destinação de resíduos sólidos urbanos.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8419:** Apresentação de Projetos de aterros Sanitários de resíduos sólidos. São Paulo: ABNT, 1992. Disponível em: [Sem título-1 \(licenciadorambiental.com.br\)](#)

AB'SABER, A.N. **A cidade de Manaus (primeiros estudos)**. Boletim Paulista de Geografia, São Paulo, v. 15: p.18-45. 1953.

\_\_\_\_\_. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

BROWN, E. H. **O homem modela a Terra**. In: Boletim Geográfico do Instituto de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, n. 222, p. 03-18, maio/junho, 1971.

CASSETI, V. **Ambiente e Apropriação do Relevo**. São Paulo: Contexto, 2 ed., 1995 – (Coleção Caminhos da Geografia).

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

CORRÊA, R. L. **O Espaço Urbano**. Editora Ática. 4 ed., 2004.

CPRM. **Diagnóstico e Avaliação da contaminação dos recursos hídricos na área do entorno do Aterro Sanitário de Manaus (AM)**. 2006.

CUNHA, P. R.C.; MELO, J. H. G.; SILVA, O. B. **Bacia do Amazonas**. Boletim de Geociências da Petrobrás, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 227-251, maio/nov. 2007.

DANTAS, M. E.; MAIA, M. A. M. **Compartimento Geomorfológico**. In.: Geodiversidade do Estado do Amazonas. Manaus: CPRM, 2010.

FERNANDES, R. P. R.; NOGUEIRA, M. A.; JIMENEZ, I. J. T. **Estudo de Caso no Aterro de Resíduos Sólidos Urbanos de Manaus/AM**. BIUS – Boletim Informativo Unimotrisaúde em Sociogerontologia, v. 23 n. 17 (2020): EDITORIAL DO BIUS DE DEZEMBRO/2020. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/BIUS/article/view/8344>

FRANÇA JUNIOR, P.; PELOGGIA, A.U.S. **Os conceitos de antropoceno e tecnógeno e o estudo da humanidade como agente geomorfológico**. In: FRANÇA JUNIOR, P.(org.). Geomorfologia do tecnógeno e antropoceno: perspectivas teóricas e estudos aplicados em ambientes urbanos. Ituiutaba-MG: Barlavento, 2020, p. 16-35

FRANZINELLI, E.; IGREJA, I. **Ponta das Lajes e o Encontro das Águas, AM: A Formação Alter do Chão como moldura geológica do espetacular Encontro das Águas Manauara**. In.: WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; SOUZA, C.R.G.; FERNANDES, A.C.S.; BERBERT-BORN, M.; SALLUN FILHO, W.; QUEIROZ, E.T.; (Edit.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Publicado na Internet em 29/11/2011 no endereço <http://sigep.cprm.gov.br/sitio054/sitio054.pdf>

FRORENZANO, Teresa. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GUERRA, A.T. **Notas de Geomorfologia**. In: Boletim Geográfico, ano XXIII, n. 183, IBGE, nov-dez/1964.

IBGE, **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2 ed., Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_, **Mapeamento de Pedologia**, 2010. Disponível em: <https://portaldemapas.ibge.gov.br> Acessado em 10 de janeiro de 2021.

\_\_\_\_\_, **Mapeamento de Vegetação** 2010. em: <https://portaldemapas.ibge.gov.br> Acessado em 10 de janeiro de 2021.

\_\_\_\_\_, **Manual Técnico de Vegetação Brasileira**. 2 ed., Rio de Janeiro, 2012.

\_\_\_\_\_, **Mapeamento de Geomorfologia**, 2014. em: <https://portaldemapas.ibge.gov.br> Acessado em 10 de janeiro de 2021.

\_\_\_\_\_, IBGE Cidades (2014). Disponível em: [IBGE | Cidades@ | Amazonas | Manaus | História & Fotos](#) Acessado em 18 de janeiro de 2021.

\_\_\_\_\_, IBGE Cidades (2020). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/am/manaus.html> Acessado em 23 de janeiro de 2021.

JORGE, M. C. **Geomorfologia Urbana: conceitos, metodologias e Teorias**. In.: Geomorfologia Urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. 2 ed., São Paulo: Oficina dos Textos, 2010.

LIBAULT, A. **Os quatro níveis da pesquisa geográfica**. Revista Método em questão – USP, 1971.

LINO, I. C. **Seleção de áreas para implantação de aterros sanitários: análise comparativa dos métodos**. Dissertação de mestrado – Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente. Universidade do Estado Paulista, 2007.

MARQUES, J. S. Ciência Geomorfológica. In GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (org). **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 4 ed.: 23-50. 2001.

MIYAZAKI, L. C. P. **Depósitos tecnogênicos: uma nova perspectiva de leitura geográfica**. Revista Quaternary and Environmental Geosciences, 2014.

MONTEIRO, C. A. F. **William Morris Davis e a Teoria Geográfica**. Revista Brasileira de Geomorfologia, 2 (1): 1-20. 2001.

NUNES, J. O. R.; SANT'ANNA NETO, J. L. **A produção do espaço urbano e o destino dos resíduos sólidos**. Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, v. 1, p. 60-73, 2002.

OLIVEIRA, A.; BRANNSTROM, C.; NOLASCO, M.; PELOGGIA, A.; PEIXOTO, M.; COLTRINARI, L. **Tecnógeno: Registro da Ação Geológica do Homem**. In: Quaternário do Brasil. Editora Ribeirão Preto, 2005.

OLIVEIRA, D. L. **Influência do aterro municipal de Manaus nas águas superficiais da circunvizinhança: um enfoque ao estudo de metais pesados**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Química - UFAM), 2007.

Origem da Palavra Igarapé: Disponível em: <https://escola.britannica.com.br/artigo/igarap%C3%A9/483295> Acessado em 21 de Janeiro de 2021.

PASCHOL, L.; SIMON, A.; CUNHA, C. **Geomorfologia Antropogênica e sua inserção em pesquisas brasileiras**. Revista Geographia Meridionalis, 2015.

PAULINO JÚNIOR, José. **Gestão de Resíduos sólidos numa perspectiva educacional: estudo de caso no condomínio residencial Jardim – Brasil**. Editora Universidade Federal do Amazonas, 2009.

PELOGGIA, A. **O homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana de São Paulo**. São Paulo: Xamã, 1998.

\_\_\_\_\_. **A cidade, as vertentes e as várzeas: A transformação do relevo pela ação do homem no município de São Paulo**. Revista do Departamento de Geografia, 2005.

\_\_\_\_\_.;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, 2014, p.67-81.

\_\_\_\_\_. **O que produzimos sobre nossos pés? Uma revisão comparativa dos conceitos fundamentais referentes a solos e terrenos antropogênicos**. Revista UNG - Geociências, Guarulhos-SP, v. 16, n. 1, p. 102-127, 2017.

\_\_\_\_\_. **Os registros geológicos da agência humana como categoria temática de patrimônio**. Anais: VIII Simpósio Nacional de Ensino e História de Ciências da Terra. Campinas, São Paulo, Julho de 2018.

**Piezômetros**. Disponível em: Piezômetros - JS Sondagens Acessado em: 10 de junho de 2022.

REIS, N. J.; ALMEIDA, M. E. **Arcabouço Geológico**. In.: Geodiversidade do Estado do Amazonas. Manaus: CPRM, 2010

ROMANO, L. L.; CUESTA, J. S.; BARROS, T. C.; MOTA, M. A. S. **Classificação Climática de Manaus – AM conforme Köppen e Thornthwaite**. Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Climatologia Geral, 2016.

ROSS, Jurandyr. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento**. São Paulo: Editora Contexto, 2014.

SALES, V. C. **Geografia, Sistemas e Análise Ambiental: Abordagem Crítica**. GEOUSP – Espaço e Tempo. São Paulo, 16: 125-141. 2004.

SANTOS FILHO, R. D. **Antropogeomorfologia Urbana**. In.: Geomorfologia Urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

SANTOS, I. N.; HORBE, A.M.C.; SILVA, M.S.R.; MIRANDA, S.A.F. **Influência de um aterro sanitário e de efluentes domésticos nas águas superficiais do Rio Tarumã e afluentes-AM**. Acta Amazônica, Manaus, v. 36, n. 2, p. 229-236, 2006.

SANTOS, M. **Por uma Geografia Nova: Da Crítica da Geografia a uma Geografia Crítica**. 6. Ed., São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004.

\_\_\_\_\_, M. **Técnica, Tempo e Espaço: Globalização e meio Técnico-científico-informacional**. 5 ed., reimpr., São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2013.

SANTOS, L. F. L.; MELO, R. F. T.; LISTO, D. G. S. **Proposta de utilização do Google Earth Pro para confecção de mapeamento geomorfológico de detalhe do Maciço Estrutural de Água Branca (AL / PE)**. Revista de Geografia (Recife) v. 36, n. 3, 2019.

SEMULSP. **Aterro Sanitário**. Prefeitura de Manaus. Disponível em: <https://semulsp.manaus.am.gov.br/aterro-sanitario/> Acessado em 28 de dezembro de 2020.

\_\_\_\_\_. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Cidade de Manaus no ano de 2013**. Prefeitura de Manaus, 2013.

\_\_\_\_\_. **Relatório de Gestão 2013-2020**. Prefeitura de Manaus, novembro de 2020.

\_\_\_\_\_. **Relatório das Atividades da Semulsp 2021**. Disponível em: <https://semulsp.manaus.am.gov.br/wp-content/uploads/2022/03/RELATORIO-ANUAL-2021.pdf> Acessado em 10 de maio de 2022.

\_\_\_\_\_. **Visita de Técnica realizada ao Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus no dia 01 de dezembro de 2021**. Manaus, 2021.

SHINZATO, E.; COELHO, M.; MARTINS, J.; MARTINS, G.; TEIXEIRA, W. **Mapa de Solos do Distrito Agropecuário da Suframa - DAS Amazonas - Brasil**. Escala 1:100.000. Realizado no Âmbito do Zoneamento Ecológico Econômico do Distrito Agropecuário da Suframa. 2005. Suframa-CPRM- Embrapa-INPA-UFAM.

SILVA, M. L. **Uma Abordagem sobre J. Hutton, W. M. Davis e W. Penck como Exponentes na Sistematização da Geomorfologia.** VII Simpósio Nacional de Geomorfologia e II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, Anais VII SINAGEO, Belo Horizonte, 2008.

SOUZA, J. C.; PEREIRA, U. C. **Antropogeomorfologia: O homem como agente geomorfológico: Base teórica e análise acerca da extração do Amianto Crisotila em Minaçu (GO).** Geoambiente - UFG (Universidade Federal de Goiás), Jataí-GO, n. 24, Jan-Jun/2015.

SUERTEGARAY, D., NUNES, J. **A natureza da Geografia Física na Geografia.** Revista Terra Livre, n. 17, 2º semestre, São Paulo, 2001.

TEIXEIRA, W. G.; ARRUDA, W.; SHINZATO, E.; MACEDO, R.S.; MARTINS, G.C; LIMA, H. N.; RODRIGUES, T. E. **Solos.** In.: Geodiversidade do Estado do Amazonas. Manaus: CPRM, 2010.

TER-STEPANIAN, G. **Beginning of the Technogene.** Bulletin of the International Association of Engineering Geology-Bulletin de l'AssociationInternationale de Géologie de l'Ingénieur, v. 38, n. 1, p. 133-142, 1988.

THE EUROPEAN SPACE AGENCY. **Copérnico DEM - Modelo de Elevação Digital Global e Europeia (COP-DEM).** Disponível em: <https://spacedata.copernicus.eu/web/cscda/dataset-details?articleId=394198> Acessado em 12 de março de 2022.

VIEIRA, A.F.G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais.** (Tese de doutorado). Florianópolis: UFSC/CFH, 2008.

VITORINO, J. C.; ANDRADE, M. R. M.; PELOGGIA, A. U. G.; SAAD, A. R.; OLIVEIRA, A. M. S. **Terrenos tecnogênicos do Jardim Fortaleza, Bacia Hidrográfica do Córrego do Entulho, Guarulhos (SP):** Mapeamento geológico, estratigrafia, geomorfologia e arqueologia da paisagem. Revista UNG (Universidade de Guarulhos) Geociência v.15, n. 2, 2016.

VITTE, A. C. **Considerações sobre a Teoria da Etchplanação e sua Aplicação nos Estudos das Formas de Relevo nas Regiões Tropicais Quentes e Úmidas.** Terra Livre. São Paulo, 16: 11-24. 2001.

\_\_\_\_\_, A. C. **O desenvolvimento do conceito de paisagem e sua inserção na geografia física.** Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 6, n. 11, 2007.

WILKINSON, B.H.; MCELROY, B. J. **The impact of humans on continental erosion and sedimentation.** Geological Society of America Bulletin, v. 119, n. 1-2, p. 140-156, 2007.