



**A PROBLEMÁTICA DOS IMPACTOS AMBIENTAIS
DECORRENTES DA DISPOSIÇÃO IRREGULAR DOS RESÍDUOS
SÓLIDOS URBANOS, NA SEDE DO MUNICÍPIO DE AUTAZES
AMAZONAS**

**THE PROBLEM OF ENVIRONMENTAL IMPACTS RESULTING
FROM THE IRREGULAR DISPOSAL OF URBAN SOLID WASTE,
IN THE HEADQUARTERS OF THE MUNICIPALITY OF AUTAZES
AMAZONAS**

**LA PROBLEMÁTICA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES
DERIVADOS DE LA DISPOSICIÓN IRREGULAR DE RESIDUOS
SÓLIDOS URBANOS, EN LA SEDE DEL MUNICIPIO DE
AUTAZES AMAZONAS**

Elizandra dos Santos Ferreira¹
Rosa Mariette Oliveira Geissler²
Edson Pinheiro Gomes³
Érika Cristina Nogueira Marques Pinheiro⁴

DOI: 10.54751/revistafoco.v17n10-140

Received: Sep 20st, 2024

Accepted: Oct 11th, 2024



RESUMO

A disposição final dos resíduos sólidos urbanos - (RSU), é uma preocupação de todos os Estados e municípios Brasileiro, o RSU é resultado de uma consciência social insuficiente e da falta de envolvimento dos órgãos governamentais na gestão e destinação adequada dos RSU, que deve ser realizada de modo a impedir e prevenir a propagação de doenças, proliferação de vetores e a contaminação do solo, do ar e dos recursos hídricos. Embora exista uma política pública que proíbe o despejo de resíduos sem manejo ou seja, in natura a céu aberto, o lançamento desses rejeitos sem tratamento continuam sendo uma realidade no Brasil, assim como as atividades de catação de recicláveis. A destinação inadequada dos RSU tem impacto negativo na qualidade ambiental, pois o maior impacto ambiental advém do líquido lixiviado resultante da decomposição de resíduos orgânico, que se infiltram no solo causando a sua contaminação e do lençol freático, podendo, ainda, causar risco à saúde das

¹Graduanda em Engenharia Civil. Universidade Nilton Lins (UNL). Av. Prof. Nilton Lins, 3259, Flores, Manaus – AM. E-mail: elizandrasantos.ferreira@hotmail.com

²Mestre em Ciências Ambientais e Sustentabilidade da Amazônia. Universidade Federal do Amazonas. Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200, Coroado I, Manaus -AM. E-mail: rgeissler@niltonlins.br

³Mestre em Ciências Ambientais e Sustentabilidade da Amazônia. Universidade Federal do Amazonas. Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200, Coroado I, Manaus -AM. E-mail: gomesedsonpinheiro@gmail.com

⁴Mestre em Engenharia industrial. Universidade Nilton Lins (UNL). Av. Prof. Nilton Lins, 3259, Flores, Manaus-AM. E-mail: erikamarquespinheiro@gmail.com

peças que residem nas proximidades do local de descarte. Diante do exposto, o presente estudo visou abordar sobre os impactos ambientais causados pelo descarte irregular de resíduos sólidos urbanos e sua destinação final. Para alcançar os objetivos sugeridos foi realizada uma pesquisa de cunho exploratória, com visita in loco para aprimoramento de ideias. Além do mais, o estudo tem como base uma revisão bibliográfica efetiva com base em decretos, normas e especificações técnicas estabelecidas pela legislação brasileira.

Palavras-chave: Resíduos sólidos; lixão; lixiviado; disposição final dos resíduos sólidos.

ABSTRACT

The final disposal of solid urban waste - (MSW), is a concern of all states and municipalities Brazilian, the MSW is the result of insufficient social awareness and lack of involvement of government agencies in the management and proper destination of MSW, that it should be carried out in such a way as to prevent and prevent the spread of diseases, the proliferation of vectors and the contamination of soil, air and water resources. Although there is a public policy that prohibits the dumping of waste without management, that is, in natura open air, the release of these wastes without treatment remains a reality in Brazil, as well as the activities of collecting recyclable materials. The improper disposal of MSW has a negative impact on environmental quality, because the greatest environmental impact comes from the leachate resulting from the decomposition of organic waste, which infiltrate in the soil causing its contamination and groundwater, may also cause a health risk to people living in the vicinity of the disposal site. Given the above, this study aimed to address the environmental impacts caused by irregular disposal of urban solid waste and its final destination. To achieve the suggested objectives, an exploratory research was carried out, with a visit in loco for improvement of ideas. In addition, the study is based on an effective bibliographical review based on decrees, standards and technical specifications established by Brazilian legislation.

Keywords: Solid waste; landfill; leachate; final disposal of solid waste.

RESUMEN

La disposición final de los residuos sólidos urbanos - (RSU), es una preocupación de todos los Estados y municipios Brasileño, el RSU es resultado de una conciencia social insuficiente y de la falta de participación de los organismos gubernamentales en la gestión y destinación adecuada de los RSU, Debe llevarse a cabo de manera que se prevenga y evite la propagación de enfermedades, la proliferación de vectores y la contaminación del suelo, el aire y los recursos hídricos. Aunque existe una política pública que prohíbe el vertido de residuos sin manejo, es decir, in natura a cielo abierto, el lanzamiento de estos desechos sin tratamiento sigue siendo una realidad en Brasil, así como las actividades de recolección de reciclables. La inadecuada destinación de los RSU tiene un impacto negativo en la calidad ambiental, ya que el mayor impacto ambiental proviene del lixiviado resultante de la descomposición de residuos orgánicos, que se infiltran en el suelo causando su contaminación y el También puede causar un riesgo para la salud de las personas que residen en las cercanías del lugar de desecho. Ante lo expuesto, el presente estudio tuvo como objetivo abordar los impactos ambientales causados por el desecho irregular de residuos sólidos urbanos y su destino final. Para alcanzar los objetivos sugeridos se realizó una investigación exploratoria, con visita in loco para mejorar las ideas. Además, el estudio se basa en una revisión bibliográfica efectiva basada en decretos, normas y especificaciones técnicas establecidas por la legislación brasileña.

Palabras clave: Resíduos sólidos; vertedero; lixiviado; disposición final de los residuos sólidos.

1. Introdução

Hoje em dia, a disposição final de resíduos sólidos nas grandes cidades é um dos problemas mais graves dos centros urbanos, exacerbado pelo aumento da geração de resíduos e pela falta de espaços adequados para sua destinação. Além disso, os vazadouros contaminam água e solo, comprometendo a qualidade de vida e a saúde pública. A falta de compreensão sobre a reciclagem e a reutilização contribui para a má gestão desses resíduos, evidenciando a necessidade urgente de repensar práticas culturais e sociais.

À medida que as cidades crescem e os padrões de consumo aumentam, os utensílios e materiais que ainda poderiam ser reutilizados ou pelo menos reciclados são considerados lixo e acabam indo parar nos vazadouros devido a hábitos culturais ou à falta de compreensão do impacto ambiental resultante do lançamento desses rejeitos in natura à céu aberto. É nesse sentido que nossos olhos se voltam para as ações de preservação ambiental referentes à disposição inadequada e sem tratamento dos resíduos sólidos urbanos.

Essa preocupação levou o Governo Federal, Estados e Municípios ao desafio de encontrar políticas socioambientais efetivas, sendo criado assim a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010), mais recentemente instituída, busca promover o consumo sustentável incentivando a reciclagem, e trouxe ao país uma série de inovações para a gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010). Em termos gerais, explorar como os resíduos sólidos afetam o meio ambiente, incluindo a contaminação do solo e da água, a emissão de gases de efeito estufa e os impactos na saúde pública.

Nesse sentido, este estudo teve como objetivo abordar os os principais impactos sociais, ambientais, enfatizando a urgência de ações para resolver essa questão ambiental do descarte irregular de resíduos sólidos urbanos gerados pela população do município de Autazes/AM, e sua destinação final.

2. Metodologia

Este artigo teve como base uma revisão bibliográfica efetiva com base em decretos, normas e especificações técnicas estabelecidas pela legislação brasileira, levou-se em consideração todo o contexto histórico encontrado em livros, revistas e artigos, ressaltando a importância da destinação final de resíduos sólidos urbanos. Para alcançar os objetivos sugeridos foi realizada uma pesquisa de abordagem exploratória, averiguando e tomando nota do que seria necessário em mãos para visita in loco no vazadouro do município de Autazes, visto que o foco principal é o aprimoramento de ideias. Além disso, a pesquisa é de caráter descritivo e qualitativo, onde evidencia as condições atuais do local e sua conformidade com a legislação federal e se dá pela natureza básica, visando criar um embasamento para a construção do texto científico, como o trabalho final de graduação.

Portanto, surgem algumas restrições relacionadas à escassez de informações sobre o plano municipal para a gestão dos resíduos sólidos sugere-se que para estudos futuros, intensifique as investigações acerca do tema coleta seletiva, logística reversa e aterro sanitário para que possa abrir caminhos para aproveitamento de resíduos e rejeitos do lixo descartado pela população e assim trazer retornos satisfatórios para a gestão municipal para os resíduos sólidos e a sociedade. Com os dados acima, foi elaborado um estudo de caso no qual exibirá as avaliações dos impactos ambientais decorrentes da disposição irregular dos Resíduos Sólidos Urbanos no Município de Autazes/AM.

Figura 1. Fluxograma da Metodologia.



Fonte: Autora (2024)

3. Referencial Teórico

3.1 Resíduos Sólidos Urbanos

Em primeiro lugar, vale a pena mencionar que o Brasil, nos últimos cinquenta anos, transformou-se de um país agrário em um país urbano concentrando cerca de 85% de sua população em áreas urbanas (IBGE, 2010). A transformação ocorrida no país impulsionou de maneira excessiva o consumo, o que resultou em um aumento significativo na geração de resíduos sólidos. Essa geração é especialmente notável nas áreas urbanas e se insere em um cenário de danos ambientais que em muitos casos, são irreversíveis.

A gestão inadequada de resíduos sólidos é um dos principais desafios enfrentados pela sociedade contemporânea, acarretando sérios impactos ambientais. Resíduos sólidos referem-se a qualquer material descartado devido a atividades humanas, e sua disposição correta é fundamental para mitigar esses danos. Apesar do crescimento econômico, o Brasil não acompanhou com infraestrutura adequada, especialmente nos serviços de saneamento e gestão de resíduos (BRASIL, 2012).

Figura 2: Impactos ambientais negativos gerados num lixão



Fonte: Adaptado de Feam, (2010).

A NBR-10004 (2004, P.1) definiu resíduos sólidos,

[...] Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

O Apesar do crescimento econômico, o Brasil não acompanhou com infraestrutura adequada, especialmente nos serviços de saneamento e gestão de resíduos (BRASIL, 2012). A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, busca regulamentar esse gerenciamento, mas o fechamento de lixões e a implementação dos Planos Municipais de Resíduos Sólidos ainda são desafios pendentes. A PNRS enfatiza a responsabilidade compartilhada entre todos os envolvidos no ciclo de vida dos produtos. A gestão de resíduos sólidos, portanto, envolve ações que visam reduzir impactos ambientais, sociais e econômicos, priorizando a minimização da geração de resíduos, a reutilização e a reciclagem, além de promover descarte responsável. Este estudo se propõe a analisar a eficácia da PNRS e as práticas de gestão de resíduos sólidos em diferentes contextos, buscando entender como as ações podem ser aprimoradas para garantir um ambiente urbano mais sustentável.

Diante dessa situação, é fundamental que diversos setores da

administração pública e a sociedade civil se envolvam na busca por soluções efetivas para os problemas ambientais. Isso inclui a promoção da conscientização sobre o consumo responsável, ou seja, a difusão da cultura de não gerar, reduzir, reutilizar, recuperar e reciclar.

Figura 3. Hierarquia de prioridade na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos.



Fonte: Adaptado de IPAAM, (2024).

3.2 Legislações sobre Resíduos Sólidos

Ao longo das últimas décadas, tem havido um intenso debate mundial sobre temas o gerenciamento de resíduos e a proteção ambiental. Vários países têm colaborado para encontrar alternativas que ajudem a mitigar o aquecimento global, combater a poluição e lidar com a limitação de espaços para o descarte de resíduos urbano.

Em seu artigo 23, a Constituição Federal imputa à União, Estados e Municípios a obrigação de proteger e preservar o meio ambiente e diminuir a poluição causada também pela destinação incorreta do lixo (Constituição Federal, 1988).

Além disso, a Constituição Federal estabelece em seu artigo 225, que trata do Meio Ambiente e diz que “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

A LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências (Brasil,2010).

A LEI N. 4.457, DE 12/4/2017 institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Amazonas e em seu artigo Art. 1.º, dispõem sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, assim como sobre a gestão e gerenciamento integrado dos resíduos sólidos e responsabilidade compartilhada pelo setor público, setor empresarial e sociedade civil e dá outras providências (AL.AM,2017).

A LEI Nº 14.026, DE 15 DE JULHO DE 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento (Brasil 2010).

Resolução CONAMA nº 416/2009. Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pilhas, baterias e pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências (IPAAM).

Figura 4. Imagem logística reversa.



Fonte: Adaptado de IPAAM, (2024).

3.3 Classificação dos Resíduos Sólidos

De acordo com a PNRS, os resíduos sólidos têm a seguinte classificação por origem, atividades (local de geração, categoria e/ou atividade) e respectivos responsáveis. Conforme mostra o quadro 1.

Quadro 1 – Classificação dos Resíduos Sólidos

ORIGEM	ATIVIDADE	RESPONSABILIDADE
Urbanos	Domicílios, limpeza urbana: varrição, limpeza de logradouros, vias públicas, podas e outros.	Prefeitura
Industriais	Processos produtivos e instalações industriais.	Gerador
Serviços de saúde	Serviços de saúde.	
Construção civil	Construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil.	
Agrosilvopastoris	Atividades agropecuárias e silviculturas	
Serviços de transportes	Originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira.	
Resíduos sólidos de mineração	Atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.	
Agrotóxicos e embalagens, pilhas e baterias; pneus; óleos lubrificantes; embalagens; lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista e produtos eletroeletrônicos e seus componentes	Fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos.	

Fonte: Autora, (2024).

Os resíduos também podem ser classificados de acordo com seus riscos potenciais. Seguindo a NBR/ABNT 10004 (2004), onde dividem-se em:

Classe I: perigoso;

Classe II: não perigosos;

Classe IIA: não inertes (com características como biodegradabilidade, solubilidade ou combustibilidade, restos de alimentos e o papel);

Classe IIB: os inertes (com decompostos prolongada, plásticos e borrachas). Os materiais que possuem radionuclídeos, com a reutilização imprópria, são considerados resíduos radioativos e devem atender às exigências da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN.

4. Resultados e Discussões

4.1 Estudo de Caso

4.1.1 Objeto do estudo de caso

O objeto deste estudo de caso é um vazadouro do município de Autazes no Amazonas, está localizado no km 08 da rodovia AM 254 nas coordenadas geográficas 3°38'31,40 "S e 59°7'21,58"W conforme figura abaixo:

Figura 5: Localização geográfica do vazadouro do município de Autazes/AM



Fonte: Google Earth (2024)

O município de Autazes está localizado na região metropolitana de Manaus, distante da capital amazonense em 110 km em linha reta e 218 km por via fluvial. Segundo o IBGE, sua população em 2022 era de 41.564 habitantes. Densidade demográfica 5,43 hab/km². Área Territorial. 7.652,852 km², com 154 km² de área urbana e 7.445 km² de área rural. A altitude da sede municipal é de 90 m acima do nível do mar. O município possui 14 bairros, o acesso ao município de Autazes pode ser por via fluvial ou por via terrestre. Por via terrestre a rodovia de acesso é a BR319. Saindo de Manaus do porto da Ceasa atravessa o rio Negro até o município de Careiro da Várzea e tem-se acesso a BR 319 e logo depois a AM 254 conhecida como estrada de Autazes, no final da estrada ainda há uma balsa para o transporte até a sede do município. Em Autazes existe uma pista para pouso de pequenas aeronaves a qual fica 4,5 Km distante do vazadouro como mostra a figura 6.

Figura 6: Localização geográfica do vazadouro, da pista de pouso e do município de Autazes/AM



Fonte: Google Earth (2024)

4.1.2 Situação do saneamento básico no município

O Sistema de Abastecimento de água do município, é feito por captação superficial no rio Autaz Açu, e é explorado pela Cia. de Saneamento do Amazonas – COSAMA. O sistema de Esgotamento Sanitário não existe no município de Autazes, os sistemas de drenagem, a limpeza pública e manejo de resíduos sólidos que atende toda a área urbana é administrado e operacionalizado pela Secretaria Municipal de Obras (PLANSAM,2012).

No município de Autazes, assim como em todos os municípios no estado do Amazonas o descarte irregular de resíduos sólidos urbanos, configura um problema sério, refletindo a situação enfrentada nas sedes municipais e representando uma ameaça significativa à saúde pública e ao meio ambiente. Porquanto, o município em questão não possui aterro sanitário, o local de descarte final é uma área da zona rural mantida como um lixão a céu aberto que é o sistema em uso para o destino final em 99% dos municípios do Amazonas, os resíduos gerados pela população, são simplesmente lançados sobre o solo, sem nenhuma forma de tratamento ou proteção como mostra a figura 7.

Figura 7: Aspecto do interior do vazadouro municipal de Autazes



Fonte: Autora (2024).

Em visita in loco, observou-se que o acesso ao vazadouro se dá por uma via pavimentada o que permite o acesso ao local durante o ano todo mesmo no período de chuva intensas, constatou-se a forma de disposição final dos resíduos gerados pelos habitantes do município, aproximadamente 12,0 m³ de resíduos coletados diariamente de segunda a sábado, são lançados sobre o solo sem nenhuma cobertura de argila ou material argiloso arenoso sobre as pilhas de resíduos para evitar a presença de aves que se alimentam dos resíduos orgânicos, a presença destas torna-se perigosa para operação das aeronaves de pequeno porte que se utilizam da pista de pouso pelo fato da proximidade do vazadouro com a mesma.

Verificou-se que o vazadouro, não atende a legislação vigente e opera irregularmente causando possíveis danos ambientais ao solo local, ao lençol freático, pela geração de líquidos lixiviados, e gerando gases que torna a área do vazadouro bem perigosa, visto que este abriga um número muito grande de catadores em situação de risco que passam boa parte do dia em áreas do depósito de RSU. Não existe plano de gerenciamento de praças de trabalho para recebimento de resíduos, terraplenagem, compactação e cobertura diária destes, não há nenhuma infraestrutura operacional como, controle de acesso de pessoas e materiais diversos, drenagem superficial para coleta e transporte de águas pluviais, líquidos lixiviados e gases, o que se vê no local são pilhas de resíduos.

Figura 8: Presença de catadores, e os pequenos abrigos



Fonte: Autora (2024).

O vazadouro, possui uma extensa área que serve como disposição final de todos dos resíduos gerados no município, em algumas áreas observou-se algumas pilhas de resíduos sem nenhuma cobertura de argila, ação que possivelmente evitaria a exposição dos resíduos, e atenuaria o mau cheiro visto que um dos impactos mais evidentes desse tipo de vazadouro é a emissão de odores fortes, resultantes da decomposição de materiais orgânicos, o que leva à atração de animais e insetos que podem transmitir doenças. Além disso, o líquido resultante dessa decomposição, conhecido como chorume, é altamente poluente e possui o potencial de contaminar o solo e os rios subterrâneos (lençol freático), ocasionando danos irreversíveis ao meio ambiente. Contudo, essa situação acarreta ainda outros problemas como impactos sociais, ambientais e econômicos que decorrem desse quadro, enfatizando a necessidade urgente de ações para solucionar essa problemática da disposição final dos resíduos sólidos.

Foi verificado que a prática do uso de fogo para separar materiais recicláveis é muito grande, e os resíduos Sólidos de Serviços de Saúde – RSSS, também são lançados e queimados no interior do vazadouro, constatou-se vários pontos onde os RSSS foram lançados e queimados como mostra a (figura 09. Imagem A e B).

Figura 9. Os resíduos sólidos de serviços de saúde – RSSS



Fonte: Autora (2024).

São utilizados como infraestrutura de operação (maquinas/equipamentos) 1 caminhão compactador, 1 caçamba com capacidade de 4m³, 1 pá mecânica, 1 trator, 2 triciclos, 1 retroescavadeira.

4.1.3 O que diz a Política Nacional de Resíduos Sólidos

A PNRS estabelece medidas como coleta seletiva, logística reversa e fiscalização ambiental, atribuindo a gestão adequada dos resíduos ao governo municipal e à sociedade civil. Os prazos para a extinção de lixões variam conforme a população, com capitais e grandes cidades enfrentando prazos já vencidos. O não cumprimento pode resultar em penalidades, conforme a Lei de Crimes Ambientais (Lei 9.605/1988).

De acordo com O Novo Marco Legal do Saneamento Básico (Lei Federal 14.026/2020) (Brasil 2020), capitais e municípios têm prazos definidos para extinguir lixões e implantar um sistema de tratamento e descarte correto dos resíduos sólidos, conforme abaixo:

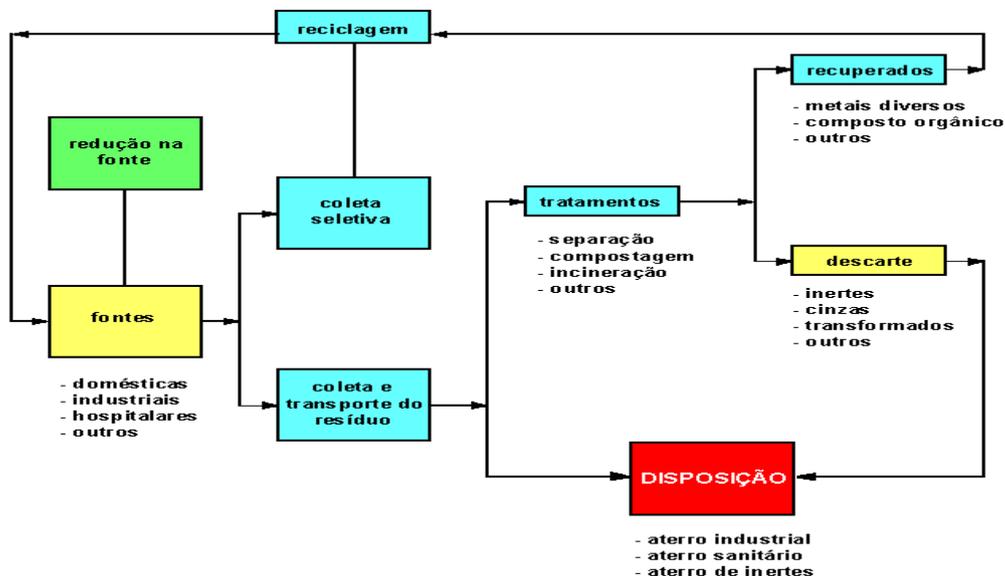
- a) Municípios com até 50 mil habitantes: 2024
- b) Município com 50mil a 100 mil habitantes, 2021 a 2023
- c) Municípios com 100mil a 150 mil habitantes, 2021 a 2022
- d) Capitais e municípios com mais de 150 mil habitantes, 2021

4.1.4 Ações urgentes para resolver o problema do vazadouro localizado no município de Autazes

Diante de tais consequências, fica clara a urgência de medidas para solucionar o problema do vazadouro. Entre as ações prioritárias, destacam-se a necessidade de implementar um sistema eficiente de gestão de resíduos sólidos, que inclua, coleta seletiva, reciclagem, compostagem, disposição final dos resíduos de maneira ambientalmente correta, promover a educação ambiental e aumentar a conscientização da população sobre a importância de reduzir, reutilizar e reciclar resíduos.

Quando implementadas de forma integrada e coordenada, essas medidas podem contribuir significativamente para erradicar ou reduzir os impactos dos lixões a céu aberto. É essencial que o município de Autazes tome providências imediatas para estabelecer sistemas adequados de tratamento e destinação final de resíduos sólidos urbanos, respeitando o prazo legal, que expirou em 2 de agosto de 2024.

Figura 10: Ciclo do gerenciamento de resíduos da geração à disposição final



Fonte: Adaptado de Unesp, (2001)

4.2 Como Fazer a Remediação do Vazadouro de Autazes?

O encerramento de um lixão vai além da simples interrupção da disposição de resíduos; é fundamental implementar medidas que minimizem os impactos ambientais e recuperem a área degradada. O plano de encerramento deve incluir a estimativa da vida útil restante. É necessário apresentar um cronograma para a desativação, que inclua operações de limpeza, remoção de resíduos e cobertura do solo com argila e solo vegetal. Além disso, o passivo ambiental precisa ser reparado com a recuperação da área afetada, que envolve a instalação de uma rede de drenagem de lixiviados, tubulações para liberação de gases, sistemas de monitoramento da qualidade da água e medidas de controle de poluentes.

4.2.1 Aterro sanitário

O aterro sanitário nada mais é que uma obra de engenharia projetada para a destinação final de resíduos sólidos, é a alternativa mais eficiente e segura para o manejo desses resíduos gerados em uma cidade ou município. Desde que bem monitorado, ele garante a segurança sanitária e contribui para a preservação ambiental. Para assegurar uma destinação adequada dos resíduos, o projeto de aterro precisa ser cuidadosamente elaborado, incorporando as especificações essenciais para a eficácia do sistema de proteção e monitoramento, cada um com suas funções e objetivos definidos, todos diretamente relacionados com as engenharias civil, ambiental e sanitária.

O aterro sanitário é o destino final para resíduos sólidos de diversos setores, incluindo residências, indústrias e hospitais, apesar de ser a solução mais comum, seu tempo de vida útil é limitado, variando de dez a quinze anos.

A NBR 13896/97, estabelece que um aterro sanitário deve localizar-se a uma distância mínima de 500 m de áreas residenciais e de 200m de área de preservação ambiental. Deve contar com uma infraestrutura robusta com construção de sistema de isolamento formado por cerca, cortina vegetal e portão para controle do acesso, instalação da balança rodoviária. Além de elementos como impermeabilização da base do aterro com geomembrana de polietileno de

alta densidade, promover compactação e cobertura diária dos resíduos, construção de poços no entorno do aterro para realizar o monitoramento das águas subsuperficiais, construção de drenos pluviais superficiais externos ao corpo do aterro para evitar a entrada de água da chuva.

É fundamental também o tratamento do chorume gerado, que exige uma estação de tratamento específica, considerando que os líquidos lixiviados são extremamente nocivos se lançados em corpos d'água. Ademais, os gases produzidos no aterro devem ser queimados ou tratados para permitir seu aproveitamento em processos como a geração de energia.

Figura 11: Figura esquemática de um aterro sanitário.



Fonte: Adaptado de Portal da Energia, (2024).

4.2.2 Critérios para seleção de locais para disposição de resíduos

A destinação adequada de resíduos sólidos é fundamental para a conservação ambiental e o fomento à sustentabilidade. Essa prática deve ser implementada em conformidade com as normas e legislações atuais, a falta de conformidade pode resultar em punição.

A escolha da área adequada para a implantação de um aterro sanitário segue as diretrizes da NBR13896/97, a qual estabelece critérios para implantação de um aterro como: Distância em relação ao lençol freático, permeabilidade do subsolo, declividade do terreno, tipo de solo, uso e ocupação do solo, distância de recursos hídricos, distância de rodovias, distância de centros urbanos.

Ademais, realizar um Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (Rima).

Solicitar licença ambiental no órgão Estadual competente.

- a) Licença Prévia (LP), elaboração de projeto executivo de engenharia;
- b) Licença de Instalação (LI), implantação do aterro;
- c) Licença de Operação (LO), operação do aterro.

Todo o projeto referente a aterros sanitários para resíduos perigosos, não perigosos e inertes devem atender às diretrizes da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Os aterros sanitários de pequeno porte (ASPP) são definidos na Resolução CONAMA 404/2008, como aqueles com disposição diária de até 20t (vinte toneladas) de RSU. a norma NBR15849 DE 06/2010 estabelece as diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento de ASPP, e determina que a escolha dos locais para implantação do aterro deve levar em conta a declividade entre 1% a 30%.

4.2.3 Fases de projeto de aterro sanitário

4.2.3.1 Análise topográfica

É fundamental realizar um levantamento topográfico abrangente do aterro sanitário, incluindo a área de disposição de resíduos e seus elementos circundantes. Este levantamento, combinado com sondagens de solo, permite identificar a profundidade da disposição e estimar o volume de resíduos acumulados, conhecido como cubagem.

O uso de drones tem se destacado, proporcionando imagens aéreas precisas que facilitam a análise de impactos ambientais e a coleta de dados planialtimétricos. A partir desse levantamento, obtêm-se informações cruciais, como a área total do terreno, a extensão do depósito e as cotas, essenciais para identificar declividades, elevações e volumes, fundamentando estratégias de gerenciamento eficazes.

4.2.3.2 Investigações geotécnicas do solo de fundação

É fundamental entender as características geotécnicas de cada camada do subsolo que servirá de base para o aterro, assim como a profundidade do nível d'água. A NBR 15849/2010 recomenda a realização de sondagens de solo e da massa de resíduos, empregando o ensaio SPT (Standard Penetration Test) para essa finalidade. As sondagens possibilitam a determinação da espessura da camada de resíduos em diferentes locais, a caracterização do solo abaixo dela e a avaliação da profundidade do lençol freático, o que é essencial para uma análise detalhada do meio físico.

A quantidade de pontos de sondagem deve ser adequada para assegurar uma avaliação precisa das camadas subterrâneas. A espessura da camada de resíduos, combinada com um levantamento topográfico, possibilita a estimativa do volume de resíduos depositados. Dependendo da dimensão do aterro e dos usos planejados, pode ser necessário realizar estudos complementares, como a análise de permeabilidade do solo tanto "in situ" quanto em laboratório, além da avaliação de áreas de risco geológico-geotécnico para identificar possíveis pontos de instabilidade.

4.2.3.3 Avaliação da permeabilidade

A NBR15849/2010, preconiza que os ensaios para a determinação da permeabilidade dos solos devem ser realizados in situ e devem estar associados com as sondagens. A região ensaiada deve ser correspondente à área onde a base do aterro sanitário será construída. A recomendação para ensaios in situ é que sejam realizados ensaios de carga como ensaios de rebaixamento ou de infiltração. Os ensaios de permeabilidade podem ser realizados em laboratório de acordo com as recomendações descritas na NBR 13292 de 02/2021 e NBR 14545 de 03/2021.

4.3 Dados Climatológicos da Região

De acordo com a NBR15849/2010, quando houver núcleos populacionais significativos nas áreas adjacentes ao aterro, devem ser obtidas informações sobre a direção predominante e a intensidade média dos ventos incidentes no local. Essa análise sobre os ventos permitirá compreender melhor o efeito do transporte de partículas e odores oriundos do aterro nas residências próximas.

É fundamental analisar a incidência de chuvas para caracterizar o clima da região, coletando dados sobre a temperatura média e o regime de precipitação pluviométrica histórica, a evapotranspiração, direção e intensidade dos ventos predominantes na região pois estes fatores interferem diretamente na quantidade de lixiviado gerado no aterro sanitário, e conseqüentemente no dimensionamento do seu sistema de drenagem e de tratamento. Além disso, influenciará no dimensionamento do sistema de drenagem e de tratamento do local. Ademais, tais dados também são relevantes para o projeto do sistema de drenagem das águas pluviais.

4.3.1 Sistema de drenagem superficiais de águas pluviais

Tem como objetivos a coleta e o escoamento das águas de chuva, uma vez que a presença de água no aterro pode comprometer seriamente a compactação da base em sua fase inicial. Além disso, pode dificultar a cobertura dos resíduos, obstruir as vias, impedindo a passagem de veículos responsáveis pelo transporte dos materiais, e, em situações extremas, provocar erosões nos taludes, afetando a integridade da estrutura do aterro e gerando instabilidades.

Para evitar a infiltração de água nas áreas que já foram aterradas com resíduos, é essencial que a zona destinada ao manejo das águas pluviais superficiais seja isolada. Em regiões onde o lençol freático se encontra a uma profundidade rasa, pode ser necessário instalar um sistema de drenagem subterrânea para impedir o contato da água com os resíduos. Além das soluções permanentes de drenagem pluvial que estão previstas no projeto e que serão implantadas nas plataformas como: bermas, taludes e vias de acesso, também no terreno a montante das frentes de operação devem ser cavadas canaletas,

caixas de passagem e descidas de água, com a finalidade de reduzir a infiltração das águas da chuva na massa de resíduos aterrado.

Figura 12: Sistema de drenagem pluvial em aterro sanitário



Fonte: Adaptado de ifsul.edu.br, (2010).

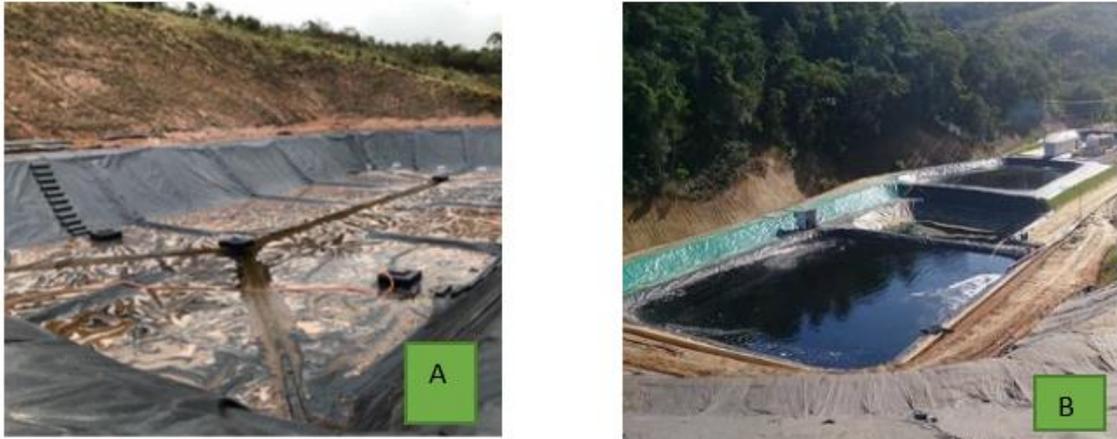
4.3.2 Sistema de drenagem, coleta, tratamento e disposição de líquidos lixiviados

Conforme a NBR 13896/97, dispõem sobre Aterros de resíduos não perigosos e discorre sobre os critérios para projeto de implantação e operação, diz que deve-se instalar um sistema de drenagem e remoção de líquidos lixiviado logo acima da camada de impermeabilização, projetado para evitar que a lâmina de líquido lixiviado ultrapasse 30 cm sobre a impermeabilização.

O sistema de drenagem para líquidos lixiviados deve ser elaborado com materiais que sejam quimicamente resistentes tanto aos resíduos quanto aos lixiviados, além de ter a robustez necessária para suportar as pressões geradas pela estrutura total do aterro e pelos equipamentos empregados em sua operação.

Essencialmente, os drenos, por sua vez, são constituídos por canaletas escavadas diretamente no solo ou sobre a camada de impermeabilização do aterro, sendo preenchidos com materiais filtrantes. O objetivo do sistema de drenagem subterrânea de percolados é coletar os líquidos que se infiltram nos resíduos dispostos nos aterros e encaminhá-los para um tanque de acumulação

Figura 13: Sistema de acumulação e de tratamento de líquidos lixiviados.



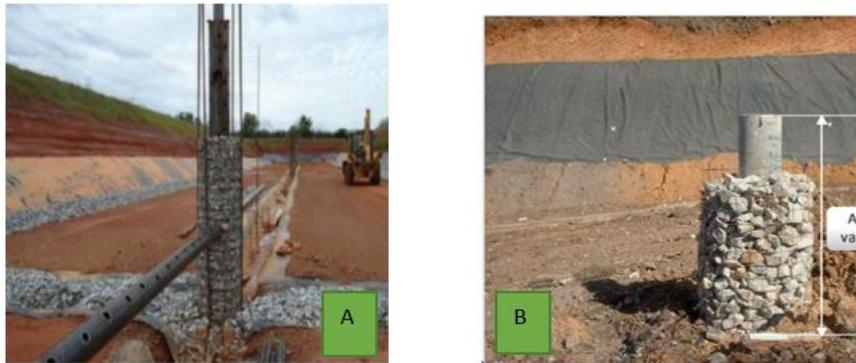
Fonte: Adaptado de ifsul.edu.br, (2010).

4.3.3 Sistema de drenagem de gases

Já o sistema de drenagem de gases, tem a finalidade de retirar os gases produzidos pela decomposição da matéria orgânica, para que não sejam lançados na atmosfera, principalmente o metano (CH_4), que representa de 50 a 75% do total, e dióxido de carbono (CO_2), com cerca de 30 a 45%. O metano tem um potencial de aquecimento global aproximadamente 28 vezes maior que o do CO_2 a longo prazo.

Quando o aproveitamento energético não é viável, uma alternativa é a queima do CH_4 em flare converte-o em CO_2 . É importante que todos os drenos dos aterros sejam cuidadosamente projetados para evitar emissões fugitivas durante a operação dos flares. Os drenos verticais estendem-se desde a camada impermeável abaixo até o topo do solo

Figura 14: Sistema de drenagem de gases (Flare)



Fonte: Adaptado de ifsul.edu.br, (2010).

4.4 Compactação de Base e Compactação dos Resíduos

A operação de um aterro sanitário consiste, principalmente, na compactação dos resíduos em células, cuja altura varia entre 2 e 4 metros. Cada célula deve ter uma inclinação máxima do talude, proporcional à altura, geralmente estabelecida em uma relação de um metro de altura para cada metro de inclinação em células de 1:1,5 a 1:2,5(V: H).

A compactação é fundamental, pois sua falta ou execução inadequada pode resultar em áreas menos resistentes e não compactadas abaixo da superfície. Essas regiões não compactadas podem ser formadas por camadas subsequentes de resíduos, levando a um recalque no aterro e comprometendo todos os sistemas de drenagem, tanto vertical quanto horizontal.

Assim, a compactação não apenas diminui o volume dos resíduos, mas também assegura a boa condição dos sistemas de drenagem e melhora as características mecânicas da estrutura, especialmente em termos de estabilidade dos taludes e do conjunto de resíduos, que são distribuídos e compactados ao longo do talude, começando de baixo para cima, utilizando de 3 a 5 passadas do trator de esteira de modo que mantenha uma inclinação de um metro de base para cada metro de altura nas células em atividade e de três metros de base para cada metro de inclinação em células já encerradas.

4.4.1 Impermeabilização e proteção mecânica

De acordo com a norma NBR 13896/97 a camada de impermeabilização do aterro deve ser, ser feita com materiais que tenham características químicas adequadas ao tipo de resíduo, com espessura e resistência suficientes para evitar falhas causadas por pressões hidrostáticas e hidrogeológicas, contato com líquidos lixiviados, variações climáticas e tensões geradas durante a instalação e operação diária.

Os materiais impermeabilizantes devem ser instalados sobre uma fundação que suporte seu peso e que também aguente os gradientes de pressão, prevenindo rupturas, por lançamento, compressão ou movimentação do aterro. A norma NBR 16199/13 recomenda que geomembranas termoplásticas cubram toda a área, evitando contato entre resíduos ou líquidos lixiviados e o solo natural, além de exigir um sistema de monitoramento para detectar vazamentos sob a impermeabilização inferior.

4.4.2 Cobertura dos resíduos

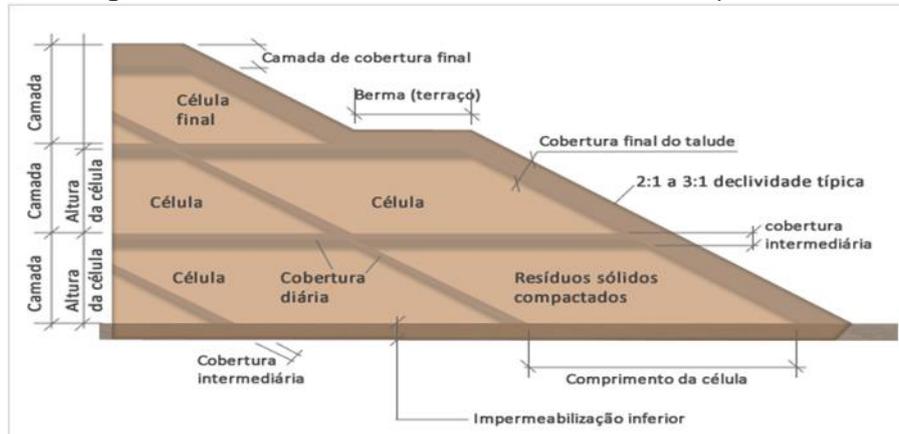
A camada de cobertura é essencial para proteger a superfície das células de resíduos, evitando odores, facilitando a circulação de veículos coletores e impedindo a ação de catadores. Todas as camadas de solo devem ser compactadas conforme as diretrizes do projeto.

No caso do aterro de resíduos sólidos urbanos existem três tipos de camadas de cobertura: diária, intermediária e final.

- a) A camada de cobertura diária ou intermediária deve ser aplicada após a finalização de cada jornada de trabalho, geralmente, utiliza-se uma camada de cerca de 30 cm de solo argiloso compactado.
- b) Por sua vez, a cobertura final tem o objetivo de reduzir a emissão de gases gerados pela decomposição da matéria orgânica diretamente para a atmosfera além de controlar a entrada de água da chuva que pode comprometer a estabilidade do maciço do aterro, para esta camada é comum utilizar pelo menos 60 cm de solo.
- c) A instalação de vegetação sobre a camada de cobertura final é importante,

pois potencializa a evapotranspiração. Os materiais utilizados na cobertura final devem atender aos requisitos técnicos e seu bom desempenho depende de um controle rigoroso durante a execução.

Figura 15: Célula de cobertura diária dos resíduos depositados.



Fonte: Adaptado de ifsul.edu.br, (2010).

4.4.3 Estabilidade de maciço

De acordo com a Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE, 1998), a execução de cortes em maciços pode influenciar a ocorrência de movimentos de massa. Ou, mais especificamente, o deslizamento de taludes, desde que as tensões cisalhantes ultrapassem a resistência ao cisalhamento dos materiais, ao longo de determinadas superfícies de ruptura.

Conforme a NBR 8419/92, todos os cálculos de estabilidade para Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos Urbanos “devem ser apresentados as hipóteses, os parâmetros e as fórmulas utilizadas para o cálculo de estabilidade de taludes, bermagem de equilíbrio e recalques diferenciais” (ABNT 1992).

4.4.4 Monitoramento do aterro sanitário

O monitoramento do aterro sanitário é essencial para avaliar seus impactos ambientais e o grau de decomposição dos RSU. Deve incluir a coleta de amostras do lixiviado do sistema de drenagem a cada seis meses por dez anos após o fechamento do aterro, para avaliar a qualidade e as vazões geradas.

Além disso, é necessário monitorar a qualidade das águas superficiais e subterrâneas em quatro pontos: três a jusante e um a montante, pelo menos uma vez por ano, também por dez anos. Monitoramentos geotécnicos e topográficos complementam essa avaliação, garantindo um controle abrangente dos impactos do aterro.

5. Considerações Finais

O aterro sanitário é uma alternativa menos prejudicial para a disposição de resíduos sólidos, utilizando camadas de proteção para evitar o contato dos efluentes da biodegradação. Este estudo analisou os impactos ambientais da disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos no município de Autazes, revelando que a gestão municipal não atende aos padrões da Lei 12.305/2010 PNRS. Necessitando de intervenções imediatas para a adequação.

Para alinhar-se à PNRS, é importante implementar ações efetivas, como a implementação de um sistema eficiente de coleta seletiva e logística reversa, compostagem e destinação ambientalmente correta dos resíduos, além de promover a educação ambiental nas comunidades.

Recomenda-se um estudo sobre a composição dos diferentes tipos de resíduos e a busca de um local adequado para a construção de um aterro sanitário de pequeno porte, que atenda aos requisitos técnicos. Essas iniciativas são essenciais para uma gestão integrada dos resíduos e contribuirão para o planejamento estratégico da cidade.

Em suma, Autazes precisa urgentemente adotar medidas para mitigação dos impactos ambientais causados pela disposição inadequada de resíduos.

Agradecimentos

Agradeço ao Deus todo poderoso que todos os dias me dá forças, sabedoria, coragem e direção para superar meus desafios, o agradeço ainda pela oportunidade de cursar esta graduação acadêmica a qual sempre sonhei.

Agradeço o amor e o carinho dos meus filhos: Carlos Henrique, Caroline Stephany, Camila vitória e Carlos Eduardo, também sou grata ao meu genro

Lucas Oliveira e minha nora Anne Rosely.

Agradeço ao meu pai Domício dos Santos, minha mãe Maria Raimunda Lopes dos Santos e aos meus irmãos Francinei, Elizangela, Daniel, Elizane, Marcelo, Eldaiana, Isaac, Paulo e em especial a minha querida irmã Maria (in memoria).

Agradeço ao programa bolsa universidade da prefeitura Municipal de Manaus pela bolsa concedida para custear meus estudos.

Agradeço, com muito carinho e admiração, a atenção, as sugestões do amigo Engenheiro Ambiental. Felipe Parente Portela e aos ilustríssimos Msc. Rosa Mariette Oliveira Geisler (orientadora). Msc. Edson Pinheiro Gomes (coorientador) e a Msc. Érika Cristina Nogueira Marques Pinheiro (professora da disciplina de TCC) os quais me orientaram e foram muito úteis no amadurecimento do processo da pesquisa para o presente artigo. Obrigada por tudo!

Agradeço a todos os professores da Universidade Nilton Lins que ministraram as aulas no decorrer da minha vida acadêmica.

Agradeço a todos os amigos da graduação principalmente aos que sempre estiveram presente nos momentos de estudo para as avaliações.

Agradeço a família GERM/IPAAM, principalmente ao meu chefe José Raimundo Rabelo por me permitir estudar no decorrer do dia no trabalho, muito grata por tudo.

Dedico este artigo ao meu pai, ilustríssimo senhor Domício dos Santos (in memória).

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. Geologia de engenharia. Editores: Oliveira, A. M.S., Monticeli, J. J. São Paulo, 1998.

Disponível em:

https://www.abge.org.br/downloads/Miolo_Resumos_Geologia_Divulg.pdf

Acesso em: 12 setembro. 2024.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm

Acesso em: 28 agosto. 2024.

BRASIL, Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, (2016). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm
Acesso em: 28 agosto. 2024.

BRASIL. Lei nº 14.026 de 15/07/2020. SENADO FEDERAL. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/140534> Acesso em: 29 agosto.2024.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE- Cidades e Estados (2022). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/am/iranduba.html> Acesso em 29 agosto.2024.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Solo - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante. NBR13292 DE 02/2021. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/5152> Acesso em: 01 setembro.2024.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Resíduos sólidos – Classificação NBR10004 DE 05/2004. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/5152> Acesso em: 01 setembro.2024.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação NBR13896 DE 06/1997. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/5152> Acesso em: 01 setembro.2024.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento NBR15849 DE 06/2010. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/5152> Acesso em: 01 setembro.2024.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Solo - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos à carga variável NBR14545 DE 03/2021. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/5152> Acesso em: 01 setembro.2024.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Barreiras geossintéticas — Instalação de geomembranas poliméricas NBR16199 DE 03/2020. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/5152> Acesso em: 02 setembro.2024.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos – Procedimento NBR8419 DE 04/1992. Disponível em: <https://www.ipaam.am.gov.br/legislacao-online/> Acesso em: 02 setembro.2024.

IPAAM. Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas, Legislação e Normas. Disponível em: <https://www.ipaam.am.gov.br/legislacao-online/> Acessado em: 03 setembro 2024.

IFSUL. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense. Projeto e implantação de aterro sanitário. Disponível em: <http://tics.ifsul.edu.br/matriz/conteudo/disciplinas/dfr/uc/1/2.html> Acesso em: 04 de setembro de 2024.

IFSUL. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense. Sistemas de Disposição Final de Resíduos. Disponível em: <http://tics.ifsul.edu.br/matriz/conteudo/disciplinas/dfr/ub/1/2.html> Acesso em: 04 de setembro de 2024.

Feam. Fundação Estadual de Meio Ambiente. Disponível em: Caderno Técnico Reabilitação de Áreas Degradadas por RSU. Acesso em: 05 setembro de 2024.

Poder Legislativo, Assembleia Legislativa do Estado do Amazonas Lei Ordinária N°. 4.457, de 12/4/2017 Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos DO Amazonas – PERS/AM, e dá outras providências, disponível em: https://sapl.al.am.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2017/9762/9762_texto_integral.pdf Acesso em: 04 de setembro de 2024.

PLANO MUNICIPAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO MUNICÍPIO DE AUTAZES/AM, disponível em: <https://www.sema.am.gov.br/wp-content/uploads/2024/04/PMGIRS-AUTAZES.pdf> Acesso em: 20 de agosto de 2024

Portal da Drenagem. Disponível em <https://portaldenergia.com/geracao-de-energia-atraves-de-aterros-sanitarios> Acesso em 04 de setembro de 2024.

UNESP. Universidade Estadual Paulista. Disponível em: <<http://www1.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/residuos/res10.html>> Acessado em: 28 agosto de 2024.