

**FACULDADE DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E
URBANISMO E GEOGRAFIA (FAENG) – ENGENHARIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

KEDMA DA SILVA RODRIGUES

**GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO
DE TABATINGA –AM: DIAGNÓSTICO E PROPOSTA TÉCNICA
SUSTENTÁVEL**

CAMPO GRANDE -MS

2025

KEDMA DA SILVA RODRIGUES

**GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO
DE TABATINGA-AM: DIAGNÓSTICO E PROPOSTA TÉCNICA
SUSTENTÁVEL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, com
base de pesquisa em artigo científico.

Orientador: Profa. Dra. Karina O. Righi Cavallaro.

CAMPO GRANDE -MS

2025

KEDMA DA SILVA RODRIGUES

Trabalho de conclusão de Curso apresentado como requisito à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Profa. Dra. KARINA O. RIGHI CAVALLARO
UFMS

BANCA EXAMINADORA

Membro da Banca:

CAMPO GRANDE -MS

2025

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, agradeço a Deus por me dar forças, me guiar e abençoar nos momentos mais difíceis da minha vida.

Aos meus pais, que sempre me incentivaram a estudar e a concluir este curso. Seu apoio e amor incondicional foram fundamentais para a realização deste sonho.

À minha família e amigos, pelo encorajamento constante e pela compreensão nos momentos de ausência, e à minha força maior, minha filha, para que eu não desistisse de vencer.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a. Karina O. Righi Cavallaro, pela paciência, orientação e conhecimento compartilhado ao longo deste trabalho. Sua dedicação e empenho foram cruciais para a finalização deste projeto.

Aos professores e colegas do curso de Engenharia Ambiental e Civil, por todas as trocas de conhecimento, experiências e momentos de aprendizagem. Cada um de vocês contribuiu de maneira única para o meu crescimento pessoal e profissional.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão deste trabalho. A todos, minha eterna gratidão.

RESUMO

Este trabalho analisa a gestão dos resíduos sólidos urbanos no Município de Tabatinga-AM, localizado na região da tríplice fronteira entre Brasil, Colômbia e Peru, evidenciando as deficiências estruturais e os impactos socioambientais causados pelo descarte inadequado. O estudo insere-se em contexto mais amplo de crise global de resíduos, conforme alerta o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (ONU News 2024), e considera as desigualdades regionais brasileiras que agravam a ausência de políticas efetivas em cidades amazônicas. A pesquisa possui abordagem qualitativa, fundamentada em revisão bibliográfica, análise documental, dados secundários de órgãos oficiais e observações de campo. Os resultados comprovam que o município não possui sistema de destinação final adequada, operando com vazadouro a céu aberto, comprometendo a qualidade do solo, da água e da saúde pública, especialmente nas margens do rio Solimões. Como proposta acadêmica, este estudo desenvolve um modelo teórico de aterro sanitário, simulando critérios técnicos em uma área fictícia. Adicionalmente, recomenda-se coleta seletiva, compostagem, educação ambiental e inclusão de catadores. A pesquisa conclui pela urgência de atualizar o Plano Diretor Municipal, que não contempla o planejamento da gestão de resíduos sólidos urbanos e adotar estratégias sustentáveis para o desenvolvimento socioambiental da cidade.

Palavras-chave: resíduos sólidos; educação ambiental; sustentabilidade; gestão pública.

ABSTRACT

This study analyzes the management of urban solid waste in the municipality of Tabatinga-AM, located in the triple border region between Brazil, Colombia, and Peru, highlighting the structural deficiencies and socio-environmental impacts caused by improper waste disposal. The study is part of a broader context of the global waste crisis, as warned by the United Nations Environment Programme (UN News, 2024), and considers the regional inequalities in Brazil that aggravate the absence of effective policies in Amazonian cities. The research adopts a qualitative approach, based on a literature review, documentary analysis, secondary data from official bodies, and field observations. The results show that the municipality does not have an adequate final disposal system, operating with open dumps, which compromises the quality of the soil, water, and public health, especially on the banks of the Solimões River. As an academic proposal, this study develops a theoretical model of a sanitary landfill, simulating technical criteria in a fictitious area. Additionally, it recommends selective collection, composting, environmental education, and the inclusion of waste pickers. The research concludes that there is an urgent need to update the Municipal Master Plan, which does not address urban solid waste management planning, and to adopt sustainable strategies for the socio-environmental development of the city.

Keywords: solid waste; environmental education; sustainability; public management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do município TBT-AM.....	17
Figura 2: Mesorregião do município de TBT-AM.....	17
Figura 3: Microrregião do município TBT-AM.....	18
Figura 4: Dados IDH município de TBT-AM.....	20
Figura 5: Mapa de RSU do estado do Amazonas, com destaque o município de TBT-AM.....	21
Figura 6: Irregularidades de Resíduos Sólidos.....	22
Figura 7: Coleta de resíduos sólidos.....	22
Figura 8: Lixo as margens do rio Solimões.....	23
Figura 9: Lixo na rede drenagem.....	23
Figura 10: Desobstrução da rede drenagem.....	24
Figura 11: Lixo nos igarapés.....	24
Figura 12: Evolução da taxa de mortalidade infantil no município de TBT-AM.....	25
Figura 13: Mapa dos bairros urbanos do município de TBT-AM.....	26
Figura 14: Lixão de TBT-AM.....	27
Figura 15: Área selecionada para o aterro sanitário.....	28
Figura 5: Projeção populacional de TBT-AM, (2018/2044).....	29
Figura 6: Ponto do poço tubular Comunidade Belém do Solimões, TBT-AM.....	30
Figura 7: Mapa de solo do município de TBT-AM.....	31
Figura 8: Fluxograma do método de trincheira.....	32
Figura 9: Planta baixa da trincheira de frente de operação do aterro sanitário.....	33
Figura 10: Modelo tridimensional da trincheira sanitária.....	34
Figura 22: Proposta técnica de coleta seletiva para município de TBT-AM.....	37
Figura 23: Fluxograma operacional de coleta em corpos hídricos do município de TBT-AM.....	38
Figura 24: Projeto simulado para município de TBT-AM.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Perfil geológico do poço tubular Belém do Solimões, TBT-AM.....	31
Tabela 2: Dados do dimensionamento técnico do aterro sanitário.....	35
Tabela 3: Dados do dimensionamento técnico da lagoa anaeróbia.....	35
Tabela 4: Dados dimensionamento técnico da lagoa facultativa.....	36

LISTA DE ANEXOS

Anexo A: Projeção populacional do município de TBT-AM.....	45
Anexo B: Planilha de Projeção populacional, método geométrico exponencial e volume de áreas do aterro sanitário.....	46
Anexo C: Área necessária do aterro sanitário TBT-AM.....	47
Anexo D: Legenda do aterro sanitário TBT-AM.....	47
Anexo E: Dimensionamento de Frente de Operação do Aterro Sanitário.....	48
Anexo F: Cálculo da vazão média lixiviado do Aterro Sanitário – Método Suíço.....	48
Anexo G: Descrições das fórmulas do dimensionamento do aterro sanitário.....	49
Anexo H: Dados do dimensionamento da lagoa anaeróbia.....	50
Anexo I: Fórmula da geometria da lagoa anaeróbia.....	51
Anexo J: Geometria da lagoa anaeróbia.....	51
Anexo K: Descrições das fórmulas do dimensionamento da lagoa anaeróbia.....	52
Anexo L: Dados do dimensionamento e cálculo da lagoa facultativa.....	54
Anexo M: Fórmulas e eficiência da lagoa facultativa.....	55
Anexo N: Fórmula da geometria da lagoa facultativa.....	56
Anexo O: Geometria da lagoa facultativa.....	56
Anexo P: Descrições das fórmulas do dimensionamento da – lagoa facultativa.....	57
Anexo Q: Ficha técnica do poço tubular da Comunidade de Belém do Solimões TBT-AM....	59

LISTA DE SIGLAS

AM	Amazonas
APPs	Área de Preservação Permanente
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ALCT	Área de livre comércio, Tabatinga
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice do Desenvolvimento Humano
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPAAM	Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas
LP	Licença prévia
LI	Licença de instalação
LO	Licença de operação
MPF	Ministério Público Federal
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
SINISA	Sistema Nacional de Informação em Saneamento Básico
SEMULSP	Secretaria Municipal de Limpeza Pública
SGB	Serviço Geológico do Brasil
PIB	Produto Interno Bruto
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PVEs	Ponto de Entrega Voluntários
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o meio ambiente
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
TBT	Tabatinga

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVO.....	13
2.1 Objetivo geral.....	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1 Legislação aplicada à gestão dos resíduos sólidos urbanos.....	14
3.2. Principais etapas do gerenciamento dos resíduos sólidos.....	15
4 METODOLOGIA.....	16
4.1 Caracterização da área de estudo.....	16
4.2 Índice Desenvolvimento Humano.....	19
4.3 Modelagem técnica simulada.....	20
4.4 Proposição de soluções.....	20
5 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	21
6 CONCLUSÃO.....	40
7 REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos sólidos urbanos tornou-se um dos maiores desafios ambientais do século XXI. Segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (ONU News, 2024), a geração global de resíduos pode atingir 3,8 bilhões de toneladas até 2050, caso não sejam adotadas ações efetivas de redução e gerenciamento sustentável.

O descarte inadequado de resíduos sólidos urbanos provoca impactos ambientais e sociais, como a contaminação do solo, das águas superficiais e dos lençóis freáticos, a proliferação de vetores transmissores de doenças e a emissão de gases tóxicos diretamente na atmosfera. Essa problemática reforça a urgência de estratégias integradas que previnam ou minimizem tais efeitos, alinhando-se aos princípios da sustentabilidade.

O Brasil, por meio da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), estabelece diretrizes para o manejo e o tratamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. Em seu artigo 3º, inciso XI, define-se a gestão integrada de resíduos sólidos como o conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, considerando as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010).

A gestão dos resíduos sólidos enfrenta grandes obstáculos, principalmente na região Norte, onde a disposição final opera com lixões, contaminando o meio ambiente. No entanto, não envolvem somente aspectos técnicos, mas também sociais, econômicos e culturais, exigindo soluções integradas e interdisciplinares (OLIVEIRA; GALVÃO JUNIOR, 2016).

No estado do Amazonas, grande parte dos municípios não dispõe de aterros sanitários nem iniciativas de reciclagem, comprometendo os recursos naturais e a saúde pública. O município de Tabatinga, situado no Estado do Amazonas, a ausência de estrutura adequada para manejo de resíduos sólidos intensifica os impactos socioambientais, notadamente nas margens do rio Solimões.

Conforme os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento — SINISA, no ano de 2024, 100% dos resíduos sólidos urbanos foram destinados inadequadamente, no meio ambiente, sem controle ambiental. Evidenciando a urgência de soluções de infraestruturas técnicas e sustentáveis.

Diante desse cenário, o presente trabalho visa descrever a atual situação da gestão municipal de Tabatinga, propondo alternativas sustentáveis e tecnicamente viáveis para

melhoria do sistema de coleta, tratamento e disposição final conforme os princípios da sustentabilidade e da legislação ambiental vigente.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

- Realizar um diagnóstico da gestão dos resíduos sólidos urbanos no município de Tabatinga-AM, e propor alternativas sustentáveis, incluindo um modelo técnico de disposição final ambientalmente adequada.

2.2 Objetivos Específicos

- Levantar dados sobre a geração, composição e destinação dos resíduos sólidos urbanos no município.
- Identificar os pontos críticos de lançamento inadequado de resíduos sólidos no rio Solimões.
- Avaliar os impactos ambientais e sociais da gestão dos resíduos sólidos.
- Elaborar diretrizes técnicas adaptadas à realidade de Tabatinga-AM, com vistas à sustentabilidade.
- Propor um modelo de gestão integrada, incluindo o dimensionamento simulado de aterro sanitário e lagoas de tratamento (com base na ABNT NBR 13.896/1997);
- Sugerir ações de educação ambiental e inclusão social, envolvendo catadores e a população na coleta seletiva e no manejo adequado dos resíduos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 LEGISLAÇÃO APLICADA À GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

No Brasil, a legislação vigente desempenha um papel fundamental no controle e manejo de resíduos sólidos urbanos, definindo diretrizes que colocam como prioridade a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem e o tratamento desses materiais. A disposição final ambientalmente adequada constitui o último passo do processo, destinada somente aos rejeitos.

Essa gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil é regida pela Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecendo diretrizes como a responsabilidade compartilhada entre os setores público e privado, a logística reversa, a prevenção, a redução, a reutilização e a reciclagem. Determina a obrigatoriedade da elaboração dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), além de promover a inclusão de catadores de materiais recicláveis e a geração de emprego e renda.

A PNRS é regulamentada pelo Decreto nº 7.404/2010, o qual define instrumentos de planejamento, entre eles planos nacionais, estaduais, municipais e setoriais, e detalha a responsabilidade de fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e consumidores.

A Lei nº 11.445/2007, atualizada pela Lei nº 14.026/2020, estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, abrangendo os serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana e manejo de resíduos sólidos (SILVA, 2021). Além de determinar que os municípios garantam universalização e qualidade dos serviços de limpeza e destinação de resíduos.

As resoluções CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) trazem as instruções para a gestão dos resíduos sólidos, entre as quais se destaca a Resolução CONAMA nº 404, de 11 de novembro de 2008, que estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterros sanitários de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos.

As Normas Técnicas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) mostram o que fazer na prática, com critérios técnicos, classificações e procedimentos padronizados. A norma ABNT NBR 10.004/2024 estabelece os requisitos e o sistema para a classificação de resíduos no país, promovendo um gerenciamento mais seguro e sustentável. Publicada em novembro de 2024, ela se divide em duas partes: a Parte 1 define os requisitos de classificação

e a Parte 2 estabelece o Sistema Geral de Classificação de Resíduos (SGCR). Já a ABNT NBR 13.896/1997 define critérios de projeto, construção e operação de aterros de resíduos não perigosos.

A Lei 14.026/2020 introduziu avanços significativos na gestão de resíduos, ao impulsionar a cobrança pelos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos, a sustentabilidade econômico-financeira desses serviços e a regionalização para aumentar a eficiência e atrair investimentos privados. Também reeditou os prazos para o fim dos lixões, buscando a universalização do saneamento até 2033, e incentivou a participação de estados e municípios na criação de arranjos jurídicos e institucionais para a gestão de resíduos.

No estado do Amazonas, a gestão integrada de resíduos sólidos tem como marco a Lei Estadual nº 4.457, de 12 de abril de 2017, que instituiu a Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS/AM). Essa política foi posteriormente complementada pela Lei Estadual nº 7.049, de 03 de setembro de 2024, que disciplina a obrigatoriedade do gerenciamento adequado dos resíduos sólidos gerados em eventos públicos, privados e público-privados no estado. Além disso, foi regulamentada pelo Decreto nº 50.890, de 16 de dezembro de 2024, que atualiza e define as diretrizes de logística reversa no âmbito estadual.

No município de Tabatinga, a gestão de resíduos sólidos urbanos é disciplinada pela Lei Municipal nº 891, de 3 de fevereiro de 2021, que cria a Secretaria Municipal de Limpeza Urbana (SEMULSP) e define suas atribuições no manejo desses resíduos.

3.2. Principais etapas do gerenciamento dos resíduos sólidos

A geração corresponde ao momento em que os resíduos são produzidos em diferentes escalas — residencial, comercial e industrial. Conforme Marchi (2011), os riscos elevados dos impactos ambientais decorrem do crescimento contínuo dos resíduos sólidos urbanos, sobretudo nas cidades de países desenvolvidos. Para minimizar e prevenir a poluição, torna-se essencial a prática dos 3R's (reduzir, reutilizar e reciclar).

A etapa seguinte é a segregação, que consiste na separação dos resíduos de acordo com suas características, como o tipo de material (reciclável, orgânico ou rejeitos) e o potencial de periculosidade, sendo um processo fundamental para o êxito do gerenciamento dos resíduos sólidos.

O acondicionamento refere-se ao armazenamento temporário em recipientes adequados, prevenindo riscos à saúde e garantindo segurança operacional, conforme estabelece a ABNT NBR 12.980/1992. Já a coleta e o transporte abrangem o recolhimento e o deslocamento dos

resíduos, podendo ocorrer de forma convencional (mistos, em alguns casos separados em rejeito e orgânico), seletiva (recicláveis) ou especial (volumosos, podas e entulhos). O transporte ocorrerá até unidades de triagem, tratamento ou disposição final, utilizando veículos e procedimentos adequados. Na etapa de triagem ou segregação, os materiais são separados de acordo com suas características (recicláveis, orgânicos, rejeitos), visando seu reaproveitamento ou tratamento específico.

O tratamento abrange processos físicos, químicos ou biológicos destinados a reduzir o volume, a periculosidade ou a conferir novos usos aos resíduos, como reciclagem, compostagem ou incineração controlada.

Por fim, os materiais que não podem ser recuperados ou tratados são encaminhados à disposição final ambientalmente adequada, predominantemente em aterros sanitários.

4 METODOLOGIA

O trabalho trata-se de um estudo de revisão bibliográfica, com abordagem qualitativa e de caráter exploratório, visando compreender os impactos ambientais e sociais da gestão de resíduos sólidos em Tabatinga-AM. Classifica-se como uma pesquisa aplicada, a fim de propor soluções sustentáveis e adaptadas à realidade local. Para isso, iniciou-se com estudo das normativas e registros audiovisuais. Essas informações estão no perfil institucional da prefeitura no Instagram, onde são divulgadas ações de limpeza urbana, campanhas educativas e parcerias interinstitucionais voltadas à gestão dos resíduos sólidos.

4.1. Caracterização da área de estudo

O município de Tabatinga localiza-se no extremo oeste do Estado do Amazonas, região Norte do Brasil, em uma posição estratégica por situar-se na tríplice fronteira entre Colômbia e Peru. Está às margens esquerda do rio Solimões, pertencendo à mesorregião do Sudeste Amazonense e à direita da microrregião do Alto Solimões (Figura 1, 2 e 3). Localiza-se na latitude de 4° 15' 11" S e longitude 69° 56' 17" O, segundo o meridiano de Greenwich.

Possui uma área territorial de aproximadamente 3.260km^2 . Segundo o IBGE, a população de Tabatinga foi de 66.764 habitantes em 2022, com estimativa de 72.283 habitantes para 2024. A densidade demográfica registrada de 2022 foi de 20,48 hab./ km^2 .

Tabatinga teve origem a partir da povoação de São Francisco Xavier, fundada no século XVIII por Fernando da Costa Ataíde Teive, com objetivo de estabelecer um posto de guarda de fronteira entre os domínios de Portugal e da Espanha. Outros postos militares foram fundados posteriormente, como Vila Ipiranga e Vila Bittencourt.

A palavra “Tabatinga” tem origem Tupi e significa “argila branca”. A emancipação política do município ocorreu em 10 de dezembro de 1981, sendo oficialmente instalado em 1º de janeiro de 1983.

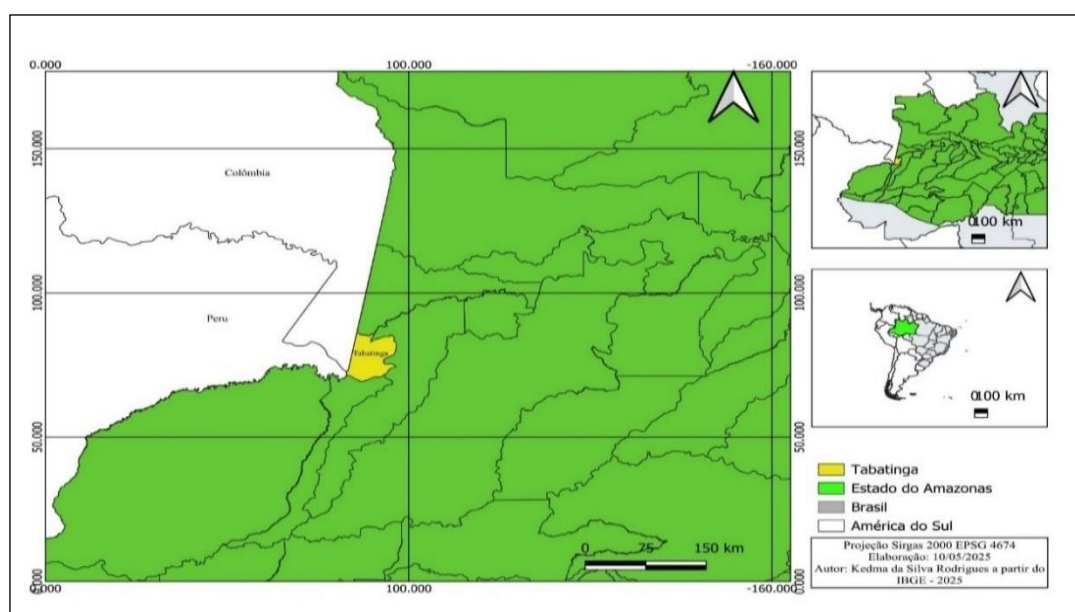


Figura 1 — Localização do município TBT-AM
Fonte: Autora a partir do Qgis (2025), com base no IBGE

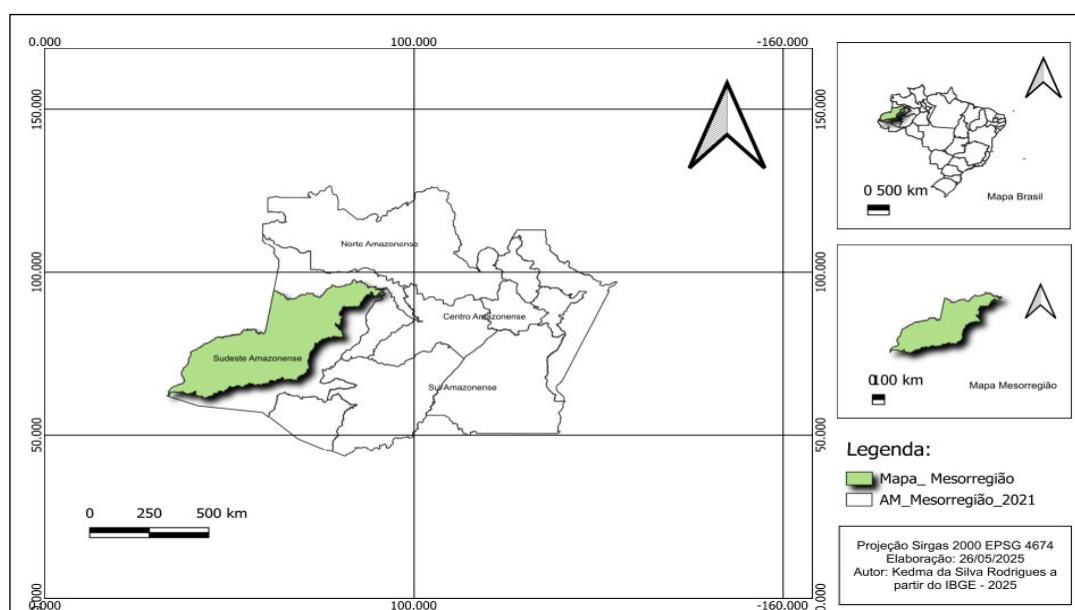


Figura 2 — Mesorregião do município de TBT-AM
 Fonte: Autora a partir do Qgis (2025), com base no IBGE

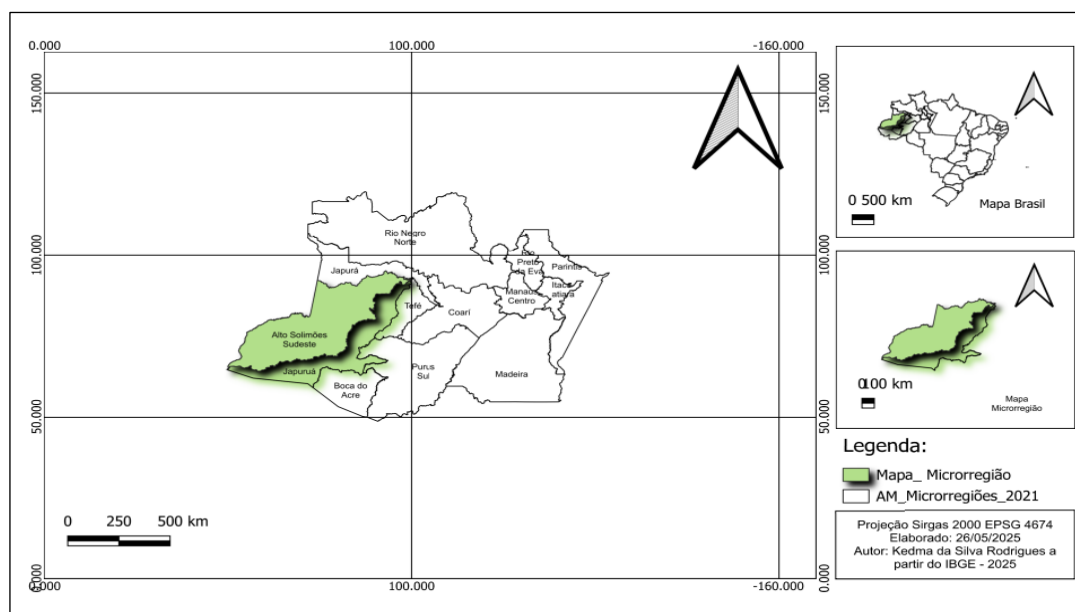


Figura 3 — Microrregião do município TBT-AM
 Fonte: Autora a partir do Qgis (2025), com base no IBGE

O clima predominante é equatorial, com temperaturas médias anuais variando entre 26 e 28 °C, e elevado índice pluviométrico concentrado entre os meses de maio e dezembro. A vegetação é composta por floresta tropical densa, incluindo formações de mata de igapó, várzea e terra firme. O relevo é predominante plano, fator relevante para o planejamento territorial. O solo é classificado como Plintossolos háplico distrófico, caracterizado por baixa permeabilidade.

A hidrologia é dominada pelo rio Solimões, que desempenha papel crucial no abastecimento hídrico, no transporte e nas atividades econômicas. Esses desafios específicos à gestão de resíduos sólidos no município, sobretudo em relação à ocupação do solo e à preservação dos corpos hídricos. Segundo a Resolução CONAMA nº 404, de 11 de novembro de 2008, as diretrizes ambientais reforçam a importância da conservação dos ecossistemas amazônicos sensíveis, incentivando o uso sustentável dos recursos naturais e a proteção das Áreas de Preservação Permanente (APPs).

Do ponto de vista econômico, Tabatinga possui uma fonte comercial diversificada, com destaque para o comércio local e as atividades de integração transfronteiriça com Colômbia e Peru. O município constitui importante polo comercial regional, especialmente para produtos agrícolas, artesanatos e bens de consumo. Destaca-se ainda a Área de Livre Comércio de

Tabatinga (ALCT), iniciativa voltada ao desenvolvimento econômico por meio de incentivos fiscais, promovendo o comércio e a integração regional. Segundo dados do IBGE (2021), o PIB per capita de Tabatinga foi de R\$ 11.065,89. O município apresentou alta dependência de receitas externas (91,41%) e ocupou a 47ª posição entre os 62 municípios do Amazonas quanto à execução orçamentária.

4.2 Índice Desenvolvimento Humano

Segundo o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD; IPEA; FJP, 2010), com base em dados do Censo de 2010, Tabatinga-Am registrou um IDHM de 0,616, classificado como desenvolvimento humano municipal. O índice é composto pelas dimensões de: renda (0,602), educação (0,505) e longevidade (0,769). A Figura 4 apresenta graficamente esses resultados, permitindo visualizar as diferenças entre as dimensões analisadas. Observa-se que a educação se manteve como o componente mais deficitário, enquanto a longevidade obteve o maior desempenho. Esses valores reforçam que, embora Tabatinga apresente avanços, ainda enfrenta limitações estruturais, sobretudo no setor educacional, comprometendo o desenvolvimento humano pleno da população local.

Ressalta-se, contudo, que estes dados são referentes a 2010, pois não há atualização municipal posterior disponível. Isso evidencia uma lacuna nas estatísticas brasileiras, que limita a análise da realidade atual. Em contrapartida, o relatório global do PNUD (2021/2022) aponta que, internacionalmente, os avanços no IDH têm sofrido estagnação desde 2020, por conta da pandemia de COVID-19, crises climáticas e aumento de desigualdades. Esse panorama reforça a necessidade de atualizações regionais de dados e a adoção de estratégias locais voltadas ao desenvolvimento humano.

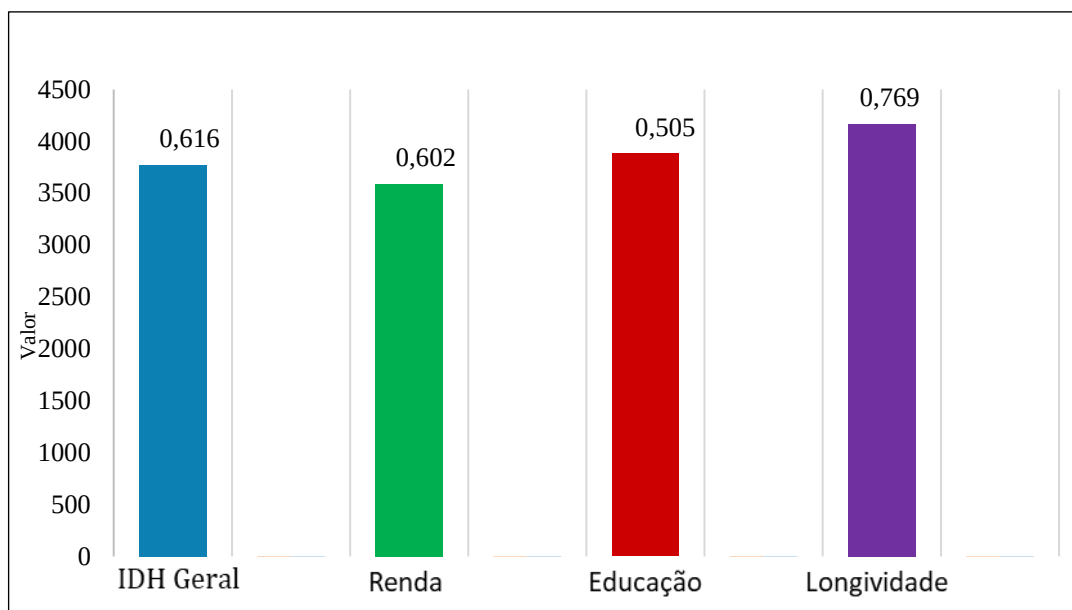


Figura 4 — Dados IDH município de TBT-AM
 Fonte: Autora a partir do AthasBR, (2010)

4.3 Modelagem técnica simulada

Para a modelagem, foi utilizada a ABNT NBR nº 13.896/1997 — que estabelece diretrizes para projeto de aterros sanitários, e ferramentas computacionais para o dimensionamento hipotético de sistema de disposição final. Qgis foi utilizado para georreferenciamento de análise espacial; AutoCAD para representação por desenho técnico e Excel para estimativas de volume e áreas do aterro sanitário, projeção populacional e dimensionamento de lagoas.

Para estimar a população futura do município de Tabatinga-AM, foram utilizados dois métodos matemáticos: aritmético e geométrico, com base nos dados dos três últimos censos.

$$K = \frac{p_i - p_{i-1}}{t_2 - t_1}$$

No método geométrico, utilizou-se a fórmula:

$$Kg = \frac{\ln p_2 - \ln p_1}{t_2 - t_1}$$

4.4 Proposição de soluções

Houve o desenvolvimento de diretrizes para um modelo integrado de gestão de resíduos, incluindo a simulação de implantação de um aterro sanitário ambientalmente adequado, o

projeto conceitual de usinas de triagem e compostagem, estratégias para inclusão social de catadores e um programa de educação ambiental adaptado à região.

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

No diagnóstico atual, constatou-se que 100% dos resíduos sólidos urbanos (69,5 t/dia) ainda são destinados a lixões a céu aberto, em total descumprimento com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e com a Resolução CONAMA nº 404, de 11 de novembro de 2008. O município de Tabatinga-AM não dispõe de aterro sanitário licenciado, plano de gestão estruturado ou coleta seletiva implantada, evidenciando a precariedade do sistema e agravando os riscos sanitários e ambientais. Essa situação persiste na maioria dos municípios do Amazonas, marcada por elevada prevalência de lixões a céu aberto (Figura 5).

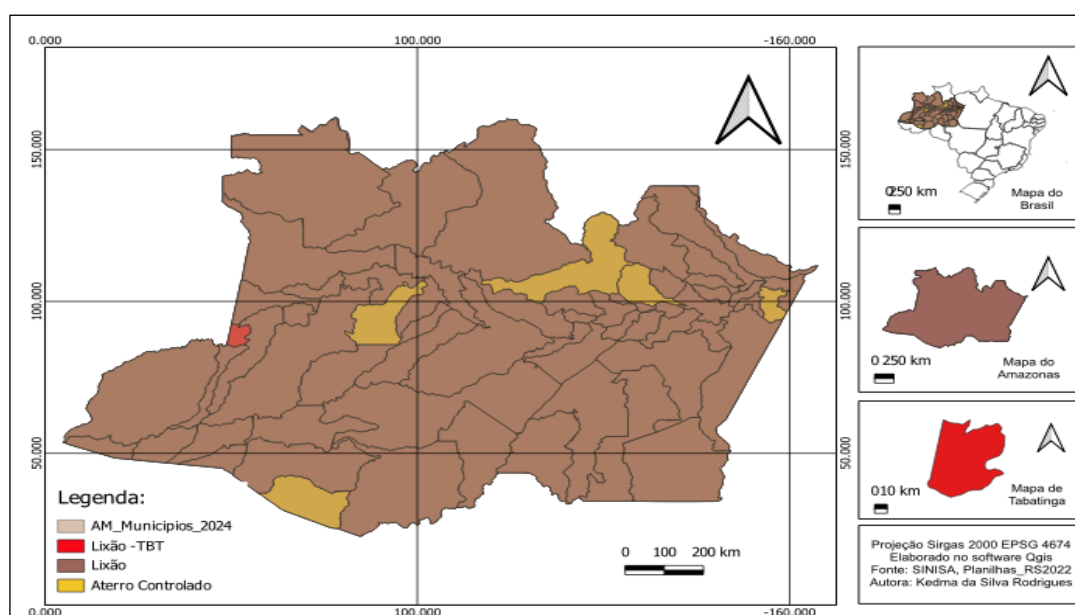


Figura 5 — Mapa de RSU do estado do Amazonas, com destaque o município de TBT-AM

Fonte: Autora a partir do Qgis (2025), com base no IBGE e SINISA

A atual situação crítica do manejo inadequado dos resíduos sólidos no referido município provoca impactos ambientais diretos, afetando a qualidade de vida da população — especialmente das comunidades que vivem em áreas periféricas e às margens do rio Solimões. O problema se intensifica com o aporte de resíduos provenientes do Peru e da Colômbia, agravando ainda mais o cenário e favorecendo a disseminação de enfermidades como diarreia,

dengue, febre tifoide, malária, cólera, leptospirose, entre outras. Essas irregularidades são demonstradas nas Figuras 7 a 11.

Conforme a Resolução do CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986, impacto ambiental é qualquer alteração no meio ambiente decorrente de ações antrópicas que afetam, direta ou indiretamente, a saúde, o bem-estar da população ou os recursos naturais.



Figura 6 — Irregularidades de resíduos sólidos
Fonte: Prefeitura Municipal de Tabatinga-AM



Figura 7 — Coleta de resíduos sólidos
Fonte: Prefeitura Municipal de Tabatinga-AM



Figura 8 — Lixo as margens do rio Solimões
Fonte: Prefeitura Municipal de Tabatinga-AM



Figura 9 — Lixo na rede drenagem
Fonte: Prefeitura Municipal de Tabatinga-AM



Figura 10 — Desobstrução da rede drenagem
Fonte: Prefeitura Municipal de Tabatinga-AM



Figura 11 — Lixo nos igarapés
Fonte: Prefeitura Municipal de Tabatinga-AM

De acordo com o Instituto Trata Brasil (2025), no estado do Amazonas, a incidência de internações por doenças de veiculação hídrica em 2023 foi de 15,96 por mil habitantes, enquanto a taxa de óbitos foi de 0,49% a cada 10 mil habitantes. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), a taxa de mortalidade infantil em Tabatinga é de 20,22 por mil nascidos vivos, e enquanto as internações por diarreia chegam a 13,8 por 1.000 habitantes. (Figura 12), confirmando a correlação entre a falta de saneamento básico e maior incidência de doenças de veiculação hídrica, conforme discutido por Aquino et al. (2022).

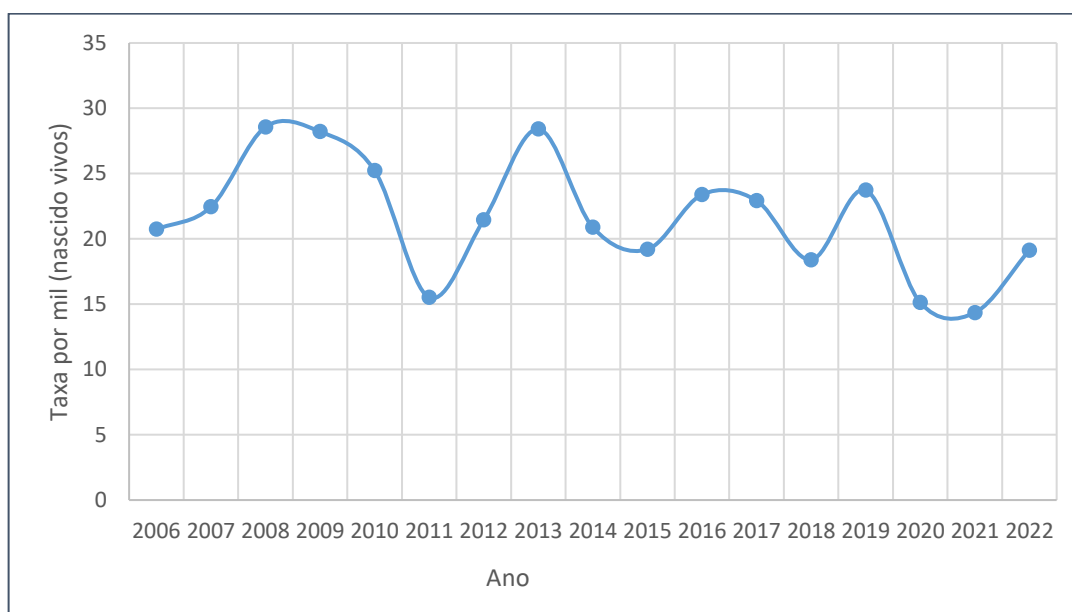


Figura 12 — Evolução da taxa de mortalidade infantil no município de TBT-AM
Fonte: Autora a partir do IBGE, (2025)

Apesar dos esforços da prefeitura, a gestão dos resíduos sólidos urbanos em Tabatinga-AM ainda apresenta fragilidades no cumprimento das diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010). A coleta é realizada regularmente no âmbito domiciliar e comercial, além de ações emergenciais pontuais. São 21 rotas e aproximadamente 19 bairros da cidade (Figura 13), com frequências de duas a três vezes por semana e aos sábados, diferenciando as rotas, sem especificar os bairros. No entanto, essas medidas permanecem paliativas e onerosas, sem estrutura de tratamento ou destinação apropriada, perpetuando a precariedade do sistema e a vulnerabilidade socioambiental do município.

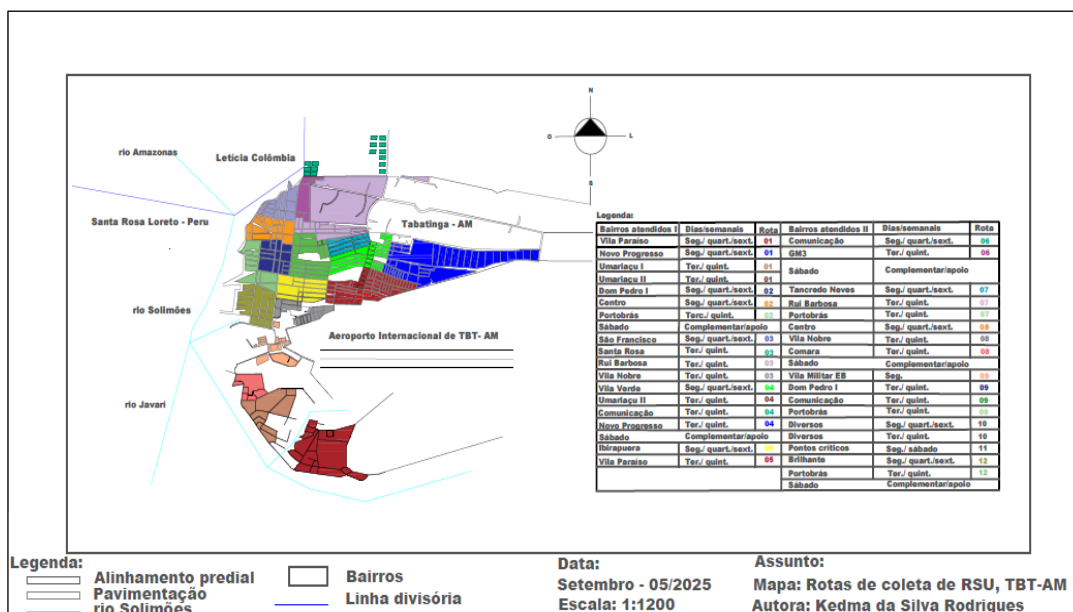


Figura 13 — Mapa dos bairros urbanos do município de TBT-AM
 Fonte: Elaborado no AutoCAD pela autora, com base no Portal Tabatinga-AM (2025)

O estado do Amazonas ainda não cumpre integralmente as diretrizes estabelecidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). O município de Tabatinga integra esse contexto crítico em razão da ausência de infraestrutura adequada para o tratamento e a disposição final do lixo urbano. Segundo a Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA, 2025), a Justiça Federal determinou multa diária de R\$ 5.000,00 ao município por descumprir sentença que obriga a adoção de medidas de regularização no lixão da cidade (Figura 14).

A decisão decorre do não cumprimento da Ação Civil Pública nº 7994-68.2010.4.01.3200, que foi removida pelo Ministério Público Federal (MPF). Em 2013, a Justiça Federal determinou que o município de Tabatinga adotasse uma série de medidas essenciais para a gestão adequada do lixão. Essas medidas incluíam o cercamento do perímetro do lixão com a instalação de um portão e guarita, o controle de resíduos e a escavação de valas respeitando o lençol freático, o aterramento de resíduos a céu aberto e a manutenção de valas específicas, a contenção de águas pluviais e a prevenção da queima de resíduos, além da implementação de um programa de educação ambiental e a elaboração de um plano de manejo e aves.

Apesar da prefeitura municipal ter representado documentos e imagens das obras em andamento, o Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM) identificou várias irregularidades. Entre as principais falhas estão a falta de infraestrutura adequada no lixão, que inclui a ausência de controle de entrada e saída de caminhões, drenagem de chorume e triagem

de resíduos. Além disso, foi constatada a presença de catadores, incluindo crianças, manuseando lixo sem qualquer proteção. Outro ponto crítico é o risco de colisão de aves com aeronaves, devido à proximidade do lixão com os aeroportos de Tabatinga e Letícia. Por fim, também foi notada a ausência de medidas para escavação de valas, controle de resíduos e contenção de águas pluviais.



Figura 14 — Lixão do município de TBT-AM

Fonte: ABREMA, 2025

Diante desse cenário crítico, a simulação técnica de um projeto ambientalmente adequado surge como medida prioritária para o município. A proposta visa à erradicação do lixão. (Figura 15) e mitigação dos impactos socioambientais, que hoje afetam a qualidade de vida da população Tabatinguense. A área para o futuro aterro sanitário foi definida conforme os critérios técnicos e legais.

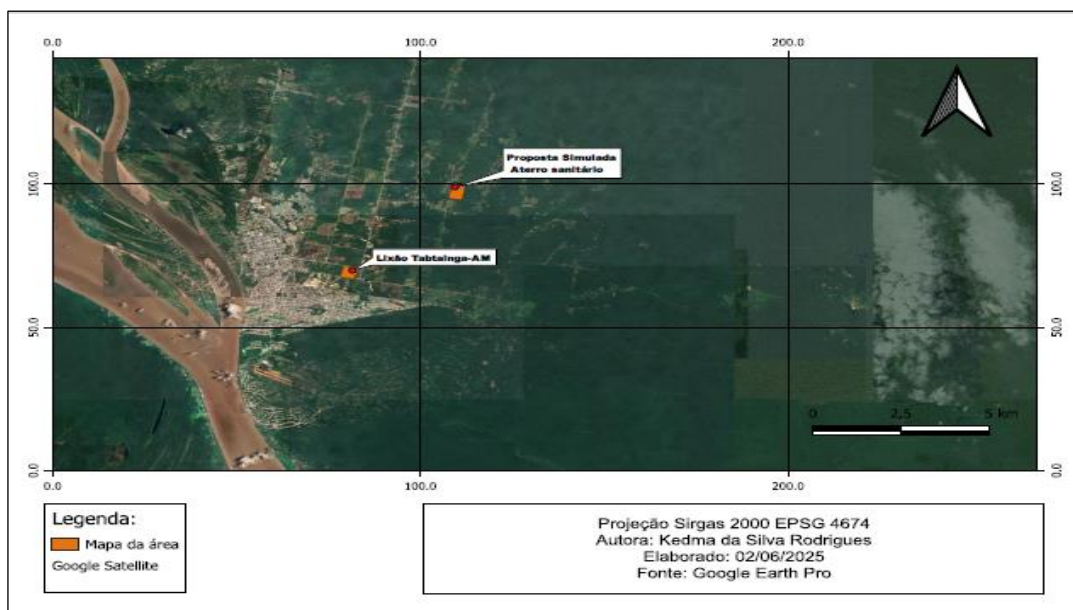


Figura 15 — Área selecionada simulada para aterro sanitário
Fonte: Google Earth Pro (2025)

Em um projeto real, esta proposta exigiria estudos complementares: zoneamento, EIA/RIMA, licenciamento ambiental, exigidos pela Política Nacional do Meio Ambiente.

A projeção de geração de resíduos sólidos urbanos no município de Tabatinga-AM, considerando a vida útil de 20 anos do aterro sanitário, resultou em aproximadamente $578.430m^3$, incluindo 20% de material para cobertura. O cálculo baseou-se nos dados do SINISA (2024) e na projeção populacional geométrica elaborada a partir dos três últimos censos do IBGE (consulta em 2025). O método geométrico foi utilizado por refletir de forma mais adequada o crescimento exponencial da população ao longo do tempo.

Estima-se que a população futura, em 2044, alcance 173.283 habitantes (Anexo A). Esses resultados evidenciam um crescimento expressivo da demanda por disposição final ambientalmente adequada.

A projeção obtida, representada na Figura 16, serviu como base para o dimensionamento do aterro sanitário, garantindo que a infraestrutura proposta esteja adequada ao crescimento populacional do município.

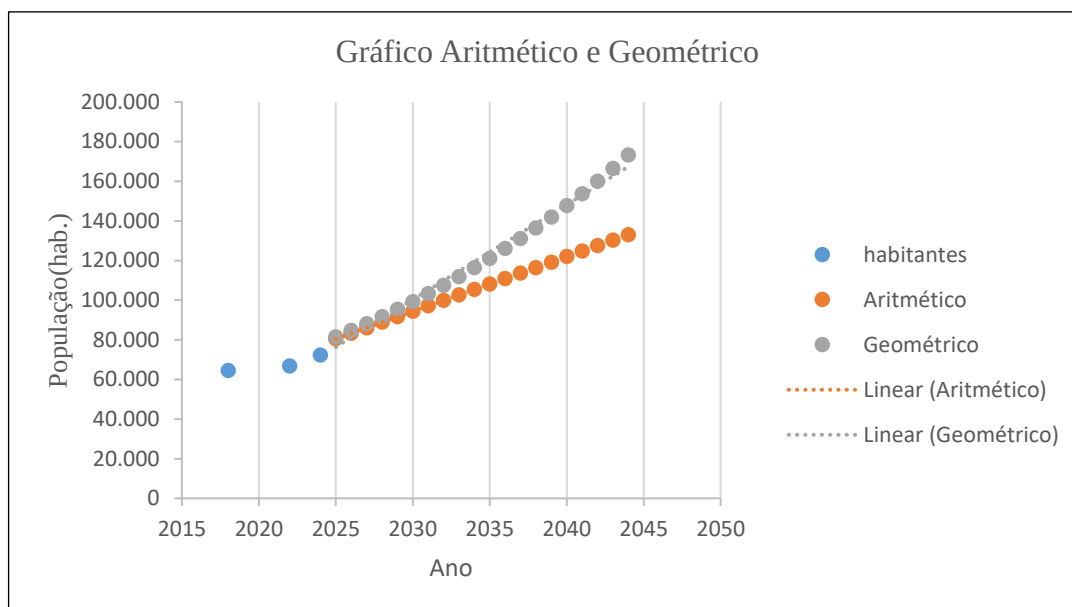


Figura 16 — Projeção populacional de TBT-AM (2018 – 2044)

Fonte: Autora com base dados IBGE, 2022

Para o projeto do aterro sanitário simulado, a escolha foi do método construtivo tipo trincheira, definido com base nas diretrizes técnicas estabelecidas pela ABNT NBR 13.896/1997 e na Resolução CONAMA nº 404/2008, que regulamentam a implantação de aterros sanitários de pequeno porte. A área simulada foi selecionada com base em critérios ambientais e técnicos, como:

- O uso do solo fora de qualquer unidade de conservação ambiental;
- Distância segura (mínima de 200 a 500 metros) da zona urbana e de corpos hídricos;
- É necessário que solo do terreno selecionado tenha uma boa impermeabilidade natural, com vistas a reduzir as possibilidades de contaminação do aquífero. A área selecionada deve ter características argilosas ou silte-argilosas, jamais arenosas;
- A área tem que ser longe de aeroportos;
- A distância mínima para aterro sanitário, com fundo impermeabilizado, não poderá ser < 5 m de solo insaturado entre o lençol freático e a membrana;
- A vida útil tem que ser ≥ 15 anos;
- A topografia, com declividade entre 1 a 30%.
- Acessibilidade por vias em boas condições de tráfego todo o ano, inclusive em períodos chuvosos.

Para a simulação da área do projeto, a escolha foi realizada com um levantamento com o Sistema Geológico do Brasil — CPRM, (2025), selecionado o perfil de um poço tubular na Comunidade de Belém do Solimões. Figura 17.

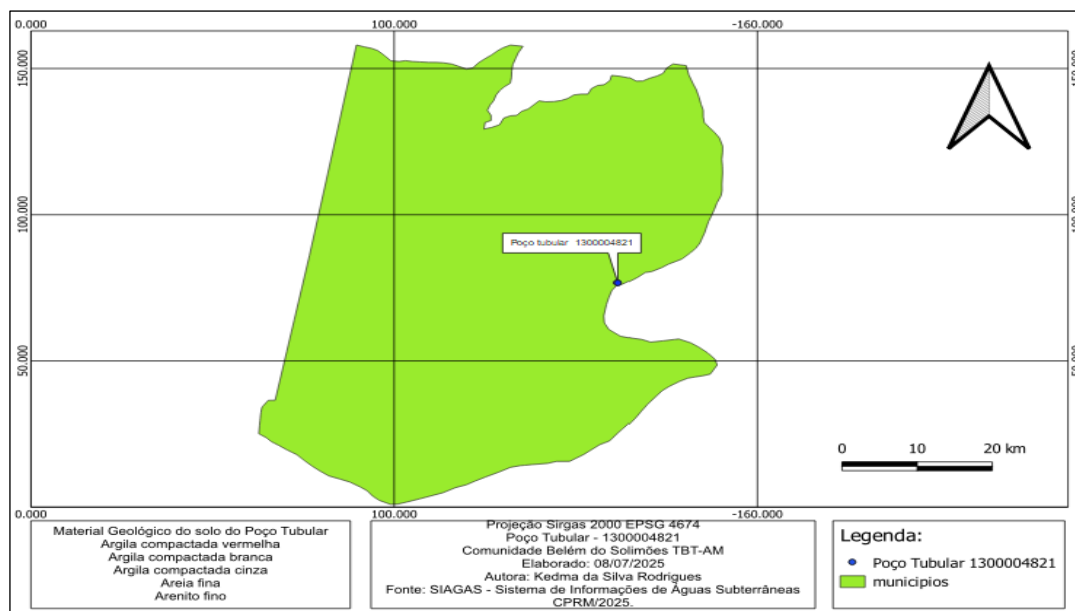


Figura 17 — Ponto do poço tubular Comunidade Belém do Solimões, TBT-AM
Fonte: Autora a partir com base, SGB, (2025)

A partir desse ponto, foram analisadas camadas do subsolo quanto ao perfil geológico ao longo da profundidade. Os dados indicam a predominância de camadas argilosas com baixa permeabilidade, favoráveis à contenção de percolados, mas também revelam a presença de camadas de arenito e areia fina, que não atendem aos critérios estabelecidos pela Resolução CONAMA 404/2008. Para propor o aterro sanitário ambientalmente adequado, é necessário um estudo geotécnico específico na área escolhida, a fim de verificar as condições reais do solo e do lençol freático.

Vale ressaltar que essas variações de perfil não representam todo o território, sendo que a proposta técnica simulada é fundamentada na ABNT NBR 13.896/1997, que permite a complementação de barreiras artificiais seguras de risco de contaminação dos recursos naturais. Esses dados de perfil geológico verificado no ponto do poço tubular nº 1300004821 estão apresentados na Tabela 1. Os parâmetros se encontram no Anexo S.

Tabela 1 — Perfil geológico do poço tubular Belém do Solimões, TBT-AM

Camada (m)	Litologia	Descrição litológica	Permeabilidade esperada (K)
0–2	Argila	Argila compacta vermelha	Muito baixa (10^{-8} a 10^{-11} m/s)
2–7	Argila	Argila compacta branca	Muito baixa (10^{-8} a 10^{-11} m/s)
7–11	Argila	Argila cinza compacta	Muito baixa (10^{-8} a 10^{-11} m/s)
11–19	Areia fina	Areia fina ferruginosa	Média (10^{-4} a 10^{-5} m/s)
19–40	Arenito fino	Arenito fino	Média a alta (10^{-5} a 10^{-3} m/s)
40–46	Argila	Argila compacta cinza	Muito baixa (10^{-8} a 10^{-11} m/s)

Fonte: Autora com base SGB – CPRM, (2025)

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos — SiBCS (EMBRAPA, 2018), os Plintossolos apresentam, drenagem deficiente e baixa permeabilidade, o que limitando seu uso para diversas finalidades, mas podem ser explorados com fator favorável ao confinamento de líquidos percolados, desde que avaliadas as condições de saturação e profundidade do lençol freático. (Figura 18).

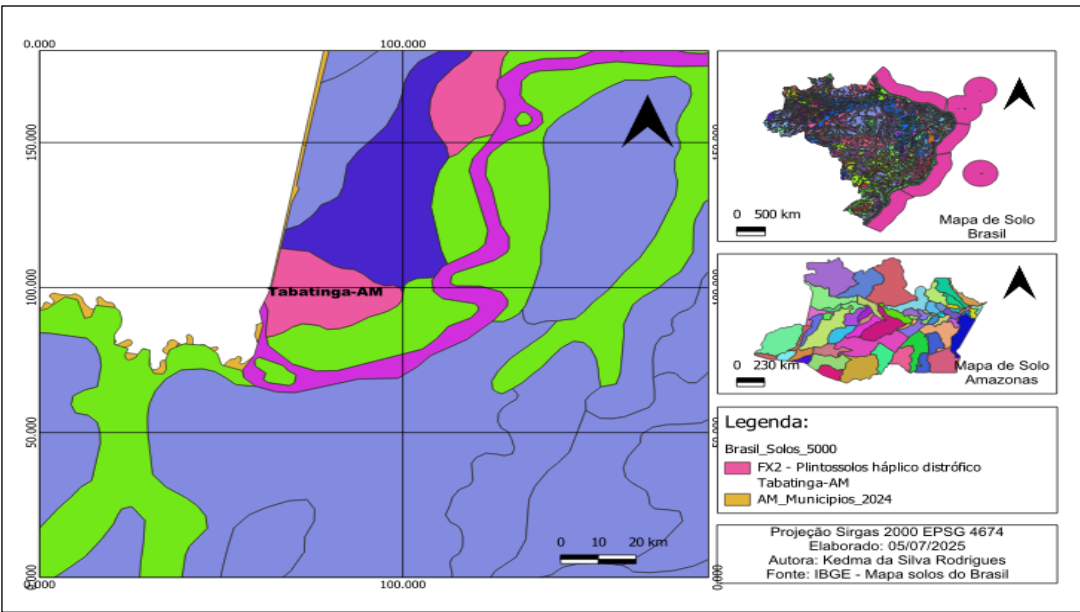


Figura 18 — Mapa de solo do município de TBT-AM

Fonte: Autora a partir com base, IBGE (2020)

E a construção de um aterro sanitário exigirá rigor técnico e ambiental para garantir que os resíduos sejam dispostos de forma segura e sustentável, e a escolha foi pelo método de trincheira de valas. Figura 19.

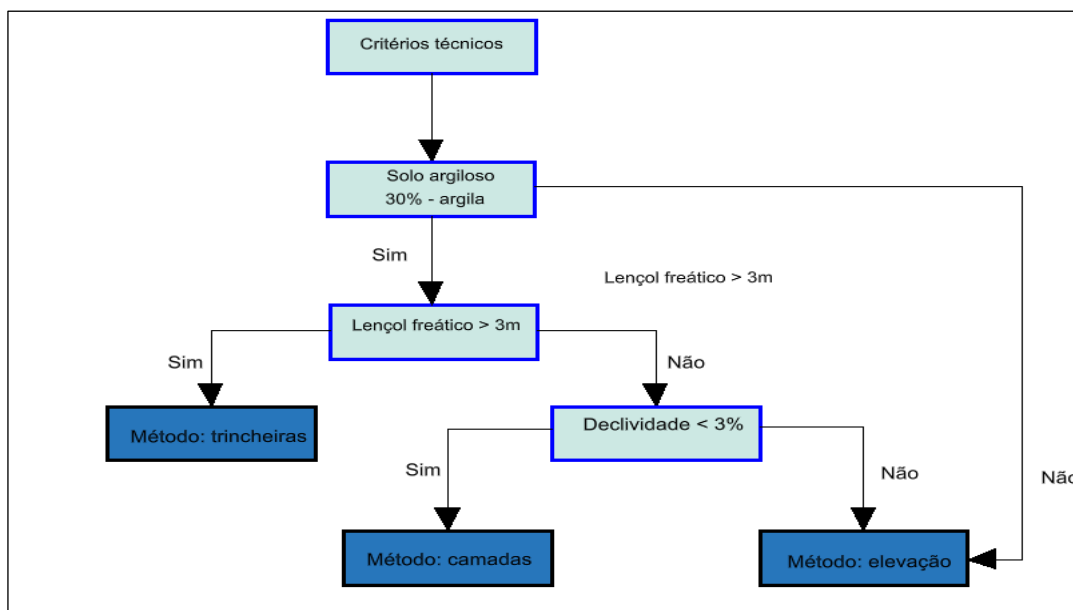


Figura 19 — Fluxograma do método de trincheira
 Fonte: Autora a partir do AutoCAD, (2025)

O método construtivo de trincheira é um projeto por escavação no solo, onde os rejeitos serão depositados. A profundidade do lençol freático seja superior à área da trincheira. O projeto construído tem que obedecer ao princípio da norma ABNT NBR 13.896/1997 e o CONAMA 430/2011.

- O solo tem que ser > 30%;
- Baixa permeabilidade $k \leq 10^{-6} \text{ cm/s}$;
- Lençol freático > 3 m;
- Declividade suave < 3 %.

A planta baixa (Figura 20) da frente de operação apresenta a geometria da trincheira proposta, com dimensões de 340,13 m × 340,13 m, altura de 5,00 m e volume calculado de 578.430,00 m³. A inclinação do talude foi determinada em 26,56°, com base projetada de 10,00 m e face inclinada de 11,18 m, garantindo estabilidade estrutural. A cobertura superior inclui camada de solo e vegetação estabilizante.

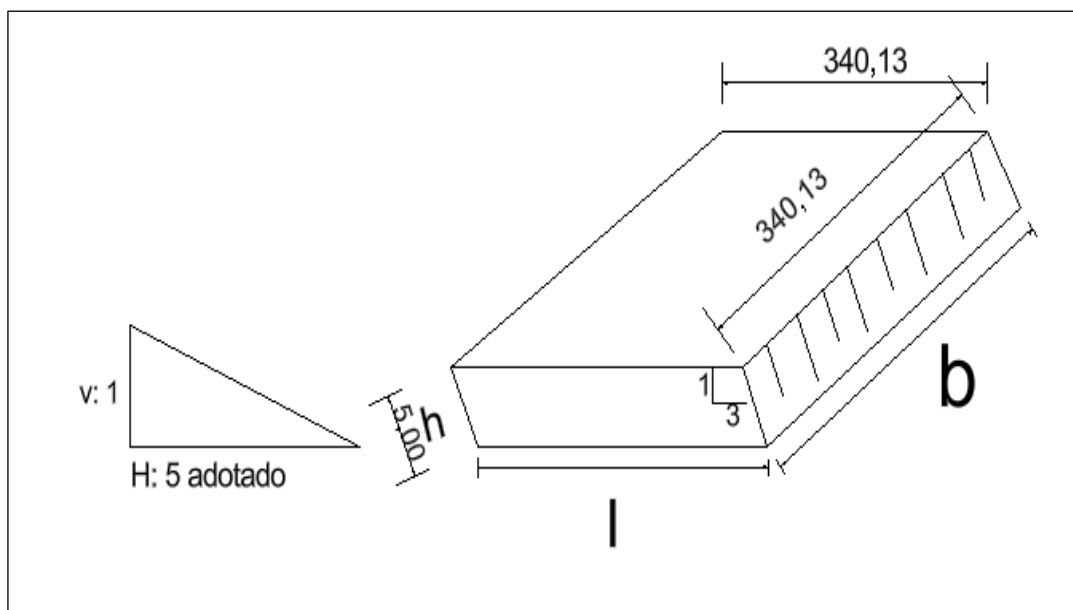


Figura 20 — Planta baixa da trincheira da frente de operação do aterro sanitário
 Fonte: Autora a partir do AutoCAD, (2025)

O modelo estrutural tridimensional (Figura 21) demonstra a simulação da trincheira sanitária, projetada para o município de Tabatinga-AM, destacando os principais sistemas construtivos. A infraestrutura de base é composta por: solo impermeável natural ou compactado, manta geomembrana (PEAD), geocomposto bentonítico (GCL) e geotêxtil de proteção (Bindim), mecânica. Os sistemas de drenagem incluem canaletas de gases interligados com o dreno de lixiviado (chorume) e as águas pluviais são direcionadas para as lagoas de tratamento preliminar.

No corpo do aterro, os resíduos são dispostos em camadas, compactados mecanicamente e recobertos diariamente por solo. Para o controle ambiental, foram previstos poços de monitoramento de águas subterrâneas e chaminés com biofiltros para liberação controlada de gases. Além disso, a vegetação ajuda a estabilizar o solo e a prevenir a erosão. A realização de estudos de solo e a implementação de medidas de controle são cruciais para garantir a segurança e a estabilidade do aterro a longo prazo.

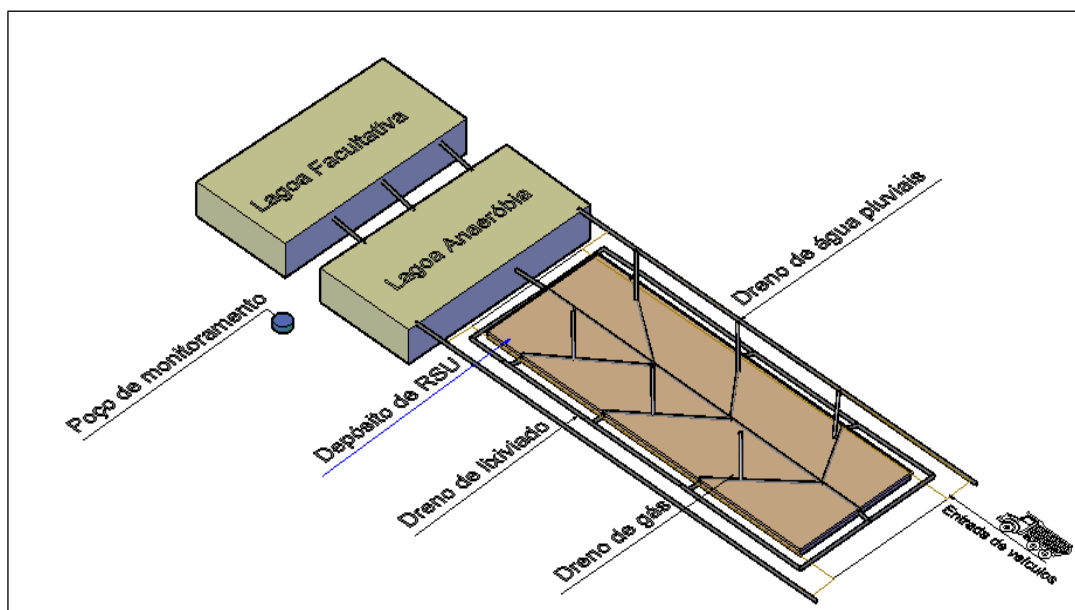


Figura 21 — Modelo tridimensional da trincheira sanitária
 Fonte: Autora a partir do AutoCAD, (2025)

Perante esta situação da urgência sanitária diagnosticada — com disposição final dos resíduos 100% inadequada — e do crescimento populacional acelerado, o modelo teórico proposto dimensiona a infraestrutura para o município de Tabatinga-AM com base em três fundamentos integrados: projeção demográfica realizada pelo método geométrico (IBGE, 2022), diretrizes técnicas estabelecidas na ABNT NBR nº 13.896/1997 e na Resolução do CONAMA, 404/2008 além da análise das condições locais, como características do solo, clima e disponibilidade hídrica. O objetivo central é subsidiar políticas públicas futuras com base em evidências técnicas, sem propor soluções genéricas ou descontextualizadas.

Para o dimensionamento do aterro sanitário e das lagoas de tratamento, considerou os cálculos de aterro, sendo eles o dimensionamento de frente de operação, volume de áreas, vazão média de lixiviado — método suíço, dimensionamento do Sistema de Lagoas de Estabilização — lagoa anaeróbia e lagoa facultativa. (Tabelas 2, 3 e 4).

Tabela 2 — Dados do dimensionamento técnico do aterro sanitário

Parâmetros	Valor	Unidade
População - 2044	173.168,22	Habitantes
Volume total de RS	578.430,00	m ³
Altura média da célula	5	m
Acumulados	20%	anos
Área administração Aa	46.274,40	m ²
Área total At	161.686,40	m ²
Frente de operação	115.686,00	m ²
Lado da célula (I = b)	340,13	m
Vazão de lixiviado Q _{méd.}	0,279	m ³ /dia
Vazão final Q _{ef.}	24,08	L/s
Precipitação média (P _{méd.} /ano)	3.517,52	mm/ano

Fonte: Autora, com base na IBGE

Tabela 3 – Dados do dimensionamento técnico da lagoa anaeróbia

Cálculo	Valor	Unidade
$(279 \times 10.000)/1000$	2.790,00	KgDBO/dia
[Varia de 0,1 a 0,35]	0,2	KgDBO5/m ³ /dia
adotado	13.950,00	m ³
$2.790,00/0,2$	5	TDH - Dias
$13.950,00/2.790,00$	4,5	m
[Varia de 3 a 5] adotado	3.100,00	m ²
$13.950,00/4,5$		

Fonte: Autora, com base no IBGE

Considerando as características do lixiviado e a necessidade de tratamento preliminar eficiente, o sistema de tratamento proposto foi o método australiano ou Lagoa Anaeróbia-Facultativa.

Lagoa Anaeróbia é responsável pela fase primária, atuando na remoção de elevada carga orgânica através da digestão anaeróbia. Nessa fase, o efluente permanece em ambiente sem oxigênio, promovendo a decomposição da matéria orgânica, com geração de biogás e formação de lodo.

Na lagoa facultativa, efluente parcialmente tratado promove remoção complementar da carga orgânica. Nesta lagoa ocorrem zonas aeróbias (superficial), anaeróbias (fundo) e facultativas (transição), favorecendo diversos processos biológicos, que contribuem para a estabilização final do efluente.

Esse sistema é recomendado para climas tropicais e cargas orgânicas elevadas, conforme diretrizes da ABNT NBR 12.209/2011. Com base na carga afluyente de DBO₅ de 10.000 mg/L e na taxa de aplicação de 0,2 kg DBO₅/m³. dia. Foram definidos o volume requerido, o tempo de detenção hidráulica (TDH), a profundidade operacional e a área útil da lagoa.

Tabela 4 — Dados dimensionamento técnico da lagoa facultativa

Cálculo	Valor	Unidade
$(100-60)/100 \times (279)$	111,60	KgDBO/dia
$350 \times (1,107 - 0,002 \times 20)^{(20-25)}$	253,07	KgDBO5/ha. dia
$111,60/253,07 \times 10^4$	4.409,84	m ²
[Varia de 1,5 a 2]	2	m
$90,08 \times 43,04 \times 2$	7.754,09	m ³
$7.754,09/27,90$	28	TDH - dias

Fonte: Autora, com base no IBGE

Com base em uma eficiência de remoção da lagoa anaeróbia de 60%, obteve-se uma carga afluyente de DBO₅ de 111,60 kg/dia. Considerando uma taxa de aplicação superficial de 253,07 kgDBO₅/ha.dia, foram definidos os parâmetros operacionais, como área requerida, profundidade média e tempo de detenção hidráulica (TDH). Todas as fórmulas de cálculos, as representações dos dimensionamentos das lagoas, estão organizadas nos Anexos (A, P).

A partir disso, a estrutura projetada para o aterro sanitário do município, que contempla também uma usina de triagem e uma unidade de compostagem, torna-se uma etapa fundamental para a otimização do sistema de gerenciamento de resíduos. Além de reduzir o volume de materiais destinados à disposição final, esse sistema de segregação contribui para a valorização dos resíduos recicláveis, possibilitando sua reinserção na cadeia produtiva e promovendo princípios da economia circular.

Essa iniciativa também se destaca pelo potencial de geração de emprego e renda, especialmente para catadores organizados em cooperativas, fortalecendo a inclusão social e econômica das populações vulneráveis. A seguir, apresenta-se uma proposta de segregação de resíduos adaptada à realidade de Tabatinga-AM, com a separação por tipo de material e respectivas destinações. Figura 22.

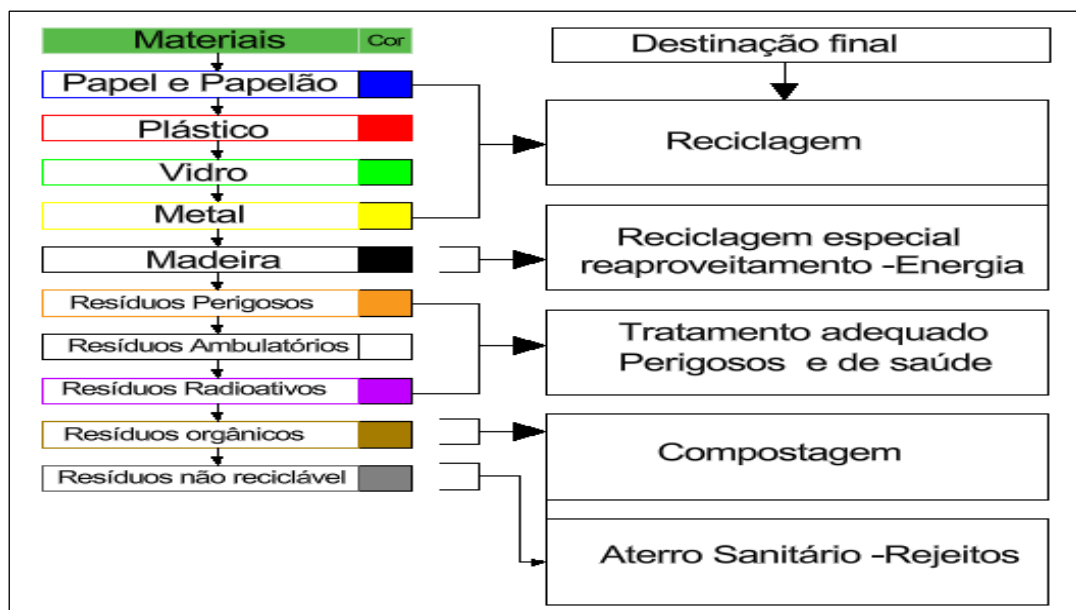


Figura 22– Proposta de coleta Seletiva para o município de TBT-AM
 Fonte: Autora a partir do AutoCAD, (2025)

A classificação dos resíduos por cores segue a Resolução CONAMA nº 275/2001, que estabelece o código de cores para a coleta em âmbito nacional, facilitando a identificação, a separação e a destinação adequada dos materiais recicláveis.

E também orienta a caracterização dos resíduos com base em análises físicas, químicas e biológicas, como densidade, umidade, matéria orgânica, presença de contaminantes e potencial de biodegradação. A compostagem representa uma das formas mais eficientes de reciclagem do aproveitamento da fração orgânica com a finalidade agrícola.

O processo de compostagem tem sido uma das principais formas de destinação eficaz dos resíduos orgânicos devido aos benefícios que apresenta. Um dos principais benefícios é a transformação dos resíduos em produto de valor agregado, representando solução ambiental e economicamente viável (COOPER et al., 2010).

Importante frisar que, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a compostagem é uma forma de destinação final ambientalmente adequada para os resíduos orgânicos (BRASIL, 2010), contribuindo para um desenvolvimento mais sustentáveis.

A compostagem é um processo controlado onde ocorre a decomposição aeróbia de material orgânico por microrganismos que obtêm nutrientes e energia, transformando compostos quimicamente mais simples (COOPER et al., 2010).

O resultado final da compostagem é um substrato de alto valor biológico agregado, podendo ser utilizado como condicionador de solos (PIRES; FERRÃO, 2017), com melhoria dos seguintes aspectos (VIDIGAL et al., 2015).

A implementação da coleta seletiva requer mais do que a simples separação dos resíduos: é necessário o envolvimento ativo da população e a atuação coordenada do poder público, especialmente com programas de educação ambiental contínua e participação social (ALMEIDA; RODRIGUES, 2021). Figura 23.

Como proposta, os Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) ou Ecopontos em Tabatinga-AM serão instalados em locais de maior geração de resíduos, como escolas, bares, restaurantes, feiras, praças e o terminal hidroviário. A separação dos materiais teria início na própria população, por meio do uso dos coletores coloridos e ações contínuas de educação ambiental. O manejo adequado seria complementado pelo apoio da prefeitura, com o serviço de coleta seletiva (caminhão específico) e posterior envio para a usina de triagem e compostagem prevista na proposta técnica simulada.

O fluxograma foi elaborado considerando o desenvolvimento socioambiental das regiões ribeirinhas e territórios indígenas, propondo uma estrutura adaptada ao acesso fluvial e às características dos resíduos presentes nas margens do rio e nos igarapés. A estratégia de coleta seletiva está conforme a (PNRS), priorizando pontos de coleta flutuantes, triagem embarcada e encaminhamento dos resíduos para usina de triagem.

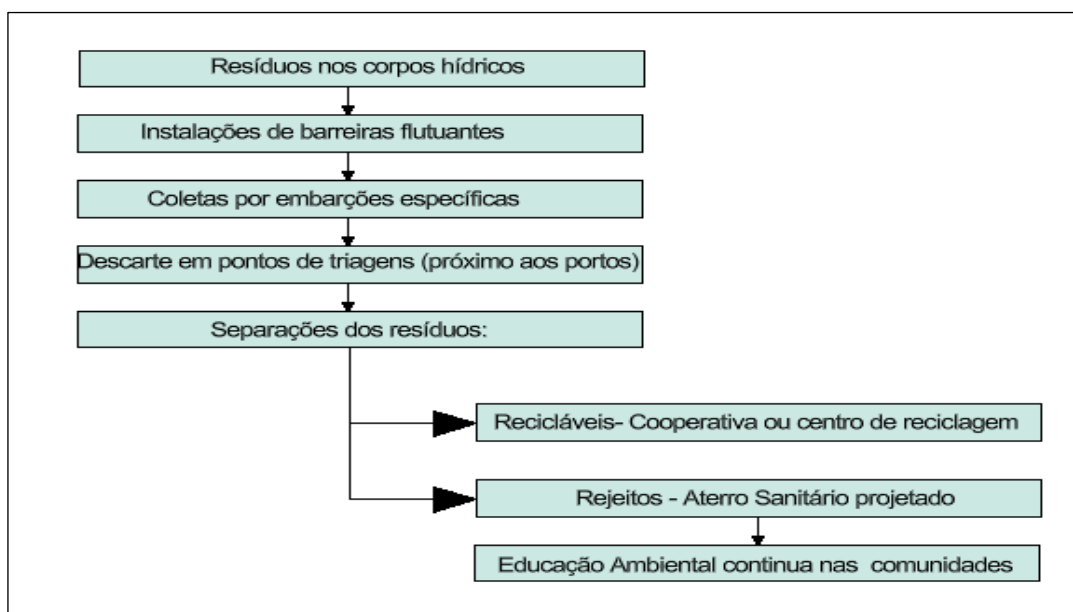


Figura 23 —Fluxograma operacional de coleta em corpos hídricos do município de TBT-AM
Fonte: Autora, a partir do AutoCAD, (2025)

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho propõe soluções integradas para a gestão de resíduos sólidos em Tabatinga-Amazonas, respeitando suas particularidades de região fronteiriça e socioambientais típicas dessa localização. Simulou um modelo teórico de aterro sanitário alinhado à ABNT NBR 13.896:1997 e CONAMA nº 404/2008, com a vida útil dos resíduos ao longo do período empreendimento. Além disso, o projeto contempla o monitoramento das águas subterrâneas por meio da instalação de poços de observação a montante e a jusante, para prevenir contaminações do lençol freático e liberação de gases controlada, garantindo a segurança ambiental da área.

Reconhecendo que a eficiência dos sistemas propostos depende também do engajamento da população, foram elaboradas diretrizes para a educação ambiental e a implantação da coleta seletiva, tanto no meio urbano quanto nos corpos hídricos. As estratégias, que incluem programas de educação ambiental, inclusão social, coleta seletiva, incluindo PEVs, cooperativas e barreiras flutuantes para resíduos nos rios, foram delineadas para engajar a população, protegendo especialmente o corpo hídrico.

As medidas viabilizadas por estudos técnicos baseados em dados do Sistema Nacional de Informações de Saneamento Básico (SINISA, 2024) atendem à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e promovem transformação socioambiental. Sua implementação exigirá: licenciamento ambiental (LP/LI e LO), estudos e viabilidade econômica, captação de recursos federais e estaduais, assim, o município poderá superar o desafio dos resíduos sólidos, tornando-se modelo de sustentabilidade na Amazônia fronteiriça.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, L. F.; CRUZ, I. A. S.; LOPES, G. T.; MANNARINO, C. F.; RITTER, E. Presença de poluentes de lixiviado no solo e águas subterrâneas em locais de disposição inadequada de resíduos sólidos no Brasil: revisão da literatura. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)*, v. 10, n. 1, p. 126-140, jul. 2022. DOI: 10.9771/gesta.v0i1.48325. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/48325>. Acesso em: 12 ago. 2025.

ALMEIDA, Hérica Silva de; RODRIGUES, Roberta Gomes. A importância da coleta seletiva e da educação ambiental para a sustentabilidade. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, v. 4, n. 8, p. 70–91, ago. 2021. ISSN 2448-0959. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/meio-ambiente/coleta-seletiva-e-educacao>. Acesso em: 25 jul. 2025.

AMAZONAS (Estado). Lei nº 7.049, de 03 de setembro de 2024. Disciplina a obrigatoriedade do gerenciamento adequado de resíduos sólidos gerados em eventos públicos, privados ou público-privados no Estado do Amazonas. *Diário Oficial do Estado do Amazonas: Poder Executivo*, Manaus, 03 set. 2024. Disponível em: https://legisla.imprensaoficial.am.gov.br/diario_am/12/2024/9/13653. Acesso em: 24 set. 2025.

AMAZONAS (Estado). Decreto nº 50.890, de 16 de dezembro de 2024. Regulamenta o artigo 31 da Lei Estadual nº 4.457/2017, institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS/AM) e define diretrizes para logística reversa no Estado do Amazonas. *Diário Oficial do Estado do Amazonas, Manaus*, de dez. 2024. Disponível em: https://legisla.imprensaoficial.am.gov.br/diario_am/41534/2024/12/14604. Acesso em: 26 set. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.980:1992 — Coleta de resíduos de serviços de saúde. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.896:1997 – Aterros sanitários – Diretrizes para projeto, implantação e operação: Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10.004:2024- Resíduos Sólidos – Classificação Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.209:2011 – Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE (ABREMA). Prefeitura de Tabatinga é multada por não cumprir sentença sobre lixo. 21 fev. 2025. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/2025/02/21/prefeitura-de-tabatinga-e-multada-por-nao-cumprir-sentenca-sobre-lixao/>. Acesso em: 29 set. 2025.

BRASIL. Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. [Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2010.](#)

BRASIL. Lei n.º 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. [Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2007.](#)

BRASIL. Lei n.º 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. [Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2020.](#)

BRASIL. Ministério das Cidades. Painel de Indicadores – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SINISA. Brasília: MCID, 2025. Disponível em: <https://indicadores-sinisa-2025.cidades.gov.br>. Acesso em: 23 jul. 2025.

BRASIL. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Diário Oficial da União: Seção 1*, Brasília, DF, 23 dez. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm. Acesso em: 16 set. 2025.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). *Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986*. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 fev. 1986. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=745.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 404, de 11 de novembro de 2008. Dispõe sobre critérios para elaboração de planos de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 12 nov. 2008. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=583>. Acesso em: 28 set. 2025.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). *Resolução nº 275, de 25 de abril de 2001*. Estabelece o código de cores para diferentes tipos de resíduos na coleta

seletiva. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 19 jun. 2001. Disponível em: <https://www2.mma.gov.br/port/conama/res01/res27501.html>. Acesso em: 28 set. 2025.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). *Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011*. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 2005. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 16 maio 2011. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res11/res43011.pdf>. Acesso em: 28 set. 2025.

COOPER, M.; ZANON, A. R.; REIA, M. Y.; MORATO, R. W. *Compostagem e reaproveitamento de resíduos orgânicos agroindustriais: teórico e prático*. Piracicaba: ESALQ-Divisão de Biblioteca, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Solos do Brasil*. Brasília, DF: Embrapa, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-solos-brasileiros/solos-do-brasil>. Acesso em: 05 jul. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Cidades e Estados: Tabatinga - AM*. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: <https://ibge.gov.br/cidades-e-estados/am/tabatinga.html>. Acesso em: 29 set. 2025.

INSTITUTO TRATA BRASIL. *Painel saneamento Brasil — Tabatinga/AM*. São Paulo, 2025. Disponível em: <https://www.painelsaneamento.org.br/localidade/compare?Id=130406>. Acesso em: 28 st. 2025.

MARCHI, Cristina Maria Dacach Fernandez. Cenário mundial dos resíduos sólidos e o comportamento corporativo brasileiro frente à logística reversa. *Perspectivas em Gestão & Conhecimento*, João Pessoa, v. 1, n. 2, p. 118–135, jul. /dez. 2011. Disponível em: <https://saneamentobasico.com.br/wpcontent/uploads/2021/08/.DialnetCenarioMundialDosResiduosSolidosEOComporatamentoCo-4262882.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2025.

ONU NEWS. ONU: relatório aponta que mundo deve superar a era do desperdício e transformar resíduos em riqueza. *ONU News*, 28 fev. 2024. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2024/02/1828382>. Acesso em: 14 set. 2025.

OLIVEIRA, Thais Brito de; GALVÃO JUNIOR, Alceu de Castro. Planejamento municipal na gestão dos resíduos sólidos urbanos e na organização da coleta seletiva. *Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente*, v. 21, n. 1, p. 55–66, jan. /mar. 2016. DOI: 10.1590/s141341522016121002. <https://www.scielo.br/j/esa/a/gnVCZpn36Y8K4Xp8nsbGz4Q/?lan=pt>. Acesso em 10 jul. 2025

PNUD; IPEA; FJP. *Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013*. Brasília: PNUD, IPEA, FJP, 2013. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br>. Acesso em: 23 mai. 2025.

PNUD – PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. Relatório de Desenvolvimento Humano 2021/2022: Romper barreiras. Nova Iorque: PNUD, 2022. Disponível em: <https://hdr.undp.org/informe-sobre-desarrollo-humano-2021-22>. Acesso em: 02 jul. 2025.

PIRES, I. C. G.; FERRÃO, G. da E. Compostagem no Brasil sob a perspectiva da legislação ambiental. *Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas*, v. 9, n. 1, 15 mar. 2017.

PORTAL TABATINGA. Tabatinga implementa novas rotas de coleta de lixo e facilita organização da cidade. 2025. Disponível em: <https://portaltabatinga.com.br/2025/tabatinga-implementa-novas-rotas-de-coleta-de-lixo-e-facilita-organizacao-da-cidade/?amp=1>. Acesso em: 04 set. 2025.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB/CPRM). Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS. Brasília: CPRM, 1997. Atualizado em: 05 jul. 2025. Disponível em: <https://siagasweb.sgb.gov.br>. Acesso em: 05 jul. 2025.

SILVA, Jussara Severo da. Gestão de resíduos sólidos e sua importância para a sustentabilidade urbana no Brasil: uma análise regionalizada baseada em dados do SNIS. *Revista Brasileira de Urbanismo*, n. 12, p. 1–20, 2021.

TABATINGA (AM). Lei Municipal nº 891, de 3 de fevereiro de 2021. Cria a Secretaria Municipal de Limpeza Urbana (SEMULSP) e define suas atribuições no manejo de resíduos sólidos. Tabatinga: Câmara Municipal, 2021. Disponível em: <https://www.tabatinga.am.gov.br/transparencia/>. Acesso em: 17 set. 2025. (*Caminho: Oficiais; Leis; 2021; fevereiro; Lei nº 891/2021*).

TABATINGA. *História*. Prefeitura Municipal de Tabatinga-AM, 2024. Disponível em: <https://www.tabatinga.am.gov.br/historia/>. Acesso em: 1 jul. 2025.

VIDIGAL, S. M.; RIBEIRO, A. C.; CASALI, V. W. D.; FONTES, L. E. F. Resposta da alface (*Lactuca sativa* L.) ao efeito residual da adubação orgânica. I-ensaio de campo. *Ceres*, v. 42, n. 239, 2015. *Revista Ceres*, v. 42, n. 239, 2015.

ANEXO A — Projeção populacional do município de TBT-AM

Método Aritmético		Método Geométrico	
Ano	Habitantes	Ano	Habitantes
2018	64.488,00	2018	64.488,00
2022	66.764,00	2022	66.764,00
2024	72.283,00	2024	72.283,00
2025	80.562,00	2025	81.428,59
2026	83.321,00	2026	84.727,39
2027	86.081,00	2027	88.159,83
2028	88.840,00	2028	91.731,32
2029	91.600,00	2029	95.447,50
2030	94.359,00	2030	99.314,22
2031	97.119,00	2031	103.337,60
2032	99.878,00	2032	107.523,97
2033	102.638,00	2033	111.879,93
2034	105.397,00	2034	116.412,36
2035	108.157,00	2035	121.128,41
2036	110.916,00	2036	126.035,51
2037	113.676,00	2037	131.141,40
2038	116.435,00	2038	136.454,15
2039	119.195,00	2039	141.982,12
2040	121.954,00	2040	147.734,03
2041	124.714,00	2041	153.718,97
2042	127.473,00	2042	159.946,36
2043	130.233,00	2043	166.426,04
2044	132.992,00	2044	173.168,22

Fonte: Autora, com base nos dados do IBGE (2025)

ANEXO B — Planilha de Projeção populacional método geométrico exponencial e volume de áreas do aterro sanitário

Ano	População (hab.) futura	t/dia	m ³ /dia	m ³ /ano	Acumulado/ m ³
2018	64.488,00	0,64	32,24	11.769,06	11.769,06
2022	66.764,00	0,67	33,38	12.184,43	23.953,49
2024	72.283,00	0,72	36,14	13.191,65	37.154,14
2025	81.428,59	0,81	40,71	14.860,72	52.005,86
2026	84.727,39	0,85	42,36	15.462,75	67.468,60
2027	88.159,83	0,88	44,08	16.089,17	83.557,77
2028	91.731,32	0,92	45,87	16.740,97	100.298,74
2029	95.447,50	0,95	47,72	17.419,17	117.717,91
2030	99.314,22	0,99	49,66	18.124,85	135.842,75
2031	103.337,60	1,03	51,67	18.859,11	154.701,86
2032	107.523,97	1,08	53,76	19.623,12	174.324,99
2033	111.879,93	1,12	55,94	20.418,09	194.743,08
2034	116.412,36	1,16	58,21	21.245,26	215.988,33
2035	121.128,41	1,21	60,56	22.105,93	238.094,27
2036	126.035,51	1,26	63,02	23.001,48	261.095,75
2037	131.141,40	1,31	65,57	23.933,31	285.029,05
2038	136.454,15	1,36	68,23	24.902,88	309.931,94
2039	141.982,12	1,42	70,99	25.911,74	335.843,67
2040	147.734,03	1,48	73,87	26.961,46	362.805,13
2041	153.718,97	1,54	76,86	28.053,71	390.858,84
2042	159.946,36	1,60	79,97	29.190,21	420.049,06
2043	166.426,04	1,66	83,21	30.372,75	450.421,81
2044	173.168,22	1,73	86,58	31.603,20	482.025,01
Volume total do As com 20% de material de cobertura					578.430,00

Fonte: Autora, com base nos dados do IBGE (2025)

ANEXO C — Área necessária do aterro sanitário TBT-AM

Legenda	Valor	Unidade
hmed.	5,00	m
Aas	115.686,00	m^2
Aa	46.274,40	m^2
At	161.960,40	

Fonte: Autora, com base nos dados estimados para 2044

ANEXO D — Legenda do aterro sanitário TBT-AM

Legenda	Descrição
Rs	Resíduos sólidos
As	Aterro sanitário
Aas	Área administrativa
Vu	Volume útil

Fonte: Autora, com base nos dados estimados para 2044

ANEXO E — Dimensionamento de Frente de Operação do Aterro Sanitário

Fórmula	Valor	Unidade
h	5,00 {adotada}	m
$\frac{vu}{h}$	578.430,00	m^3
b	340,13	m
I	340,13	m

Fonte: Autora, com base nos dados estimados para 2044

ANEXO F— Cálculo da vazão média lixiviado do Aterro Sanitário – Método Suíço

Fórmula	Valor	Unidade
P_{med}/ano	115.686,00	m^2
K	0,3	adm.
t	$3,65 \times 10^5$	Ano/s
$Q_{med.}$	0,279	m^3/dia
$Q_{ef.}$	27,08	l/s

Fonte: Autora, com base nos dados estimados para 2044

Anexo G —Descrições das fórmulas do dimensionamento do aterro sanitário

Onde:

$$M = P \times G$$

M = Massa de resíduos gerados t/dia;

P = População estimada habitantes;

G = Geração per capita t/hab.dia.

$$A_c = \frac{V_u}{h}$$

A_c = Área da célula diária m²;

V_u = Volume útil acumulado m³;

h = Altura da célula m;

i = Frente de operação m;

b = Base da célula. Comprimento de frente de operação

$$I = \sqrt{A_c}$$

$$V_c = \frac{MRS}{DRSC}$$

MRS = Volume da célula compactada m³/ dia;

DRSC = densidade resíduos sólidos t/m³

Vazão média = Q_{méd};

S_o = Carga orgânica

Temperatura média = T_{med}.

Obs: I=b implica no mínimo no consumo de cobertura

$$V = b \cdot h \cdot I = b^2 \cdot h$$

Pmed/ano – precipitação/ano agri tempo

Peso específico 0,4 a 0,7 t/m³, k = 0,25 a 0,5 –aterro fracamente compactado.

ANEXO H — Dados do dimensionamento da lagoa anaeróbia

Parâmetro	Fórmula	Valor	Unidade
População – TBT -AM	Final de Plano	173.168,22	Habitantes
Carga de afluentes	Lo	2.790,00	kgDBO5/dia
Taxa de aplicação volumétrica	LV (Van Sperling)	0,2 [varia de 0,1 a 0,35] adotado	kgDBO5/m ³ /dia
Volume requerido	V	13.950,00	m ³
Tempo de detenção hidráulico	T	5	dias
Profundidade da lagoa	h	4,5	m
Área da meia profundidade	A _{1/2}	3.100,00	m ²
Relação comprimento/largura	L/B	1 [varia 1 a 3 m/m] adotado	m
Inclinação do talude	1/d	2 [varia ½ a 3mm] adotado	m
Borda do talude	b	0,6	m
Área do terreno requerida	At	4.499,41	m ²
Remoção	DBO5 - EDBO	60	%
Concentração	DBOefluente – DBO efluente	4000	mg/l ⁻¹
Acumulo de lodo	Taxa anual	6.926,73	m ³ .ano ⁻¹
Espessura da camada	Lodo - elodo	44,75	cm ano ⁻¹
Tempo para atingir 1/3 da altura útil da lagoa	T 1/3	3,4	anos

OBS: O lado deverá ser removido aproximadamente a cada 3 anos.

Fonte: Autora, com base em exercícios de dimensionamento de lagoas de estabilização (Von Sperling (1997)

ANEXO I — Fórmula da geometria da lagoa anaeróbia

Área de meia profundidade	Fundo da lagoa	Nível d'água	Crista do Talude
$A_{1/2} = L_{1/2} * B_{1/2}$ $L/B = 1m$ $A_{1/2} = B^2_{1/2}$ $B_{1/2} = \sqrt{A_{1/2}} m$ $L_{1/2} = m \rightarrow h_{1/2} = 2,25 m$	$L_f = L_{1/2} - 2 * d * h/2 m$ $h_f = 0 m$	$LNA = L_{1/2} + 2 * d * h/2 = m$ $BNA = B_{1/2} + 2 * d * h/2 = m$ $h = 4,5 m$	$L_t = LNA + 2 * d * b = m$ $B_t = BNA + 2 * d * b = m$ $h_f = h + b = 4,5 + 0,6 = 5,1 m$

Fonte: Autora, com base em exercícios de dimensionamento de lagoas de estabilização (Von Sperling (1997))

ANEXO J — Geometria da lagoa anaeróbia

Parâmetro	Comprimento (m)	Largura (m)	Profundidade (m)
Crista do Talude	67,08	67,08	5,1
Nível d'água	64,68	64,68	4,5
Meia Profundidade	55,67	55,68	2,25
Fundo da Lagoa	46,68	46,68	0

Fonte: Autora, com base em exercícios de dimensionamento de lagoas de estabilização (Von Sperling (1997))

Anexo K —Descrições das fórmulas do dimensionamento da – lagoa anaeróbia

S_o = Demanda Bioquímica (DBO) afluyente (m^3);

Q_o = Carga orgânica de projeto (kgDBO5/d);

L_o = Carga afluyente de DBO (kgDBP5/d);

— Taxa de aplicação volumétrica – L_v ;

— Volume requerido – V .

Onde:

V_{an} = Volume da lagoa anaeróbia (m^3);

L_v = Taxa de aplicação volumétrica admissível (kgDBO5/ m^3 /dia;

T_{an} = Tempo de detenção hidráulica da lagoa anaeróbia;

V_{an} = Volume requerido da lagoa anaeróbia;

Q = Vazão afluyente da lagoa anaeróbia.

Profundidade da lagoa – b

Área de meia profundidade da lagoa – $A_{1/2}$;

Relação comprimento/largura – L/B ;

Inclinação do talude – $1/d$;

Borda livre do talude – b ;

Geometria da lagoa

— Comprimento de meia profundidade

— Fundo da lagoa

— Nível d'água

— Crista do talude.

Área do terreno requerida – A_t ;

Remoção de DBO5

— Eficiência de remoção de – EDBO

Onde:

T_m = temperatura do ar no mês mais frio;

Concentração de DBOefluente – DBOefluente;

Onde:

$EDBO$ = Eficiência de remoção de DBO;

Acúmulo de lodo

— Taxa de acúmulo de lodo anual – t_x

— Acumulação anual – A_{anual}

— Espessura da camada de lodo – e_{lodo}

— Tempo para atingir 1/3 da altura útil da lagoa – $t_{1/3}$.

Obs: O lodo deverá ser removido aproximadamente a cada 3,4 anos.

ANEXO L — Dados do dimensionamento e cálculo da lagoa facultativa

Parâmetros	Fórmula	Valor	Unidade
População TBT-AM	Final de plano	173.168,22	Habitantes
Carga afluente	Lo	111,60	$kgDBO5/dia$
Taxa de aplicação superficial	Ls	253,07	$KgDBO5/hab. dia^{-1}$
Área requerida	A	4.409,79	m^2
Profundidade da lagoa -b	h	2	m [adotado]
Relação do comprimento/ largura	L/B	2	m/m
Inclinação do Talude	1/d	2	m
Borda livre do talude -b	1/d	0,6	m
Volume requerido	V	7.723,50	m^3
Tempo de detenção Hidráulico	DTH	27,68	dias
Área requerido total	At	4.299,40	m^2
Remoção DBO5 –fluxo disperso	K	0,1708	d^{-1}
Correção da Temp. média anual liq.	Kt	0,49537	d^{-1}
Nº de dispersão(Yanes, 1993)	d	0,464792	
Concentração de DBO5 sol. Ef. – DBO5sol.	a	5,05	$\sqrt{1 * 4 * kt * t * d}$
Concentração de DBO5 sol. Ef. – DBO5sol.	DBOsolúvel	0,284	mg/L
Eficiência de remoção do DBO5 – EDBO5	$EDBO = DBO(i) - DBO5total / DBO5(i) * 100$	85,03	%
Acúmulo do lodo	tx	8.658,4	m^3/ano
Espessura do lodo anual	Aano	2,24	cm/ ano

Fonte: Autora, com base em exercícios de dimensionamento de lagoas de estabilização (Von Sperling (1997))

ANEXO M — Fórmulas e eficiência da lagoa facultativa

Parâmetros	Fórmulas
Carga afluente de DBO5 – L_o	$L_o = \left(\frac{100-EDBO}{100}\right) * L = \text{kgDBO}/\text{dia}$
Taxa de aplicação superficial – L_s kgDBO5/hab.dia	$L_s = 350 * (1,107 - 0,002 * T_m)^{T_m-25} = \text{ha.d}$
Área requerida – A	$A = \frac{L_o}{L_s} = m^2$
Profundidade da lagoa – b	$h = 2m$ [adotado]
Relação comprimento/ largura – L/B	$L/B = 2m/m$ [adotado]
Inclinação do talude – 1/d	$1/d = 2m$
Borda livre do talude – b	$0,6m$ [adotado]
Volume requerido total — V	$V = L_{1/2} * B_{1/2} * h$
Tempo de detenção hidráulico — t	$t = \frac{V}{Q_a} \text{ dias}$
Área do terreno requerida — At	$A_t = L_t * B_t = m^2$
Remoção de DBO5 fluxo (disperso) – coeficiente de remoção de DBO5	$K = 0,132 * \log L_s - 0,146 = 0,16687 d^{-1}$
Correção de k para temperatura média anual o líquido	$K_t = k * 1,305^{(t_m - 20)}$
Número de dispersão (Yanez, 1993)	$d = \frac{L/B}{[-0,261 + 0,254 * \frac{L}{B} + 1,014 * (L/B)^2]} \rightarrow d = 0,464792$ [adotado da fórmula]
Concentração de BDO5, solúvel efluente – DBO5 solúvel	$*a = \sqrt{1 * 4 * k * t * d}$ [adotado da fórmula]
DBO5 solúvel = DBO5(i)	$189 * \frac{4 * e^{\frac{a}{2 * d}}}{[(1 + 3,837)^{2 * e^{\left(\frac{a}{2 * d}\right)}} - (1 - a)^{2 * e^{\left(-\frac{a}{2 * d}\right)}}]} = \text{mg/L}$
DBO5 particulada efluente – DBO5 particulada Obs:	DBO5 solúvel = $0,35 * 80 = 28 \text{mg/L}$ [adotado da fórmula]
Admitindo-se uma concentração de sólidos suspensos igual a 80mg/L e	DBO5total = DBO5 solúvel + DBO5 particulada = mg/L
Considerando-se que 1mg/L equivale a uma DBO5 de 0,35mg/L, tem-se:	$E_{DBO5} = \frac{DBO5(i) - DBO5total}{DBO5(i)} * 100 (\%)$
Concentração de DBO5 total efluente – DBO5 total	$T_x = 0,05 m^3/\text{hab.dia}$
Eficiência de remoção da DBO5 – EDBO5	$A_{ano} = T_x * P_f = m^3/\text{ano}$
Acúmulo de lodo –Tx de acúmulo anual	$e_{lodo} = \frac{A_{ano}}{A^{1/2}} = \text{cm/ano}$
Acúmulo de lodo anual – Ano	
Espessura da camada de lodo- e_{lodo}	

Fonte: Autora, com base em exercícios de dimensionamento de lagoas de estabilização (Von Sperling (1997)

ANEXO N — Fórmula da geometria da lagoa facultativa

Área de meia profundidade	Fundo da lagoa	Nível d'água	Crista do Talude
$L_{1/2} = LNA - 2 * d * h/2 = m$ $B_{1/2} = BNA - 2 * d * h/2 = m$ $h = 1 \text{ m}$	$L_f = L_{1/2} - 2 * d * h/2 \text{ m}$ $B_f = B_{1/2} - 2 * d * h/2$ $h_f = 0 \text{ m}$	$ANA = LNA * BNA$ $B/B = 2 \text{ M}$ $ANA = 2 * B^2 \text{ ANA}$ $BNA = \sqrt{\frac{ANA}{2}} \text{ m}$ $h = 2 \text{ m}$	$L_t = LNA + 2 * d * b = m$ $B_{1/2} = BNA - 2 * D * b = m$ $h = 2 + 0,6 = 2,6 \text{ m}$

Fonte: Autora, com base em exercícios de dimensionamento de lagoas de estabilização (Von Sperling (1997))

ANEXO O — Geometria da lagoa facultativa

Parâmetro	Comprimento (m)	Largura (m)	Profundidade (m)
Crista do Talude	96,31	44,64	2,6
Nível d'água	93,91	46,96	2
Meia Profundidade	89,91	42,95	1
Fundo da Lagoa	89,91	43,04	0

Fonte: Autora, com base em exercícios de dimensionamento de lagoas de estabilização (Von Sperling (1997))

Anexo P — Descrições das fórmulas do dimensionamento da – lagoa facultativa

EDBO = Eficiência de remoção de Demanda Bioquímica (DBO) na lagoa anaeróbia (%);

L = Carga orgânica de projeto (kgDBO5/dia);

L_o = Carga afluyente de DBO (kgDBO5/dia);

L_o = Carga afluyente de DBO (kgDBO5/dia – Área requerida - A

Ls = Taxa de aplicação superficial (kgDBO5 m^2 /dia;

Profundidade da lagoa – h;

Relação comprimento/largura – L/B;

Inclinação do talude – 1/d;

Borda livre do talude – b;

Geometria da lagoa;

— Nível d'água

— Meia profundidade

— Fundo da lagoa

— Crista do talude

Volume requerido total – V;

Tempo de detenção hidráulico – t;

Área do terreno requerida – At;

Remoção de DBO5 (fluxo disperso);

— Coeficiente de remoção de DBO5

- Número de dispersão (Yanez, 1993);
- Concentração de DBO5 solúvel efluente - DBO5 solúvel
- DBO5 particulada efluente – DBO5 particulada

Obs: admitindo-se uma concentração de sólidos suspenso igual a 80mg/L e considerando-se que 1mg/L equivale a uma DBO5 em torno de 0,35mg/L, tem-se:

$$\text{DBO5solúvel} = 0,35 \times 80 = 28\text{mg/L.}$$

Concentração de DBO5 total efluente - DBO5total;

Eficiência de remoção da DBO5 – EDBO5;

Acúmulo de lodo

- Taxa de acúmulo anual – Tx;
- Acumulação anual – Aano
- Espessura da camada de lodo – elodo.

08/07/2025, 02:06

Ficha Técnica Completa de Poço



Ficha Técnica Completa de Poço



Poço: 13.00004821	UF: AM	Município: Itaatinga	Localidade: COMUNIDADE BELÉM DO SOLIMÕES
Gerais			
Código Geral:			
Nome:		POÇO 2	
Data de Instalação:		10/10/1992	
Proprietário:		COMUNIDADE BELÉM DO SOLIMÕES	
Natureza do Poço:		Poço tubular	
Uso da Água:		Bom uso	
Cota de Terreno:			
Localização:			
Localidade:		COMUNIDADE BELÉM DO SOLIMÕES	
UTM (Nordeste):		950300	
UTM (Leste/Oeste):		661705	
Latitude (CGMMS):		040228	
Longitude (CGMMS):		693129	
Bacia Hidrográfica:		Rio Amazonas	
Subárea Hidrográfica:		Rio Solimões, Jari e Jariá	
Situação:			
Data:		13/09/2008	
Estrutura:		Plástico	
Construtivos			
Perfuração:			
Data:	Profundidade Inicial (m):	Profundidade Final (m):	Método:
10/10/1992	0,00	46,00	SCSP
Diâmetro:			
De (m):	Até (m):	Perímetro:	Métrico:
0,00	46,00	15	381,0000
Revestimento:			
De (m):	Até (m):	Material:	Diâmetro (po):
0,00	27,00	Plástico geomecânico	8
Filtro:			
De (m):	Até (m):	Material:	Diâmetro (po):
27,00	46,00	Plástico geomecânico	8
Espaço Anular:			
De (m):	Até (m):	Material:	
0,00	46,00	Pro-Étiro	
Boca do Poço:			
Data:	Altura (m):	Diâmetro (po):	Diâmetro (mm):
13/09/2008	0,20	8	203,2000
Entrada d'água:			
Profundidade:			
Profundidade (m):			
Data:	Profundidade:		
10/10/1992	46,00		

08/07/2025, 02:06

Ficha Técnica Completa de Poço



Ficha Técnica Completa de Poço



Geológicos			
Folgo Geomorfologia:			
Descrição:			
Formação Geológica:			
Profundidade Inicial (m):	Profundidade Final (m):	Tipo de Formação:	
0,00	46,00	Formação Solimões	
Códigos Litológicos:			
De (m):	Até (m):	Litologia:	Descrição Litológica:
0	2	Argila	Argila compacta, vermelha
2	7	Argila	Argila compacta, branca
7	10	Argila	Argila cinza, compacta
10	19	Areia Fina	Areia fina homogênea
19	40	Areia Fina	Areia fina
40	46	Argila	Argila compacta, cinza
Hidrogeológicos			
Aquífero no Poço:			
Tipo (m):		0,00	
Data (m):		46,00	
Quilômetros:		Unidade	
Quilômetros:		Linha	
Perímetro:		Parcial	
Nível da Água:			
Teste de Bombeamento			
Teste de Bombeamento:			
Data:	Segunda:	Nível da Água (m):	Duração do Teste (h):
20/06/1993	11	12,00	
Nível Original:	Nível Específico (m3/m3):	Coefficiente de Armazenamento:	Velocidade (m3/h):
17,00			
Permeabilidade (m3):	Transmissividade (m3/h):	Velocidade de Estabilização (m3/h):	Tipo de Teste:
Método:	Unidade:		
Análises Químicas			
Análises Químicas:			
Data de Coleta:	13/09/2008		
Condutividade Elétrica (µS/cm):	40,00		
Qualidade da Água (PTCO):			
Sabor da Água:			
Qualidade da Água (Odor):	ODOR		
Temperatura (°C):	28,9		
Turbidez (NTU):			
Sólidos Suspensos (mg/l):			
Sólidos Sedimentáveis (mg/l):			
pH:	5,40		

ANEXO Q — Ficha técnica do poço tubular da Comunidade de Belém do Solimões – TBT-AM

Fonte: Siagas – Serviço Geológico do Brasil – CPRM, 202