



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE-UFCG**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR-CCTA**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL-UACTA**  
**GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**  
*CAMPUS DE POMBAL-PB*

NAEDNA MEDEIROS DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DO ATERRO SANITÁRIO EM**  
**SOUSA-PB**

POMBAL-PB

2023

**AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DO ATERRO SANITÁRIO EM  
SOUSA-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Pombal-PB, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharela em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Naiara Angelo Gomes

Coorientador: Prof. Dr. José Cledimário A. Leite

S237a Santos, Naedna Medeiros dos.

Avaliação de impactos ambientais do aterro sanitário em Sousa-PB / Naedna Medeiros dos Santos. – Pombal, 2023.

84 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2023.

“Orientação: Profa. Dra. Naiara Angelo Gomes, Prof. Dr. José Cledimário A. Leite”.

Referências.

1. Resíduos sólidos urbanos - Disposição final. 2. Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR). 3. Meio ambiente. 4. Controle ambiental. 5. Impactos ambientais. I. Gomes, Naiara Angelo. II. Leite, José Cledimário A. III. Título.

CDU 628.4 (043)

NAEDNA MEDEIROS DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DO ATERRO SANITÁRIO EM  
SOUSA-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental, do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB, pela seguinte banca examinadora:

Documento assinado digitalmente



NAIARA ANGELO GOMES  
Data: 06/07/2023 20:19:23-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Profa. Dra. Naiara Angelo Gomes

(Orientadora – CCTA/UFCG/*Campus* de Pombal-PB)

CAMILO ALLYSON SIMOES

DE FARIAS:03542044407

Digitally signed by CAMILO ALLYSON  
SIMOES DE FARIAS:03542044407  
Date: 2023.07.06 14:05:44 -03'00'

---

Prof. Dr. Camilo Allyson Simões de Farias

(Examinador Interno – CCTA/UFCG/*Campus* de Pombal-PB)

Documento assinado digitalmente



FRANCIEDNA MARIA DA SILVA  
Data: 13/07/2023 07:47:11-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Ma. Franciédna Maria da Silva

(Examinadora Externa - Prefeitura Municipal de Pombal-PB)

Pombal, 20 de junho de 2023.

*Dedico este trabalho aos meus pais, Nair Costa e Edilson José, vocês são minha base, meu maior exemplo de determinação e força. Obrigada por sempre acreditarem em mim e que essa realização seria possível.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por estar presente em todos os momentos, por ter me dado força, saúde, coragem e muita determinação para concretizar este grande sonho.

Aos meus pais, Nair Costa de Medeiros e Edilson José dos Santos, por todo amor, cuidado, força, incentivo e confiança diária. Vocês são a razão de todas as minhas conquistas, sem vocês essa realização não seria possível. Meu amor e minha gratidão eterna.

As minhas irmãs, Nyedja Carla e Naiane Medeiros, por todo suporte emocional e financeiro durante a graduação.

Aos meus sobrinhos, Kaio, Nadja, Luan e Nádila, por terem sido fonte de amor e alegria durante os piores dias desta trajetória. Amo vocês incondicionalmente.

Ao meu namorado, Marcos José, por estar do meu lado sempre, pela paciência e compreensão.

As minhas amigas, Denise Batista e Uilma Dantas, por sempre acreditarem em mim e nunca me deixar desistir por nada e nem ninguém.

Aos amigos que fiz durante a graduação, em especial Pedro Igor, Italo Dias, Bruno Medeiros, Francisco de Assis, Ana Patrícia, Marina Mirelly e Ihasmim Santos. Obrigada por todo apoio e momentos de descontração.

A minha orientadora e o meu coorientador, Naiara Angelo Gomes e José Cleidimário Araújo Leite, pela excelente orientação, aprendizados, amizade, pela preocupação e incentivo diário.

Ao responsável legal do Aterro Sanitário de Sousa-PB, Iury Araújo, por permitir que este estudo fosse realizado na área do empreendimento, além das contribuições repassadas para o aperfeiçoamento deste trabalho.

A banca examinadora, por todas as contribuições feitas para que este trabalho ficasse ainda melhor.

A Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), *Campus* de Pombal-PB. Aos professores da Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental (UACTA) do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) pela contribuição na minha formação acadêmica.

Por fim, às pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para que a concretização deste sonho fosse possível.

SANTOS, N. M. **Avaliação de impactos ambientais do Aterro Sanitário em Sousa-PB.** 2023. 83 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande. Pombal-PB, 2023.

## RESUMO

A geração desenfreada de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) constitui uma problemática ambiental mundial, tendo em vista que na maioria das vezes a disposição final desses RSU é realizada de forma inadequada, ocasionando inúmeros impactos ambientais que trazem prejuízos à saúde pública e à qualidade do meio ambiente. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os impactos ambientais gerados na fase de operação do Aterro Sanitário de Sousa-PB. As etapas metodológicas compreenderam o levantamento de atividades do projeto, a realização do diagnóstico simplificado da área, a identificação e análise dos aspectos e impactos ambientais, o cálculo do Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR) e a proposição de medidas, planos e programas de controle ambiental. Tais etapas, foram desenvolvidas a partir de pesquisa na literatura científica e técnica, visitas de campo e registros fotográficos. Com base nos resultados, verificou-se que os meios mais impactados foram o abiótico e antrópico, e que os componentes ambientais mais afetados foram o solo, o ar e a saúde. Foram identificados 32 impactos ambientais, dentre os quais: 22 apresentaram conotação negativa para a área de influência. O IQR da área estudada foi 6,82, indicando condições operacionais inadequadas. Dentre as medidas, planos e programas propostos, destacam-se: o programa de educação ambiental junto à operários do Aterro Sanitário e à população em geral. Como conclusão, espera-se que os resultados obtidos neste estudo auxiliem no desenvolvimento sustentável das atividades do Aterro Sanitário em Sousa-PB.

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos urbanos. Disposição final. Índice de qualidade de aterro de resíduos. Meio ambiente. Controle ambiental.

SANTOS, N. M. 83 pages. 2023. **Environmental impacts assessments of the sanitary landfill in Sousa-PB.** (Graduate in Environmental Engineering) – Federal University of Campina Grande. Pombal-PB, 2023.

### **ABSTRACT**

The uncontrolled generation of Urban Solid Waste (USW) constitutes a global environmental issue, given that, most of the time, the final disposal of these USW is inadequately carried out, resulting in numerous environmental impacts that adversely affect public health and the quality of the environment. In this context, the present study aimed to evaluate the environmental impacts generated during the operational phase of the Sanitary Landfill of Sousa-PB. The methodological steps included the survey of project activities, conducting a simplified diagnosis of the area, identifying and analyzing environmental aspects and impacts, calculating the Waste Landfill Quality Index (WLQI), and proposing measures, plans, and environmental control programs. These steps were developed based on research in scientific and technical literature, field visits, and photographic records. Based on the results, it was found that the most impacted aspects were the abiotic and anthropic factors, and the most affected environmental components were the soil, air, and health. 32 environmental impacts were identified, with 22 of them having a negative connotation for the area of influence. The WLQI for the studied area was 6,82, indicating inadequate operational conditions. Among the proposed measures, plans, and programs, the environmental education program targeting landfill workers and the general population stands out. In conclusion, it is expected that the results obtained in this study will contribute to the sustainable development of the activities of the Sanitary Landfill in Sousa-PB.

**Keywords:** Urban solid waste. Final disposal. Waste Landfill Quality Index. Environment. Environment controll.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Classificação dos Resíduos Sólidos quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública.....	19
<b>Figura 2</b> - Desenho esquemático de um aterro sanitário.....	22
<b>Figura 3</b> - Localização do município de Sousa-PB .....	31
<b>Figura 4</b> - Localização da área de estudo (Aterro Sanitário em Sousa-PB) .....	32
<b>Figura 5</b> - Fluxograma com as etapas metodológicas da pesquisa .....	33
<b>Figura 6</b> - Área de influência do estudo: AID e AII .....	34
<b>Figura 7</b> - Caracterização dos solos da área do Aterro Sanitário em Sousa-PB: A) Afloramento de rochas; B) Processos erosivos .....	44
<b>Figura 8</b> - Caracterização da área de influência direta do empreendimento .....	45
<b>Figura 9</b> - Cursos d'água localizado nas proximidades da área do aterro sanitário: A) Reservatório de pequeno porte; B) Reservatório de médio porte.....	46
<b>Figura 10</b> - Pontos de monitoramento de água subterrânea dentro da área de influência direta do empreendimento .....	47
<b>Figura 11</b> - Poluição atmosférica na frente de trabalho do Aterro Sanitário resultante do tráfego de veículos .....	48
<b>Figura 12</b> - Espécies vegetais identificadas na área de estudo: A) <i>Azadirachta indica</i> A. Juss (nim); B) <i>Mimosa hostilis</i> (jurema-preta); C) <i>Pilosocereus gounelleii</i> (xique-xique); D) <i>Ziziphus joazeiro</i> (juazeiro).....	49
<b>Figura 13</b> - Interações entre atividades (ações antrópicas) e o meio ambiente.....	53
<b>Figura 14</b> - Estrutura de apoio do Aterro Sanitário em Sousa-PB: A) Balança rodoviária; B) Portaria e vigilância .....	64
<b>Figura 15</b> - Via de acesso para a célula e a usina de triagem do Aterro Sanitário em Sousa-PB .....	64
<b>Figura 16</b> - Frente de trabalho em relação a dimensão da área utilizada .....	65
<b>Figura 17</b> - Lagoa de acumulação do Aterro Sanitário em Sousa-PB: A) Vista da lagoa de acumulação de cima da célula; B) Vista do interior da lagoa de acumulação .....	67
<b>Figura 18</b> - Vista da lateral da célula, que permite a visualização da ausência de drenos de águas pluviais .....	67
<b>Figura 19</b> - Sistema de drenagem de gases na célula do Aterro Sanitário em Sousa-PB .....	68
<b>Figura 20</b> - Distanciamento da área de influência direta do Aterro Sanitário em Sousa-PB a	

núcleos habitacionais .....	71
<b>Figura 21</b> - Distanciamento da área de influência direta do Aterro Sanitário em relação aos corpos de água .....	71

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Macro conjunto adotado pela CETESB para avaliar as características do local de disposição final dos resíduos .....	37
<b>Tabela 2</b> - Macro conjunto adotado pela CETESB para avaliar as características de infraestrutura implantada no local de disposição final de resíduos .....	39
<b>Tabela 3</b> - Macro conjunto adotado pela CETESB para avaliar as condições operacionais no local de disposição final de resíduos .....	39
<b>Tabela 4</b> - Pesos atribuídos as características do local de disposição final dos resíduos em Sousa-PB .....	62
<b>Tabela 5</b> - Pesos atribuídos as características de infraestrutura implantada no local de disposição de resíduos em Sousa-PB.....	69
<b>Tabela 6</b> - Pesos atribuídos as características das condições operacionais do local de disposição de resíduos em Sousa-PB .....	70

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Descrição dos componentes ambientais estudados na área de estudo .....	35
<b>Quadro 2</b> - Critérios analisados para os impactos ambientais .....	36
<b>Quadro 3</b> - Atividades/ações antrópicas identificadas na fase de operação do Aterro Sanitário em Sousa-PB .....	42
<b>Quadro 4</b> - Matriz de interação para associação de ações antrópicas com os componentes ambientais afetados.....	52
<b>Quadro 5</b> - Aspectos e impactos ambientais identificados na fase de operação do Aterro Sanitário.....	54
<b>Quadro 6</b> - Matriz de interação de Aspectos e Impactos ambientais com os meios abióticos, bióticos e antrópicos .....	56
<b>Quadro 7</b> - Matriz de classificação dos impactos do meio abiótico na fase de operação do Aterro Sanitário .....	58
<b>Quadro 8</b> - Matriz de classificação dos impactos do meio biótico na fase de operação do Aterro Sanitário.....	59
<b>Quadro 9</b> - Matriz de classificação dos impactos do meio antrópico na fase de operação do Aterro Sanitário .....	60
<b>Quadro 10</b> - Medidas mitigadoras .....	73
<b>Quadro 11</b> - Medidas de compensação.....	74
<b>Quadro 12</b> - Programa de educação ambiental para operários, população em geral da área de influência do Aterro Sanitário em Sousa-PB.....	74
<b>Quadro 13</b> - Programa de prevenção de acidentes na área de influência direta do Aterro Sanitário em Sousa-PB .....	75
<b>Quadro 14</b> - Plano de monitoramento da qualidade do ar atmosférico da área de influência direta do Aterro Sanitário em Sousa-PB.....	76
<b>Quadro 15</b> - Plano de monitoramento da fauna local da área de influência direta do Aterro Sanitário em Sousa-PB .....	76

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
AID	Área de Influência Direta
AII	Área de Influência Indireta
AS	Aterro Sanitário
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IQR	Índice de Qualidade de Resíduos
NBR	Norma Técnica Brasileira
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
QGIS	Sistema de Informação Geográfica
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RS	Resíduos Sólidos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
UTR SOUSA	Unidade Sousa Tratamento de Resíduos

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	17
2.1 GERAL.....	17
2.2 ESPECÍFICOS .....	17
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	18
3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS.....	18
<b>3.1.1 Definição e classificação dos Resíduos Sólidos</b> .....	18
<b>3.1.2 Aspectos gerais dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)</b> .....	20
3.2 ATERRO SANITÁRIO.....	21
<b>3.2.1 Subprodutos gerados nos aterros sanitários</b> .....	23
3.3 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL .....	23
3.4 IMPACTO AMBIENTAL.....	24
3.5 AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL .....	25
<b>3.5.1 Métodos de Avaliação de Impacto Ambiental</b> .....	26
3.5.1.1 Método <i>Ad Hoc</i> .....	26
3.5.1.2 Método <i>Check List</i> (listas de checagem) .....	27
3.5.1.3 Matrizes de Interação .....	27
3.6 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS (IQR).....	28
3.7 MEDIDAS DE CONTROLE AMBIENTAL .....	29
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	31
4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	31
4.2 ETAPAS METODOLÓGICAS DA PESQUISA.....	32
<b>4.2.1 Levantamento das atividades do projeto</b> .....	33
<b>4.2.2 Diagnóstico ambiental simplificado</b> .....	34
4.2.2.1 Definição da área de influência da atividade estudada.....	34

## SUMÁRIO

<b>4.2.3 Identificação e análise dos aspectos e impactos ambientais do empreendimento</b>	35
<b>4.2.4 Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR)</b>	36
<b>4.2.5 Medidas de controle ambiental</b>	40
<b>4.2.6 Planos e programas de monitoramento ambiental</b>	41
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	42
5.1 LEVANTAMENTO DAS ATIVIDADES DO PROJETO	42
5.2 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL SIMPLIFICADO	43
<b>5.2.1 Meio Abiótico</b>	43
5.2.1.1 Solo	43
5.2.1.2 Água	44
5.2.1.3 Ar atmosférico	47
5.2.1.4 Paisagem	48
<b>5.2.2 Meio Biótico</b>	49
5.2.2.1 Flora	49
5.2.2.2 Fauna	50
<b>5.2.3 Meio Antrópico</b>	51
5.2.3.1 Saúde pública	51
5.2.3.2 Economia	51
5.3 IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DO EMPREENDIMENTO	51
<b>5.3.1 Classificação dos impactos ambientais</b>	58
5.4 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS	60
<b>5.4.1 Características do local</b>	61
<b>5.4.2 Infraestrutura implantada</b>	68
<b>5.4.3 Condições operacionais</b>	69
<b>5.4.4 Cálculo do Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR)</b>	71

## SUMÁRIO

5.6 PLANOS E PROGRAMAS DE MONITORAMENTO AMBIENTAL.....	74
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>78</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>79</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) constitui uma problemática ambiental mundial. As perspectivas voltadas a essa questão incluem basicamente dois fatores que controlam sua origem e geração: o crescimento populacional e a intensidade da industrialização (FROTA *et al.*, 2015). Além disso, o consumo exagerado de bens e serviços contribui para a geração desordenada de RSU (ANTENOR; SZIGETHY, 2020), que na maioria das vezes a sua disposição é feita de forma inadequada, ocasionando inúmeras consequências socioambientais, causando, assim, prejuízos ao bem estar e saúde da população e à qualidade do meio ambiente.

Sendo assim, o gerenciamento inadequado dos RSU causa impactos ambientais negativos, tais como: a contaminação do solo, do lençol freático, de rios e córregos e o ar, a proliferação de vetores, e, conseqüentemente, o aumento de doenças que afetam diretamente a vida de pessoas mais carentes de saneamento básico adequado (FERREIRA, 2019).

Nesse contexto, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei n. 12.305, de 10 de agosto de 2010, surge com alternativas que têm como finalidade assegurar a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental, visando a colaboração do poder público, das empresas e da sociedade para, juntos, contribuírem para não gerar, reduzir, reutilizar, reciclar e tratar os RSU, bem como dispor os rejeitos de forma ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

Os Aterros Sanitários (AS) são obras de engenharia que proporcionam um descarte seguro dos RSU. Segundo a NBR 8219 (ABNT, 1992), os AS consistem em tecnologias para disposição de resíduos sólidos urbanos no solo sem prejudicar a saúde e a segurança pública, minimizando o impacto ambiental negativo. Ainda conforme a mesma norma, é preciso confinar os RSU na menor área possível e reduzi-los ao volume mínimo possível, cobrindo-os com uma camada de solo na conclusão diária das atividades do empreendimento ou a intervalos menores, se necessário (ABNT, 1992).

Além disso, de acordo com Tanaka (2021), nos AS faz-se necessário realizar o monitoramento da quantidade de resíduos armazenados, a produção de gases tóxicos e devem possuir um sistema de drenagem pluvial para que impeça o contato entre a chuva e os resíduos, evitando que ocorra deslizamento da massa de resíduos. Porém, mesmo com todos esses mecanismos, os AS quando não operados ou monitorados adequadamente, podem causar impactos negativos que afetam os componentes ambientais.

Nesse sentido, a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) surge como uma ferramenta

para identificar as alterações ambientais de uma ação presente ou proposta, sendo imprescindível para elaboração de programas e políticas que objetivam antever as consequências dessas atividades (LEITE, 2022). No Brasil, foi com a aprovação da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), instituída pela Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, que a AIA foi incorporada à legislação ambiental em nível nacional, e passou a ser utilizada como um instrumento de gestão que visa a prevenção, melhoria e manutenção da qualidade ambiental e social (BRASIL, 1981).

Nessa perspectiva, o AS estudado nesta pesquisa é a Unidade Sousa Tratamento de Resíduos LTDA (UTR SOUSA), situada no município de Sousa-PB, no sertão Paraibano, que foi instalada no ano de 2014, estando com 9 anos de operação (DIÁRIO DO SERTÃO, 2014). No estudo, foram avaliadas as características ambientais e operacionais da área e os impactos ambientais ocasionados pelas atividades do empreendimento. Desta forma, é possível ter uma avaliação completa da área e compreender suas deficiências.

A partir da realização deste estudo foram apresentadas medidas, planos e programas ambientais de controle ambiental que são capazes de oferecer melhorias aos catadores, funcionários do empreendimento e a população que visita ou reside no entorno da área, proporcionando menos riscos à saúde, além de contribuir de forma positiva com o meio ambiente, preservando a fauna e flora local, e restaurando as condições ambientais dos componentes afetados.

Portanto, estudos desta natureza justificam-se pelo fato de servirem de base para elaboração de estudos ambientais mais aprofundados, sendo importantes para avaliar a viabilidade ambiental e garantir a operação da atividade com o máximo controle ambiental, os quais são fundamentais para a obtenção, renovação e regularização de licenças ambientais de aterros sanitários. Além do mais, trazem contribuições para os meios técnico-científicos e ambientais, pois os resultados servem de base para a criação de um banco de dados que pode ser usado para formular estratégias e tomar decisões no gerenciamento de aterros, por exemplo: (I) otimizar a operação e prevenir danos ao meio ambiente e à saúde pública; (II) avaliar as características do local, bem como as condições operacionais, a fim de saber se operam de forma adequada e/ou inadequada.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 GERAL**

Avaliar os impactos ambientais gerados na fase de operação do Aterro Sanitário no município de Sousa-PB.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

- Fazer o levantamento das atividades realizadas na fase de operação do empreendimento;
- Elaborar o diagnóstico ambiental simplificado na área de influência do estudo;
- Analisar os aspectos e impactos ambientais durante a operação da atividade;
- Determinar o Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR);
- Propor medidas, planos e programas de controle ambiental.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

##### 3.1.1 Definição e classificação dos Resíduos Sólidos

De acordo com PNRS (BRASIL, 2010), no art. 3, inciso XVI, Resíduo Sólido (RS) pode ser definido como sendo:

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).

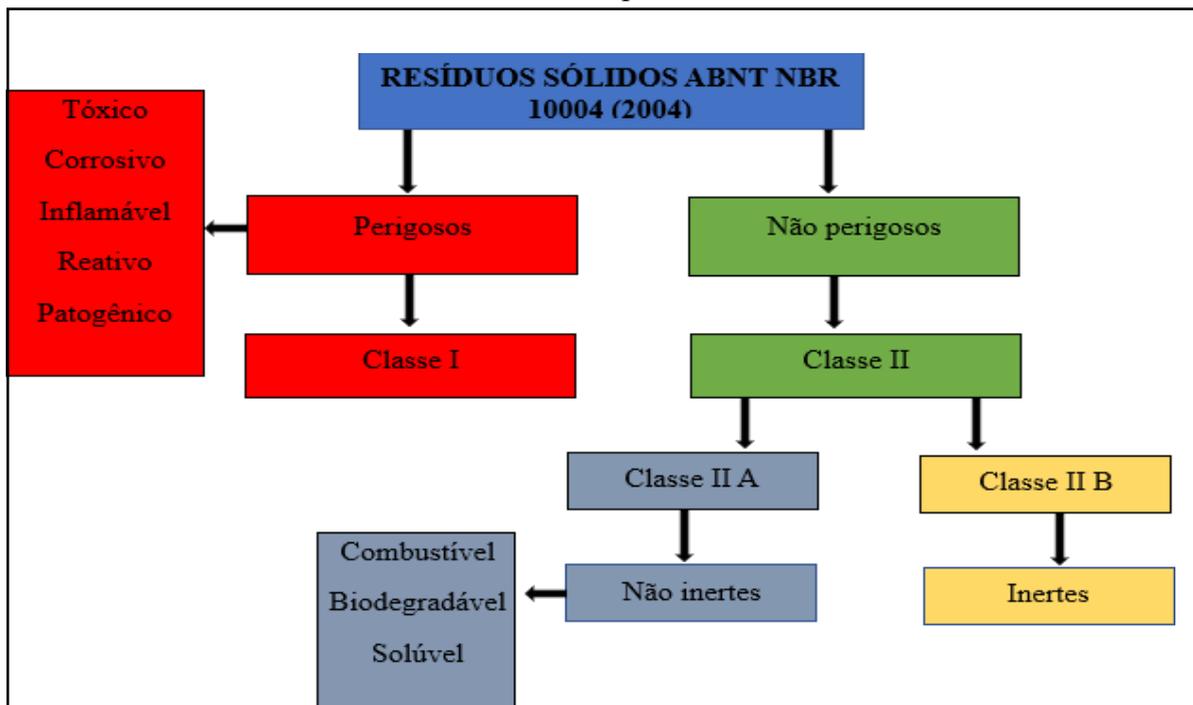
Os RS são todos os materiais que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de varrição e de outras atividades e/ou ações humanas. “O descarte inadequado dos RS provoca consequências socioambientais, que prejudicam a saúde da população e a qualidade do meio ambiente” (KLISK *et al.*, 2021).

De acordo com Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na NBR 10.004 (2004), a classificação dos RS em relação aos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública está representada na Figura 1. Diante disso, tem-se que:

- Resíduos Classe I - (perigosos): São aqueles que apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, que por sua vez, podem ocasionar riscos à saúde pública ou provocar efeitos adversos ao meio ambiente quando utilizados ou dispostos de maneira inadequada.
- Resíduos classe II - (não perigosos)
  - a. Resíduos classe II A - (Não inertes): São os resíduos que podem apresentar características de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade.
  - b. Resíduos classe II B - (Inertes): São resíduos que não oferecem riscos à saúde e ao meio ambiente, e que, quando submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, a temperatura ambiente, conforme teste de solubilização, segundo a norma NBR 10.006 (ABNT, 2004), não tiverem nenhum de seus constituintes

solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, exceto os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor.

**Figura 1** - Classificação dos Resíduos Sólidos quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública



Fonte: Adaptado da ABNT (2004)

Os RS, também, podem ser classificados em 11 categorias quanto ao critério origem (BRASIL, 2010) c,onforme descritas a seguir:

- 1) resíduos domiciliares: os gerados a partir de atividades domésticas em residências urbanas;
- 2) resíduos de limpeza urbana: os provenientes dos serviços de limpeza urbana, como varrição e limpeza de áreas públicas e vias;
- 3) resíduos sólidos urbanos: os provenientes de atividades domésticas, de serviços atrelados a limpeza urbana, como varrição, limpeza de logradouros e vias públicas etc.
- 4) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados a partir de atividades comerciais ou serviços, como por exemplo: lojas, restaurantes, padarias dentre outros, exceto os resíduos sólidos urbanos.
- 5) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nas atividades relacionadas ao tratamento de água e esgoto, manutenção dos sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais.

6) resíduos industriais: corresponde aos resíduos gerados nos processos produtivos e instalações industriais;

7) resíduos de serviços de saúde: corresponde aos resíduos dos serviços de saúde, tais como: hospitais, farmácias, laboratório de análises e clínicas médicas e veterinárias.

8) resíduos da construção civil: os gerados durante obras de construção civil, como por exemplo, reparos, reformas e demolições, incluindo os provenientes da preparação (escavação de terrenos).

9) resíduos agrossilvopastoris: corresponde aos resíduos das atividades agropecuárias e silviculturais, incluindo toda parte de insumos utilizados na realização dessas atividades.

10) resíduos de serviços de transportes: os resíduos de portos, aeroportos, terminais rodoviários etc.

11) resíduos de mineração: resíduos gerados na atividade de pesquisa, extração ou processamento de minérios;

### **3.1.2 Aspectos gerais dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)**

A NBR 8419 (ABNT, 1996) define RSU como sendo os resíduos gerados em áreas urbanas, exceto os resíduos industriais perigosos, hospitalares sépticos e resíduos de aeroportos e portos. Conforme Antenor e Szigethy (2020), os RSU são oriundos de atividades domésticas em residências urbanas, resíduos originados a partir da limpeza urbana, como por exemplo, a varrição, e a limpeza de logradouros e vias públicas.

De acordo com Melo (2015), o processo de geração dos RSU sofre influência de alguns fatores em relação a quantidade e composição, como por exemplo, os fatores econômicos, sociais, culturais, educacionais, geográficos e tecnológicos. Essas características podem ser identificadas em todo processo de gerenciamento dos RSU, ou seja, da geração até a sua disposição final.

O destino adequado dos RS é um grande desafio da sociedade brasileira atual. Segundo o Panorama de Resíduos Sólidos do Brasil, em 2022, o Brasil apresentou uma geração de pouco mais de 81 milhões de toneladas de RSU, o que equivale a 224 mil toneladas por dia. No Brasil, 46,4 milhões de toneladas dos resíduos coletados foram enviadas para Aterros Sanitários. Por outro lado, os lixões e aterros controlados ainda seguem em operação em todo país, recebendo um total de 29,7 milhões de toneladas sem destinação ambientalmente adequada (ABRELPE, 2022).

A gestão e o gerenciamento são ferramentas importantes para influenciar a redução do impacto ambiental ocasionado pelos RSU. No entanto, para que esses instrumentos desempenhem esse papel, é fundamental conhecer as características dos RSU gerados. Portanto, possui grande importância estudar sobre a origem e a composição dos RSU nos municípios, pois proporciona melhores procedimentos de coleta, transporte, tratamento e disposição final (INEA, 2021).

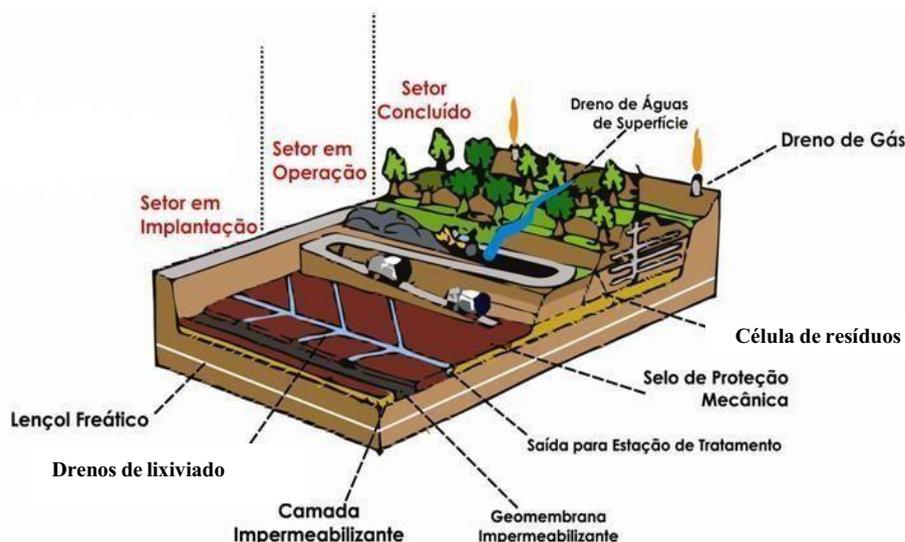
Conforme dados da ABRELPE (2020), acerca da composição gravimétrica dos RSU, no Brasil, 45,3 % dos RSU são compostos por matéria orgânica, 35% recicláveis secos, incluindo o plástico, papel e papelão, metais, vidros, embalagens (salgadinhos, leite, biscoitos e rótulos de garrafas PET e outros). Os rejeitos representam 14,1% do total, constituído principalmente por materiais sanitários. Além disso, resíduos têxteis, borracha e couro equivalem a 5,6% e 1,4% são pilhas, baterias e resíduos perigosos.

### 3.2 ATERRO SANITÁRIO

Os AS são espaços utilizados para a disposição final dos RS gerados pelas atividades humanas, tais como: resíduos industriais, domésticos, comerciais, de serviços de saúde e da construção civil e demolição. Na base dos AS deve sempre existir uma rede de drenagem de lixiviado, acima de uma camada impermeável de polietileno de alta densidade, sobre solo compactado para evitar o vazamento desse material líquido para o solo e, assim, evitar a contaminação das águas subterrâneas. O lixiviado deve ser tratado e/ou recirculado para as células de RSU em operação, minimizando, assim, a poluição/contaminação do meio ambiente (DUARTE, 2015).

Ressalta-se que nos AS, os RSU são dispostos utilizando critérios de engenharia, que garante um local seguro para a sua disposição, evitando impactos ambientais, e, conseqüentemente, danos à saúde humana. Existem outras opções disponíveis com a finalidade de minimizar esses impactos, como reciclagem, compostagem, reutilização e redução da geração de RSU. Os materiais recicláveis não devem ir para os AS, mas, para que isso seja possível, é necessário que ocorra a coleta seletiva, ou seja, a separação dos diferentes componentes utilizados (VGR, 2018).

**Figura 2** - Desenho esquemático de um aterro sanitário



Fonte: Adaptado da SEMARH-AL (2017)

Para Lana (2021), os AS convencionais consistem em múltiplas camadas de resíduos compactados sobrepostos ao solo original em uma estrutura típica de escada ou pirâmide. Existem, também, os aterros de valas que são projetados para restaurar o relevo à sua topografia original, facilitando o aterramento e a estratificação dos RSU. Dessa forma, subprodutos residuais, como o lixiviado e gases tóxicos, ficam entre as camadas e não entram em contato com a natureza (IGNACIO, 2020).

Gomes (2023) discorda da afirmação anterior, já que segundo a referida autora, os AS devem ser projetos visando a coleta tanto do lixiviado quanto dos gases. Se ambos ficarem aprisionados no interior das camadas do AS podem causar problemas de instabilidade dos taludes, e, conseqüentemente, ocasionar sérios problemas na operação e ao meio ambiente.

Conforme Canejo (2022), o maior desafio da gestão pública e privada em relação aos AS, é o transporte adequado dos materiais para esses locais. Somente os rejeitos deveriam ser enviados, já que os RSU podem e devem ser tratados, reciclados e/ou reutilizados, estendendo assim, a vida útil dos aterros. O mesmo autor também apontou que o uso desse método é mais popular nos países em desenvolvimento, como uma das melhores escolhas econômicas e sociambientais, em objeção aos lixões e aos aterros controlados. Recomenda-se que a construção dos AS tenha vida útil mínima de 10 anos e que o seu monitoramento deve-se prolongar por pelo menos mais 10 anos após o seu encerramento (ABNT, 1997).

### 3.2.1 Subprodutos gerados nos aterros sanitários

Nos AS, a decomposição dos resíduos gera a produção do lixiviado, um líquido escuro, de odor desagradável e que é considerado um grave problema na operação de AS, caracterizado por altas concentrações de compostos orgânicos e inorgânicos de difícil degradação, tais como: nitrogênio amoniacal, metais pesados etc. Em vista desses poluentes, o lixiviado pode ser prejudicial ao meio ambiente, causando a contaminação do solo, das águas subterrâneas e superficiais se não for tratado de forma eficaz antes do lançamento (MORAIS *et al.*, 2019).

Os gases produzidos nos AS são gerados a partir da decomposição anaeróbica da matéria orgânica presente nos resíduos. A emissão desses gases representa uma ameaça ao meio ambiente, causando danos à vegetação, ocasionando odores desagradáveis e até mesmo perigo de explosão. Esses gases são resultado de diversos fatores e processos físicos, químicos e biológicos. Em sua maior parte, são: o dióxido de carbono (40 a 50%) e o metano (50 a 60%) (JUNIOR, 2020).

## 3.3 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

O diagnóstico ambiental é a caracterização e o conhecimento de todos os fatores ambientais de uma área e/ou empreendimento, avaliando os impactos positivos e negativos (MARTINS, 2019).

De acordo com Lopes (2021), o diagnóstico ambiental é “uma fase de identificação/levantamento de características de uma área.” Já para Peluzio (2021), é a fase de Estudo de Impacto Ambiental (EIA), que leva muito tempo, por isso deve ser feito um planejamento responsável e criterioso para caracterizar o estado ambiental da área antes da implantação do projeto.

O diagnóstico ambiental deverá retratar de forma detalhada a situação da qualidade ambiental atual da área do estudo, indicando as principais características dos componentes ambientais que constituem o sistema ambiental, de forma a permitir o entendimento da dinâmica e das interações existentes entre os meios abiótico, biótico e antrópico da área diretamente e/ou indiretamente afetada (VIANA, 2007).

Junior (2007) elaborou um diagnóstico ambiental da área do AS do município de Cascavel-PB, os principais resultados obtidos foram: o solo do AS possui característica de atenuação de contaminantes; a variação da quantidade de matéria orgânica em função da

profundidade do solo demonstrou o poder de atenuação, funcionando como um reator físico-químico; o sistema de drenagem de lixiviado e águas pluviais precisa ser readequado, em função dos atuais poços e da possível contaminação.

Candiadi e Garcia (2017) elaboraram um diagnóstico dos inventários de fauna em estudos de impactos ambientais de AS, e verificaram as seguintes deficiências no estudo: ausência de análise complexa das interações ecológicas nas áreas avaliadas, de dados do critério sazonalidade e relataram também que o diagnóstico ambiental foi elaborado com base em levantamentos bibliográficos, o que pode ter ocasionado a falta de informações necessárias.

### 3.4 IMPACTO AMBIENTAL

De acordo com o Art. 1º da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n.º 001, de 23 de Janeiro de 1986, impacto ambiental é:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986).

Para Meneguzzo e Chaicouski (2010), é um termo amplo que pode ser empregado para referir-se a impactos negativos resultantes de atividades humanas e pode possuir conotação positiva.

Embora a legislação atual afirme claramente que o impacto ambiental ocorre apenas em função das atividades do homem, estes também podem ser causados por razões naturais (erupção vulcânica, inundação e queimadas), sempre que ocorrerem, haverá um impacto ambiental significativo ou não, podendo afetar vários fatores ambientais (GOMES, 2015).

Coforme a ABNT NBR ISO 14.001 (2004), define-se impacto ambiental como “qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, dos aspectos ambientais da organização”. Já para Fogliatti *et al.* (2004, p. 8), impacto ambiental é qualquer alteração no meio ambiente, provocada direta ou indiretamente por ações antrópicas.

Portanto, impacto ambiental é qualquer alteração, positiva ou negativa, dos meios biótico, abiótico e antrópico, causados, de forma direta ou indireta, pela ação humana e/ou agentes naturais, e que modifique, de maneira benéfica ou adversa, a qualidade ambiental do

meio (LEITE, 2021).

### 3.5 AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

Uma forma de avaliar os impactos ambientais em AS, que são áreas que podem ocasionar diversos impactos ambientais nos meios abiótico, biótico e antrópico, é por meio da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) a partir de estudos ambientais, sejam simplificados ou mais complexos.

No Brasil, a origem da AIA, os primeiros estudos ambientais de alguns grandes projetos hidrelétricos na década de 1970 refletiram em grande parte o impacto da demanda externa, a exemplo do que ocorreu em outros países (SÁNCHEZ, 2008). No entanto, foi com a aprovação da Lei da PNMA, que de fato, a AIA foi incluída na legislação ambiental brasileira.

Desde então, a AIA tem sido considerada uma ferramenta para PNMA, e, também, de acordo com Sánchez (2008, p. 66), foi determinado no processo da AIA, que dependendo do projeto/empreendimento/atividades, seria necessário a realização do EIA e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), sendo elaborados por profissionais de várias áreas de conhecimento. Os empreendimentos e suas respectivas atividades que deverão elaborar o EIA/RIMA e que também estão sujeitas ao licenciamento ambiental para que possam ser implementadas e passem a operar estão apresentadas na Resolução CONAMA n. 001/86.

O EIA define os mecanismos de compensação e mitigação dos impactos em decorrência de atividades/empreendimentos de grande potencial poluidor e degradação do meio ambiente, conforme preconiza a legislação vigente (HIDROPAN, 2022). Já o RIMA reflete de forma geral e objetiva as conclusões do EIA. As informações devem ser passadas por meio de mapas, cartas, gráficos e demais elementos que simplifiquem o entendimento da poluição.

De acordo com Sánchez (2008), a AIA é um conjunto de procedimentos conectados de forma lógica para analisar a viabilidade ambiental de um projeto e fundamentar uma decisão a respeito.

A AIA envolve um conjunto de métodos e técnicas reconhecidas de gestão ambiental para identificar, prever e avaliar os impactos das atividades e empreendimentos no meio ambiente. A realização da AIA depende de entender como e quando cada método é adequado como ferramenta para identificar impactos e suas causas (RAMOS *et al.*, 2021).

Segundo Sánchez (2020), o foco atual da AIA é mais amplo, reconhecendo que o processo de AIA pode analisar a contribuição de um projeto para restaurar a qualidade ambiental sob a perspectiva de múltiplos fatores.

Para Novaes (2022), AIA é uma atividade que visa identificar e prever o impacto de uma ação no ambiente biogeofísico, na saúde e bem-estar humano, interpretando e comunicando informações sobre o impacto.

### **3.5.1 Métodos de Avaliação de Impacto Ambiental**

Os métodos de AIA são instrumentos utilizados para identificar, analisar e propor medidas de controle ambiental para os impactos ambientais causados pelas ações de um projeto/empreendimento na sua área de influência (LEITE, 2022). Esses métodos são utilizados na construção de EIAs para avaliar possíveis impactos (CONAMA, 1986).

Os métodos de AIA possuem uma vasta aplicação, cada um apresentando suas virtudes e limitações. A escolha do método mais eficaz envolve os dados disponíveis, características do empreendimento e dos resultados finais pretendidos (MORGAN, 2020). Algumas limitações são destacadas: a possibilidade de avaliações monodisciplinares de impactos ambientais, a dificuldade de quantificar algumas mudanças e a falta de uma abordagem única que abranja todas as necessidades de avaliação. Assim, a elaboração de EIAs/RIMAs, a partir desses métodos, conta com a participação de equipes multidisciplinares e a aplicação de mais de um método de avaliação de impacto para reduzir as principais limitações desse instrumento (LEITE, 2022).

#### *3.5.1.1 Método Ad Hoc*

Este método adota a prática de reunir especialistas em diferentes áreas para obter dados e informações em um curto período de tempo e descrever o impacto positivo e negativo dos empreendimentos no meio ambiente (PASSOS; PICOLLI, 2018). Para tanto, uma equipe multidisciplinar é estruturada, incluindo identificação de informações pessoais de cada membro da equipe, reuniões entre membros da mesma área de conhecimento e reuniões entre todos os membros da equipe multidisciplinar até a obtenção de resultados parciais. O método gera uma lista de informações qualitativas que podem ser usadas para complementar outros métodos de avaliação.

A sua origem foi pela necessidade de tomar decisões sobre a implementação de empreendimentos, levando em consideração as diferentes opiniões de especialistas em cada grupo de impacto resultante deste projeto, além dos pontos econômicos e técnicos (JESUS *et al.*, 2021).

A ORBE (2021) elaborou um estudo de impacto ambiental para uma central de tratamento de resíduos. No estudo, foi utilizado o método *Ad Hoc* para obter informações sobre aspectos econômicos, técnicos e ambiental. O método serviu como base para a elaboração *Check List* e matrizes de interação entre atividades e/ou ações antrópicas e seus respectivos impactos ambientais.

### 3.5.1.2 Método *Check List* (listas de checagem)

Este método consiste na elaboração/ utilização de uma lista geral padrão (órgãos ambientais, literatura específica) de informações sobre o projeto e/ou condições ambientais na área de influência do empreendimento (LEITE, 2022). Seguindo esta lista de verificação geral, uma lista de verificação específica é desenvolvida com base nas informações obtidas pela equipe multidisciplinar para o estudo ambiental em questão, seguida de uma lista final que complementa os impactos ambientais, aspectos ambientais e outras informações.

As listas de checagem podem apresentar uma relação de impactos, aspectos, componentes ambientais e etc, bem como podem avaliar o nível de significância dos mesmos, fornecendo informações e possibilitando comparações para as diversas alternativas do empreendimento (RAMOS *et al.*, 2021).

Martildes *et al.* (2020) avaliaram os impactos ambientais na fase de operação do AS de Campina Grande-PB utilizando o método *Check List*, foram identificados 9 atividades antrópicas, 23 aspectos ambientais e 35 impactos ambientais.

Pessoa *et al.* (2019) avaliaram os impactos ambientais em uma área de disposição final de resíduos sólidos no semiárido a partir da utilização de *Check List*, foram apresentados os aspectos ambientais como parâmetros de agravo e seus respectivos impactos ambientais no solo, ar, água e paisagem. Os impactos mais significativos foram: a degradação do solo, alteração da paisagem e o aumento da concentração de lixiviado a céu aberto.

### 3.5.1.3 Matrizes de Interação

A matriz de interação consiste na identificação dos impactos por meio impactado, relacionando as ações do projeto e suas alterações no meio ambiente (FOGLIATTI *et al.*, 2004), dessa forma, é possível identificar as interações entre os elementos de projeto e os elementos do meio ambiente (SANCHEZ, 2008). Uma das matrizes mais utilizadas é a matriz de Leopold, que consiste em uma abordagem qualitativa e quantitativa dos impactos ambientais, e tem como

princípio de aplicação as seguintes etapas (LEITE, 2022):

- Construção de uma matriz padrão composta por 100 ações/atividades humanas versus 88 componentes ambientais;
- Formação da matriz de interação a partir da checagem das ações de projeto e componentes ambientais;
- Complementação das informações obtidas na etapa anterior de acordo com uma abordagem multidisciplinar sobre os elementos de projeto e características do meio ambiente na área de influência; marcar as interações;
- Atribuir valores positivos ou negativos às relações;
- Valoração da magnitude e importância;
- Calcular os índices parciais e globais para interpretação dos resultados.

Gontijo *et al.* (2019) aplicaram o método da matriz de Leopold para avaliar os impactos ambientais do AS do município de Conceição do Araguaia-PA. Durante a fase de operação do AS foram identificadas 66 possibilidades de interação entre ações antrópicas e os componentes ambientais, sendo 27 de relevância para o estudo. Das 27 interações, 9 foram no meio físico, 11 no meio biótico e 7 no meio antrópico.

Porciuncula (2014) realizou um estudo para identificar e avaliar impactos ambientais associados à AS utilizando o método de matriz de interação, e identificou 287 possíveis interações entre atividades antrópicas e os componentes ambientais para as fases de planejamento, implantação, operação e desativação, sendo 92 de importância para o estudo. O meio mais afetado foi o abiótico com 48 interações, em seguida, os meios antrópico e biótico que ambos apresentaram 22 interações.

### 3.6 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS (IQR)

De acordo com Melo (2017), o Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR) foi criado em 1997 pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e, conforme expresso no Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (CEMPRE, 2000) é apenas exemplificativo, o que permite alterações.

O IQR é uma ferramenta que atribui um valor numérico ou é o resultado da combinação de várias variáveis ou parâmetros, assumindo um peso relativo a cada componente do índice. Eles permitem observar e monitorar o estado do meio ambiente, os impactos e consequências dos processos de desenvolvimento sobre os recursos naturais,

funções e interações ecológicas. (MONTEIRO, 2006).

Assim, a CETESB desenvolveu um método que consiste em 30 variáveis em uma tabela padronizada que dizem respeito às características locais, estruturais e operacionais do AS, a pontuação é de no máximo 110 pontos. Esse índice consiste em descrever a qualidade de uma área de disposição final de RSU. São subdivididos em 3 seções: Características do local, infraestrutura implementada e condições de operação. Além disso, o IQR, deve ser preenchido de acordo com as condições observadas no AS, a fim de saber se operam de forma adequada ou inadequada (CETESB, 2020).

Curi e Pereira (2017) aplicaram o método do IQR para o aterro sanitário do município de Puxininã-PB como forma de avaliar a sustentabilidade, de modo que viesse atender a realidade encontrada do mesmo. Assim, obtiveram um valor de 1,8 para o IQR, ressaltando as condições inadequadas e, conseqüentemente, a sua insustentabilidade.

Alves (2015) aplicou o IQR para um estudo nos AS de Campo Mourão e Cianorte, ambos no Paraná. A partir da aplicação desse índice foi possível verificar as diferentes condições operacionais das áreas, tanto em número como em gravidade das inadequações, o que mostra as divergências quanto ao gerenciamento e sua atuação frente as deficiências encontradas nas áreas.

### 3.7 MEDIDAS DE CONTROLE AMBIENTAL

Segundo Brito e Pereira (2012), as medidas de controle ambiental refere-se à fiscalização dos impactos ambientais negativos de intervenção física (antrópica), como emissões atmosféricas, RS, gerados pela atividade instalada e efluentes líquidos, de modo a compensar ou minimizar os seus impactos sobre o meio ambiente.

As medidas de controle ambiental servem para prevenir, mitigar, compensar ou maximizar o impacto ambiental. As medidas preventivas são projetadas pra minimizar ou eliminar incidentes que tenham potencial de ocasionar danos ao meio ambiente. “As medidas mitigadoras visam a redução ou eliminação dos impactos negativos e ações para a maximização dos impactos positivos” (LOPES, 2021). Para Gomes (2015), as medidas de compensação são aquelas definidas para os impactos ambientais negativos que não podem ser mitigados.

De acordo com Fogliatti *et al.*, (2004), os programas para acompanhamento e para monitoramento das medidas propostas devem ser implementados para verificar a real eficácia das mesmas.

Catapreta e Simões (2016) realizaram um estudo sobre o monitoramento ambiental e

geotécnico de AS, e as principais medidas de controle ambiental propostas pelos autores foram: medidas de controle tecnológico dos materiais geotécnicos utilizados, verificação do lixiviado no interior do AS e controle dos resíduos aterrados.

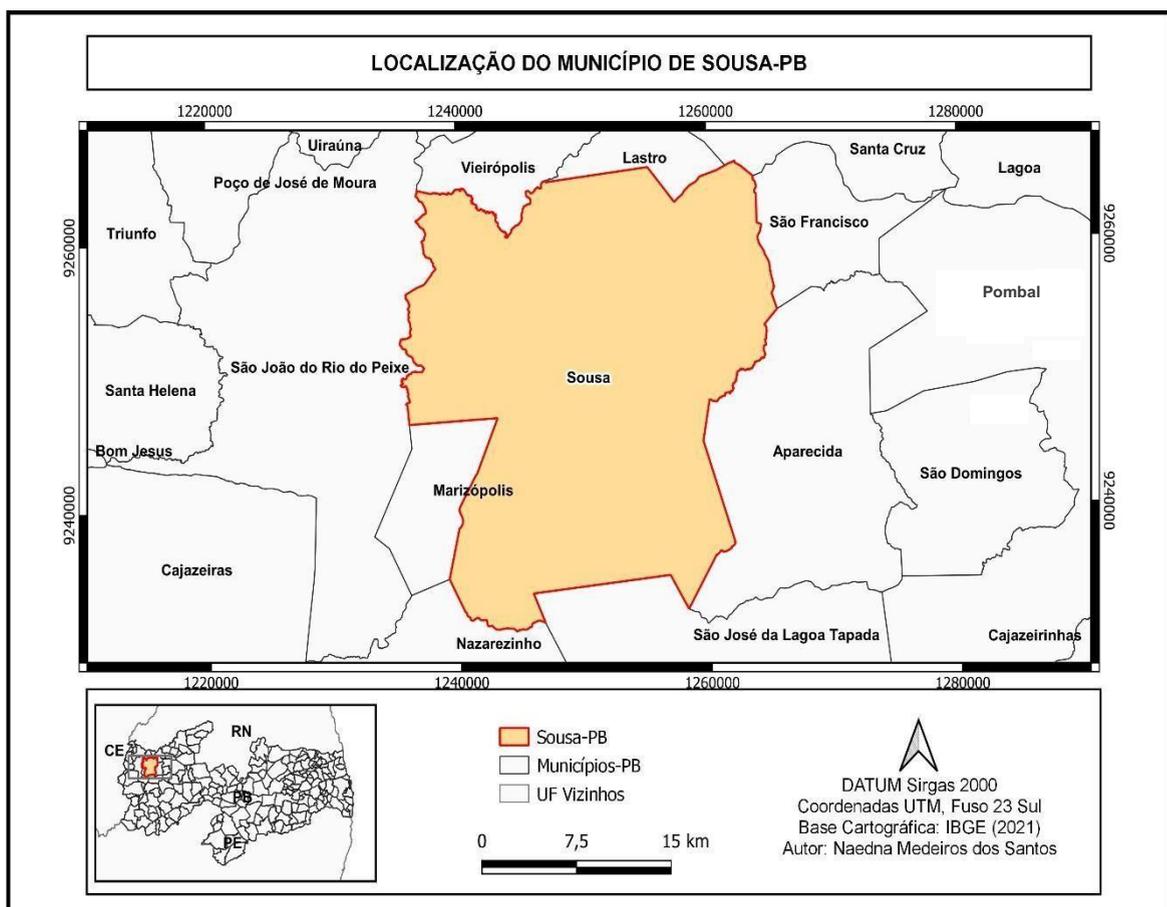
A ECOSAN (2020) elaborou um estudo de impacto ambiental do AS de São José do Bonfim -PB, no qual foram propostas as medidas mitigadoras com a finalidade de mitigar os impactos ambientais negativos durante as fases de planejamento, implantação, operação e encerramento do empreendimento, assim como também foram elaborados planos e programas de monitoramento ambiental, tais como: plano de controle e prevenção de acidentes, de manutenção de máquinas e equipamentos e programa de educação ambiental dentre outros.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é um Aterro Sanitário, denominado de Unidade Sousa Tratamento de Resíduos LTDA (UTR SOUSA), que está localizado no município de Sousa, no Estado da Paraíba, Brasil (Figura 3). A referida cidade pertence à Mesorregião do Sertão Paraibano e Microrregião de Sousa-PB (IBGE, 2010).

**Figura 3 - Localização do município de Sousa-PB**



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

O município de Sousa-PB encontra-se a uma altitude de 220 m e sob coordenadas geográficas  $06^{\circ}45'39''$ S de latitude e  $38^{\circ}13'51''$  W de longitude, e está a 430 km da capital, João Pessoa-PB. É limitado pelos municípios de Marizópolis, São João do Rio do Peixe e Aparecida, todos pertencentes ao estado da Paraíba. A população é de 69.997 habitantes estimada para 2021 e sua área territorial é de  $728,492 \text{ km}^2$  (IBGE, 2010).

A área total da UTR SOUSA é de 25,3 hectares, sendo 10% destinado à disposição dos

RSU. O AS localiza-se na PB-383 (Figura 4), a 10 km do perímetro urbano de Sousa-PB (DIÁRIO DO SERTÃO, 2014). Atualmente, 19 municípios dispõem os seus RSU na UTR SOUSA: Aparecida-PB, Bernardino Batista-PB, Bom Jesus-PB, Cachoeira dos Índios-PB, Joca Claudino-PB, Lastro-PB, Marizópolis-PB, Nazarezinho-PB, Poço Dantas-PB, Poço de José de Moura-PB, Santa Cruz-PB, São Domingos-PB, São Francisco-PB, São José da Lagoa Tapada-PB, São José de Piranhas-PB, Sousa-PB, Tenente Ananias-RN, Vieirópolis-PB e São João do Rio do Peixe-PB, os quais dispõem cerca de 65 toneladas de RSU por dia, a capacidade atual da UTR SOUSA é de 100 toneladas por dia (GGA/UFCG, 2023).

**Figura 4** - Localização da área de estudo (Aterro Sanitário em Sousa-PB)



Fonte: Adaptado de *Google Earth* (2023)

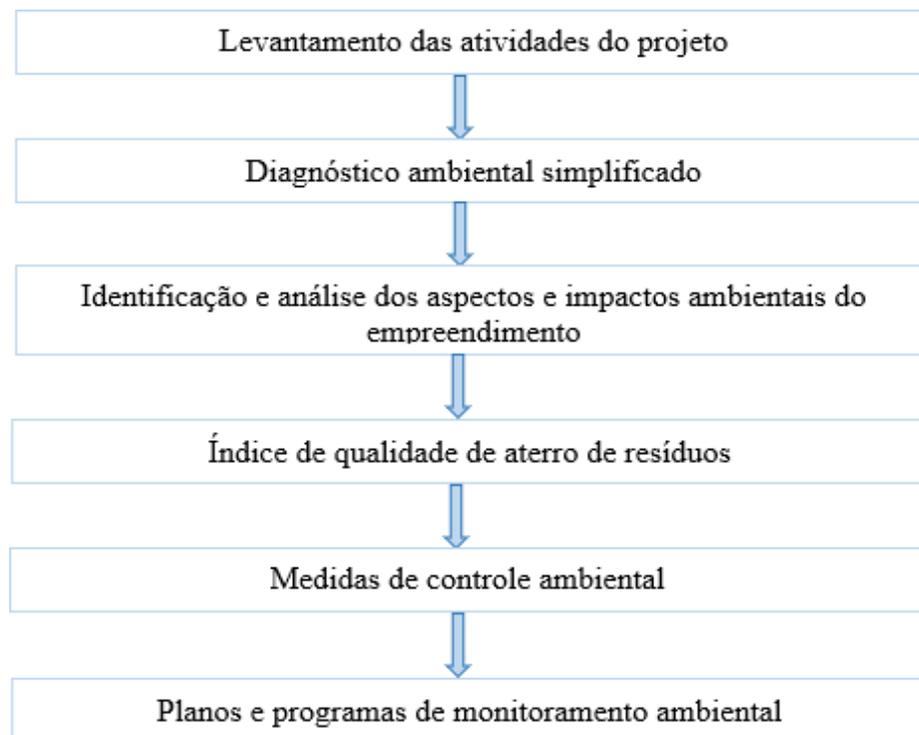
A UTR SOUSA foi instalada no ano de 2014, estando com 9 anos, e é classificado como aterro intermediário, que recebe resíduos Classe IIA e também resíduos industriais, como por exemplo, o soro de empresas de laticínios. O sistema de drenagem do lixiviado é formado por drenos horizontais, em forma de espinha de peixe, e o tratamento ocorre apenas pela evaporação natural (GGA/UFCG, 2023).

#### 4.2 ETAPAS METODOLÓGICAS DA PESQUISA

Na Figura 5, estão apresentadas as etapas metodológicas da presente pesquisa. Para atender aos objetivos do estudo, os métodos utilizados incluíram basicamente a realização de pesquisa bibliográfica em livros, revistas científicas e outros recursos digitais que fornece

base teórica para o estudo. As visitas de campo a UTR SOUSA foram realizadas a fim de diagnosticar as condições ambientais atuais do empreendimento, e aplicaram-se métodos de AIA, com a finalidade de avaliar os impactos ambientais gerados na fase de operação do Aterro Sanitário de Sousa-PB. Adicionalmente, foi usado o *Software* de Sistema de Informação Geográfica (QGIS versão 3.16), que permite a visualização e análises de dados georreferenciados.

**Figura 5** - Fluxograma com as etapas metodológicas da pesquisa



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

#### 4.2.1 Levantamento das atividades do projeto

O levantamento das atividades da UTR SOUSA, na fase de operação, foi realizado com base em visitas de campo e também realizaram-se buscas em plataformas digitais para a obtenção de informações em EIAs/RIMAs disponibilizados por órgãos ambientais ou empresas que desenvolveram estudos ambientais para Aterros Sanitários. Cabe salientar que o empreendimento estudado não possui EIA/RIMA.

## 4.2.2 Diagnóstico ambiental simplificado

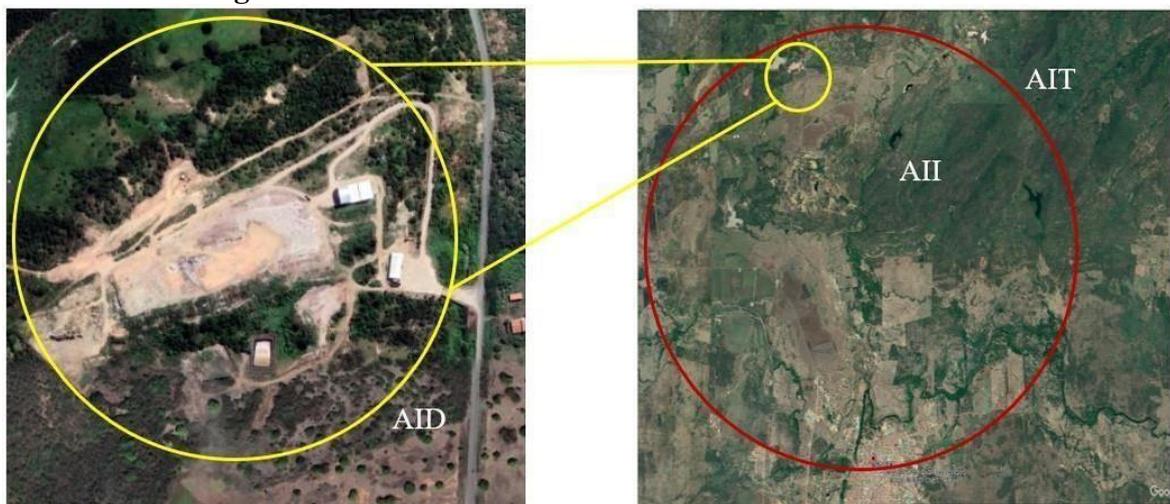
### 4.2.2.1 Definição da área de influência da atividade estudada

Com base na metodologia adotada por Gomes (2015) a área do estudo foi dividida em:

- Área de Influência Direta (AID): A área propriamente dita da UTR SOUSA, ou seja, toda área do aterro como mostrado na Figura 4 e o seu entorno, que abrange um raio de 200 metros. A delimitação da área foi feita com base nas visitas “*in loco*”, em que a extensão foi definida por meio dos pontos de monitoramento de água superficial e subterrânea.
- Área de Influência Indireta (AII): Área que engloba parte da zona urbana da cidade de Sousa-PB, sendo afetada indiretamente por impactos ambientais decorrentes da operação da UTR SOUSA.

Na Figura 6, está apresentada a delimitação da Área de Influência Total (AIT) utilizando imagens de satélite.

**Figura 6** - Área de influência total do estudo: AID e AII



Fonte: Adaptado do *Google Earth* (2023)

Legenda: AIT - Área de Influência Total; AID - Área de Influência Direta; AII - Área de Influência Indireta.

### 4.2.2.2 Diagnóstico ambiental

Para realização do diagnóstico ambiental foram realizadas visitas técnicas na área de estudo e no seu entorno. O período de coleta de informações ocorreu durante os meses de Novembro/2022 a Maio/2023. Destaca-se que no supracitado período foram feitas *in*

*loco*, registros fotográficos (arquivos de fotos) e conversas informais com o engenheiro responsável pela operação do empreendimento. Além disso, teve-se o apoio do Grupo de Geotecnia Ambiental (GGA) da UFCG *campus* sede, visto que, atualmente, o GGA/UFCG tem um acordo de parceria firmado com a UTR SOUSA, com a interveniência jurídica do Parque Tecnológico da Paraíba (PaqTcPB), para a realização do seu monitoramento geoambiental.

As características de interesse do estudo foram identificadas, analisadas e descritas para a AII e AID, relacionadas aos meios abiótico, biótico e antrópico, conforme apresentado no Quadro 1.

**Quadro 1** - Descrição dos componentes ambientais estudados na área de estudo

MEIO ABIÓTICO	MEIO BIÓTICO	MEIO ANTRÓPICO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solo</li> <li>• Água</li> <li>• Ar</li> <li>• Paisagem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fauna</li> <li>• Flora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saúde Pública</li> <li>• Economia</li> </ul>

Fonte: Autoria própria (2023)

Vale salientar que os resultados obtidos para os componentes ambientais estudados foram avaliados de forma qualitativa, sem realização de um diagnóstico quantitativo dos meios abiótico, biótico e antrópico. Assim, para uma caracterização mais completa da área de estudo, recomenda-se a elaboração de um diagnóstico quantitativo.

#### 4.2.3 Identificação e análise dos aspectos e impactos ambientais do empreendimento

Os impactos ambientais gerados na fase de operação da UTR SOUSA estão diretamente ligadas às atividades humanas desse empreendimento. Com as ferramentas e fundamentos dos métodos de AIA foi possível obter o conhecimento sobre ações do projeto, além de toda estrutura do diagnóstico ambiental simplificado da área afetada, permitindo a identificação dos impactos mais significativos na AID e na AII, que abrange parte da zona urbana de Sousa-PB.

Para melhor interpretação de todas as informações obtidas no diagnóstico ambiental da área estudada, os métodos que foram utilizados são: *Ad Hoc*, *Check List* e Matriz de Interação.

No método *Ad Hoc*, gerou-se uma lista de informações (impactos ambientais, aspectos ambientais, componentes ambientais) que serviu de base para a aplicação dos demais métodos

utilizados no estudo.

Em seguida foi elaborado uma listagem simples (*Check List*), abrangendo os aspectos e impactos na área de influência direta e indireta, resultantes das atividades realizadas na fase de operação do empreendimento.

Para finalizar, fez-se uma Matriz de interação, a qual foi construída a partir das atividades do projeto e seus aspectos e impactos ambientais. Com isso, verificaram-se as interações entre o impacto gerado e o meio impactado (biótico, abiótico e antrópico). O uso dessa ferramenta considerou o nível de significância dos impactos, o seu valor, se são impactos positivos ou negativos, como mostrados no Quadro 2.

**Quadro 2** - Critérios analisados para os impactos ambientais

<b>CRITÉRIO</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO</b>
Valor do impacto	Positivo (P) Negativo (N)
Nível de significância	Significativo (S) Não Significativo (NS)

Fonte: Adaptado de FERREIRA (2022)

#### 4.2.4 Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR)

O IQR foi determinado conforme a metodologia aplicada pela CETESB (2021), que os dados necessários para a elaboração do cálculo de IQR foram obtidos a partir da realização do diagnóstico ambiental da UTR SOUSA (MARQUES, 2022). As visitas técnicas realizadas durante o período da pesquisa também tiveram o propósito de avaliar se a empresa responsável pela operação da UTR SOUSA está cumprindo as normas ambientais e padrões estabelecidos pela ABNT NBR 13896 (ABNT,1997) que trata dos critérios para projeto, implantação e operação, e para identificar possíveis problemas ambientais que preconiza a Resolução n. 404, de 11 de Novembro de 2008.

Durante as inspeções de campo foram avaliadas diversas características da área, como: a estrutura de apoio, a frente de trabalho, os taludes e bermas, a superfície superior, a estrutura de proteção ambiental, a presença de catadores, a ocorrência de queimas de resíduos, a presença de moscas e odores, a presença de animais e aves, o recebimento de resíduos não autorizados e industriais, além de estruturas e procedimentos. Essas informações foram registradas em um *Check List* padronizado pela CETESB (2021), que é utilizado para garantir que todas as áreas inspecionadas sejam avaliadas de forma consistente.

O modelo de planilha utilizada para obtenção do cálculo do IQR fornecido pela

CETESB (2021) é composto por 3 conjuntos de dados, que contém 7 itens e um total de 33 subitem (parâmetros) como mostrado nas Tabela 1, 2 e 3.

**Tabela 1** - Macro conjunto adotado pela CETESB para avaliar as características do local de disposição final dos resíduos (continua)

ITEM	SUBITEM	AValiação	PESO	PONTOS
ESTRUTURA DE APOIO	1.Portaria, balança e vigilância	Sim /Suficiente	2	-
		Não/Insuficiente	0	
	2.Isolamento físico	Sim /Suficiente	2	-
		Não/Insuficiente	0	
	3.Isolamento visual	Sim /Suficiente	2	-
		Não/Insuficiente	0	
	4.Acesso à frente de descargas	Adequado	3	-
		Inadequado	0	
FRENTE DE TRABALHO	5.Dimensões da frente de trabalho	Adequado	5	-
		Inadequado	0	
	6.Compactação dos resíduos	Adequado	5	-
		Inadequado	0	
	7.Recobrimento dos resíduos	Adequado	5	-
		Inadequado	0	
TALUDES E BERMAS	8.Dimensões e inclinações	Adequado	4	-
		Inadequado	0	
	9. Cobertura de terra	Adequado	4	-
		Inadequado	0	
	10.Proteção vegetal	Adequado	3	-
		Inadequado	0	
	11.Afloramento de lixiviado	Não/Raros	4	-
		Sim/Numerosos	0	
SUPERFÍCIE SUPERIOR	12.Nivelamento da superfície	Adequado	5	-
		Inadequado	0	
	13.Homogeneidade da cobertura	Sim	5	-
		Não	0	
ESTRUTURA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL	14.Impermeabilização do solo	Sim/ Adequada (N. preencher o item15)	10	-
		Não/ Inadequada (Preencher o item 15)	0	

**Tabela 1-** Macro conjunto adotado pela CETESB para avaliar as características do local de disposição final dos resíduos (conclusão)

ITEM	SUBITEM	AValiação	PESO	PONTOS
ESTRUTURA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL	15.Prof.lençol freático(p) × permeabilidade do solo(k)	p>3m,k< 10 <sup>-6</sup> cm/s	4	-
		1 ≤ p ≤ 3m, k<10 <sup>-6</sup> cm/s	2	
		Condição inadequada	0	
	16.Drenagem de lixiviado	Sim/Suficiente	4	-
		Não/ Insuficiente	0	
	17.Tratamento de lixiviado	Sim/Suficiente	4	-
		Não/ Insuficiente	0	
	18.Drenagem provisória de águas pluviais	Suficiente/ Desnecessário	3	-
		Não/ Insuficiente	0	
	19.Drenagem definitiva de águas pluviais	Suficiente/ Desnecessário	4	-
		Não/ Insuficiente	0	
	20.Drenagem de gases	Suficiente/ Desnecessário	4	-
		Não/ Insuficiente	0	
	21.Monitoramento de águas subterrâneas	Adequado	4	-
		Inadequado /Insuficiente	1	
		Inexistente	0	
	22.Monitoramento geotécnico	Adequado	4	-
		Inadequado /Insuficiente	1	
Inexistente		0		
<b>SUBTOTAL 1</b>			-	-

Fonte: Adaptado da CETESB (2021)

**Tabela 2** - Macro conjunto adotado pela CETESB para avaliar as características de infraestrutura implantada no local de disposição final de resíduos

ITEM	SUBITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
OUTRAS INFORMAÇÕES	23. Presença de catadores	Não	2	-
		Sim	0	
	24. Queima de resíduos	Não	2	-
		Sim	0	
	25. Ocorrência de moscas e odores	Não	2	-
		Sim	0	
	26. Presença de aves e animais	Não	2	-
		Sim	0	
	27. Recebimento de resíduos não Autorizados	Não	5	-
		Sim	0	
	28. Recebimento de resíduos industriais	Sim (preencher item 29)		-
		Não (ir para o item 30)		
29. Estruturas e procedimentos	Suficiente/ Adequado	10	-	
	Insuficiente/Inadequado	0		
<b>SUBTOTAL 2.1</b>			-	-

Fonte: Adaptado da CETESB (2021)

**Tabela 3** - Macro conjunto adotado pela CETESB para avaliar as condições operacionais no local de disposição final de resíduos

ITEM	SUBITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA	30. Proximidade de núcleos habitacionais	$\geq 500m$	2	-
		$\leq 500m$	0	
	31. Proximidade de corpos de água	$\geq 200m$	2	-
		$\leq 200m$	0	
	Vida útil da área	$\leq 2anos$	-	-
		$2 < x \leq 5anos$	-	
		$> 5anos$	-	
	33. Restrições legais ao uso do solo	Sim	-	-
		Não	-	
	<b>SUBTOTAL 3</b>			-

Fonte: Adaptado da CETESB (2021)

Para cada subitem do *Check List* foi atribuído uma pontuação, com peso variando de 0 a 10, que dependeram das informações obtidas e das características da UTR SOUSA. Após atribuir um valor para cada subitem, esses valores foram somados, gerando subtotaís para cada macro conjunto, portanto, resultando em um total de três subtotaís. Foi realizado a soma dos subtotaís, e o resultado obtido foi dividido por 11, o qual correspondeu ao recebimento de resíduos industriais na UTR SOUSA. Diante do exposto, a determinação do IQR foi feita utilizando a Equação 1:

$$IQR = \frac{SUBTOTAL\ 1 + SUBTOTAL\ 2 + SUBTOTAL\ 3}{11} \quad (1)$$

Em que:

IQR - Índice de Qualidade de Resíduos;

Subtotal 1 - Estrutura de apoio, frente de trabalho, taludes e bermas, superfície superior e estrutura de proteção ambiental;

Subtotal 2 - Outras informações;

Subtotal 3 - Características da área.

O resultado obtido por meio da Equação 1 foi analisado e interpretado conforme a CETESB (2021), que estabeleceu diferentes valores de IQR para os locais de disposição final de RSU. Assim, se o resultado obtido estiver entre 0,0 e 7,0 a avaliação é considerada como inadequada; caso contrário, se o resultado for entre 7,1 e 10, as condições do aterro sanitário são enquadradas como adequadas (CETESB, 2021).

#### **4.2.5 Medidas de controle ambiental**

A proposição de medidas de controle ambiental, para mitigar e/ou compensar os impactos ambientais negativos significativos na fase de operação do Aterro Sanitário em Sousa-PB, foi realizada com base em pesquisas na literatura (FOGLIATTI; FILIPPO; GOUDARD, 2004; SÁNCHEZ, 2008) e em EIAs/RIMAs de empreendimentos que apresentaram impactos similares ao do presente trabalho.

#### **4.2.6 Planos e programas de monitoramento ambiental**

Com base nos aspectos e impactos ambientais avaliados e nas medidas de controle ambiental propostas foram indicados planos e programas de monitoramento ambiental, que deverão ser executados durante a operação do AS. A elaboração dos planos e programas de monitoramento ambiental tiveram basearam-se na literatura (FOGLIATTI, FILIPPO E GOUDARD, 2004; SÁNCHEZ, 2008) e em EIAs/RIMAs.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 LEVANTAMENTO DAS ATIVIDADES DO PROJETO

Conforme observado no Quadro 3, foram listadas 15 atividades/ações antrópicas relacionadas a operacionalização da UTR SOUSA que contribuem para ocorrência de impactos ambientais na área estudada.

**Quadro 3** - Atividades/ações antrópicas identificadas na fase de operação do Aterro Sanitário em Sousa-PB

<b>ATIVIDADES/AÇÕES ANTRÓPICAS: FASE DE OPERAÇÃO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cobertura dos resíduos;</li> <li>• Compactação dos resíduos;</li> <li>• Contratação de mão de obra;</li> <li>• Desmatamento;</li> <li>• Disposição dos resíduos nas células;</li> <li>• Limpeza da área do empreendimento;</li> <li>• Manutenção da impermeabilização do fundo do AS;</li> <li>• Manutenção de vias de acessos e da camada de cobertura;</li> <li>• Monitoramento geotécnico e ambiental;</li> <li>• Operação de equipamentos e máquinas;</li> <li>• Preparação de frente de trabalho;</li> <li>• Queima de fogos de artifício;</li> <li>• Separação dos RSU (Material reciclável);</li> <li>• Serviços de portaria e vigilância;</li> <li>• Transporte dos resíduos dos municípios para a UTR SOUSA.</li> </ul>

Fonte: Autoria própria (2023)

Martildes *et al.* (2019) identificaram para a fase de operação do Aterro Sanitário de Campina Grande-PB algumas atividades antrópicas iguais a da presente pesquisa, como por exemplo: cobertura dos resíduos, disposição dos resíduos, manutenção de vias de acessos e monitoramento ambiental.

Porciuncula (2014) avaliou os impactos ambientais associados a AS e fez o levantamento das seguintes ações antrópicas: compactação dos resíduos, cobertura dos

resíduos, monitoramento geotécnico e ambiental.

## 5.2 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL SIMPLIFICADO

No diagnóstico ambiental simplificado foram descritas as características dos componentes ambientais dos meios abiótico, biótico e antrópico, como também as relações existentes entre eles.

### 5.2.1 Meio Abiótico

#### 5.2.1.1 Solo

De acordo com Mascarenhas *et al.* (2005), os solos predominantes no município de Sousa-PB são os Planossolos em níveis longos suavemente ondulados e encostas baixas, drenagem pobre, fertilidade natural moderada e problemas de salinidade. Em topos e encostas altas, rasos e de alta fertilidade natural, tem-se os solos Bruno não Cálcicos (denominados Luvisolos Crômicos). Já nos topos e encostas altas de relevo ondulado, ocorrem os Podzólicos drenados e de fertilidade natural média, além de solos pedregosos, rasos, e de fertilidade natural média para elevações residuais com solos Litólicos.

Os solos da área de influência direta do empreendimento são caracterizados por apresentarem compactação ou revolvimento em alguns pontos da UTR SOUSA e afloramento de rochas (Figura 7A). Além disso, apresentam focos erosivos (Figura 7B) que ocorrem principalmente pela exposição aos efeitos naturais (chuva, vento etc.). Os processos erosivos são intensificados pela ausência de drenagem de águas pluviais na área do empreendimento (ECOSAM, 2020). Também, observou-se que os solos da área estudada já foram explorados anteriormente, seja para campos agrícolas, pastagem ou até queimadas.

Martildes (2018) realizou um estudo de caso no município de Itaporanga-PB que avaliou os impactos ambientais de um aterro sanitário, e no diagnóstico ambiental simplificado da área estudada foi visto que a degradação da vegetação contribuiu de maneira intensa para processos erosivos no solo.

**Figura 7** - Caracterização dos solos da área do Aterro Sanitário em Sousa-PB: A) afloramento de rochas; B) processos erosivos



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

#### 5.2.1.2 Água

O município de Sousa-PB encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Piranhas, entre a região do Alto Piranhas e a sub-bacia do Rio do Peixe. Seus principais tributários são: os rios do Peixe, Piranhas Velho e Piranhas, além dos riachos: Araras, da Serra, Santa Rosa, das Areias, do Cupim, Cipó, Seco, do Boi Morto, Riachão dos Anísios, da Mutuca, da Picada, Logradouro, dos Gatos, Lamarão e Califórnia. Os principais corpos de acumulação de água são os açudes de: São Gonçalo, Velho, Juá e dos Patos; e as lagoas da: Vereda, Estrada e de Forno. Todos os cursos d'água têm regime de escoamento intermitente e o padrão de drenagem é o dendrítico (CPRM, 2005).

### Águas superficiais

Na área estudada existe dois reservatórios de pequeno e médio porte (Figura 8), localizados nas proximidades das células de disposição dos RSU. Durante a realização desta pesquisa, que foi de Novembro/2022 a Maio/2023, os referidos reservatórios encontravam-se com sua capacidade máxima em função do período chuvoso, como mostrado na Figura 9. De acordo com Cadastro Ambiental Rural (CAR, 2023), um desses corpos hídricos está a aproximadamente 210 metros de distância da UTR SOUSA, o que está dentro do permitido pela NBR 13896 (ABNT, 1997), que exige uma distância mínima de 200 metros. Cabe ressaltar que o lixiviado gerado na UTR SOUSA é coletado e transportado por gravidade para uma lagoa de acumulação e evaporação de efluentes, reduzindo, assim, a poluição e/ou contaminação dos corpos d'água.

**Figura 8** - Área de influência direta do empreendimento com destaque para os corpos d'água existente



Fonte: Adaptado do CAR (2023)

**Figura 9** - Cursos d'água localizado nas proximidades da área do aterro sanitário: A) Reservatório de pequeno porte; B) Reservatório de médio porte



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

### Águas subterrâneas

A área em estudo possui 3 pontos de monitoramento de água subterrânea com profundidade entre 10 a 12 metros, com presença de água em todos, dos quais 2 deles podem ser observados na Figura 10. A proximidade do poço (Figura 10A) com a frente de trabalho da UTR SOUSA é preocupante, visto que, a preservação desses pontos de monitoramento depende da eficiência do sistema da operação do AS, principalmente, do isolamento adequado da camada de base do Aterro, bem como a correta drenagem do lixiviado. A água do poço da Figura 10B serve para irrigação no entorno da área estudada. Cabe salientar que de acordo com a NBR 13896 (ABNT, 1997) o sistema de monitoramento de águas subterrâneas deve ser composto por até 4 poços, sendo 1 a montante e 3 a jusante no sentido do fluxo de escoamento do lençol freático, esses poços devem ser bem revestidos e tampados na parte superior para evitar a possível contaminação das amostras (ABNT, 1997).

Ressalta-se que o lixiviado pode comprometer a qualidade de águas subterrâneas ao se infiltrar e percolar o solo, podendo a pluma de poluição do lençol freático se espalhar por muitos quilômetros do local de disposição, ocasionando grandes problemas estruturais ao aterro, assim como danos ao meio ambiente e a saúde pública (ECOSAM, 2020).

**Figura 10** - Pontos de monitoramento de água subterrânea dentro da área de influência direta do empreendimento



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

### 5.2.1.3 Ar atmosférico

A composição do ar atmosférico caracteriza-se por apresentar, possivelmente, poluição pela decomposição de matéria orgânica, que produz o biogás e odores desagradáveis. Um dos principais gases produzidos é o metano ( $\text{CH}_4$ ). Esse gás é muito tóxico, e ao entrar em contato com a atmosfera causam impactos como o agravamento do efeito estufa, a elevação da temperatura, além de sua característica inflamável, que torna o ambiente mais suscetível para queimadas e incêndios naturais (GOMES, 2015).

Outra característica importante desse fator ambiental é a poluição e/ou contaminação causada pelo tráfego de veículos na frente de trabalho da UTR SOUSA, conforme apresentado na Figura 11. Com essa circulação de veículos ocorre a geração de partículas (poeira) que afetam diretamente o ar atmosférico da área de influência direta, bem como a saúde das pessoas que residem, visitam ou trabalham no interior e nas proximidades da UTR SOUSA. A asma e a bronquite são exemplos de doenças que podem ser causadas em decorrência da poluição atmosférica (BORGES, 2016).

Destaca-se que a queima de resíduos não acontece na UTR SOUSA, atendendo dessa forma o preconizado na PNRS e na Lei de Crimes Ambientais (BRASIL, 1998).

**Figura 11** - Poluição atmosférica na frente de trabalho do AS resultante do tráfego de veículos



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

#### 5.2.1.4 Paisagem

A grande quantidade de RSU dispostos, bem como a sua compactação na UTR SOUSA, ocasionam a alteração da paisagem local (Figura 11). O acúmulo inadequado de resíduos afeta diretamente a paisagem de forma negativa, além de causar impactos negativos em áreas próximas, como por exemplo, odores fortes e desagradáveis.

Na área interna e externa a UTR SOUSA, incluindo áreas rurais, não há muitas espécies de vegetação nativa e nem a presença em grande quantidade de frutíferas ou espécies de flores. Além disso, nas visitas *in loco* observou-se na AID a ausência de várias espécies de animais, como *Trochilidae* (beija-flor), alguns pássaros como *Sporophila albogularis* (golinha) e *Icterus jamacaii* (concriz) e borboletas. Ferreira (2022) também observou a mesmas deficiências em relação a fauna e flora local ao analisar a degradação ambiental na área do lixão de Parelhas-RN.

## 5.2.2 Meio Biótico

### 5.2.2.1 Flora

De acordo com Silva (2018), a vegetação na região de Sousa-PB é caracterizada pela Caatinga hiperxerófila, com ausência de folhas no período seco, com presença significativa de cactáceas e plantas de pequeno porte. Ainda, é composta por uma floresta caducifólia, cuja as espécies apresentam folhas pequenas. A vegetação também é constituída por extratos herbáceos de *Aspidosperma pyriforme* (pereiro), *Mimosa hostilis* (jurema-preta), *Pilosocereus gounelleii* (xique-xique) e *Cereus jamacaru* (mandacaru), espécies que se desenvolvem devido ao clima quente e seco da microrregião de Sousa-PB.

Algumas espécies vegetais foram identificadas dentro da área de influência direta do empreendimento, como por exemplo: *Azadirachta indica* A. Juss (nim) (Figura 12A); *Mimosa hostilis* (jurema-preta) (Figura 12B); *Pilosocereus gounelleii* (xique-xique) (Figura 12C) e *Ziziphus joazeiro* (juazeiro) (Figura 12D). Essas espécies são nativas do bioma caatinga, exceto, o nim, planta encontrada em abundância na região semiárida devido a sua fácil adaptação as condições climáticas locais e devido ofertar comodismo aos adeptos, principalmente, a sombra. As espécies identificadas em maior quantidade foram a jurema-preta e o juazeiro, além de gramíneas e arbustos diversos.

**Figura 12** - Espécies vegetais identificadas na área de estudo: A) Nim; B) Jurema-preta; C) Xique-xique; D) Juazeiro



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

#### 5.2.2.2 Fauna

Conforme Medeiros (2022), que realizou um estudo em municípios do Sertão Paraibano, foi visto que, essa região apresenta uma grande variedade em sua fauna, destacando-se: *Caracara plancus* (gavião), *Coragyps atratus* (urubu), *Cariamidae* (seriema), *Icterus jamacaii* (concriz), *Tupinambis* (teju), *Crotalus durissus* (cascavel), *Columbina picui* (rolinha branca), *Leptotila verreauxi* (juriti), *Leopardus tigrinus* (gato do mato), *Lycalopex vetulus* (raposa), *Didelphis* (tacaca), *Paroaria dominicana* (galo de campina), *Sporophila albogularis* (golinha), *Cavia aperea* (preá) e *Kerodon rupestris* (mocó).

Na área de influência direta da UTR SOUSA, as espécies terrestres mais encontradas são as cobras silvestres, a exemplo da *Bothrops jararaca* (jararaca), *Lampropeltis triangulum* (coral-falsa), *Philodryas olfersii* (cobra-cipó-verde) e *Philodryas nat tereri* (cobra-corre-campo). Observou-se, a partir das visitas em campo, que as aves são os animais mais abundantes na área, sendo atraídas pela disposição dos resíduos nas células do Aterro Sanitário, destacando-se os: *Coragyps atratus* (urubus) e *Caracara plancus* (gaviões).

Animais como *Lycalopex vetulus* (raposa), *Tupinambis* (teju), *Cavia aperea* (preá) e *Didelphis* (tacaca) não foram encontradas nas visitas “*in loco*”. O desaparecimento dessas espécies, provavelmente, está ligado ao aumento do desmatamento para área de disposição dos resíduos e a alteração ambiental, que se tornou o ambiente impróprio para a sobrevivência dessas espécies da fauna (GOMES, 2015).

### 5.2.3 Meio Antrópico

#### 5.2.3.1 Saúde pública

A operação do AS realizada em condições inadequadas atrai diversos tipos de vetores, tais como: ratos, moscas, baratas, bactérias etc., que podem causar doenças na população que reside e/ou trabalha na área de influência direta desse empreendimento. Além disso, outro fator importante é a poluição atmosférica causada pelo tráfego de veículos que podem ocasionar doenças respiratórias.

Borges (2016) realizou um estudo de monitoramento dos impactos pós-implantação do aterro sanitário de Uberlândia-MG e fez o levantamento da ocorrência de doenças causadas por vetores, tais como: viroses, diarreia e etc, assim como doenças respiratórias: asma, bronquite e até mesmo câncer no sistema respiratório.

#### 5.2.3.2 Economia

A operação da UTR SOUSA exige uma quantidade de trabalhadores considerável, o que impacta a economia do município de Sousa-PB de forma positiva, já que aumenta a oferta de empregos para a população. Por outro lado, a operação inadequada acarreta doenças na população, aumentando os gastos com a saúde pública, ocasionando impacto negativo para a economia desse município.

### 5.3 IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DO EMPREENDIMENTO

A matriz de interação com as ações antrópicas *versus* os componentes ambientais afetados encontra-se apresentada no Quadro 4. Conforme o Quadro 4, verificou-se no máximo 120 possibilidades de interações, das quais 54 foram consideradas importantes para o empreendimento em estudo.

Gontijo *et al.* (2019) realizaram um estudo para avaliar os impactos ambientais do AS do município de Conceição do Araguaia-PA, durante a fase de operação do AS, e foram identificadas 66 possibilidades de interação entre atividades humanas e os componentes ambientais, sendo 27 de relevância para o estudo.

Porciuncula (2014) realizou um estudo para avaliar impactos ambientais associados a AS e foi aplicado o método de matriz de interação. Como resultados, identificou-se 70 possíveis interações entre atividades antrópicas e os componentes ambientais para a fase de operação, sendo 33 de importância para o estudo.

Na Figura 13, observa-se o número de interações em cada meio (abiótico, biótico e antrópico). Verificou-se que os meios abiótico e antrópico foram os mais afetados pelas atividades realizadas na fase de operação do AS de Sousa-PB. No meio abiótico, as interações foram identificadas principalmente no componente solo; no meio biótico, na fauna; e no meio antrópico, na área da saúde.

**Quadro 4** - Matriz de interação para associação de ações antrópicas com os componentes ambientais afetados

AÇÕES ANTRÓPICAS	COMPONENTES AMBIENTAIS							
	ABIÓTICO				BIÓTICO		ANTRÓPICO	
	Solo	Água	Ar	Paisagem	Fauna	Flora	Saúde	Economia
Transporte de resíduos dos municípios para o Aterro Sanitário em Sousa-PB	X				X		X	X
Serviços de portaria e vigilância							X	X
Preparação da frente de trabalho	X		X				X	X
Disposição dos resíduos nas células	X	X	X	X	X	X	X	X
Operação de equipamentos e máquinas	X	X	X		X	X	X	X
Compactação dos Resíduos	X	X	X	X				
Cobertura dos Resíduos	X		X	X				
Queima de fogos de artifício			X	X	X		X	
Separação dos RS para reciclagem							X	X
Monitoramento geotécnico e ambiental	X	X	X				X	
Limpeza da área do empreendimento	X				X	X	X	
Manutenção de vias de acessos e de camada de cobertura	X		X					

**Quadro 4 -** Matriz de interação para associação de ações antrópicas com os componentes ambientais afetados (conclusão)

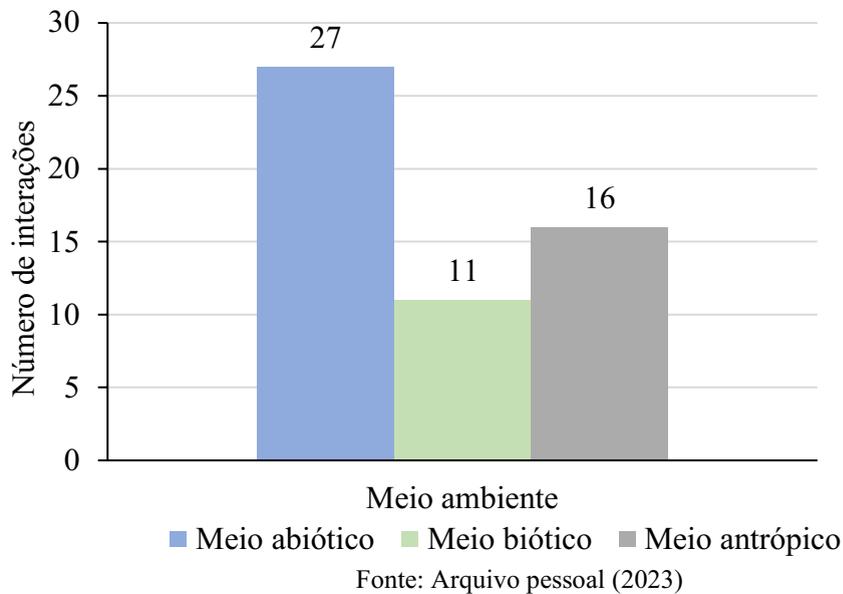
AÇÕES ANTRÓPICAS	COMPONENTES AMBIENTAIS							
	ABIÓTICO				BIÓTICO		ANTRÓPICO	
	Solo	Água	Ar	Paisagem	Fauna	Flora	Saúde	Economia
Desmatamento	X			X	X	X		
Manutenção da impermeabilização da base do AS	X							
Contratação de mão de obra								X

Fonte: Autoria própria (2023)

Com a aplicação do método matriz de interação, Gontijo *et al.* (2019) verificaram que para o AS do município de Conceição do Araguaia-PA, na fase de operação, os meios mais impactados foram os biótico e abiótico. Das 27 interações identificadas, 9 foram no meio físico, 11 no meio biótico e 7 no meio antrópico.

No estudo de Porciuncula (2014), o meio mais afetado durante a fase de operação foi o abiótico com 15 interações, em seguida, o biótico com 11 interações e o antrópico com 8 interações. Os componentes ambientais mais alterados foram o solo, ar, microrganismos e o homem.

**Figura 13 -** Interações entre atividades (ações antrópicas) e o meio ambiente



Nos Quadros 5 e 6, apresentam-se os aspectos e impactos ambientais, bem como suas interações com os meios abiótico, biótico e antrópico que foram identificados para a fase de operação do AS em Sousa-PB.

**Quadro 5** - Aspectos e impactos ambientais identificados na fase de operação do AS (continua)

AÇÕES ANTRÓPICAS	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL
Transporte de resíduos dos municípios para o AS	Movimentação de veículos	Aumento do risco de acidentes
	Geração de empregos	Maior disponibilidade de empregos no município e região
Serviços de portaria e vigilância	Deslocamento dos trabalhadores em motos e carros	Maior segurança da área em estudo
	Visualização dos caminhões na portaria	Redução do risco de entradas de resíduos não permitidos
Preparação de frente de trabalho	Emissão de partículas (poeira)	Aumento do risco de doenças respiratórias
Disposição dos resíduos nas células	Presença de animais	Aumento de acidentes na PB-383
	Exposição direta dos trabalhadores com os resíduos	Maior demanda na saúde
	Acúmulo de resíduos	Poluição visual
	Produção de gases tóxicos	Poluição do ar
	Movimentação de máquinas	Compactação do solo
	Emissão de ruídos	Alteração da qualidade do ar

**Quadro 5 - Aspectos e impactos ambientais identificados na fase de operação do AS (conclusão)**

Operação de equipamentos e máquinas	Vazamento de combustíveis	Contaminação do solo
	Emissão de gases	Aumento de doenças
Compactação dos resíduos	Produção de lixiviado	Poluição e/ou contaminação da água superficial e subterrânea e do solo
	Geração de odores desagradáveis	Incômodo das pessoas que visitam/residem próximo ou na área
Cobertura dos resíduos	Movimentação de solo	Redução do volume dos resíduos
Queima de fogos de artifício	Geração de resíduos gasosos	Poluição do ar
	Geração de rúidos	Afugentamento da fauna
Separação dos RS (material reciclável)	Exposição direta com os resíduos	Aumento de doenças infecciosas
Monitoramento geotécnico e ambiental	Relatório de controle ambiental	Ampliação da vida útil do AS
		Preservação de recursos ambientais (solo, água, ar, flora e fauna)
	Promoção de desenvolvimento sustentável	Redução de danos ao meio ambiente
Limpeza da área do empreendimento	Recolhimento de RS espalhados pelo vento	Redução da poluição visual da área
	Presença de trabalhadores	Risco de acidentes de trabalho
	Remoção de capim	Redução ou perda de habitats
Manutenção de vias de acessos e da camada de cobertura	Circulação de máquinas	Intensificação dos processos erosivos
	Aquisição de equipamentos	Aumento dos custos do empreendimento
	Estruturação do AS de forma adequada	Melhor qualidade ambiental da área
Desmatamento	Retirada da vegetação da área e seu entorno	Perda da cobertura vegetal
Manutenção da impermeabilização da base do AS	Utilização da argila e pissara	Redução do risco de contaminação do lençol freático
Contratação de mão de obra	Geração de empregos	Crescimento econômico local
	Geração de custos	Aumento de conflitos dentro do empreendimento

Fonte: Autoria própria (2023).

**Quadro 6** - Matriz de interação de Aspectos e Impactos ambientais com os meios abióticos, bióticos e antrópicos (continua)

AÇÕES ANTRÓPICAS	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	MEIO AFETADO		
			Abiótico	Biótico	Antrópico
Transporte de resíduos dos municípios para o AS;	Movimentação de veículos	Aumento do risco de acidentes		X	X
	Geração de empregos	Maior disponibilidade de empregos no município e região			X
Serviços de portaria e vigilância	Movimentação dos trabalhadores em motos e carros	Maior segurança da área em estudo			X
	Visualização dos caminhões na portaria	Redução do risco de entradas de resíduos não permitidos	X		
Preparação de frente de trabalho	Emissão de partículas (poeira)	Aumento do risco de doenças respiratórias			X
Disposição dos resíduos nas células	Presença de animais	Aumento de acidente na BR-383		X	
	Exposição direta dos trabalhadores com os resíduos	Maior demanda na saúde			X
	Acúmulo de resíduos	Poluição visual	X		X
	Produção de gases tóxicos	Poluição do ar	X		X
	Movimentação de máquinas	Compactação do solo	X	X	
	Emissão de ruídos	Alteração da qualidade do ar	X	X	X
Operação de equipamentos e máquinas	Vazamento de combustíveis	Contaminação do solo	X	X	
	Emissão de gases	Aumento de doenças			X
Compactação dos resíduos	Produção de chorume	Poluição da água	X	X	
	Geração de odores desagradáveis	Incômodo das pessoas que visitam/residem próximo ou na área			X

**Quadro 6 - Matriz de interação de Aspectos e Impactos ambientais com os meios abióticos, bióticos e antrópicos (conclusão)**

Cobertura dos resíduos	Movimentação de solo	Redução do volume dos resíduos	X		
Queima de fogos de artifício	Geração de fumaça	Poluição do ar	X		
	Geração de ruídos	Afugentamento da fauna		X	
Separação dos RS (material reciclável)	Exposição direta com os resíduos	Aumento de doenças infecciosas			X
Monitoramento geotécnico e ambiental	Relatório de controle ambiental	Ampliação da vida útil do AS	X	X	X
	Promoção de desenvolvimento sustentável	Redução de danos ao meio ambiente	X	X	X
Limpeza da área do empreendimento	Recolhimento de RS espalhados pelo vento	Redução da poluição visual da área	X		X
	Presença de trabalhadores	Aumento de risco de acidentes de trabalho			X
	Remoção de capim	Redução ou perda de habitats	X	X	
Manutenção de vias de acessos e da camada de cobertura	Circulação de máquinas	Intensificação dos processos erosivos	X	X	
	Compra de equipamentos	Aumento dos custos do empreendimento			X
	Estruturação do AS adequada	Melhor qualidade ambiental da área	X	X	X
Desmatamento	Retirada da vegetação da área e seu entorno	Perda da cobertura vegetal	X	X	
Manutenção da impermeabilização da base do AS	Distribuição da argila e pissara	Redução do risco de contaminação do lençol freático	X		
Contratação de mão de obra	Geração de empregos	Crescimento econômico local			X
	Geração de custos	Aumento de conflitos dentro do empreendimento			X

Fonte: Autoria própria (2023)

Conforme as informações apresentadas nos Quadros 5 e 6, observou-se a identificação de 15 ações antrópicas e 31 aspectos e 32 impactos ambientais para a fase de operação da UTR SOUSA, em que as principais causas dos impactos foram a disposição dos resíduos,

manutenção de vias de acessos e da camada de cobertura, operação de equipamentos e/ou máquinas e a limpeza da área do empreendimento em estudo.

Com base em todos os impactos ambientais identificados, e, levando em consideração que o mesmo impacto pode afetar mais de um meio simultaneamente em uma determinada fase estudada, notou-se que o meio mais afetado foi o antrópico, em seguida, o abiótico e por fim o biótico.

### 5.3.1 Classificação dos impactos ambientais

Ao analisar os Quadros 5 e 6, verifica-se que dos 32 impactos ambientais identificados na fase de operação do AS em Sousa-PB, 10 são de caráter positivo e 22 de caráter negativo; 27 ocorrem na área de influência direta e 5 na área de influência indireta do empreendimento. Nos Quadros 7, 8 e 9, encontram-se a classificação desses impactos, quanto aos critérios de valor e nível de significância.

Martildes *et al* (2019) realizaram a análise quali-quantitativa dos impactos ambientais na fase de operação do Aterro Sanitário de Campina Grande-PB, e foi observado a identificação de 22 impactos ambientais negativos e 13 impactos positivos. Dentre os 23 impactos ambientais negativos, 22 foram classificados como significativos e 1 como não significativo.

No Quadro 7, observou-se que dos 14 impactos ambientais identificados para o meio abiótico, 8 foram considerados negativos e 6 apresentaram conotação positiva para área, como por exemplo, a redução do volume dos resíduos e a melhor qualidade ambiental da área estudada. Dos 14 impactos, 11 são de caráter significativo, ou seja, impactos que ocasionam a degradação ou que beneficiam os componentes ambientais da área (GOMES, 2015), e 3 são impactos não significativos.

**Quadro 7** - Matriz de classificação dos impactos do meio abiótico na fase de operação do Aterro Sanitário (continua)

IMPACTOS AMBIENTAIS	SIGNIFICÂNCIA		VALOR	
	S	NS	P	N
Redução de entradas de resíduos não permitidos		X		
Poluição visual	X			
Poluição do ar	X			
Compactação do solo	X			
Alteração da qualidade do ar		X		

**Quadro 7** - Matriz de classificação dos impactos do meio abiótico na fase de operação do Aterro Sanitário (conclusão)

IMPACTOS AMBIENTAIS MEIO AFETADO: ABIÓTICO	SIGNIFICÂNCIA		VALOR	
	S	NS	P	N
Contaminação do solo	X			
Redução do volume dos resíduos	X			
Ampliação da vida útil do AS	X			
Redução da poluição visual da área		X		
Redução ou perda de habitats	X			
Intensificação dos processos erosivos	X			
Melhor qualidade ambiental da área	X			
Perda da cobertura vegetal	X			
Preservação de recursos ambientais (solo, água, ar, flora e fauna)	X			

Fonte: Autoria própria (2023)

Legenda: S - Significativo; NS – Não significativo; P – Positivo ■ ;N – Negativo ■

Conforme o Quadro 8, percebe-se que dos 11 impactos avaliados, 8 são considerados negativos, e somente 3 apresentaram valores positivos para a área, sendo: a ampliação da vida útil da UTR SOUSA por meio da promoção do desenvolvimento sustentável durante a fase estudada e a redução danos ao meio ambiente. Portanto, ambos trazem benefícios para fauna e flora, tendo em vista que, com a realização de relatórios de controle ambiental e as devidas medidas de controle ambiental sendo executadas, implicará na mitigação ou na eliminação dos impactos ambientais negativos que alteram esse meio ambiental. Todos os impactos ambientais identificados são de caráter significativo para o meio afetado (biótico).

**Quadro 8** - Matriz de classificação dos impactos do meio biótico na fase de operação do Aterro Sanitário

IMPACTOS AMBIENTAIS MEIO AFETADO: BIÓTICO	SIGNIFICÂNCIA		VALOR	
	S	NS	P	N
Aumento de risco de acidentes com animais	X			
Compactação do solo	X			
Contaminação do solo	X			
Afugentamento da fauna	X			
Aumento de acidentes na 383-BR	X			
Ampliação da vida útil do AS	X			
Redução de danos ao meio ambiente	X			
Redução ou perda de habitats	X			
Intensificação dos processos erosivos	X			
Perda da cobertura vegetal	X			
Preservação de recursos ambientais (solo, água, ar, flora e fauna)	X			

Fonte: Autoria própria (2023)

Legenda: S - Significativo; NS – Não significativo; P – Positivo ■; N – Negativo ■

No meio antrópico, foram identificados 16 impactos ao total, 10 apresentaram valores negativos e 6 são considerados positivos para a área, sendo 14 de caráter significativo e 2 são impactos não significativos. A saúde e a economia foram os componentes ambientais mais afetados nesse meio, conforme mostrado o Quadro 9.

**Quadro 9** - Matriz de classificação dos impactos do meio antrópico na fase de operação do Aterro Sanitário

IMPACTOS AMBIENTAIS MEIO AFETADO: ANTRÓPICO	SIGNIFICÂNCIA		VALOR	
	S	NS	P	N
Aumento de risco de acidentes	X			
Maior disponibilidade de empregos no município e região	X			
Maior segurança da área em estudo	X			
Aumento do risco de doenças respiratórias	X			
Maior demanda na área de saúde	X			
Poluição visual	X			
Poluição do ar	X			
Alteração da qualidade do ar		X		
Incômodo das pessoas que visitam/residem próximo ou na área	X			
Aumento de doenças infecciosas	X			
Ampliação da vida útil do AS	X			
Redução de danos ao meio ambiente	X			
Redução da poluição visual da área		X		
Aumento de risco de acidentes de trabalho	X			
Aumento dos custos do empreendimento	X			
Melhor qualidade ambiental da área	X			

Fonte: Autoria própria (2023)

Legenda: S - Significativo; NS – Não significativo; P – Positivo ■; N – Negativo ■

#### 5.4 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS

Conforme Silva *et al.* (2016), a finalidade dos indicadores, índices e subíndices é servir de base para ocasionar melhorias no planejamento operacional e limpeza urbana dos municípios, já que representam o impacto dos sistemas no desenvolvimento econômico, social,

ambiental e na saúde pública. Portanto, o IQR foi determinado a partir de 3 etapas, sendo: características do local (Tabela 4), infraestrutura implantada (Tabela 5) e condições operacionais (Tabela 6).

#### 5.4.1 Características do local

Na primeira etapa, foram analisados 22 parâmetros com base nas características do local da disposição final dos RSU, que apresentam condições estruturais do Aterro Sanitário de Sousa-PB, de acordo com o Tabela 4. Nesse macro conjunto foram analisados 5 parâmetros: estrutura de apoio, frente de trabalho, taludes e bermas, superfície superior e estrutura de proteção ambiental.

A estrutura de apoio do Aterro Sanitário em Sousa-PB possui balança rodoviária (Figura 14A), portaria e vigilância (Figura 14B), com funcionamento de 24 horas por dia, sendo considerado um parâmetro adequado, já que a entrada é controlada por portão eletrônico e o acesso só é permitido se autorizado. Já a visitação ao local estão sujeitas a aviso prévio.

Conforme a NBR 13.896 (ABNT,1997), a principal função do isolamento físico é impedir que pessoas e animais entrem na área de operação. Com base nas visitas *in loco*, notou-se que apesar do distanciamento do perímetro urbano, esse parâmetro é insuficiente, tendo em vista que o cercamento da área ocorre apenas em alguns pontos do empreendimento, não abrangendo todo seu perímetro. Além disso, em relação ao isolamento visual, como a área está localizada próximo a uma rodovia estadual, pode ser considerado como insuficiente, já que a visualização é claramente visível a partir da rodovia.

Quanto ao acesso à frente de descargas (Tabela 4), este é considerado adequada, já que a área tem bastante espaço para realização de atividades e manobras. As vias de acessos são pavimentadas (Figura 15), o que é recomendado e adequado de acordo com Cavalcanti (2022), principalmente, se a circulação de veículos e máquinas for intensa. Segundo Perroni (2021), as condições inadequadas das vias de acesso podem levar à impossibilidade de disposição final dos resíduos durante o período chuvoso e ao desgaste dos veículos, levando ao aumento dos custos de manutenção.

**Tabela 4 - Pesos atribuídos as características do local de disposição final dos resíduos de Sousa-PB (continua)**

ITEM	SUBITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
ESTRUTURA DE APOIO	1.Portaria, balança e vigilância	Sim /Suficiente	2	2
		Não/Insuficiente	0	
	2.Isolamento físico	Sim /Suficiente	2	0
		Não/Insuficiente	0	
	3.Isolamento visual	Sim /Suficiente	2	0
		Não/Insuficiente	0	
4.Acesso à frente de descargas	Adequado	3	3	
	Inadequado	0		
FRENTE DE TRABALHO	5.Dimensões da frente de trabalho	Adequado	5	5
		Inadequado	0	
	6.Compactação dos resíduos	Adequado	5	5
		Inadequado	0	
	7.Recobrimento dos resíduos	Adequado	5	5
		Inadequado	0	
TALUDES E BERMAS	8.Dimensões e inclinações	Adequado	4	0
		Inadequado	0	
	9.Cobertura de terra	Adequado	4	4
		Inadequado	0	
	10.Proteção vegetal	Adequado	3	0
		Inadequado	0	
11.Afloramento de lixiviado	Não/Raros	4	4	
	Sim/Numerosos	0		
SUPERFÍCIE SUPERIOR	12.Nivelamento da superfície	Adequado	5	5
		Inadequado	0	
	13.Homogeneidade da cobertura	Sim	5	5
		Não	0	
ESTRUTURA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL	14.Impermeabilização do solo	Sim/ Adequada (N. preencher o item 15)	10	10
		Não/ Inadequada (Preencher o item 15)	0	

**Tabela 4:** Pesos atribuídos as características do local de disposição final dos resíduos de Sousa-PB (Conclusão)

ITEM	SUBITEM	AValiação	PESO	PONTOS
ESTRUTURA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL	15.Prof.lençol freático (p)× permeabilidade do solo(k)	p>3m,k< 10 <sup>-6</sup> cm/s	4	-
		1 ≤ p ≤ 3m,k<10 <sup>-6</sup> cm/s	2	
		Condição inadequada	0	
	16.Drenagem de lixiviado	Sim/Suficiente	4	4
		Não/ Insuficiente	0	
	Tratamento de lixiviado	Sim/Suficiente	4	0
		Não/ Insuficiente	0	
	18.Drenagem provisória de águas pluviais	Suficiente/ Desnecessário	3	0
		Não/ Insuficiente	0	
	19.Drenagem definitiva de águas pluviais	Suficiente/ Desnecessário	4	0
		Não/ Insuficiente	0	
	20.Drenagem de gases	Suficiente/ Desnecessário	4	4
		Não/ Insuficiente	0	
	21.Monitoramento de águas subterrâneas	Adequado	4	4
		Inadequado /Insuficiente	1	
Inexistente		0		
22.Monitoramento geotécnico	Adequado	4	4	
	Inadequado /Insuficiente	1		
	Inexistente	0		
<b>SUBTOTAL 1</b>			-	<b>64</b>

Fonte: Adaptado da CETESB (2021)

**Figura 14** - Estrutura de apoio do Aterro sanitário de Sousa-PB: (A) Balança rodoviária (B) Portaria e vigilância



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

**Figura 15** - Via de acesso para a célula e a usina de triagem do aterro sanitário de Sousa-PB



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

Em relação à frente de trabalho, Bueno *et al.* (2018) afirmam que refere-se a um local com condições favoráveis, onde é possível os veículos depositarem o material e circularem de forma segura. Esse local deve ser o menor possível, para que seja evitada uma maior exposição dos resíduos, e, conseqüentemente, reduzir a proliferação dos vetores (CAVALCANTI, 2022). Conforme a Figura 16, a frente de trabalho do aterro sanitário de Sousa-PB permite que os veículos e máquinas trabalhem livremente enquanto executam a disposição e compactação dos resíduos. Quanto à dimensão da frente de trabalho, é considerada correta. Os trabalhadores tem suas atividades bem distribuídas, possuem vigias, auxiliares de serviços gerais, operador de máquinas, motoristas, engenheiros ambiental e civil.

Quanto aos subitens compactação e recobrimento dos resíduos, são considerados suficientes. Para a compactação é utilizado uma escavadeira hidráulica, o que funciona e atende ao valor de referência das normas ambientais, mas não é totalmente adequado para realização dessa atividade, sendo recomendado a utilização de um rolo compactador. Já o recobrimento dos resíduos, é realizado de forma eficiente, tendo em vista que a cobertura dos resíduos por material inerte é feita diariamente, que para Lima *et al.* (2017) é o recomendado a se fazer.

**Figura 16** - Frente de trabalho em relação a dimensão da área utilizada



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

No item taludes e bermas, notou-se que o subitem dimensão e inclinação é inadequada, a célula apresenta uma inclinação de 45° graus com 6 metros de altura que é considerada elevada, que em períodos chuvosos, os resíduos começam a deslizar na lateral da mesma, o que pode prejudicar a estruturação do AS. Além disso, não possui calha de drenagem lateral, berma e compactação lateral.

Quanto aos subitens relacionados à cobertura de terra e proteção vegetal, verificou-se que a cobertura feita com piçarra e argila é adequada, evitando, assim, a presença de vetores na , o afloramento do lixiviado nas laterais dos taludes por ser um material resistente (BILUCA, *et al.*, 2019). Já a proteção vegetal, é considerado um parâmetro inadequado, tendo em vista que há presença de pouca vegetação nos taludes, sendo insuficiente para evitar que processos erosivos ocorram. No último subitem avaliado, afloramento do lixiviado, não foram observados o afloramento na massa de resíduos em nenhum ponto do Aterro. Portanto, foi considerado como não/raros, sendo atribuída nota 4 à esse parâmetro.

O nivelamento da superfície e homogeneidade de cobertura dos RSU avaliados, no item da superfície superior do AS, foram considerados adequados. O primeiro é executado com um trator do tipo esteira para evitar que a massa de resíduos deslize. A cobertura dos resíduos ocorre com uniformidade, ou seja, os resíduos não ficam expostos, reduzindo a proliferação de vetores e a liberação de gases e odores desagradáveis. Biluca *et al.* (2019) obtiveram as mesmas eficiências na avaliação desse item do IQR aplicado ao AS de Francisco Beltrão- PR.

Sobre a estrutura de proteção ambiental, na Tabela 4, observa-se que a área em estudo dispõe de sistema de drenagem de lixiviado, mas não existe tratamento adequado, ocorrendo apenas a evaporação, tendo em vista que a lagoa presente no empreendimento (Figura 17) serve apenas para acumulação do lixiviado, sem um tratamento eficiente.

O empreendimento não apresenta drenagem provisória e definitiva de águas pluviais, não atendendo o que preconiza a NBR 13896 (ABNT, 1997) que recomenda que todo AS deve dispor de um sistema de drenagem de águas pluviais. A sua ausência, que pode ser observada na lateral do AS (Figura 18), ocasiona sérios problemas operacionais e também o aumento da produção do lixiviado, reduzindo, assim, a qualidade das atividades do AS, resultando em impactos ambientais negativos que afetam os meios abiótico, biótico e antrópico (PINTO, 2019). Nesse sentido, é essencial que haja monitoramento de águas subterrâneas e superficiais para identificar e analisar se está havendo poluição e/ou contaminação, e para serem mantidos os padrões exigidos pela legislação ambiental.

No AS em Sousa-PB, o monitoramento ambiental acontece uma vez por mês pelo grupo GGA/UFCEG, que assegura que os sistemas de drenagem de lixiviado e gases (Figura 19) são suficientes para atender os padrões estabelecidos pelas normas ambientais, e, conseqüentemente, obter resultados satisfatórios na operação do AS, trazendo benefícios ao meio ambiente e à saúde pública.

**Figura 17** - Lagoa de acumulação do AS de Sousa-PB: (A) Vista da lagoa de acumulação de cima da célula (B) Vista do interior da lagoa de acumulação



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

**Figura 18** - Vista da lateral da célula, que permite a visualização da ausência de drenos de águas pluviais



Fonte: Arquivo pessoal (2023).

**Figura 19** - Sistema de drenagem de gases na célula do AS de Sousa-PB



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

#### **5.4.2 Infraestrutura implantada**

As informações relacionadas ao segundo macro conjunto do IQR estão ilustradas na Tabela 5. Foram avaliados 7 parâmetros que caracterizam o sistema operacional da área em estudo.

Nas visitas ao AS de Sousa-PB, verificou-se a presença de um grupo de catadores. Esses trabalhadores são de domínio da prefeitura do município, trabalham no galpão, na separação dos RSU que chegam, de forma legal, como preconiza a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Observou-se também a ocorrência de moscas, aves, animais (cachorros, gatos etc.) e odores desagradáveis do processo de digestão anaeróbia que acontece no interior do aterro e gera o gás sulfídico.

O empreendimento recebe resíduos industriais (soro) e não é feito o tratamento eficiente, sendo apenas acumulado na lagoa do empreendimento, assim, o subitem 29 é considerado inadequado, tendo em vista que esse tipo de resíduo necessita de um tratamento eficaz. Além disso, não foi observada queima de resíduos na área estudada. Cavalcanti (2022) avaliou a disposição final de resíduos sólidos do município de Timbaúba-PE, e observou as mesmas condições de infraestrutura implantada, exceto o recebimento de resíduos de origem industrial.

**Tabela 5** - Pesos atribuídos as características de infraestrutura implantada no local de disposição de resíduos de Sousa-PB

ITEM	SUBITEM	AValiação	PESO	PONTOS
OUTRAS INFORMAÇÕES	23. Presença de catadores	Não	2	2
		Sim	0	
	24. Queima de resíduos	Não	2	2
		Sim	0	
	25. Ocorrência de moscas e odores	Não	2	0
		Sim	0	
	26. Presença de aves e animais	Não	2	0
		Sim	0	
	27. Recebimento de resíduos não Autorizados	Não	5	5
		Sim	0	
	28. Recebimento de resíduos industriais	Sim (preencher item 29)		Sim
		Não (ir para o item 30)		
	29. Estruturas e procedimentos	Suficiente/ Adequado	10	0
		Insuficiente/Inadequado	0	
<b>SUBTOTAL 2.1</b>			<b>-</b>	<b>9</b>

Fonte: Adaptado da CETESB (2021)

#### 5.4.3 Condições operacionais

No terceiro macro conjunto, foram avaliadas as condições operacionais do AS em Sousa-PB por meio dos parâmetros proximidade dos núcleos habitacionais e corpos de água, bem como também a vida útil do empreendimento e restrições legais ao uso do solo, conforme a Tabela 6.

A localização de aterros sanitários, de acordo com as recomendações da NBR 13.896 (ABNT, 1997), devem respeitar uma distância de pelo menos 500 metros de núcleos habitacionais, do limite da área do empreendimento em relação a residência mais próxima. Com relação aos corpos de água, a referida norma recomenda uma distância de pelo menos 200 metros de qualquer coleção hídrica ou curso de água.

Logo, como observado no Tabela 6, o subitem 30 encontra-se em desconformidade com o que é exigido pela NBR 13.896 (ABNT, 1997), uma vez que o AS fica localizado a 398 m e 337 m de distância de núcleos habitacionais, conforme ilustrado na Figura 20.

Com relação à proximidade de corpos de água, a área do empreendimento localiza-se próximo a dois corpos hídricos, mas ambos encontram-se em conformidade com a NBR 13.896 (ABNT, 1997), com uma distância maior que 200 m, como pode ser visto na Figura 21.

Para Azevedo (2014), a poluição e/ou contaminação da água nas proximidades da área estudada, ocorre principalmente devido ao escoamento superficial, que carregam o lixiviado formado pela decomposição da matéria orgânica presente nesses ambientes, especialmente, durante a estação chuvosa.

Quanto à vida útil da área, de acordo com o engenheiro ambiental responsável pela operação da UTR SOUSA, foi estimada entre 10 a 15 anos a partir de 2013, que foi o ano de implementação do AS. Já com relação a restrições legais do uso do solo, ao analisar o mapa do município e a localização do aterro, observou-se que o AS está fora do mapa de zoneamento, já que localiza-se na zona rural de Sousa-PB.

**Tabela 6** - Pesos atribuídos as características das condições operacionais do local de disposição de resíduos de Sousa-PB

ITEM	SUBITEM	AValiação	PESO	PONTOS
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA	30. Proximidade de núcleos habitacionais	$\geq 500\text{m}$	2	0
		$\leq 500\text{m}$	0	
	31. Proximidade de corpos de água	$\geq 200\text{m}$	2	2
		$\leq 200\text{m}$	0	
	32. Vida útil da área	$\leq 2\text{anos}$	-	> 5anos
		$2 < x \leq 5\text{anos}$	-	
		$> 5\text{anos}$	-	
	33. Restrições legais ao uso do solo	Sim	-	Não
		Não	-	
	<b>SUBTOTAL 3</b>			-

Fonte: Adaptado de CETESB (2023)

**Figura 20** - Distanciamento da área de influência direta do AS de Sousa-PB a núcleos habitacionais



Fonte: Adaptado de *Google Earth* (2023)

**Figura 21** - Distanciamento da área de influência direta do AS a corpos de água



Fonte: Adaptado de *Google Earth* (2023)

#### 5.4.4 Cálculo do Índice de Qualidade do Aterro de Resíduos (IQR)

Considerando a soma total dos pesos atribuídos para cada macro conjunto avaliado: características do local (Tabela 4), infraestrutura implantada (Tabela 5) e condições operacionais (Tabela 6), o cálculo do IQR (Equação 1) para área da UTR SOUSA foi de 6,82. Sendo assim, o IQR não atingiu a nota mínima necessária de 7,1 para qualificar o aterro em adequado.

$$\text{IQR} = \frac{64+9+2}{11} = 6,82 \quad (1)$$

A avaliação do AS em Sousa-PB, realizada a partir do IQR, possibilitou analisar as características locacionais, operacionais e estruturais do aterro, obtendo um IQR igual a 6,82, sendo enquadrado como inadequado. Esse resultado indica sobretudo, a deficiência existente no processo de operação do empreendimento, principalmente, quanto à ausência de drenagem de águas pluviais, tratamento de lixiviado e o recebimento de resíduos industriais sem estrutura e procedimentos adequados para tal. Cabe salientar que a adequação desses parâmetros seria suficiente para enquadrar o AS como adequado, tendo em vista que atingiu uma pontuação bem próxima a mínima exigida para qualificar o aterro em adequado.

Estudo similar foi realizado na cidade de Francisco Beltrão-PR, por Biluca *et al.* (2019), em que analisaram a área do AS a partir do cálculo do IQR, obtendo uma pontuação igual a 5,2. Os resultados dessa pesquisa constataram que o AS estava operando de forma inadequada em alguns pontos, especialmente, quanto a cobertura dos resíduos, a drenagem de águas pluviais, tratamento do lixiviado e o monitoramento de águas subterrâneas. Observou-se que a adequação desses parâmetros reduziria a exalação de odores desagradáveis e ocorrência de moscas e aves, além disso, permitiria atingir a pontuação mínima necessária de 7,1 para enquadrar o AS como adequado.

Já Cavalcanti (2022) também avaliou a disposição final dos RSU da cidade de Timbaúba-PE, utilizando a metodologia adotada pela CETESB (2021), e obteve um IQR igual a 2,6. O autor constatou que, dos 33 parâmetros avaliados, somente 4 estavam em conformidade com a legislação vigente.

## 5.5 MEDIDAS DE CONTROLE AMBIENTAL

Corforme Cavalcanti (2022), as medidas de mitigação referem-se ao um conjunto de atividades que tem por objetivo reduzir os impactos ambientais negativos de uma ação e ou atividade. Diante do exposto, no Quadro 10, são mostradas algumas medidas mitigadoras que podem ser implementadas com a finalidade de minimizar os impactos negativos significativos identificados para fase de operação do AS em Sousa-PB.

**Quadro 10 - Medidas mitigadoras**

<b>MEDIDAS DE MITIGAÇÃO</b>	<b>IMPACTOS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVOS</b>
Sinalização adequada nas rodovias, placas indicando a presença de animais, além de instruções para motoristas sobre o limite de velocidade permitido	Aumento dos riscos de acidentes
Promoção do monitoramento dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, a fim de respeitar o limite exigido pela legislação	Risco de doenças respiratórias
Realização de procedimentos educativos com trabalhadores envolvidos, visando a orientação, instruindo-os para evitar a queima de fogos de artifício, contribuindo para manutenção das espécies	Afugentamento da fauna
Adotar o uso de combustíveis que tenha o potencial poluidor menor, como o biodiesel, reduzindo a emissão de gases poluentes na atmosfera.	Poluição do ar Aumento de doenças em trabalhadores
Fazer a manutenção de equipamentos e máquinas com frequência mensal.	Contaminação do solo
Exigir que os trabalhadores utilizem equipamentos de proteção individual	Aumento de acidentes de trabalho
Adoção de medidas voltadas a educação ambiental, englobando os trabalhadores do empreendimento, visando a manutenção da limpeza da área, incentivando a realização de práticas (cortes) de forma planejada e respeitando o meio ambiente	Redução ou perda de habitats
Evitar o desmatamento desnecessário da área, principalmente em formações ciliares	Perda da cobertura vegetal
Redução da área de intervenção	Intensificação de processos erosivos
Implantação de um sistema de tratamento de lixiviado, antes do seu lançamento final em corpos de água	Poluição da água
Instalação de placas indicando a presença de animais na área e alertando o limite de velocidade permitido dentro da área de influência direta do empreendimento, evitando esses acidentes	Aumento de acidentes com animais na área
Comprar somente equipamentos e máquinas necessários para realização das atividades do AS, realizando regularmente a sua manutenção	Aumento dos custos do empreendimento
Isolamento visual constituído por vegetação nativa	Poluição visual
Implementação de atividades e debates em grupo, a fim de trabalhar a percepção de cada membro da área, visando reduzir os conflitos gerados	Aumento de conflitos dentro do empreendimento
Sistemas de drenagem dos gases devem estar operando em condições adequadas para a correta queima do gás.	Incômodo das pessoas que visitam/residem próximo ou na área

Fonte: Autoria própria (2023)

No Quadro 11, são apresentadas 2 medidas compensatórias e os respectivos impactos ambientais compensados.

**Quadro 11 - Medidas de compensação**

MEDIDAS COMPENSATÓRIAS	IMPACTOS COMPENSADOS
Reflorestamento compensatório, do mesmo tamanho ou maior que a área do AS, em outro local	Perda da cobertura vegetal Redução ou perda de habitats
Criar áreas de preservação ambiental, garantindo boas condições de abrigo e alimentação da fauna local (GOMES, 2015)	Aumento de acidentes com animais na área

Fonte: Autoria própria (2023)

## 5.6 PLANOS E PROGRAMAS DE MONITORAMENTO AMBIENTAL

Nos Quadros 12, 13, 14 e 15, encontram-se os planos e programas de monitoramento ambiental propostos para mitigar ou compensar os impactos ambientais negativos significativos resultantes das atividades de operação do AS em Sousa-PB.

**Quadro 12 - Programa de educação ambiental para operários, população em geral da área de influência do AS de Sousa-PB (continua)**

<b>PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA OPERÁRIOS, POPULAÇÃO QUE RESIDE PRÓXIMO OU VISITANTES DA ÁREA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Objetivos</li> <li>✓ Este programa tem por objetivo conscientizar e sensibilizar ambientalmente os trabalhadores e a população em geral, com relação a preservação ambiental da área de influência direta do AS e do seu entorno.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estrutura do programa               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrega de panfletos incentivando a consciência ambiental dos operários e da população</li> <li>• Ministrar palestras sobre a importância da preservação ambiental, abrangendo os benefícios para o meio social, ambiental, econômico e a saúde pública.</li> <li>• Criação de meios de comunicação com o grupo de catadores de recicláveis do AS, alertando os riscos do trabalho dentro do empreendimento</li> </ul> </li> <li>✓ Incentivar o uso de equipamentos de proteção individual (máscara, óculos, protetores auditivos etc.) tanto para operários, como para visitantes.</li> </ul>

**Quadro 12:** Programa de educação ambiental para operários, população em geral da área de influência do AS de Sousa-PB (conclusão)

<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Metas           <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contribuir para o desenvolvimento sustentável do empreendimento</li> <li>• Mostrar os benefícios que o uso consciente dos recursos naturais trará para os operários (redução de doenças e a preservação do meio ambiente)</li> <li>• Fazer com que a associação de catadores existente dentro do AS compreenda os riscos de trabalhar em um ambiente que é prejudicial à saúde</li> <li>• Redução de doenças pelo uso correto dos equipamentos de proteção individual.</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cronograma de execução           <ul style="list-style-type: none"> <li>• Este programa deve ser executado durante a fase de operação do empreendimento</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Responsabilidade           <ul style="list-style-type: none"> <li>• Este programa é de responsabilidade do empreendedor e sua equipe técnica responsável</li> </ul> </li> </ul>

Fonte: Aatoria própria (2023)

**Quadro 13 -** Programa de prevenção de acidentes na área de influência direta do AS de Sousa-PB

<b>PROGRAMA DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Objetivos           <ul style="list-style-type: none"> <li>• Este programa tem por objetivo prevenir acidentes durante a fase de operação do AS de Sousa-PB. Deve abranger os trabalhadores, população que reside próximo ou na área ou mesmo pessoas que visitem o empreendimento em questão.</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estrutura do programa           <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sinalização com placas de advertência em áreas de risco a fim de evitar que visitantes e vizinhos desinformados transitem por elas e que ocorra acidentes</li> <li>• Organizar grupos de debates, palestras e afins, com intuito de conscientizar os operários sobre a importância da utilização de equipamentos de proteção individual.</li> <li>• Implementação de um curso de primeiros socorros a todos os trabalhadores</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Metas           <ul style="list-style-type: none"> <li>• Incentivar a conscientização da importância da utilização da devida proteção individual entre operários</li> <li>• Alertar a população sobre possíveis riscos de acidentes e evitar que o acidente venha ocorrer</li> <li>• Em caso de acidentes, o atendimento de primeiros socorros seja realizado ainda na área, com intuito de evitar uma piora no quadro de saúde do operário.</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cronograma de execução           <ul style="list-style-type: none"> <li>• Este programa deve ser executado durante a fase de operação do empreendimento</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Responsabilidade           <ul style="list-style-type: none"> <li>• Este programa é de responsabilidade do empreendedor e sua equipe técnica responsável</li> </ul> </li> </ul>

Fonte: Aatoria própria (2023)

**Quadro 14** - Plano de monitoramento da qualidade do ar atmosférico da área de influência direta AS de Sousa-PB

<b>PLANO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR</b>	
✓	<p><b>Objetivo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Este plano tem por objetivo controlar a qualidade do ar na área de influência direta do AS de Sousa-PB</li> </ul>
✓	<p><b>Estrutura do plano</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicação de um profissional para coleta de dados acerca dos poluentes e partículas em suspensão da área</li> <li>• Divulgação dos resultados das medições periódicas para o empreendedor</li> <li>• Manutenção regular em equipamentos e máquinas utilizadas</li> <li>• Determinação de atividades de transporte de material que ocasione a geração de poeira (colocar lonas, aspersão de água etc.)</li> </ul>
✓	<p><b>Metas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Obter dados da qualidade do ar da área</li> <li>• Monitorar para que o empreendimento em questão opere em condições adequadas exigidas pela legislação, em relação a níveis permitidos de poluentes e partículas em suspensão</li> <li>• Conscientização de operários sobre o uso de máscara, a fim de evitar doenças causadas por meio da aspiração de poeira e poluentes</li> </ul>
✓	<p><b>Cronograma de execução</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Este plano deve ser executado durante a fase de operação do empreendimento</li> </ul>
✓	<p><b>Responsabilidade</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Este plano é de responsabilidade do empreendedor e sua equipe técnica responsável</li> </ul>

Fonte: Autoria própria (2023)

**Quadro 15** - Plano de monitoramento da fauna local da área de influência direta do AS de Sousa-PB (continua)

<b>PLANO DE MONITORAMENTO DA FAUNA LOCAL</b>	
✓	<p><b>Objetivo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Este plano tem por objetivo proteger a fauna local dos impactos ambientais negativos resultantes das atividades de operação do AS de Sousa-PB</li> </ul>
✓	<p><b>Estrutura do plano</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificação das espécies da fauna</li> <li>• Regaste e realocação das espécies afetadas</li> <li>• Realização de estudos a fim de proporcionar a conservação das espécies</li> </ul>
✓	<p><b>Metas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservar a fauna local na área de influência do projeto, principalmente as espécies raras, endêmicas e as ameaçadas de extinção</li> <li>• Reduzir a quantidade de acidentes com animais</li> </ul>

**Quadro 15** - Plano de monitoramento da fauna local da área de influência direta do AS de Sousa-PB (conclusão)

<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Cronograma de execução</li><li>• Este plano deve ser executado durante a fase de operação do empreendimento</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Responsabilidade</li><li>• Este plano é de responsabilidade do empreendedor e sua equipe técnica</li><li>• Responsável</li></ul>

Fonte: Autoria própria (2023)

## 6 CONCLUSÕES

- Foram identificadas 15 atividades antrópicas na área do empreendimento, dentre as quais: a disposição dos resíduos, a operação de máquinas e a limpeza da área foram as principais atividades causadoras de impactos ambientais, e, como consequência, a degradação dos componentes ambientais na área do Aterro Sanitário.
- Com base no diagnóstico ambiental, os componentes ambientais mais afetados foram o solo, ar, fauna e a saúde.
- Um total de 32 impactos ambientais foram identificados na fase de operação do Aterro Sanitário, sendo 29 significativos e 3 não significativos.
- A avaliação do Aterro Sanitário em Sousa-PB foi realizada a partir do Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos (IQR), obtendo um IQR igual a 6,82, que corresponde a condições inadequadas de funcionamento.
- As principais medidas para o controle ambiental da área foram: adoção de atividades voltadas a educação ambiental junto aos funcionários e à população, sinalização adequada da área, indicando possíveis áreas de riscos e a presença de animais, a fim de evitar acidentes e a criação de áreas de preservação ambiental, e garantindo condições de abrigo e alimentação da fauna local.
- Os planos e programas de monitoramento ambiental da área foram: programa de educação ambiental para operários, população que reside próximo ou visitantes da área; programa de prevenção de acidentes; plano de monitoramento da qualidade do ar e o plano de monitoramento da fauna local.
- Por fim, espera-se que os resultados obtidos neste estudo auxiliem a tomada de decisão no Aterro Sanitário em Sousa-PB, e contribua para a minimização dos impactos ambientais negativos e significativos.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2020.

ABUNAMA, T.; OTHMAN, F.; NILAM, T. I. T. Comparison of landfill leachate generation and pollution potentials in humid and semi-arid climates. **International Journal of Environment and Waste Management**, v. 27, n. 1, p. 79-92, 2021.

AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE (CPRH). **Avaliação de Impacto Ambiental – AIA**. Disponível em: <<http://www2.cprh.pe.gov.br/licenciamento-ambiental/avaliacao-de-impacto-ambiental-aia/#:~:text=A%20Avalia%C3%A7%C3%A3o%20de%20Impacto%20Ambiental,empreendimentos%20sobre%20o%20meio%20ambiente>>. Acesso em: 02 fev. 2023.

ALVES, J. E. P. **Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos: um estudo de caso nos municípios de Campo Mourão e Cianorte – Paraná**. 2015. 66 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8419**: 1992 Versão Corrigida: 1996. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Associação Brasileira de Normas Técnicas. São Paulo, 20p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10157**: Aterro de resíduos perigosos - Critérios para projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1987. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13896**. Aterro de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004. 71 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14001**: Sistemas de gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, 2004. 27 p.

**AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS: HISTÓRICO E PROCEDIMENTOS**. São Paulo: Mérida Publishers, 2022.

AZEVEDO, J. **Aterro sanitário: o que é, impactos e soluções**. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/aterro-sanitario/>>. Acesso em: 29 jan.2023.

BABAEI, S.; SABOUR, M. R.; MOVAHED, S. M. A. Combined landfill leachate treatment methods: an overview. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 42, p. 59594-59607, 2021.

BILUCA, J. *et al.* Índice de qualidade de aterro de resíduos aplicado ao aterro de Francisco de Beltrão - PR. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**. v.6, n.1, p.51-60, jul. 2019. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Borges, K. **O Estudo do Monitoramento dos Impactos pós-Implantação do Aterro Sanitário de Uberlândia/MG**. 2016. 158 f. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2016.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a política nacional de resíduos sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Poder Legislativo, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Seção 1, p. 3. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em: 13 de jan. 2023.

BRASIL. **Lei n. 6.938, de 31 de julho de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 31 de agosto de 1981. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)>. Acesso em: 23 de jan. 2023.

BUENO, L. O.; LONDON, I. P.; SOUZA, J. C. Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR) como subsídio para avaliação do aterro sanitário no município de Sorriso – MT. In: XIV SIBESA – Simpósio Ítalo-Brasileiro De Engenharia Sanitária E Ambiental, 14. 73 2018, Foz do Iguaçu/Pr. **Anais...** Foz do Iguaçu/PR: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2018. p. 1-8.

CANEJO, C. **Gestão integrada de resíduos sólidos:** múltiplas perspectivas para um gerenciamento sustentável e circular. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2021.120 p

CAVALCANTI, R.C.M. **Análise da situação do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos na cidade de Timbaúba - PE:** estudo de caso. 2022. 77fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB. 2022.

**Como funciona o aterro sanitário?** 2018. Disponível em: <<https://www.vgresiduos.com.br/blog/como-funciona-o-aterro-sanitario/>>. Acesso em: 31 de Jan. 2023.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Inventário estadual de resíduos sólidos urbanos–2020. **São Paulo**, 2021.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986.** Dispõe sobre procedimentos relativos ao Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto ao Meio Ambiente (EIA-RIMA) Diário Oficial da União, 1986.

CONSULTORIA EM SANEAMENTO AMBIENTAL LTDA (ECOSAM). **Estudo de Impacto Ambiental do Aterro Sanitário de São José do Bonfim-PB.** João Pessoa, 2020.

CONSULTORIA EM SANEAMENTO AMBIENTAL LTDA (ECOSAM). **Relatório de Impacto Ambiental do centro de tratamento de resíduos do município de São José do Bonfim-PB.** João Pessoa, 2020.

DIÁRIO DO SERTÃO. **Cidade de Sousa passa a contar com aterro sanitário e lixão é desativado; serviço era reivindicação do povo.** 2014. Disponível em: <<https://www.diariosertao.com.br/noticias/sertao/64414/cidade-de-sousa-passa-a-contar-com-aterro-sanitario-e-lixao-e-desativado-servico-era-reivindicacao-do-povo.html>>. Acesso em: 28 de jan. 2023.

DUARTE, E. **Aterro Sanitário.** 2015. Disponível em: <<https://dedambiental.com.br/aterro-sanitario/>>. Acesso em: 31 de Jan. 2023.

FERREIRA, M. K. de S. **Degradação ambiental na área do lixão de Parelhas-RN**. 2022. 96 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande. Pombal-PB, 2022.

FERREIRA, R.S. *et al.* Impactos socioambientais causados pelo descarte incorreto de resíduos sólidos urbanos. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 04, Ed. 09, Vol. 03, pp. 51-72. Setembro de 2019. ISSN: 2448-0959.

FOGLIATTI, M. C.; FILIPPO, S.; GOUDARD, B. **Avaliação de Impactos Ambientais: Aplicação aos Sistemas de Transporte**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 249 p.

FROTA, A.J.A. *et al.* Implantação de um sistema de coleta seletiva: aspectos legais e de sustentabilidade. **Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 1, n. 4, p. 129-155, abr. 2015.

GARCIA, D.C; CANDIANI, G. Diagnóstico dos inventários de fauna em estudos de impacto ambiental de aterro sanitário. **Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)**, n. 45, p. 100-114, 2017. DOI: 10.5327/Z2176-947820170236.

GOMES, N. A. **Avaliação dos impactos ambientais causados pelo “lixão” de Pombal-PB**. 2015. 81 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB. 2015.

GONTIJO, R. N. *et al.* Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) do Aterro Sanitário do município de Conceição do Araguaia-PA através do método da matriz de Leopold. **IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Salvador/Ba**, Salvador, p. 1-12, nov. 2013.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, [S.L.], v. 17, n. 6, p. 1503-1510, jun. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-81232012000600014>.

HIDROPAN (org.). **EIA/RIMA: o que é, informações obrigatórias e quando deve ser elaborado**. 2022. Disponível em: <https://www.hidroplan.com.br/site/blog-era-da-agua/45-eia-rima-o-que-e-informacoes-obrigatorias-e-quando-deve-ser-elaborado><https://www.hidroplan.com.br/site/blog-era-da-agua/45-eia-rima-o-que-e-informacoes-obrigatorias-e-quando-deve-ser-elaborado>. Acesso em: 23 de abr. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e Estados**. 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/sousa.html>. Acesso em: 03 fev. 2023.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). **Estudo da caracterização gravimétrica de Resíduos Sólidos Urbanos**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/Cartilha-Estudo-da-Characteriza%C3%A7%C3%A3o-Gravim%C3%A9trica-de-Res%C3%ADduos-S%C3%B3lidos-Urbanos-2.pdf> Acesso em: 22 de maio de 2023.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). **Estudos e Relatórios de Impacto Ambiental**. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/eia-rima/>. Acesso em: 17 de abr. 2023.

JESUS, M.S. *et al.* Métodos de avaliação de impactos ambientais: uma revisão bibliográfica/environmental impact assessment methods. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 7, n. 4, p. 38039-38070, 13 abr. 2021. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv7n4-32>.

JUNIOR., E.R. **Diagnóstico Ambiental da Área do Aterro Sanitário de Cascavel-PR**. 2007. 77 f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2007.

KAMARUDDIN, M. A. *et al.* An overview of municipal solid waste management and landfill leachate treatment: Malaysia and Asian perspectives. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 35, p. 26988-27020, 2017.

LANA, C. **Você sabe o que é um aterro sanitário?** 2021. Disponível em: <https://www.ekosbrasil.org/voce-sabe-o-que-e-um-aterro-sanitario/>. Acesso em: 24 abr. 2023.

LEITE, J.C.A. **Métodos de AIA - parte I: Ad Hoc**. Professor da disciplina “Avaliação de Impactos Ambientais” – Nota de Aula. Curso de Engenharia Ambiental da UACTA/CCTA/UFCG, Campus de Pombal, Paraíba, 2022.

LEITE, J.C.A. **Métodos de AIA - parte II: Check Lists**. Professor da disciplina “Avaliação de Impactos Ambientais” – Nota de Aula. Curso de Engenharia Ambiental da UACTA/CCTA/UFCG, Campus de Pombal, Paraíba, 2022.

LEITE, J.C.A. **Métodos de AIA - parte III: Matriz de interação**. Professor da disciplina “Avaliação de Impactos Ambientais” – Nota de Aula. Curso de Engenharia Ambiental da UACTA/CCTA/UFCG, Campus de Pombal, Paraíba, 2022.

LEITE, J.C.A. **Métodos de Avaliação de Impactos Ambientais: Introdução, conceitos e classificação**. Professor da disciplina “Avaliação de Impactos Ambientais” – Nota de Aula. Curso de Engenharia Ambiental da UACTA/CCTA/UFCG, Campus de Pombal, Paraíba, 2022.

LIMA, P. G. *et al.* Avaliação de um aterro sanitário por meio do índice de qualidade de resíduos sólidos. **Revista brasileira de engenharia de biosistemas**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 88-106, 27 mar. 2017. Universidade Estadual Paulista - Campus de Tupa. <http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2017v11n1p88-106>

LIMA, R. A. A. Análise do Plano Municipal de Resíduos Sólidos de Sousa – PB.

MARTILDES, J.A.L. **Identificação e análise de impactos ambientais de um aterro sanitário: um estudo de caso no município de Itaporanga-PB**. 2018. 130 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB, 2018.

MARTILDES, J.A.L. *et al.* Identificação e avaliação de impactos ambientais na fase de operação do Aterro Sanitário de Campina Grande-PB. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, [S. l.], v. 6, n. 3, pág. 13395–13415, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n3-270.

MARTINS, C. **Entenda o que é diagnóstico ambiental**. 2019. Disponível em: <<https://www.trilhoambiental.org/post/entenda-o-que-e-diagnostico-ambiental>>. Acesso em: 27 de maio de 2019.

MEDEIROS, J.L da S. **Identificação de áreas favoráveis a implantação de aterros sanitários entre municípios do sertão paraibano**. 2022. 98 f. Dissertação – (Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental), Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2022.

MELO, D.A. **Proposta de processo decisório para reabilitação das áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de Goiânia**. 2017. 264 f. Dissertação

(Pós-graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

MELO, F. H. F. A. **Caracterização e estudo do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos em um consórcio municipal do Estado de Pernambuco**. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

MENEGUZZO, I; CHAICOUSKI, A. Reflexões acerca dos conceitos de degradação ambiental, impacto ambiental e conservação da natureza. **Geografia (Londrina)**, Londrina, v. 19, n. 1, p. 181-185, 2010.

MONTEIRO, A. E. **Índice de Qualidade de Aterros Industriais – IQRI**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coppe, Rio de Janeiro, 2006, 201f.

MORAIS, M. *et al.* Análise físico-química e microbiológica do lixiviado do Aterro Sanitário de Rio Branco-AC. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 282–292, 2020.

MORGAN, A. **Métodos mais utilizados na avaliação de impactos ambientais**. Disponível em: <<https://www.cpt.com.br/noticias/metodos-mais-utilizados-na-avaliacao-de-impactos-ambientais>>. Acesso em: 31 de jan. 2023.

Naturais. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande, 2019. 85f.

PELUZIO, T.O; PELUZIO, J.E. **Avaliação de Impactos Ambientais: perguntas e respostas**. Vitória. Editora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santos, 2021.

PEREIRA, S; CURI, R. Aplicação do índice de qualidade de aterros de resíduos sólidos urbanos no Aterro Sanitário de Puxinanã/PB. **Sustentabilidade em Debate**, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 108-124, 30 abr. 2017. Editora de Livros IABS. <http://dx.doi.org/10.18472/sustdeb.v8n1.2017.21163>.

PESSOA, D. *et al.* Avaliação de impactos ambientais em área de disposição final de resíduos sólidos no semiárido. **GeoGraphos: Revista Digital para Estudantes de Geografia y Ciencias Sociales**, v. 10, n. 121, p. 269-294, 2019.

PICCOLI, S; PASSOS, M.G. **Estudo e análise das metodologias utilizadas na Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) nos eia/rima realizados em Santa Catarina**. 2018. 10 f. Curso de Gestão Ambiental, Universidade do Oeste de Santa Catarina, Santa Catarina, 2018.

PINTO JR, O. B.; LIMA, A. E. M. M. Quantificação de gases de efeito estufa em Aterro Sanitário no município de Cuiabá. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 136–144, 2020. DOI: 10.9771/gesta.v8i2.38467.

PINTO, B.A.M. **A importância dos sistemas de drenagem em aterros sanitários**. 2019. Disponível em: <https://marcaambiental.com.br/a-importancia-dos-sistemas-de-drenagem-em-aterros-sanitarios/>. Acesso em: 12 de maio 2023.

PORCIUNCULA, L. **Identificação e avaliação de impactos ambientais associados a Aterros Sanitários**. 2014. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão de Organizações Públicas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

SANCHÉZ, L. H. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SÁNCHEZ, L.H. **Avaliação de impacto ambiental: Conceitos e métodos.** São Paulo: Oficina de Textos, 2020

SÁNCHEZ, L.H. **Avaliação de impacto ambiental: Conceitos e métodos.** São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea: Diagnóstico do município de Sousa.** Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 34 p.

SILVA, E.L. **Análise da política municipal de resíduos sólidos de Sousa – PB e sua efetividade à luz da política nacional.** 2018. 48 f. Dissertação (Pós Graduação em Sistemas Agroindústrias), Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2018.

SILVA, R. P. G. *et al.* **Aplicação do Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos (IQR) em área de disposição de resíduos sólidos urbanos do município de Riacho Frio – PI.** Cadernos cajuína, [S.L.], v. 3, n. 1, p. 36-43, 2016

SZIGETHY, L; ANTENOR, S. **Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos.** Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade, 2020. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>>. Acesso em: 28 de Jan. 2023.

TANAKA, N. **Aterro sanitário.** Todo Estudo. Disponível em: <<https://www.todoestudo.com.br/biologia/aterro-sanitario>>. Acesso em: 29 de Jan. 2023.