

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE ESTUDOS SUPERIOR DE BACABAL
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO

SUELE KAROLAINY NASCIMENTO LOPES

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE LIXÃO E ATERRO SANITÁRIO: ESTUDO DE
CASO EM BOM JARDIM - MA**

Bacabal - MA
2023

SUELE KAROLAINY NASCIMENTO LOPES

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE LIXÃO E ATERRO SANITÁRIO: ESTUDO DE
CASO EM BOM JARDIM - MA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Esp. Valéria de Freitas Lima

Bacabal - MA
2023

N241a Nascimento, Suele Karolainy.

Análise comparativa entre lixão e aterro: Estudo de caso em Bom Jardim-MA / Suele Karolainy Nascimento – Bacabal-MA, 2023.

00 f: il.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil Bacharelado - Universidade Estadual do Maranhão-UEMA/ Campus Bacabal-MA, 2023.

Orientador: Prof. Esp. Valéria de Freitas Lima

1.Lixão 2. Aterro Sanitário 3.Saneamento Básico
4. Preservação Ambiental

CDU: 628:628. 4 (81)

Elaborada por Poliana de Oliveira J. Ferreira CRB/13-702 MA

SUELE KAROLAINY NASCIMENTO LOPES

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE LIXÃO E ATERRO SANITÁRIO: ESTUDO DE CASO EM BOM JARDIM – MA

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Esp. Valéria de Freitas Lima

Aprovado em: / /

BANCA EXAMINADORA

Valéria de Freitas Lima

Prof.^a Esp. Valéria de Freitas Lima (Orientadora)

Universidade Estadual do Maranhão

Documento assinado digitalmente
gov.br NATÁLIA BARROS FALCAO CUTRIM
Data: 05/03/2024 10:21:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Esp. Natália Barros Falcão Cutrim

Universidade Estadual do Maranhão

Documento assinado digitalmente
gov.br DENNY GONCALVES DOS SANTOS
Data: 04/03/2024 15:55:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^o Esp. Denny Gonçalves Dos Santos

Universidade Estadual do Maranhão

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por toda oportunidade recebida e pela força dada para nunca desistir.

Agradeço aos meus irmãos, por todo apoio dado durante a realização do curso.

Agradeço aos meus pais e familiares, por me ajudarem de diversas maneiras.

Agradeço aos meus amigos e colegas, que estiverem comigo nessa jornada.

Agradeço aos meus professores ao longo de todo o curso, por todo o ensinamento dado e pela dedicação.

Agradeço à minha orientadora, por toda atenção que recebi para a execução deste trabalho e pelo direcionamento dado.

Agradeço à coordenação do curso de Engenharia Civil, por todo apoio dado durante o curso e pelos esclarecimentos recebidos.

Agradeço à Universidade Estadual do Maranhão, pelo apoio inestimável, pela dedicação de seus professores e pela oportunidade de crescimento acadêmico que me foi oferecido durante minha jornada de estudos.

Agradeço também pelo ambiente propício ao aprendizado e pela estrutura que me permitiu a realização deste trabalho.

RESUMO

Com o crescimento populacional ocorreu a expansão das cidades, fazendo com que aumente a quantidade de resíduos gerados. Com isso, esses resíduos muitas vezes são descartados em lixões ou vazadouros, como é o caso da cidade de Bom Jardim, causando diversos impactos socioambientais. Por esses motivos, a Lei 12.305 de 2010, coloca um Novo Marco Legal Regulatório do Saneamento Básico, determinando que até agosto de 2024 seja extinto os lixões em cidades com população inferior a 50 mil habitantes. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho é fazer o comparativo entre o lixão a céu aberto e a utilização de aterros sanitários em Bom Jardim – MA. E, para o levantamento de dados foram realizadas visitas no local, fazendo o registro fotográfico e analisando as circunstâncias físicas. Além disso, foi realizado o levantamento dos impactos ambientais observados, utilizando o modelo de *check-list* e a matriz de interação, para melhor demonstração desses impactos. Portanto, para solução dos problemas encontrados e para que exista disposição final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos, foi sugerido a implantação de um aterro sanitário, que deve considerar as particularidades da região sendo indispensável um Estudo de Impacto Ambiental (EIA).

Palavras-Chaves: lixão; aterro sanitário; saneamento básico; preservação ambiental.

ABSTRACT

With population growth, cities expanded, causing an increase in the amount of waste generated. As a result, this waste is often discarded in landfills or dumps, as is the case in the city of Bom Jardim, causing various socio-environmental impacts. For these reasons, Law 12,305 of 2010 establishes a New Regulatory Legal Framework for Basic Sanitation, determining that by August 2024, landfills in cities with a population of less than 50 thousand inhabitants will be abolished. In this sense, the objective of this work is to make a comparison between the open dump and the use of landfills in Bom Jardim – MA. And, to collect data, site visits were carried out, taking photographic records and analyzing the physical circumstances. Furthermore, a survey of the observed environmental impacts was carried out, using the checklist model and the interaction matrix, to better demonstrate these impacts. Therefore, to solve the problems encountered and to ensure that there is an environmentally adequate final disposal of solid waste, it was suggested the implementation of a sanitary landfill, which must take into account the particularities of the region, making an Environmental Impact Study (EIA) essential.

Key Words: dumping ground; landfill; basic sanitation; environmental preservation.

LISTA DE SIGLAS

ABETRE - Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

CEG – Companhia Estadual de Gás

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

GEE – Gases do Efeito Estufa

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LC – Licença Provisória

LO – Licença de Operação

LP – Licença Prévia

OMS – Organização Mundial de Saúde

PEAD – Geomembrana de Polietileno de Alta Densidade

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

RCD – Resíduos de Construção Civil

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ilustração do funcionamento de um aterro controlado	24
Figura 2 – Ilustração do processo de captação de biogás	28
Figura 3 – Esquema de aterro sanitário	31
Figura 4 – localização da cidade de Bom Jardim - MA	32
Figura 5 – Localização da cidade de Bom Jardim	33
Figura 6 – Situação do lixão de Bom Jardim - MA	35
Figura 7 – Aves no lixão de Bom Jardim - MA.....	35
Figura 8 – Entrada do lixão de Bom Jardim	36
Figura 9 – Resíduo despejado fora do local do lixão.....	36
Figura 10 – Comparativo da população total atendida pela coleta de resíduos domiciliares de Bom Jardim em relação ao Maranhão e ao Brasil	37
Figura 11 – Comparativo da população urbana atendida pela coleta de resíduos domiciliares de Bom Jardim em relação ao Maranhão e ao Brasil	38
Figura 12 – Comparativo da população rural atendida pela coleta de resíduos domiciliares de Bom Jardim em relação ao Maranhão e ao Brasil	39
Figura 13 – Local do lixão atual da cidade de Bom Jardim	44
Figura 14 – Imagem aérea do aterro sanitário de Marituba - PA.....	45
Figura 15 – Despejo de resíduo em célula de aterro sanitário.....	46
Figura 16 – Rejeitos sendo espalhados e compactados.....	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – <i>check-list</i> referente aos impactos causados pelo lixão	41
Quadro 2 – Matriz de impacto ambiental causados pelo lixão de Bom Jardim - MA ...	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparativo da massa de resíduos domiciliares coletados diariamente em relação a habitantes de Bom Jardim em referência ao Maranhão e ao Brasil	40
Tabela 2 – Comparativo da coleta seletiva de resíduos sólidos, e recuperação do total de resíduos coletados no município, no estado e no país	43

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Justificativa	13
1.2	Objetivos	14
1.2.1	Objetivo Geral	14
1.2.2	Objetivos Específicos	14
2	Fundamentação teórica	14
2.1	Saneamento Básico	14
2.2	Resíduos sólidos	16
2.3	Lixão a céu aberto	18
2.3.1	Impactos socioambientais	20
2.4	Aterro Sanitário	22
2.4.1	Aterro Controlado x Aterro Sanitário	23
2.4.2	Impactos Ambientais	25
2.4.3	Avaliação de Impacto Ambiental	26
2.4.4	Biogás	27
2.4.5	Critérios para funcionamento e instalação	29
3	METOLOGIA	32
3.1	Procedimentos Metodológicos	32
3.2	Área De Estudo	32
3.3	Coleta dos resíduos sólidos local	33
3.4	Cenário do lixão local	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1	Situação do lixão local	37
4.1.1	Avaliação de Impactos Ambientais (AIA).....	40
4.1.2	Proposta de mitigação de impactos	43
4.2	Proposta de aterro sanitário	43
4.2.1	Análise econômica	47
5	CONCLUSÃO	47

1 INTRODUÇÃO

No cenário global em constante evolução, a questão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) se destaca como um desafio premente, com impactos significativos no meio ambiente e na qualidade de vida das populações. Além disso, a produção excessiva de resíduos e a sua gestão inadequada têm consequências particularmente acentuadas nos países em desenvolvimento.

Não só isso, mas os vazadouros ou lixões a céu aberto surgem como “solução” imediata para o descarte dos resíduos sólidos, por conseguinte, provoca relevantes impactos negativos ao meio ambiente. E, de acordo com Almeida e Silva (2018), a geração e armazenamento de resíduos sólidos são identificados como um dos desafios fundamentais na gestão ambiental urbana. Isso se deve ao fato de que estes têm sido responsáveis por sérios problemas ambientais e de saúde pública.

A saber, a responsabilidade em relação aos resíduos sólidos, como coleta, transporte, tratamento e disposição final, no município de Bom Jardim – Ma é da prefeitura municipal. E, o destino final dos despejos ocorre no lixão implantado ainda no ano de 2020, com operação que apresenta danos ambientais, como poluição do solo, do ar, água e desmatamento.

Dito isso, uma opção para diminuir os danos causados seria a coleta seletiva, que contribui para reduzir a quantidade de rejeitos que seriam descartados. Bem como, acontece em países desenvolvidos, em que a quantidade de rejeitos gerados é quase nula, contribuindo com o meio ambiente e a com a economia local (SZIGETHY; ANTENOR, 2020).

Ainda que, de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (2021), exista coleta seletiva no município estudado, essa medida alcança menos de 1% da população faz essa prática. Desse modo, a busca por soluções eficazes para minimizar esses impactos, conduziu à exploração de alternativas como os aterros sanitários, uma vez que este um dos métodos mais promissores para lidar com o problema.

Além disso, influenciado pela legislação e diretrizes, como a lei federal 12.305 de 2010 e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), o uso de aterros sanitários ganhou destaque como uma abordagem direcionada a mitigar os efeitos nocivos do descarte inadequado de RSU. Neste contexto, o aterro sanitário emerge

como uma opção viável, alinhada com regulamentações ambientais e tecnologias inovadoras.

Por outro lado, diversos cuidados devem ser tomados na instalação de um aterro sanitário. Isto é, quando o resíduo é coberto, é gerado o chorume e o biogás, que quando não coletados e tratado geram diversos impactos no meio ambiente. Além disso, devem ser concedidas pelo órgão competente as licenças para a instalação e operação do aterro sanitário, além da viabilidade técnica e econômica que devem ser analisadas antes da instalação.

Portanto, neste projeto exploraremos a importância dos aterros sanitários como uma medida estratégica para abordar os desafios associados à disposição de resíduos sólidos urbanos. E, investigaremos como a implementação de aterros sanitários pode contribuir para a preservação do meio ambiente, a saúde pública e o desenvolvimento sustentável, avaliando sua eficácia e adaptabilidade no município de Bom Jardim – MA.

1.1 Justificativa

Os problemas causados pelo descarte indevido em lixões são uma realidade preocupante para a população dessa região. Isso se deve ao fato de que os problemas ambientais e os riscos à saúde são cada vez maiores. Por conta disso, houve a necessidade de avaliar os impactos ambientais causados pelo lixão a céu aberto no município de Bom Jardim – MA.

Com isso, a realização deste estudo de Análise Comparativa entre Lixão e Aterro Sanitário, é de suma importância devido à urgente necessidade de abordar e aprimorar a gestão de resíduos sólidos no município, fazendo um levantamento da atual situação.

Desse modo, os aterros sanitários surgem como uma sugestão para a disposição final, ambientalmente adequada, como exigida pela Lei 12.305 de 2010. Ou seja, com a implantação do aterro busca-se contribuir com o meio ambiente, reduzindo significativamente os impactos ambientais e cumprindo com a legislação vigente.

Não só isso, mas a transição dos lixões para os aterros sanitários, não apenas é imperativa para a preservação do meio ambiente, mas também para a promoção da saúde pública e o estímulo ao desenvolvimento socioeconômico local.

Assim, através desta pesquisa busca-se fornecer subsídios e recomendações embasadas em análises criteriosas, a fim de orientar políticas públicas e ações efetivas que resultem em uma gestão de resíduos sólidos mais eficiente, responsável e em conformidade com as demandas atuais e futuras da cidade de Bom Jardim - MA.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Fazer o comparativo entre o lixão a céu aberto e a utilização de aterros sanitários em Bom Jardim – MA.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Verificar a situação atual da disposição dos resíduos sólidos na cidade em estudo;
- Analisar os impactos ambientais do lixão a céu aberto no município;
- Identificar as principais medidas de mitigação de impactos ambientais em um projeto de aterro sanitário para Bom Jardim – MA;
- Propor estratégias viáveis de implementação e monitoramento de aterros sanitários para aprimorar a gestão de resíduos em Bom Jardim – MA.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Saneamento Básico

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), o saneamento básico refere-se ao gerenciamento de todos os elementos ambientais que têm o potencial de causar efeitos prejudiciais ao bem-estar físico, mental e social dos indivíduos. Dessa

forma, o saneamento básico não se restringe somente à água tratada e resíduos, mas também, à importância de gerenciar todos os elementos ambientais que podem e afetam a saúde e o bem-estar da população.

Além disso, a preocupação com o saneamento básico no Brasil tem crescido cada vez mais, visto que as doenças causadas pela sua ausência têm aumentado significativamente, principalmente em regiões mais vulneráveis. De acordo com a Folha Metropolitana (2021), em 2021, o país teve aproximadamente 130 mil internações por doenças relacionadas a falta de saneamento básico.

Não só isso, mas de acordo com Leoneti et al (2011), até o ano de 2000 ocorreu pequenos avanços na área do saneamento básico. Por conseguinte, isso contribuiu para uma expressiva desigualdade e deficiência, especialmente no que se refere ao acesso à coleta e tratamento de esgoto. Porém, atualmente o setor tem recebido maior atenção do governo, com uma considerável quantidade de recursos destinados a investimentos.

No entanto, o investimento e a atenção recebidos não são o suficiente. E, segundo Júnior e Saiani (2006), os índices de cobertura de saneamento básico no Brasil estão abaixo dos registrados em países com níveis semelhantes de desenvolvimento, além disso, o país carece de uma política coordenada para superar as deficiências nesse setor.

Isso se deve ao fato de que devido aos impactos na qualidade de vida, saúde, educação, trabalho e meio ambiente, o saneamento básico requer a colaboração de diversos agentes em uma extensa rede institucional. No Brasil, essa área é caracterizada por uma deficiência de acesso, especialmente no que diz respeito à coleta e tratamento de esgoto (LEONETI, et al, 2011).

Existe ainda uma forte desigualdade regional com relação ao saneamento básico, uma vez que os estados da região sudeste e sul ultrapassam 90% dos domicílios com abastecimento de água na zona urbana, em contrapartida, a região norte não chega nem a 70%. A discrepância é evidenciada também com relação à instalação da rede de esgoto e fossa séptica, em que os estados da região sudeste possuem uma média de 86,83% das residências da zona urbana com esses sistemas enquanto a região norte somente 46.72% (JÚNIOR, SAIANI, 2006).

Com isso, a falta de saneamento básico resulta em vários problemas, incluindo a propagação de doenças transmitidas pela água, por conseguinte, representa um desafio comum nos países em desenvolvimento para a saúde pública.

Bem como, as crianças e jovens são os mais impactados, enfrentando, entre outros problemas, comprometimentos no desenvolvimento físico e intelectual devido a condições endêmicas como diarreia crônica e desnutrição (LEIVAS et al., 2015; MENDONÇA e MOTTA 2009; ARAÚJO et al., 2009, apud ZIERO et al., 2016).

Portanto, o avanço no saneamento básico é fundamental para reduzir as desigualdades sociais e proporcionar uma melhor qualidade de vida para a população. E, a conscientização sobre a importância do saneamento, juntamente com investimentos contínuos e esforços coordenados em todos os níveis de governo, são essenciais para enfrentar os desafios existentes.

2.2 Resíduos sólidos

Quando se trata de resíduos sólidos é destacada a Lei 12.305 de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Esta estabelece diretrizes para a gestão integrada de resíduos sólidos no Brasil. Além disso, busca a promoção da sustentabilidade ambiental, social e econômica na gestão de resíduos sólidos.

Dessa forma, a Lei 12.305/2010, em seu artigo 3º, estabelece o conceito de resíduos sólidos como:

XVI - resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010 [s.p.]).

Apesar de haver semelhança entre os termos lixo e resíduo sólido, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) apud Cabral (2019), defende que só é considerado resíduo aquele lixo que não pode mais ser sujeito a soluções tecnicamente ou economicamente viáveis, considerando a adoção da tecnologia mais avançada disponível.

Dito isso, Cabral (2019), define resíduos sólidos como qualquer material que perdeu sua utilidade original, sendo descartado por não poder mais ser reaproveitado, reutilizado ou reintegrado à cadeia produtiva.

Nesse contexto, de acordo com Silva (2020), os resíduos sólidos podem ser classificados em função da sua natureza física, composição, periculosidade e

origem. Bem como, a Lei 12.305 de 2010, no seu art. 13, classifica os resíduos quanto a sua origem e quanto a sua periculosidade, que podem ser:

I - quanto à origem:

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;
- f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;

II - quanto à periculosidade:

- a) resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;
- b) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea “a”.

(BRASIL, 2010 [s.p.])

Não só isso, mas a NBR 10.004 de 2004, traz classificações semelhantes ao da Lei supracitada, entretanto, aprofunda na classificação quanto a periculosidade, dessa forma, temos que:

- a) Resíduos classe I - Perigosos;
- b) Resíduos classe II – Não perigosos;
 - Resíduos classe II A – Não inertes;
 - Resíduos classe II B – Inertes

Resíduos da classe I são aqueles que podem ser inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos e patogênicos. Já os da classe II são subdividido em classe II A não inertes - resíduos que possuam propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água – classe II B inertes, que, quando

submetidos ao contato dinâmico e estático com a água destilada ou desionizada, não apresentam nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor (NBR 10.004/2004 apud CABRAL, 2019).

Além disso, a lei 12.305/2010, foi importante para que de fato começasse a regulamentação e a mínima fiscalização sobre os resíduos sólidos. E, Cabral (2019), defende que, entre os objetivos, se destaca a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, juntamente com a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Bem como, no âmbito dos instrumentos, merecem realce os planos de resíduos sólidos, a implementação da coleta seletiva e as iniciativas de educação ambiental.

Nesse sentido, existe ainda uma discrepância regionalizada com relação a coleta de resíduos sólidos. Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe, 2022), enquanto o Sudeste, Sul e Centro-Oeste já superaram o índice de cobertura de coleta em relação à média nacional, as regiões Norte e Nordeste registraram índices próximos a 83%, privando uma parte específica da população do acesso aos serviços regulares de coleta Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) nessas áreas.

Com isso, observa-se que um dos maiores problemas com relação aos resíduos sólidos no Brasil é em relação a disposição final. E, de acordo com Silva (2020), em muitas ocasiões, os resíduos sólidos são descartados inadequadamente, ocasionando riscos à saúde pública devido à sua periculosidade. Além de grande parte desses resíduos ser depositado em áreas a céu aberto, sem receber tratamento adequado.

2.3 Lixão a céu aberto

Os lixões, também conhecidos como vazadouros, são espaços ao ar livre destinados ao desperdício de resíduos, sem considerar as condições ambientais de descarte local. (ALMEIDA E SILVA, 2018).

Ademais, os resíduos depositados nesses locais possuem diversas origens, sendo que a grande maioria não passou por nenhum tratamento prévio para ser depositado diretamente no solo e os lixões geralmente são afastados do centro da cidade.

Entretanto, existem alguns municípios em que esse local se encontra a poucos metros das cidades, com casos de menos que um quilômetro de distância. Não só isso, mas nesses locais não ocorrem um controle de entrada e saída, permitindo que qualquer pessoa entre sem equipamentos adequados e sendo exposta a diversos tipos de contaminação.

Nesse sentido, o Brasil possui mais de 200 milhões de habitantes, isso faz com que seja um dos países que mais gera resíduos sólidos (incluindo materiais, substâncias e objetos descartáveis). Por conseguinte, a disposição final adequada desses resíduos deveria seguir tratamentos viáveis economicamente, conforme a legislação e as tecnologias existentes. Porém, uma parcela considerável ainda é despejada a céu aberto, lançada em redes de esgoto ou até mesmo queimada (SZIGETHY; ANTENOR, 2020).

De acordo com a ABRELPE (2022), quase 40% de todo resíduo gerado no Brasil, que chega a ser aproximadamente 29,7 milhões de toneladas de lixo, continua tendo uma destinação inadequada. Isso sugere um cenário preocupante em termos de gestão de resíduos, que implica a necessidade de políticas mais eficientes e de ações urgentes para lidar com essa questão.

Esse fenômeno pode ocorrer devido que a questão dos lixões se agrava devido à ausência de um sistema de coleta seletiva eficaz. Isso resulta na mistura de materiais recicláveis com o lixo comum, causando danos adicionais ao meio ambiente e à saúde pública. Além disso, a falta de conscientização da população sobre a relevância da destinação correta dos resíduos sólidos também contribui para a persistência desse problema (SZIGETHY; ANTENOR, 2020).

E, por ser considerados uma alternativa econômica e acessível, os lixões são predominantes em pequenos centros urbanos, ocasionando uma série de problemas para a comunidade local. Assim, torna-se necessário adotar outras formas de destinação de resíduos para mitigar tais questões.

A saber, com o Novo Marco Legal Regulatório do Saneamento Básico, trazido pela Lei 14.026 de 2020, fica decretado até 2 de agosto de 2024, para municípios com população inferior a 50 mil habitantes a disposição final ambientalmente adequada, como fala no art. 54 da mencionada lei.

Ademais, a Lei 12.305 de 2010, traz o conceito de disposição final ambientalmente adequado como sendo “distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à

saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos”. Ou seja, como disposição final, a lei recomenda a utilização de aterros sanitários.

2.3.1 Impactos socioambientais

De acordo com a resolução CONAMA N.º 001/86, Apud Silva (2020), impacto ambiental é qualquer modificação nas propriedades físicas, químicas e biológicas do ambiente, resultante de ações humanas, que afete direta ou indiretamente: a saúde, segurança e bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a vida selvagem; as condições estéticas e sanitárias do entorno; e a qualidade dos recursos ambientais.

Além disso, Costa et. al. (2016), destaca que no Brasil o gerenciamento e a disposição de resíduos sólidos representam um dos principais fatores na geração de impactos ambientais. Resultando em riscos significativos para a saúde pública.

Isso se deve ao fato de que a escassez de locais apropriados para a disposição final de resíduos sólidos ainda persiste como um desafio enfrentado pela maioria dos municípios brasileiros. Ou seja, um dos maiores problemas com relação aos resíduos sólidos é a falta de locais adequados para a destinação final deles.

Nesse sentido, a quantidade de lixo gerado e o crescimento populacional estão intimamente ligados, uma vez que quanto mais pessoas, mais resíduos é gerado. Nesse contexto, Gomes e Belem (2022), defendem que o aumento nos índices de consumo e à negligência em relação aos resíduos sólidos, têm provocado desordem ambiental e representam um sério problema para a saúde pública.

Não só isso, mas de acordo com Silva (2020), a disposição de resíduos em lixões é uma prática inadequada, uma vez que o depósito direto sobre o solo pode causar danos ambientais significativos. Por conseguinte, isso resulta na contaminação do meio ambiente e dos corpos d'água, tanto superficiais quanto subterrâneos, devido à liberação de substâncias como chorume, tintas e resinas por meio da lixiviação.

A saber, um dos maiores contaminantes do solo e das águas subterrâneas é o chorume que, de acordo com a NBR 8419/1992, é um líquido resultante da decomposição de substâncias presentes nos resíduos sólidos, com características como coloração escura, odor desagradável e alto índice de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), já lixiviação é entendido como transporte, através de líquidos, de determinadas substâncias presentes nos resíduos sólidos urbanos.

Conseqüentemente, os efeitos gerados pela disposição imprópria de resíduos sólidos urbanos, depositados em lixões e/ou aterros controlados, têm um impacto direto nas condições ambientais. Isto é, esses locais representam fontes constantes de poluição da água, solo, vegetação, vida selvagem e emissões de CO₂.

Adicionalmente, tais áreas também afetam significativamente a saúde da população circundante, em uma área que se estende por até 60 km. Estimativas apontam que, entre 2016 e 2021, os gastos totais com saúde no Brasil para tratar dos problemas decorrentes da destinação inadequada de resíduos atingiram a marca de 1,85 bilhão de dólares (ABRELPE, 2022).

Os impactos ambientais causados por um lixão têm caráter permanente, pois quando são executadas as ações, os efeitos continuam a se manifestar. Mesmo com a desativação do lixão, vai continuar a produção de gases (contaminando o ar) e o chorume vai permanecer contaminando o solo e as águas (COSTA, et. al. 2016).

Nesse sentido, uma prática muito comum em lixões a céu aberto é a queima do lixo para reduzir o volume. Os catadores utilizam essa técnica para retirar os materiais de seu interesse, que geralmente são metais como o ferro e o alumínio. Essa queima contribui diretamente para aumentar o efeito estufa, por meio da liberação de gases resultantes de reações químicas exotérmicas entre os combustíveis sólidos presentes no lixo, como plásticos, papéis e madeira, juntamente com um comburente, como o oxigênio. Essa reação emite gases prejudiciais ao meio ambiente e aos organismos vivos (SILVA, 2020).

De acordo com a ABRELPE (2022), para que ocorra uma diminuição na emissão de GEE (Gases do Efeito Estufa), o que deve ser feito inicialmente é o encerramento das instalações de destinação imprópria, cujas emissões, provenientes da decomposição e queima de resíduos a céu aberto, representam fontes diretas no processo de aquecimento global. Essas práticas também são uma fonte constante de poluição. Dentre os gases, destaca-se o metano, por ser considerado 28 vezes mais agressivo ao meio ambiente do que o CO₂.

Mas também, segundo Gomes e Belem (2022), para reduzir os impactos dos resíduos sólidos, é necessário que a comunidade participe ativamente por meio de programas educacionais. E, esses programas devem enfatizar práticas sustentáveis e a prevenção de danos ambientais. Além disso, para lidar com essa questão, é crucial que as pessoas adotem os princípios de reduzir, reutilizar e reciclar

(princípio dos 3Rs), ou seja, reduzir o consumo ao essencial, reutilizar ao máximo e promover a reciclagem.

2.4 Aterro Sanitário

A NBR 8419 de 1992, traz o conceito de aterro sanitário como sendo:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário (NBR 8419/1992, pg. 1).

Dito isso, um aterro sanitário é um local projetado e construído para a disposição final adequada de resíduos sólidos urbanos. Estes, são provenientes de atividades residenciais, comerciais, industriais e institucionais, são depositados, compactados e cobertos com camadas de solo ou materiais apropriados para reduzir o impacto ambiental.

Ademais, a gestão de um aterro sanitário envolve a aplicação de técnicas que buscam reduzir os danos causados à saúde pública e ao meio ambiente, controlando a contaminação do solo, água subterrânea e atmosfera decorrentes dos resíduos.

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010), a destinação final ambientalmente adequada inclui a: reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação, aproveitamento ecológico e a disposição em aterros.

Outra parte da legislação destaca os aterros como uma das principais formas de disposição final dos rejeitos sólidos, e isso enfatiza a importância do aterro sanitário para minimizar os impactos causados pela geração descontrolada de resíduos sólidos.

Da mesma forma, a ABRELPE (2022), ressalta os aterros sanitários como uma forma de destinação final adequada e destaca que em 2022, o Brasil destinou cerca de 46,4 milhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (correspondente a 61% do resíduo coletado) à aterros sanitários.

Apesar de a maioria do resíduo possuir destinação adequada, de acordo como a Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes (ABETRE), em 2020, das 5570 cidades brasileiras, cerca de 2,7 mil ainda descartam

os resíduos de maneira irregular (como os lixões), o que corresponde a quase 50% dos municípios.

Contudo, mesmo que o aterro sanitário seja considerado uma maneira de destinação adequada para resíduos sólidos, a PNRS (2010) defende que, além de ser um dos seus princípios, a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos devem ser respeitados as seguintes ordens de prioridades: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento de resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (utilização de aterros).

Ou seja, essa hierarquia busca promover a prevenção da geração de resíduos, o uso consciente dos recursos, a minimização da produção de lixo e o incentivo ao reaproveitamento e à reciclagem, visando reduzir os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado dos resíduos sólidos.

Portanto, enquanto países subdesenvolvidos estão buscando a destinação final em aterros sanitários, os países desenvolvidos já estão pesquisando alternativas para a extinção dos aterros sanitários. Um exemplo disso é, segundo Szigethy e Antenor (2020), em 2005, foi proibido na Alemanha o envio de resíduos domésticos e industriais não tratados para aterros sanitários.

E, em 2012, foi aprovada a lei de economia circular, que busca medidas que desempenhe um papel significativo na destinação adequada dos resíduos no país. Bem como, na atualidade, aproximadamente 13% dos produtos adquiridos pela indústria alemã são fabricados a partir de materiais reciclados. Além disso, mais de 250 mil pessoas estão empregadas na cadeia de gestão de resíduos.

2.4.1 Aterro Controlado x Aterro Sanitário

Os termos aterros controlados e aterros sanitários as vezes são entendidos como sinônimos, entretanto, possuem definições diferentes. O aterro controlado é um método de disposição final de resíduos sólidos urbanos em uma área sem impermeabilização ou previamente impermeabilizada.

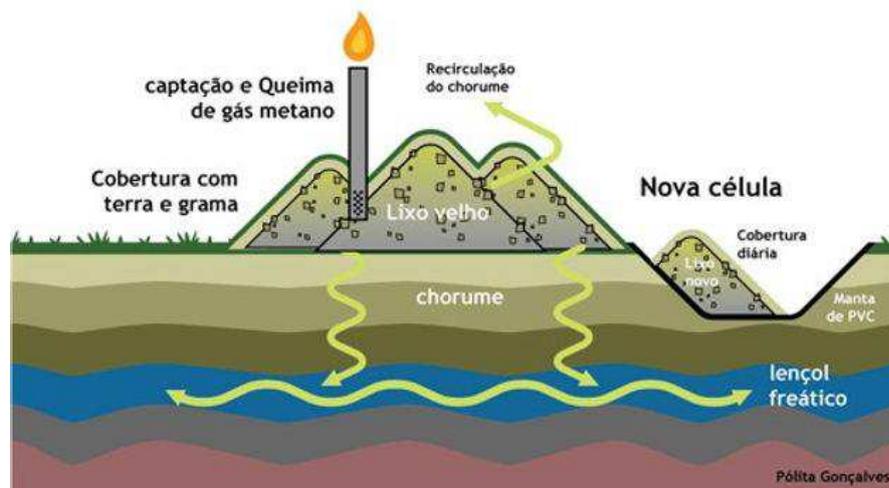
Nesse processo, os resíduos são compactados e organizados por um trator para melhor arranjo. Em seguida, o lixo compactado é coberto por barro da proximidade, para evitar a propagação de odores, a presença de insetos transmissores de doenças (como moscas, mosquitos, baratas, ratos, etc.), animais prejudiciais e a ocorrência de combustão espontânea devido à falta de oxigênio,

minimizando assim os riscos de impactos ambientais e para a saúde pública (FALCÃO; ARAUJO, 2005 apud SOARES, et. al. 2007).

No aterro controlado configura-se como uma etapa intermediária entre os antigos lixões e os aterros sanitários, comumente representando uma atualização operacional e física desses espaços. Contudo, persistem questões de contaminação do solo e das águas superficiais, uma vez que não são implementados sistemas de coleta para líquidos percolados (chorume) e gases prejudiciais, e tampouco há a impermeabilização do solo (ECO RESPONSE, 2021).

Diferentemente dos lixões, a área é isolada, com controle de acesso restrito e direcionada apenas para resíduos não perigosos. Após cada fase de disposição, os resíduos são compactados e cobertos com uma camada de solo; ao final do processo, a área é revestida com camadas de argila e solo, seguido pelo plantio de gramíneas (ECO RESPONSE, 2021). Na figura 1, é ilustrado o funcionamento de um aterro controlado.

Figura 1 – Ilustração do funcionamento de um aterro controlado



Fonte: Viasolo, apud Martins (2019)

Ademais, de acordo com a ABRELPE (2022), os aterros controlados possuem impacto ambiental similar aos lixões e são considerados de igual modo como uma destinação final inadequada. E, entre suas metas do Planares (Plano Nacional de Resíduo Sólidos), a primeira é para a extinção dos lixões e dos aterros controlados

até 2024. No entanto, para cumprir tal objetivo, é necessário alto investimento no processo de tratamento de resíduos sólidos.

Desse modo, uma das principais diferenças entre aterro controlado e aterros sanitários é que o segundo possui uma impermeabilização do solo de maneira mais eficiente. Em resumo, o aterro sanitário é uma instalação mais avançada, com sistemas de proteção ambiental mais eficientes e estrutura para receber uma variedade maior de resíduos. O aterro controlado, por sua vez, é menos estruturado e pode representar um estágio de transição entre práticas mais antigas de disposição de resíduos e métodos mais modernos e controlados.

2.4.2 Impactos Ambientais

Ainda que a utilização de aterros sanitários seja para reduzir os impactos ambientais causados pela disposição final inadequada de resíduos, essa técnica causa danos ao meio ambiente, podendo se estender para a população vizinha.

E, de acordo com Campos (2008), na região onde um aterro sanitário é estabelecido, e nas áreas próximas, frequentemente ocorrem impactos negativos que vão desde a desvalorização de propriedades até a poluição ambiental, resultantes de deficiências no projeto ou questões operacionais.

Esses impactos negativos podem se manifestar de várias maneiras, incluindo a contaminação do solo e da água devido ao vazamento de substâncias tóxicas ou produtos químicos, além do impacto social que pode afetar a comunidade local.

Ademais, a região onde um aterro sanitário está localizado torna-se socialmente indesejável devido a vários fatores, como a degradação visual. E, para mitigar esses impactos, as autoridades públicas supervisionam ativamente os aterros, visando preservar a saúde e o bem-estar da população local (CAMPOS; CAZARINI, 2010).

Nesse sentido, faz-se necessário o Estudo de Impacto Ambiental (EIA), que de acordo com Campos e Cazarini (2010) é um processo legal que avalia os efeitos que um projeto pode ter no meio ambiente, identificando tanto os impactos positivos quanto os negativos. Assim, ele fornece informações detalhadas para auxiliar na tomada de decisões e na gestão dos impactos ambientais durante o desenvolvimento do projeto.

Não só isso, mas segundo a resolução CONAMA 01 de 1986, para a instalação e execução de aterros sanitários, é necessário que seja elaborado o EIA e o relatório de impacto ambiental (RIMA) da área de instalação.

Bem como, uma outra resolução que trata sobre os aterros sanitários é a CONAMA 404 de 2008. Nela são dispostas diversos critérios e diretrizes a serem obedecidos para que seja dada o licenciamento ambiental, como: vias adequadas, observância de distâncias mínimas exigidas por lei, local que permita a implantação do empreendimento com vida útil de pelo menos 15 anos, utilização de áreas que atendam a legislação municipal de Uso e Ocupação do Solo, entre outros critérios. Com isso, é notória a preocupação com o local onde vai ser instalado o aterro sanitário, buscando minimizar os impactos negativos causados.

A saber, uma das exigências da CONAMA 404 de 2008, é que para a instalação de um aterro, deverá ter a apresentação de um projeto para encerramento, restauração e monitoramento da área degradada por antigos lixões, incluindo propostas para futura utilização do espaço, juntamente com um cronograma detalhado de implementação

No entanto, apesar dos impactos negativos que existem na instalação de um aterro sanitário, segundo Lima et. al. (2020), os impactos mais relevantes são de caráter positivo e trazem benefícios para o município, aprimorando a qualidade do ambiente, tanto social quanto econômico, e contribuindo para a saúde da comunidade local.

2.4.3 Avaliação de Impacto Ambiental

A Lei nº 6.938 de 1981, dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, que trouxe a Avaliação de Impacto Ambiental e o Licenciamento Ambiental, como um de seus instrumentos que buscam conciliar o progresso econômico e social com a preservação da qualidade ambiental e do equilíbrio ecológico.

Assim, a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é um procedimento técnico que auxilia no licenciamento, consistindo na avaliação minuciosa dos efeitos ambientais gerados por atividades ou empreendimentos (IBAMA, 2016).

Além disso, a avaliação de impacto ambiental representa um instrumento de política ambiental que engloba uma série de procedimentos para examinar de

forma sistemática os impactos ambientais de uma ação proposta (projeto, programa, plano ou política) e suas alternativas desde o início do processo.

Dessa forma, os resultados dessa avaliação são apresentados de maneira adequada junto ao público e aos responsáveis pela tomada de decisão, visando à consideração desses resultados por parte destes últimos (MOREIRA 2002, apud ALMEIDA; SILVA 2018).

Nesse contexto, vale destacar os conceitos de magnitude e importância dos impactos ambientais e, de acordo com Spadotto (2002), esses dois fatores constituem os principais pontos dos impactos ambientais, pois informam a importância dos mesmos.

Dito isso, a Magnitude refere-se à dimensão de um impacto em termos absolutos, representando a medida da mudança em um atributo ambiental, expressa em termos quantitativos, ou seja, o quando um determinado impacto aumentou durante um certo período de tempo. Já a importância é a avaliação do nível de relevância de um impacto em relação ao elemento ambiental afetado e aos outros impactos presentes (SPADOTTO, 2002).

Diante disso, um impacto pode ter aumento significativamente em um certo período (grande magnitude), mas pode não ser tão importante como um outro que prejudica mais o meio ambiente (importância maior).

Nesse sentido, uma das abordagens empregadas para avaliar os impactos ambientais gerados pelo vazadouro é o uso de check-list, uma ferramenta consistente em uma lista de verificação amplamente aplicada em estudos iniciais para identificar os impactos ambientais (MORAES; D'AQUINO, 2016).

O modelo de *check-list* é amplamente empregado devido à sua simplicidade, praticidade e facilidade de aplicação. Esse modelo foi desenvolvido com base em um diagnóstico ambiental dos elementos físicos, bióticos e socioeconômicos. Sua aplicação tem como finalidade realizar um levantamento dos impactos mais relevantes identificados nesses meios. (NOGUEIRA; DANTAS, 2023).

2.4.4 Biogás

Um dos problemas causados na destinação final do lixo, tanto em aterros quanto em lixões, é com relação a geração de gases do efeito estufa, que são altamente prejudiciais ao meio ambiente.

Segundo Figueredo (2011), com a decomposição do resíduo sólido ocorre a geração do biogás que normalmente é composto por cerca de 60% de metano, 35% de dióxido de carbono e 5% de uma combinação de outros gases, como hidrogênio, nitrogênio, gás sulfídrico, monóxido de carbono, amônia, oxigênio e aminas voláteis.

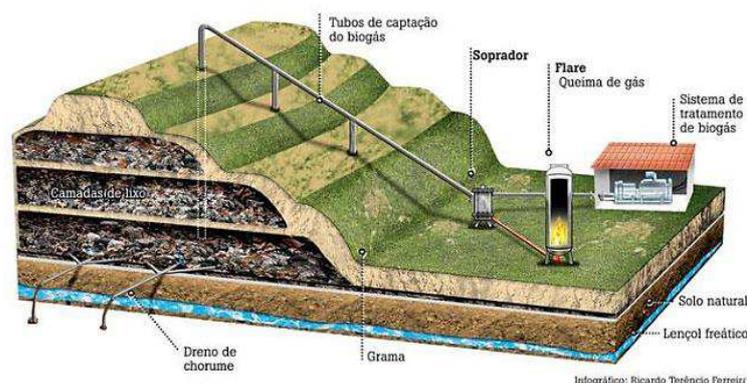
Dito isso, Ensinas (2003), argumenta que quando o metano gerado em aterros não é adequadamente controlado, seja por meio de sistemas de coleta e uso, ou por meio da queima em flares, isso intensifica o impacto do efeito estufa. Esse fenômeno não apenas preocupa em relação à área local de geração, mas também tem implicações significativas nas questões ambientais globais.

Diante disso, os projetos para aproveitamento do biogás de aterros sanitários visam principalmente a utilização da energia gerada pela decomposição do lixo. E, esse gás pode ser convertido para atender diferentes necessidades energéticas, como a produção de eletricidade, vapor ou até mesmo como combustível para veículos (ENSINAS, 2003).

Para a captação do biogás nos aterros, é instalada uma rede coletora composta por drenos verticais perfurados, que são succionados por sopradores. Esses equipamentos, movidos a motores elétricos, geram uma pressão negativa na célula do aterro.

Além disso, para remover condensados das tubulações e reduzir a umidade do biogás, são empregados purgadores e desumidificadores. Após passar por sistemas de controle de pressão, temperatura e vazão, o biogás é direcionado para o flare (que são os queimadores) ou para o sistema de geração de energia elétrica (FIGUEREDO, 2011). Na figura 2, é ilustrado o processo de captação de biogás.

Figura 2 – Ilustração do processo de captação de biogás



Fonte: Belo e Coelho (2022).

De acordo com Muylaert (2000 *apud* LANDIM; AZEVEDO, 2008), um dos primeiros projetos de utilização do biogás oriundo de aterro sanitário, foi em 1970, no aterro sanitário de Caju no rio de janeiro. Esse biogás produzido era transportado por um gasoduto até a Companhia Estadual de Gás (CEG), durante 4 km e posteriormente passado por procedimento para ser utilizado em residências no estado.

Ou seja, o biogás proveniente de aterros sanitários, embora possa apresentar riscos ambientais e sociais se não for adequadamente gerenciado, também possui um valor comercial significativo quando é capturado e tratado de maneira adequada.

A gestão eficaz do biogás não apenas reduz as emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para um ambiente mais limpo, mas também pode se tornar uma fonte rentável de energia, incentivando práticas sustentáveis na gestão de resíduos.

2.4.5 Critérios para funcionamento e instalação

As normas referentes aos critérios para a instalação de aterro sanitário são a NBR 8419 de 1992, que trata sobre a apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos; e a NBR 13896 de 1997, que trata dos aterros de resíduos não perigosos – critérios para projeto, implantação e operação.

Bem como, em toda atividade que pode ser danosa ao meio ambiente, é necessário o licenciamento ambiental, e para isso existem três licenças. A primeira é a Licença Prévia (LP), que aprova a concepção e localização do empreendimento, posteriormente existe a Licença de Instalação (LI), autoriza a instalação do empreendimento, e por fim, a Licença de Operação (LO), que permite a operação do empreendimento.

Essas licenças devem ser concedidas pelo órgão competente, que geralmente são os Conselhos Estaduais de Políticas Ambientais da Secretaria Estadual de Meio-ambiente de seu estado (BRASIL, 2018).

Nesse sentido, um dos critérios mais discutidos para a instalação de um aterro sanitário é o local. Dessa forma, a NBR 13896/1997, traz diversos critérios a serem atendidos, entre eles: o aterro deve ser localizado a uma distância mínima de 200 metros de qualquer recurso hídrico; declividade do terreno entre 1 % e 30%; esteja localizado a pelo menos 500 metros de qualquer núcleo populacional; a distância até

o lençol freático deve ser de pelo menos 1,50 m; e permitir somente a entrada de pessoal autorizado.

Ainda segundo a norma, nenhum descarte pode ser admitido em um aterro sem que tenha sido previamente avaliado para identificar suas características físicas e químicas. Essa medida visa garantir que os resíduos depositados nos aterros sejam conhecidos antes de sua disposição, evitando possíveis impactos negativos ao meio ambiente e à saúde pública.

Ademais, a NBR 13896 de 1997, recomenda a construção de aterros com vida útil mínima de 10 anos. Por outro lado, a CONAMA 404 de 2008, um dos critérios, condições e diretrizes é que o aterro sanitário garanta pelo menos 15 anos de operação. Esse prazo mínimo de operação é crucial para garantir a eficiência do sistema de provisão de resíduos sólidos, promover a proteção ambiental e atender às necessidades de gestão de resíduos de forma adequada.

Logo após a definição do local, de acordo com Landim e Azevedo (2008) vem a fase de preparação do terreno. Para isso, é inicialmente feito a drenagem das nascentes no local, seguida da compactação do solo. Posteriormente, é instalada uma manta impermeabilizante, que deve ser coberta com pelo menos 50 cm de argila para garantir a proteção mecânica e impedir que o chorume penetre no solo.

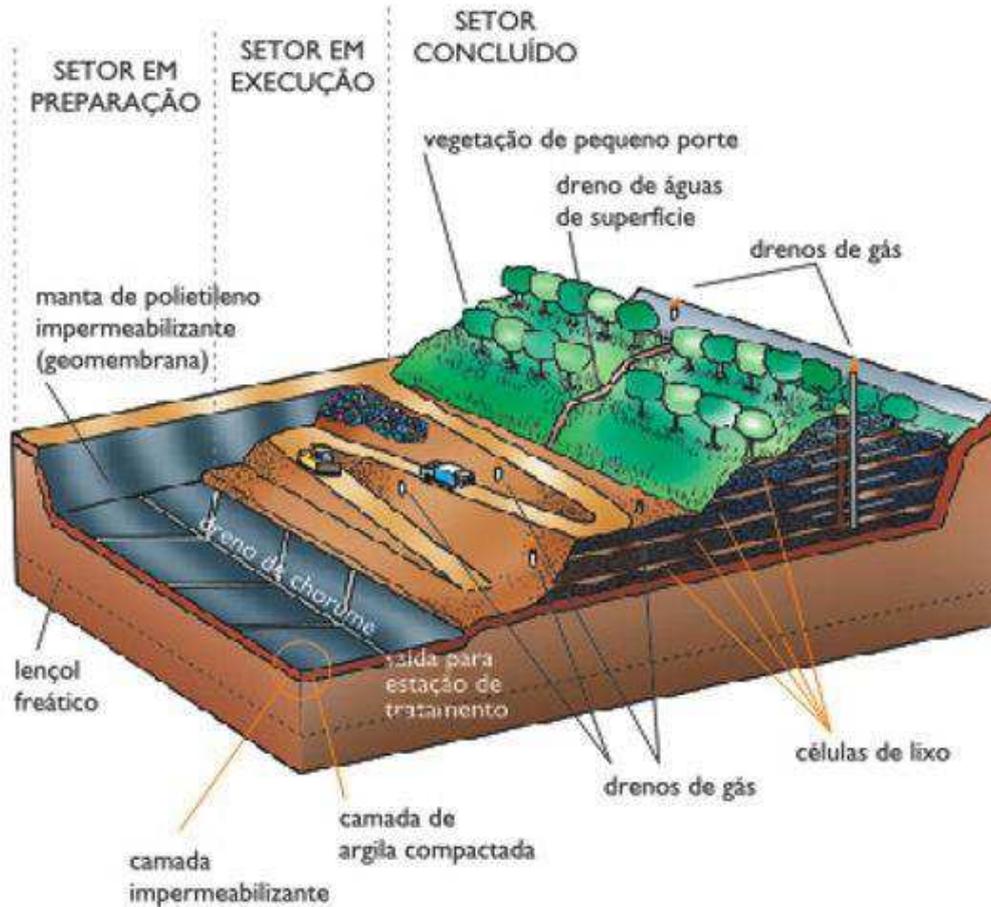
De maneira semelhante, de acordo com Figueredo (2011), inicia-se com o revestimento do solo por uma geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD) para prevenir a contaminação. Em seguida, os resíduos são compactados passando pela redução de volume e cobertos por camadas de terra. O chorume é coletado e direcionado para estações de tratamento de efluentes. Simultaneamente, o biogás capturado pode ser utilizado como fonte de energia por meio de geração elétrica ou submetido à queima controlada.

Quando o resíduo sólido é recebido no aterro sanitário, ele é disposto em células, que podem ser de 3 a 4 metros. O resíduo é espalhado e com a ajuda de um trator, ele é compactado até alcançar a altura da célula. Logo após, é coberto com uma camada de solo de aproximadamente 40 cm de altura e compactado, finalizando mais uma célula (MENDONÇA; MOREIRA, 2023).

Na figura 3, é ilustrado um modelo de aterro sanitário, onde estão dispostas as três fases do projeto, que são o setor que já está concluído, o em execução e o setor em preparação. No esquema é possível visualizar os drenos para o chorume,

assim como para as águas superficiais. Além disso, existem também os drenos de gás, onde é captado o biogás.

Figura 3 – Esquema de aterro sanitário



Fonte: Diprotec GEO (2018)

De acordo com Medonça e Moreira (2023), há ainda um plano de inspeção e isolamento que visa identificar e corrigir problemas específicos ou acidentais. Para evitar tais situações, são realizadas inspeções regulares e sistemáticas que abrangem diferentes áreas, como o sistema de isolamento, vias de acesso, pátios de circulação, áreas de operação, tratamento de lixiviados e sistemas de monitoramento.

Nesse contexto, é evidente a necessidade de cumprimento rigoroso das normas e leis pertinentes para garantir o gerenciamento adequado do aterro sanitário, em conformidade com as diretrizes dos órgãos ambientais. Tal conformidade é essencial para preservar o meio ambiente, garantir a saúde pública e promover práticas sustentáveis na gestão de resíduos sólidos.

3 METODOLOGIA

3.1 Procedimentos Metodológicos

Inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico em que foram destacados artigos relevantes sobre o tema. Além disso, a pesquisa efetuada foi do tipo descritiva-exploratória, na qual verificou-se a situação atual da disposição dos resíduos sólidos na cidade de Bom Jardim – MA.

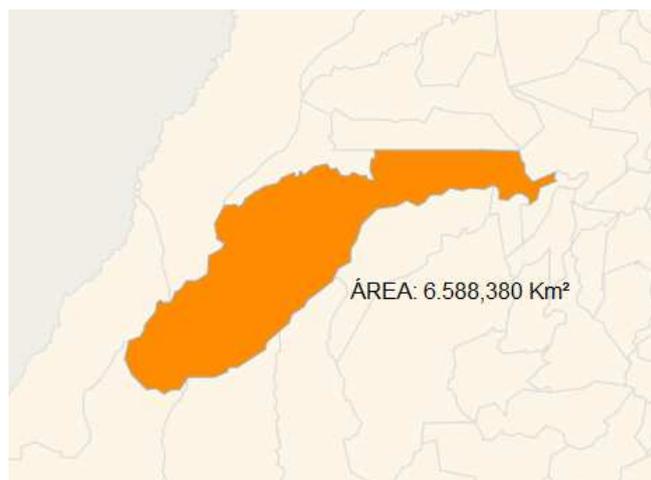
Em seguida, foram realizadas visitas ao lixão local com o propósito de coletar informações. Para isso, foram feitos registros fotográficos, avaliação visual para analisar os impactos causados e a degradação ambiental e feita uma comparação entre o lixão a céu aberto e a utilização de aterros sanitários.

3.2 Área De Estudo

O presente estudo foi realizado na cidade de Bom Jardim no estado do Maranhão, localizada a 282 km de São Luís, capital do estado. O município possui, segundo o último censo do IBGE (2022), uma área territorial de 6.588,380 km² (figura 4 e 5), e uma população de aproximadamente 33.100 pessoas.

Ademais, a cidade está localizada nas coordenadas 04° 44' 30" S e 44° 21' 00" W. E, na figura 4 e 5 é possível observar a localização da cidade de Bom Jardim no estado do Maranhão.

Figura 4 – localização da cidade de Bom Jardim - MA



Fonte: Adaptado de IBGE (2022)

Figura 5 – Localização da cidade de Bom Jardim



Fonte: Adaptado de Google Maps (2023)

3.3 Coleta dos resíduos sólidos local

A coleta de resíduos sólidos na cidade é por meio de caçamba de lixo ou caminhão compactador, que passam pelas ruas principais (centro da cidade) todos os dias e nos bairros em média duas vezes na semana. No entanto, na zona rural, em sua grande parte, não conta com a coleta de lixo, sendo este descartado na residência do próprio morador, ou localidade próxima.

Não só isso, mas no município, praticamente não existe a coleta seletiva, o que dificulta ainda mais o trabalho dos catadores de lixo ou até mesmo a reciclagem desses materiais. Ademais, a coleta dos resíduos nas residências e comércios são levados para um local próximo à cidade (aproximadamente 10 km do centro da cidade) em que é despejado em um terreno a céu aberto.

Desse modo, todo o descarte de resíduos é feito de maneira inadequada, pois o lixo é simplesmente despejado no solo, gerando diversos problemas que poderiam ser evitados com a adoção de medidas que reduzissem a quantidade de lixo, incentivando a reciclagem e o reaproveitamento de materiais.

3.4 Cenário do lixão local

Uma das alternativas utilizadas no lixão da cidade de Bom Jardim para a redução do volume de lixo, é a queima do lixo. Muitas vezes são os próprios catadores que utilizam essa prática para “limpar” o lixo e assim retirar o material de seu interesse, que muitas vezes é o ferro. Com isso, essa prática tem causado diversos danos à saúde da população local, pois a fumaça gerada pela queima vai a quilômetros de distância, prejudicando principalmente pessoas em situações de risco ou vulneráveis.

Nesse sentido, no lixão da cidade encontra-se resíduos de diversas partes da cidade como doméstico, hospitalar, industrial, orgânicos, eletrônicos, Resíduos de Construção Civil (RCD), resíduos de jardins e áreas verdes, resíduos de açougues e restos de animais, entre outros.

Bem como, é observado os animais sendo atraídos pelos resíduos, que representam um risco significativo de transmissão de doenças, especialmente para a comunidade catadora que habita nessa área. E, durante as visitas, observou-se que quando é formado um acúmulo de lixo em determinado local, uma carregadeira vai até o lixão para espalhar e, caso necessário for, mudar o local do lixo. Situações de visíveis impactos ambientais.

Com isso, para levantamento dos impactos causados, foi utilizado o *check-list* adaptado por Campos (2008), que de acordo com Araújo (2015), consiste em uma lista simples que abrange os indicadores do ambiente natural e humano usados para avaliar os efeitos de um projeto, plano ou programa, bem como de suas diferentes opções de localização ou tecnologia.

Juntamente com o modelo de *check-list* é a utilizado as matrizes de interação, que são usadas para identificar, avaliar e visualizar as interações entre diversos componentes do meio ambiente e as atividades humanas, como projetos de desenvolvimento, obras de infraestrutura, ou outras intervenções que possam afetar o ambiente. A matriz de interação veio como uma atualização ou melhoria do *check-list*, tentando suprir as necessidades e lacunas trazidas por ele (ARAÚJO, 2015).

Nas figuras 6 e 7, é possível visualizar a atual situação do lixão local. Nota-se a presença de aves, animais mortos, e lixos provenientes de todos os locais da cidade.

Outro ponto observado foi a grande quantidade de moscas no local que, de acordo com Gomes e Belém (2022), podem ser vetores de doenças como febre tifoide,

cólera, amebíase, disenteria, giardíase, ascaridíase, leishmaniose, febre amarela, dengue, malária, leptospirose, peste bubônica e tétano. Nesse contexto, os autores destacam ainda baratas, mosquitos e ratos como transmissores dessas doenças.

Figura 6 – Situação do lixão de Bom Jardim - MA



Fonte: Autor (2023)

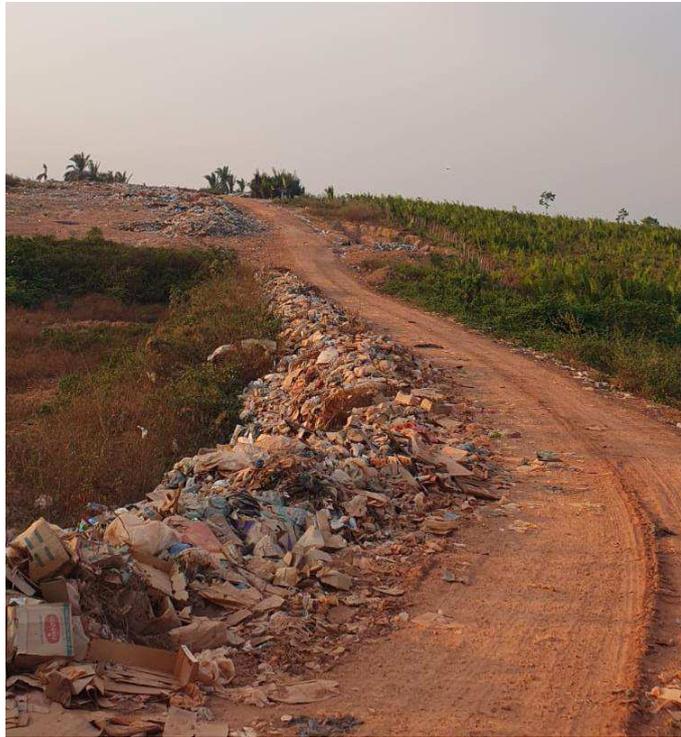
Figura 7 – Aves no lixão de Bom Jardim - MA



Fonte: Autor (2023)

Na figura 8, observa-se a entrada do lixão. É possível perceber que o resíduo é despejado antes mesmo de chegar no local, fato similar está disposto na figura 9, em que se nota resíduos despejados fora da área do lixão.

Figura 8 – Entrada do lixão de Bom Jardim



Fonte: Autor (2023)

Figura 9 – Resíduo despejado fora do local do lixão



Fonte: Autor (2023)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

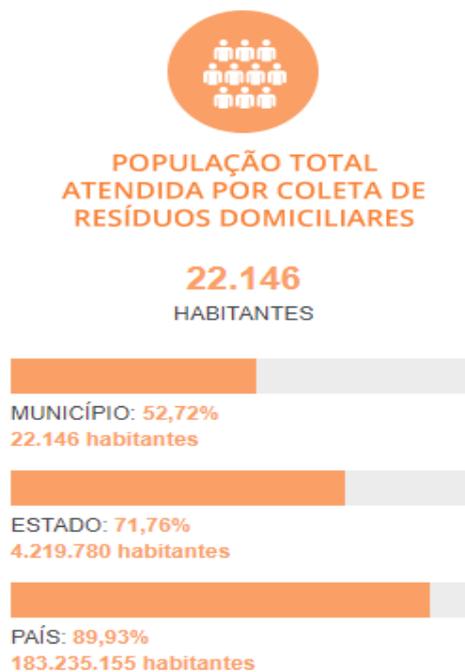
4.1 Situação do lixão local

A cidade de Bom Jardim no Maranhão tem 56 anos de fundação e uma população de 42.010 habitantes, sendo que 41,96% (17.627 hab.) estão localizados na zona urbana e 58,04% (24.383 hab.) na zona rural (IBGE, apud SNIS, 2021).

Bem como, o lixão da cidade de Bom Jardim está localizado a 10 km de distância do centro da cidade. Este, é relativamente novo, com apenas 3 anos de operação, tendo início em janeiro de 2021. Além disso, a coleta de resíduos sólidos é realizada por meio de caminhões compactadores e caçambas, que passam pela cidade e seu entorno.

Nesse sentido, segundo dados do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS, 2021), do total da população atendida, somente 22.146 de habitante (52,72 %) tem acesso à coleta de lixo (Figura 10), ou seja, quase metade dos moradores não estão sendo atendidos com a coleta de resíduos sólidos.

Figura 10 – Comparativo da população total atendida pela coleta de resíduos domiciliares de Bom Jardim em relação ao Maranhão e ao Brasil



Fonte: SNIS (2021)

Não só isso, mas em relação a zona urbana, 90,86% (16.018 pessoas) têm acesso ao serviço de coleta de resíduos (Figura 11), enquanto na zona rural, essa porcentagem diminui significativamente para apenas 25,13% (6.128 habitantes) da população atendida (SNIS, 2021).

Figura 11 – Comparativo da população urbana atendida pela coleta de resíduos domiciliares de Bom Jardim em relação ao Maranhão e ao Brasil



Fonte: SNIS (2021)

Figura 12 – Comparativo da população rural atendida pela coleta de resíduos domiciliares de Bom Jardim em relação ao Maranhão e ao Brasil



Fonte: SNIS (2021)

Isso destaca uma discrepância significativa no serviço de coleta de resíduos sólidos entre a zona rural e urbana, revelando a necessidade urgente de expandir e aprimorar a cobertura dessas áreas para garantir um manejo mais eficaz dos resíduos. Essa diferença se dá por muitas vezes os povoados se distanciarem uns dos outros, dificultando o manejo impedindo que exista uma política mais eficiente para a coleta de resíduos sólidos.

Mas também, com relação a quantidade de resíduos gerado no município, a pesquisa mensura que cada pessoa produza 1,02 kg de resíduos por dia (Tabela 2), o que dá aproximadamente 18 toneladas na zona urbana e 24,87 toneladas na rural, totalizando mais de 42 toneladas de resíduos gerados todos os dias.

Tabela 1 – Comparativo da massa de resíduos domiciliares coletados diariamente em relação a habitantes de Bom Jardim em referência ao Maranhão e ao Brasil

	Município	Média do Estado	Média do País
Massa de resíduos domiciliares e públicos coletados per capita em relação à população total atendida	1,02 kg/hab./dia	1,07 kg/hab./dia	0,89 kg/hab./dia
Massa de resíduos domiciliares e públicos coletados per capita em relação à população urbana	1,29 kg/hab./dia	1,07 kg/hab./dia	1,02 kg/hab./dia

Fonte: Adaptado SNIS (2021)

Tendo como base essas estimativas, pode-se deduzir que o lixão local recebe 22,58 toneladas de rejeitos todos os dias. Além disso é comum a prática de descartar animais mortos ou restos de animais no local destinado ao lixão, uma ação realizada até mesmo pelos próprios moradores.

Durante as visitas no local, pode-se perceber que não existe nenhum controle de entrada e saída, como também pessoa para controlar o recebimento do resíduo, o que permite livre acesso a qualquer indivíduo. Isso evidencia uma falta de regulamentação e supervisão no acesso ao local de descarte de resíduos. Por conseguinte, não apenas coloca em risco a segurança e a gestão apropriada dos resíduos, mas também permite que qualquer pessoa descarte materiais sem considerar as normas ou procedimentos adequados para o descarte

4.1.1 Avaliação de Impactos Ambientais (AIA)

O quadro 1 apresenta uma lista (por meio do modelo de *check-list*) dos principais impactos ambientais observados, decorrentes do lixão na cidade de Bom Jardim.

Quadro 1 – *check-list* referente aos impactos causados pelo lixão

ASPECTOS	PARÂMETRO	CRITÉRIO
Solo e Subsolo	Apresenta sinais de erosão	não
	Alteração na capacidade do uso do solo	sim
	Dano ao relevo	sim
	Desvalorização das áreas próximas	sim
Ar	Proximidade de núcleos habitacionais	distância > 500m
	Emissão de odores	Forte
	Queima de resíduos	sim
Água	Presença de chorume a céu aberto	sim
	Distância de água superficial	distância > 200m
Paisagem	Alteração na paisagem - impacto visual	sim
	Existe projeto de readequação à paisagem anterior	não
Outros	Presença de animais mortos	sim
	Presença de animais vivos	sim
	Presença de vetores de doenças	sim
	Presença de catadores	sim

Fonte: Adaptado de Campos (2008)

Alguns parâmetros não foram possíveis analisar com maior precisão, como a permeabilidade do solo e a profundidade do lençol freático, por falta de equipamentos adequados. Entretanto, percebe-se que a presença do lixão impacta todos os sistemas (físico, biótico e antrópicos), sendo o solo o principal afetado.

Vale destacar também os terrenos vizinhos que sofrem com a presença do lixão. O lixo levado pelo vento ou por animais, espalha-se pela proximidade, e há relatos de engasgamento de animais com sacolas plásticas.

Além do *check-list*, foi elaborada também a matriz de interação, que tenta suprir as necessidades do procedimento anterior, ou seja, é uma forma mais atualizada para fazer o levantamento dos impactos ambientais.

Dito isso, no quadro 2, é disposto a matriz de interação que foi preenchida com base em observações no lixão de Bom Jardim – MA.

Quadro 2 – Matriz de impacto ambiental causados pelo lixão de Bom Jardim - MA

MEIOS/IMPACTOS	ATRIBUTOS											
	TIPO			MAGNITUDE			IMPORTÂNCIA			DURAÇÃO		
	+	-	+/-	P	M	G	1	2	3	4	5	6
MEIO FÍSICO												
Aumento dos processos erosivos		x		x			x			x		
Alteração na capacidade de uso da terra		x			x			x		x		
Dano ao relevo		x				x		x				x
Poluição do solo		x				x			x			x
Emissão de odores		x				x			x			x
Queima de lixo		x				x			x			x
MEIO BIÓTICO												
Redução da capacidade de sustentação da fauna		x			x				x		x	
Redução da biota do solo		x			x				x		x	
Redução da biodiversidade nativa		x				x			x			x
MEIO ANTRÓPICO												
Alteração na paisagem		x				x			x			x
Desvalorização de terrenos vizinhos		x				x			x			x

Fonte: Adaptado de Sobral apud Araújo (2015)

Por meio da matriz de interação, pode-se perceber que no meio físico foram listados 6 tipos de impactos negativos, onde 4 foram de grande magnitude, 3 de grande importância e 4 de longa duração. Já no meio biótico foram dispostos 3 impactos negativos, em que um foi de grande magnitude, todos de alta importância e um de longa duração. E para finalizar, no meio antrópico, foram listados dois tipos de impactos, em que todos foram de grande magnitude, assim como de alta importância e longa duração.

Portanto, pode-se afirmar que assim como no modelo de *check-list*, a matriz de interação trouxe que o meio mais afetado foi o meio físico, principalmente pelo grande impacto negativo causado no solo.

4.1.2 Proposta de mitigação de impactos

Como medida para reduzir os impactos causados por conta do lixão a céu aberto, é recomendado primeiramente a redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, como já disposto pela Lei 12.305 de 2010. Entretanto, como esses parâmetros nem sempre são alcançados, é sugerido que ocorra a coleta seletiva na cidade.

Segundo dados do SNIS (2021), no município de bom jardim possui coleta seletiva, entretanto, não é eficiente, visto que recupera somente 0,24% dos resíduos totais gerados (Tabela 2).

Tabela 2 – Comparativo da coleta seletiva de resíduos sólidos, e recuperação do total de resíduos coletados no município, no estado e no país

	Município	Média do Estado	Média do País
Parcela da população urbana com cobertura de coleta seletiva porta a porta		0,05%	22,61%
Taxa de recuperação de recicláveis em relação aos resíduos domiciliares e públicos	0,24%	1,77%	3,36%

Fonte: Adaptado SNIS (2021)

Nesse sentido, essa política deve ter incentivos, por parte do município, para que ocorra essa reutilização e reciclagem de materiais, reduzindo a quantidade que são despejados como rejeitos.

Além disso, pode existir ainda a criação de uma cooperativa com o objetivo de realizar a coleta seletiva, reduzindo os impactos ambientais causados, podendo gerar renda e emprego dentro da cidade. E, outra alternativa somada a esta, é a utilização de aterro sanitário para minimizar os impactos causados pelo descarte irregular do lixo.

4.2 Proposta de aterro sanitário

Para solução dos problemas encontrados por conta do lixão, e para cumprimento da legislação vigente (Lei 12.305 de 2010, que trata sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos), foi recomendado a instalação de um aterro sanitário,

visto que promete ser uma alternativa eficaz para a destinação final de resíduos sólidos.

O aterro sanitário foi proposto no mesmo local do atual lixão (figura 13), visto que possui aproximadamente 13,58 ha e perímetro de 1842,17 metros, espaço suficiente para a sua instalação e operação.

Além da área do lixão, existem áreas próximas que, de acordo com a gestão atual, será utilizada futuramente como depósito de lixo.

Figura 13 – Local do lixão atual da cidade de Bom Jardim



Fonte: Adaptado de Google Earth (2023)

Para análise da viabilidade da implantação do aterro sanitário na área sugerida, seguiu-se as recomendações das normas para a execução e funcionamento de aterros sanitários são a NBR 8419 de 1992, que trata sobre apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos e a NBR 13896 de 1997, que discorre sobre aterros de resíduos não perigosos para projeto.

Esta norma estabelece os requisitos mínimos necessários para o planejamento, instalação e funcionamento de aterros de resíduos não perigosos, visando garantir a proteção adequada das águas superficiais e subterrâneas próximas, assim como a segurança dos operadores dessas instalações e das comunidades vizinhas.

Além destas normas, a Lei 12.305 de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, foi também empregada como referência para abordar as soluções dos problemas identificados nos lixões.

Assim, tendo como base as normas supracitadas, foi realizado uma verificação com o objetivo de determinar se o local do atual lixão se enquadra para a construção de um aterro sanitário.

Desse modo, o local deve satisfazer alguns critérios trazidos, como: suportar até 10 anos de operação, distância até corpos d'água de pelo menos 200 metros, distância até o núcleo urbano de no mínimo 500 metros, entre outros fatores que devem ser obedecidos e respeitados.

O ideal seria que nenhum resíduo fosse dado como rejeito, porém, como isso ainda não é possível, desse modo, o aterro sanitário faz-se necessário. Este, vem como uma sugestão para a minimização dos impactos negativos causados pelo lixão.

Diante disso, vale destacar que quando um aterro sanitário é mal gerenciado, ele pode gerar prejuízos também ao meio ambiente. É comum os casos de despejo de resíduos fora das valas, mal compactado, entrada de pessoas sem autorização e a contaminação do solo e das águas, gerando problemas nos ecossistemas locais e colocando em risco a saúde pública.

Isso se verifica no aterro sanitário de Marituba – PA, o único no estado, e que segundo Passos e Martins (2023), o aterro sanitário, está gerando revolta na população por conta dos impactos causados. Em uma das paralisações, foi apontado que ele não está de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos. O aterro tinha um tempo estimado de operação de 15 anos, porém terá que encerrar já em 2023. Na figura 14, é possível observar uma imagem aérea do aterro sanitário.

Figura 14 – Imagem aérea do aterro sanitário de Marituba - PA



Fonte: Passos e Martins (2023)

Existem diversas maneiras de dispor os resíduos em aterros, mas os mais comuns são os em formato de célula, por possuir uma estrutura mais simples e eficiente. O tamanho e profundidade das valas dependem das características físicas do terreno, respeitando as distâncias até o lençol freático e águas superficiais, mas é comum que as valas tenham entre 3 e 4 metros de profundidade.

As valas são construídas com declividade variando de 20% a 30%, para melhorar o escoamento dos líquidos. O resíduo é despejado por um caminhão no pé do talude (figura 15) e depois são empurrados por um trator de esteira que passa entre 3 a 5 vezes por cima do resíduo para que tenha uma melhor compactação (figura 16). Depois de cessado a célula, o trator vai cobrir com uma camada de 20 a 30 cm de material de cobertura, que geralmente é argila (CTRCCI, 2007).

Figura 15 – Despejo de resíduo em célula de aterro sanitário



Fonte – CTRCCI (2007)

Figura 16 – Rejeitos sendo espalhados e compactados



Fonte: CTRCCI (2007)

O tratamento do chorume originado em um aterro sanitário pode ser tratado em uma estação de tratamento (ETE). Já o gás gerado, pode e deve ser coletado e posteriormente utilizado para fins comerciais ou queima.

4.2.1 Análise econômica

Os custos para instalação e operação de um aterro sanitário variam bastante. Segundo uma pesquisa da FGV, juntamente com a ABETRE (2019), para a construção de um aterro em um município, produzindo aproximadamente 100 toneladas de lixo por dia, seria necessário um investimento de aproximadamente 52 milhões de reais, esse valor já inclui a operação do aterro em um período de 20 anos assim como o encerramento deste.

5 CONCLUSÃO

Os lixões ou vazadouros a céu aberto impactam, negativamente, a população, o meio físico, biótico e antrópico. Por conta disso, a extinção desse tipo de destinação final já é discutida há vários anos, porém requer uma readequação e um esforço significativo em educação ambiental para obter o engajamento da população nessa causa.

Os danos causados pelo lixão não podem ser mensurados com precisão, pois inclui diversos fatores, porém, durante as visitas, pode-se concluir que existe um descuido muito grande com a disposição dos resíduos. Assim, um dos sistemas mais afetado é o físico, mais precisamente o solo, visto que ocorre o despejo dos rejeitos sem nenhum tratamento prévio diretamente no solo.

Desse modo, é importante uma política de fiscalização e um maior esforço para cumprimento das leis vigentes, principalmente obedecendo a Lei 12.305 de 2010, e aos marcos para a extinção dos lixões a céu aberto instituído pela Lei 14.026/2020, que é até 2024.

Dito isso, o aterro sanitário é uma proposta para a redução dos impactos causados pelo lixão da cidade, buscando reaproveitar o terreno e reparar os danos causados. E, apesar dos impactos causados pela implantação de um aterro sanitário, os benefícios têm se mostrado superiores.

Nesse sentido, durante a pesquisa, pôde-se constatar que os custos para implantação e operação de um impacto podem não ser viáveis para pequenos centros urbanos como é o caso de Bom Jardim – MA, porém, existe a possibilidade de fazer acordos ou convênios com cidades próximas, para que esse custo seja reduzido.

Outro fato constatado é que não existe um projeto geral de aterro sanitário, cada caso existe uma particularidade que deve ser respeitada, o que faz com que os gastos variem de região para região. Uma vez que, uma das maiores preocupações é com relação a poluição das águas próximo do aterro, pois quando contamina o lençol freático, os danos não ficam limitados apenas aquele local.

Portanto, a transição dos lixões para aterros sanitários é crucial para reduzir os impactos no meio ambiente e na saúde pública. Essa transição não se resume apenas à instalação de aterros sanitários protegidos, mas também envolve educar a população sobre a separação e o descarte adequado de resíduos sólidos. Além disso, é fundamental o respaldo e a implementação de políticas públicas voltadas para a gestão sustentável de resíduos, atualização, melhoria da preservação ambiental e do bem-estar coletivo.

REFERÊNCIA

ALMEIDA, R. S. R.; SILVA, V. P. R. Avaliação multissistêmica dos impactos ambientais negativos do Lixão do Município de Ingá-PB. **Revista Saúde e Meio Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 89-102, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2022**. São Paulo, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E EFLUENTES – ABEPRE. **Descarte incorreto de resíduos caiu de 3,2 mil para 2,7 mil cidades**. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO brasileira de empresas de tratamento de resíduos sólidos urbanos – ABETRE. **Descarte incorreto de resíduos caiu de 3,2 mil para 2,7 mil cidades**. Disponível em: < <https://abetre.org.br/cai-numero-de-municipios-que-enviam-residuos-a-lixoes-diz-associacao/>>. Acessado em: 15 de novembro de 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13896**: aterros de resíduos não perigosos – critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8419**: apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, 1992.
BELLO, P. F. S.; COELHO, S. L. CAPTAÇÃO DE BIOGÁS EM ATERRO SANITÁRIO PARA REUTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 8, n. 6, p. 1342-1354, 2022.

BRASIL teve cerca de 130 mil internações por doenças associadas à falta de saneamento, em 2021. **Folha metropolitana**. 2023. Disponível em: < <https://www.fmetropolitana.com.br/brasil-teve-cerca-de-130-mil-internacoes-por-doencas-as-sociadas-a-falta-de-saneamento-em-2021/>>. Acessado em: 12 de novembro de 2023.

BRASIL, Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. **Atualiza o marco legal do saneamento básico**. Disponível em: < https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm>. Acessado em: 13 de novembro de 2023.

BRASIL, Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acessado em: 01 de dezembro de 2023.

BRASIL, Lei nº12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: < https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acessado em: 13 de novembro de 2023.

BRASIL. **Etapas do licenciamento**. Disponível em: <<https://pnla.mma.gov.br/etapas-do-licenciamento>>. Acessado em: 16 de novembro de 2023.

CABRAL, E. T. S. S. Impactos na Saúde Pública pelo descarte inadequado de resíduos sólidos. **Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)**. Universidade Federal de Pernambuco 2019.

CAMPOS, L. R. **Aterro sanitário simplificado: instrumento de análise de viabilidade econômico-financeira, considerando aspectos ambientais**, 2008. Dissertação (mestrado em Engenharia Ambiental Urbana). Universidade federal da Bahia, Salvador, 2008.

CAMPOS, V. R.; CAZARINI, E. W. Estudo dos critérios de decisão para localização de aterros sanitários para auxiliar na avaliação de impactos ambientais. In: **3º Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos e 2º Seminário da Região Nordeste sobre Resíduos Sólidos, João Pessoa, Setembro**. 2010.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, Resolução nº 01 de 23 de janeiro de 1986. “**Dispõe de critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental**” Brasília, DF.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, Resolução nº 404 de 11 de novembro de 2008. “**Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos**” Brasília, DF.

COSTA, T. G. A. et al. Impactos ambientais de lixão a céu aberto no Município de Cristalândia, Estado do Piauí, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, n. 4, p. 79-86, 2016.

CTRCI. **Projeto de aterro sanitário**: central de tratamento de resíduos sólidos de Cachoeiro de Itapemirim. Disponível em: <<https://iema.es.gov.br/Media/iema/CQAI/EIA/2007/Central%20res%C3%ADduos%20Cachoeiro/EA-09-07-0-0%20Volume%20II.pdf>>. acessado em: 23 de novembro de 2023.

ECO RESPONSE. **Lixão, aterro controlado ou aterro sanitário: para onde vão os nossos resíduos?** Disponível em: <<https://www.ecoresponse.com.br/blog/noticia-interna/lixao-e-aterro-255#:~:text=Aterro%20controlado%20%E2%80%93%20%C3%A9%20uma%20forma,nocivos%20ou%20impermeabiliza%C3%A7%C3%A3o%20do%20solo>>. Acessado em: 13 de novembro de 2023.

ENSINAS, A. V. **Estudo da geração de biogás no aterro sanitário Delta em Campinas-SP**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade de Campinas, UNICAMP. São Paulo, 2003.

FIGUEIREDO, N. J. V. **Utilização de biogás de aterro sanitário para geração de energia elétrica-estudo de caso**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, 2011.

GOMES, A. O. S.; BELÉM, M. O. O lixo como um fator de risco à saúde pública na cidade de Fortaleza, Ceará. **SANARE - Revista de Políticas Públicas**, v. 21, n. 1, 2022.

IBAMA – **Avaliação de Impacto Ambiental**: caminhos para o fortalecimento do licenciamento ambiental federal. Brasília, 2016.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2021**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

JÚNIOR, R. T.; SAIANI, C. C. S. Restrições à expansão dos investimentos no saneamento básico brasileiro. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 37, n. 4, p. 572-591, 2006.

LANDIM, A. L. P. F.; AZEVEDO, L. P. de. **O aproveitamento energético do biogás em aterros sanitários: unindo o inútil ao sustentável**. Rio de Janeiro: Bndes Setorial, Ed 27, 42 p, 2008.

LEONETI, A. B.; PRADO, E. L.; OLIVEIRA, S. V. W. B. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de administração pública**, v. 45, p. 331-348, 2011.

LIMA, L. C. et al. **Análise dos métodos de implantação de um aterro sanitário municipal em pernambuco—estudo de caso**. 3º Congresso sul-americano de resíduos sólidos urbanos.

MARTINS, C. **Entenda as diferenças entre lixão, aterro controlado e aterro sanitário**. Disponível em: <<https://www.trilhoambiental.org/post/entenda-as-diferen%C3%A7as-entre-lix%C3%A3o-aterro-controlado-e-aterro-sanit%C3%A1rio>>. Acessado em: 28 de novembro de 2023.

MENDONÇA, A.; MOREIRA, M. J. Critérios para a instalação de um aterro sanitário no município de Manacapuru. **Saberes da Engenharia: Uma contribuição para a sociedade Volume 3**, p. 24. 2023.

MORAES, C. D.; DAQUINO, A. C. **Avaliação de impacto ambiental**: uma revisão da literatura sobre as principais metodologias. 2016. 5º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense – SICT-Sul, 2016.

PASSOS, M.; MARTINS, V. Lixo na Grande Belém: entenda história e denúncias envolvendo o aterro sanitário de Marituba. **GLOBO.COM**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2023/07/31/lixo-na-grande-belem-entenda-historia-e-denuncias-envolvendo-o-aterro-sanitario-de-marituba.ghtml>>. Acessado em: 22 de novembro de 2023.

RESEARCHGATE. Disponível em: <https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Aterro-sanitario-de-RSU-Fonte-IPT-2000-A-operacao-de-um-aterro-sanitario_fig2_318217988>. Acessado em: 17 de novembro de 2023

SILVA, J. O. **Incidência de doenças causadas pelo impacto ambiental em um lixão no município de Bacabal – MA.** 2020. Monografia (Licenciatura em ciências naturais – Biologia). Universidade Federal do Maranhão, Bacabal, 2020.

SISTEMA Nacional de Informação sobre Saneamento – SNIS. **Bom jardim (MA).** Disponível em: < <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/ma/bom-jardim>>. Acessado em: 19 de novembro de 2023.

SOARES, L. G. C.; SALGUEIRO, A. A.; GAZINEU, M. H. P. Educação ambiental aplicada aos resíduos sólidos na cidade de Olinda, Pernambuco–um estudo de caso. **Revista Ciências & Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2007.

SPADOTTO, C.A. Classificação de Impacto Ambiental. **Comitê de Meio Ambiente, Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas.** 2002. Disponível em <<http://www.cnpma.embrapa.br/herbicidas/>>. Acessado em 01 de dezembro de 2023.

SZIGETHY, L.; ANTENOR, S. **Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos.** IPEA – centro de pesquisa em ciência, tecnologia e saúde. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologico-s-politicos-e-economicos>>. Acessado em: 12 de novembro de 2023.

ZIERO, J. G.; SCHMECHEL, M.; PEREIRA, D. A. Relação entre saneamento básico no Brasil e saúde da população sob a ótica das internações hospitalares por doenças de veiculação hídrica. **Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace**, v. 7, n. 2, 2016.