



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E TECNOLOGIA
CURSO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

ERIK MAIA DE LIMA

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS UTILIZANDO A MATRIZ DE
LEOPOLD: ESTUDO DE CASO DO ATERRO CONTROLADO EM JOSÉ DA
PENHA - RN

PAU DOS FERROS - RN

2026

ERIK MAIA DE LIMA

**AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS UTILIZANDO A MATRIZ DE
LEOPOLD: ESTUDO DE CASO DO ATERRO CONTROLADO EM JOSÉ DA
PENHA -RN**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientadora: Francisca Mirtes Nunes dos Santos, Profª. Me.

PAU DOS FERROS - RN

2026

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

L732a Lima, Erik Maia de.
Avaliação de impactos ambientais utilizando a matriz de leopold: Estudo de caso do aterro controlado em José da Penha - RN / Erik Maia de Lima. - 2026.
67 f. : il.

Orientadora: Francisca Mirtes Nunes dos Santos.
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, 2026.

1. Danos ambientais. 2. Sustentabilidade. 3. Degradação ambiental. 4. Recuperação de áreas degradadas. 5. Diagnóstico ambiental. I. Santos, Francisca Mirtes Nunes dos, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 15/966

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ERIK MAIA DE LIMA

**AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS UTILIZANDO A MATRIZ DE
LEOPOLD: ESTUDO DE CASO DO ATERRO CONTROLADO EM JOSÉ DA
PENHA - RN**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental e
Sanitária.

Defendido em: 10/06/2026

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente



FRANCISCA MIRTES NUNES DOS SANTOS

Data: 11/06/2026 17:17:50-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof^ª. Me. Francisca Mirtes Nunes dos Santos (UFERSA)
Presidente

Documento assinado digitalmente



HELISON AMADEUS DA SILVA COSTA

Data: 11/06/2026 18:09:16-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Bel Héliison Amadeus da Silva Costa (1º Examinador)

Documento assinado digitalmente



SARA NUNES DE QUEIROZ

Data: 11/06/2026 18:46:04-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Bel Sara Nunes de Queiroz (2ª Examinadora)

AGRADECIMENTOS

Chegar até aqui representa muito mais do que a conclusão de um curso. Este trabalho carrega noites de esforço, momentos de insegurança, aprendizados, renúncias e, principalmente, o apoio de pessoas que fizeram essa caminhada valer a pena.

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder força, sabedoria e perseverança para superar cada obstáculo e chegar até aqui. Esta conquista não é apenas minha, mas de todos que caminharam ao meu lado durante essa jornada. Por isso, deixo aqui minha mais sincera gratidão.

À minha mãe, Aucilene, e ao meu pai, Francisco, agradeço por todo amor, cuidado e dedicação ao longo da minha vida. Obrigado por sempre acreditarem em mim, mesmo nos momentos em que eu mesmo duvidei. A força de vocês, o carinho e suas palavras de incentivo foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Tenho orgulho de carregar comigo tudo o que aprendi com vocês. Ao meu irmão, Eduardo, por estar presente em tantos momentos, pela parceria, e incentivo durante toda essa trajetória acadêmica. Esta conquista também é de vocês.

Ao meu namorado, Bricio, agradeço pelo amor, paciência e companheirismo. Obrigado por compreender meus estresses, me incentivar e acalmar meus dias difíceis e comemorar comigo cada pequena conquista. Seu apoio foi essencial para que eu permanecesse firme até o final desta jornada.

À minha amiga e dupla, Eduarda, minha gratidão por dividir comigo não apenas trabalhos e estudos, mas também desafios, risadas, ansiedades, aprendizado e tantos momentos que fizeram essa caminhada mais leve e especial.

Aos demais amigos e familiares, que de alguma forma contribuíram com palavras de incentivo, apoio, compreensão e carinho, deixo meu muito obrigado. Cada gesto de apoio foi importante para que este sonho se tornasse realidade.

À minha orientadora, Prof^a. Ma. Mirtes, expresso meu profundo agradecimento pela dedicação, paciência, apoio e ensinamentos ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Obrigado por toda orientação, confiança e contribuição para meu crescimento acadêmico e profissional. Sua dedicação foi fundamental para a realização deste TCC.

E aos demais docentes da universidade que contribuíram na minha formação acadêmica.

“Que todos os nossos esforços estejam sempre focados no desafio à impossibilidade. Todas as grandes conquistas humanas vieram daquilo que parecia impossível.”

Charles Chaplin

RESUMO

A disposição final inadequada de resíduos sólidos representa uma importante fonte de degradação ambiental, especialmente em municípios de pequeno porte que enfrentam limitações estruturais na gestão desses materiais. Nesse contexto, este estudo teve como finalidade investigar as alterações ambientais associadas ao aterro controlado do município de José da Penha/RN, utilizando a Matriz de Leopold como ferramenta de identificação e avaliação dos impactos ambientais. A pesquisa foi desenvolvida por meio de uma abordagem quali-quantitativa, fundamentada em revisão bibliográfica, levantamento de informações secundárias, visitas de campo e observações diretas na área de estudo. Inicialmente, realizou-se a caracterização dos meios físico, biótico e antrópico, permitindo a compreensão das condições ambientais locais. Posteriormente, foram identificadas as principais interações entre as atividades relacionadas à disposição dos resíduos e os componentes ambientais afetados. Tem-se como resultados da pesquisa a utilização dos atributos de caráter, importância, cobertura, duração e reversibilidade para caracterização dos impactos. Além do mais, os achados evidenciaram que o aterro controlado encontra-se com deficiência estrutural, presença de resíduos expostos, ausência de sistemas de impermeabilização do solo, drenagem de chorume e controle de gases, além de interferências sobre áreas de vegetação nativa e atividades rurais localizadas no entorno, bem como constatou-se a ocorrência de impactos negativos de diferentes magnitudes, destacando-se alterações nas características do solo, riscos de comprometimento da qualidade das águas, redução da qualidade ambiental do entorno, presença de vetores e interferências sobre a cobertura vegetal. A análise realizada possibilitou identificar os impactos de maior relevância e fornecer subsídios para a proposição de medidas preventivas e corretivas destinadas à minimização dos danos ambientais existentes. Os resultados obtidos demonstram a importância da utilização de métodos sistemáticos de avaliação ambiental como suporte ao planejamento e à tomada de decisões voltadas à recuperação e conservação das áreas impactadas.

Palavras-chave: danos ambientais; sustentabilidade; degradação ambiental; recuperação de áreas degradadas; diagnóstico ambiental.

ABSTRACT

The inadequate final disposal of solid waste represents an important source of environmental degradation, especially in small municipalities that face structural limitations in managing these materials. In this context, this study aimed to investigate the environmental changes associated with the controlled landfill of the municipality of José da Penha/RN, using the Leopold Matrix as a tool for identifying and evaluating environmental impacts. The research was developed through a qualitative-quantitative approach, based on a literature review, collection of secondary information, field visits, and direct observations in the study area. Initially, the characterization of the physical, biotic, and anthropic environments was carried out, allowing for an understanding of the local environmental conditions. Subsequently, the main interactions between activities related to waste disposal and the affected environmental components were identified. The research results include the use of attributes such as nature, importance, extent, duration, and reversibility for characterizing the impacts. Furthermore, the findings showed that the controlled landfill has structural deficiencies, exposed waste, lack of soil impermeabilization systems, leachate drainage, and gas control, as well as impacts on areas of native vegetation and rural activities in the surrounding area. Additionally, the occurrence of negative impacts of varying magnitudes was observed, highlighting changes in soil characteristics, risks to water quality, reduction of the environmental quality of the surroundings, presence of vectors, and interference with vegetative cover. The analysis carried out made it possible to identify the most relevant impacts and provide support for the proposal of preventive and corrective measures aimed at minimizing existing environmental damage. The results obtained demonstrate the importance of using systematic environmental assessment methods as support for planning and decision-making focused on the recovery and conservation of impacted areas.

Keywords: environmental damage; sustainability; environmental degradation; restoration of degraded areas; environmental assessment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do Município de José da Penha/RN.....	33
Figura 2 - Área do Aterro Controlado de Resíduos Sólidos de José da Penha/RN...	34
Figura 3 - Fluxograma do Percurso Metodológico.....	36
Figura 4 - Resíduos Expostos no Aterro Controlado do Município.....	38
Figura 5 - Infraestrutura do Aterro Controlado do Município.	39
Figura 6 - Plantação de Milho a Frente da Localidade do Aterro Controlado.....	40
Figura 7 - Solo e Relevo da Localidade do Aterro Controlado Municipal.	41
Figura 8 - Local de Queimada no Aterro Controlado Municipal.....	42
Figura 9 - Aves e Animais no Aterro Controlado Municipal.	43
Figura 10 - Vista Aérea com a Identificação das Áreas Próximas ao Aterro Municipal.	44
Figura 11 - Matriz de Leopold Aplicada á Avaliação dos Impactos Ambientais do Aterro Controlado de José Da Penha/RN.	52

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS, SIGLAS E FÓRMULAS

AIA – Avaliação de Impactos Ambientais

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ESNIS – Extensão Universitária voltada ao Desenvolvimento Socioambiental

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDEMA – Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte

PIB – Produto Interno Bruto

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PRAD – Plano de Recuperação de Área Degradada

PMGIRS – Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

RN – Rio Grande do Norte

SIG – Sistema de Informação Geográfica

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

MMA – Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima

NBR – Norma Brasileira

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

km – Quilômetro

km² – Quilômetro quadrado

m – Metro

m² – Metro quadrado

% – Por cento

CH₄ – Metano

CO₂ – Dióxido de carbono

R\$ – Real (moeda brasileira)

et al. – E outros

op. cit. – Obra citada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 Geral	14
2.2 Específicos	14
3 REVISÃO TEÓRICA	15
3.1 Gestão de Resíduos Sólidos	15
3.2 Impactos Ambientais da Disposição de Resíduos Sólidos	20
3.3 Avaliação de Impactos Ambientais (AIA)	23
3.4 Matriz de Leopold	26
3.5 Medidas Mitigadoras de Controle Ambiental	29
4 METODOLOGIA	32
4.1 Classificação da Pesquisa.....	32
4.2 Área de Estudo	33
4.3 Procedimentos Metodológicos	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	38
5.1 Caracterização da Área de Estudo	38
5.1.1 Meio Físico	40
5.1.2 Meio Biótico.....	42
5.1.3 Meio Antrópico	44
5.2 Classificação dos Atributos e Identificação dos Impactos Ambientais	45
5.3 Aplicação da Matriz de Leopold	50
5.3.1 Avaliação e Significância dos Impactos.....	53
5.4 Proposição de Medidas Mitigadoras	56
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
REFERÊNCIAS.....	61

1 INTRODUÇÃO

A crescente geração de resíduos sólidos urbanos configura-se como um dos principais desafios ambientais contemporâneos no Brasil, impulsionada pelo crescimento populacional, urbanização e intensificação dos padrões de consumo. Dados recentes indicam que o país gerou mais de 80 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, evidenciando uma tendência contínua de aumento na produção (Abrema, 2025). Apesar dos avanços na gestão, uma parcela significativa dos municípios ainda enfrenta dificuldades na destinação final ambientalmente adequada, refletindo limitações estruturais, técnicas e financeiras (Ibge, 2024).

De acordo com o Ibge (2024), entre as formas de disposição inadequada de resíduos sólidos, destacam-se os lixões e os aterros controlados, ainda presentes em diversos municípios brasileiros. Os lixões caracterizam-se pela disposição direta de resíduos no solo sem qualquer controle ambiental, enquanto os aterros controlados representam uma alternativa intermediária, com algum nível de manejo, porém sem atender plenamente aos critérios técnicos de proteção ambiental. Segundo dados do IBGE, cerca de 31,9% dos municípios brasileiros ainda utilizam lixões, enquanto 18,7% utilizam aterros controlados, evidenciando a permanência de práticas inadequadas (Ibge, 2024).

A disposição inadequada de resíduos sólidos acarreta diversos impactos ambientais, como a contaminação do solo e das águas subterrâneas devido à infiltração de lixiviados, além da emissão de gases poluentes resultantes da decomposição da matéria orgânica (Lima *et al.*, 2024). Estudos recentes demonstram que essas áreas também favorecem a proliferação de vetores de doenças e geram riscos significativos à saúde pública, além de impactos sociais e econômicos nas comunidades do entorno (Lima *et al.*, 2024).

No Brasil, a gestão dos resíduos sólidos é regulamentada pela Lei nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (Brasil, 2010). Essa legislação estabelece diretrizes para a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos, incluindo a eliminação dos lixões e a adoção de aterros sanitários. No entanto, mesmo após mais de uma década de sua promulgação, muitos municípios ainda não conseguiram cumprir integralmente

suas diretrizes, sobretudo em razão de limitações financeiras e institucionais (Brasil, 2010; Ibge, 2024).

Para tal, o presente estudo parte da problemática de que mesmo após a desativação de áreas de disposição de resíduos, como lixões e aterros controlados, permanecem passivos ambientais significativos, que podem continuar impactando o meio ambiente por longos períodos. Pesquisas indicam que essas áreas podem apresentar contaminação persistente do solo e das águas, além de comprometer a qualidade ambiental local, tornando necessária a adoção de medidas de monitoramento e recuperação ambiental (Marques *et al.*, 2021).

Nesse contexto, a avaliação de impactos ambientais torna-se uma ferramenta fundamental para a identificação, análise e interpretação dos efeitos das atividades humanas sobre o meio ambiente (Sánchez, 2020). Esse instrumento permite subsidiar a tomada de decisão, contribuindo para o planejamento e a gestão ambiental, além de possibilitar a proposição de medidas mitigadoras e corretivas adequadas às condições locais.

Dentre os métodos utilizados na avaliação de impactos ambientais, destaca-se a Matriz de Leopold, que consiste em uma ferramenta sistemática capaz de relacionar ações antrópicas com fatores ambientais, permitindo avaliar a magnitude e a importância dos impactos gerados (Sánchez, 2020). Sua aplicação é amplamente importante em estudos ambientais devido à sua simplicidade, organização e eficiência na análise de áreas degradadas, especialmente em contextos relacionados à disposição de resíduos sólidos.

Diante do exposto, o presente estudo tem como área de análise o aterro controlado do município de José da Penha, localizado no estado do Rio Grande do Norte. A área investigada apresenta sinais de degradação ambiental decorrentes da disposição inadequada de resíduos ao longo do tempo, bem como ausência de ações efetivas de recuperação ambiental.

Parte-se da hipótese de que o aterro controlado do município de José da Penha (RN) apresenta impactos ambientais significativos nos meios físico, biótico e antrópico, resultantes da inadequada gestão dos resíduos sólidos, sendo possível identificá-los e avaliá-los por meio da aplicação da Matriz de Leopold.

Dessa forma, o presente estudo busca responder a seguinte questão norteadora: “quais impactos ambientais estão associados ao aterro controlado de José da Penha (RN) segundo a Matriz de Leopold?”.

Sendo assim, justifica-se a elaboração deste estudo pela necessidade de compreender de forma sistemática os impactos ambientais associados ao aterro controlado do município de José da Penha/RN, considerando sua influência sobre os meios físico, biótico e antrópico. Embora estudos anteriores tenham contribuído para a caracterização ambiental da área, ainda são limitadas as investigações voltadas à avaliação integrada dos impactos ambientais gerados pela disposição dos resíduos sólidos, especialmente por meio da aplicação de métodos sistemáticos de avaliação.

Assim, esta pesquisa busca complementar as informações já existentes sobre a área, fornecendo uma avaliação ambiental estruturada dos impactos gerados, bem como a proposição de medidas mitigadoras que possam contribuir para a tomada de decisão e para o aprimoramento da gestão dos resíduos sólidos no município.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar os impactos ambientais associados ao aterro controlado do município de José da Penha – RN, utilizando a Matriz de Leopold.

2.2 Específicos

- Caracterizar a área do aterro controlado de José da Penha – RN, considerando meios físicos, bióticos e antrópicos;
- Classificar os atributos e impactos ambientais do aterro controlado de José da Penha – RN quanto à sua significância;
- Sugerir medidas de mitigação para os impactos identificados no aterro controlado de José da Penha – RN.

3 REVISÃO TEÓRICA

3.1 Gestão de Resíduos Sólidos

A gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil é orientada por instrumentos legais e técnicos que visam garantir a proteção ambiental e a saúde pública. Nesse contexto, destaca-se a Lei nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecendo princípios como a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a não geração, redução, reutilização e reciclagem dos resíduos, bem como a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (Brasil, 2010). Estudos recentes apontam que, apesar dos avanços proporcionados pela PNRS, ainda existem desafios significativos na sua implementação, especialmente em municípios de pequeno porte, devido às limitações financeiras e estruturais (Magela *et al.*, 2024).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (Mma, 2024), a gestão de resíduos sólidos compreende um conjunto de etapas integradas que visam garantir o manejo ambientalmente adequado dos resíduos desde sua geração até a disposição final. A primeira etapa corresponde à geração, relacionada às atividades humanas que produzem resíduos em ambientes urbanos, industriais, comerciais e institucionais. O conhecimento sobre os tipos, volumes e locais de geração é fundamental para o planejamento das ações de gerenciamento dos resíduos sólidos (Brasil, 2024).

Após a geração, ocorre a segregação, etapa em que os resíduos são separados conforme suas características físicas, químicas e biológicas, permitindo o encaminhamento adequado para reciclagem, tratamento ou disposição final (Neves *et al.*, 2021). Em seguida, realiza-se o acondicionamento, que consiste no armazenamento temporário dos resíduos em recipientes apropriados, de forma a evitar vazamentos, contaminações e riscos à saúde pública (Mathias *et al.*, 2021).

A etapa de coleta envolve a remoção dos resíduos do local de geração, podendo ocorrer de forma convencional ou seletiva. A coleta convencional destina-se aos resíduos misturados, enquanto a coleta seletiva visa recolher resíduos previamente segregados, favorecendo a reciclagem e a reutilização dos materiais (Garcia *et al.*, 2021). Após a coleta, os resíduos são submetidos ao transporte,

realizado por veículos apropriados até unidades de tratamento ou disposição final, devendo seguir normas técnicas e ambientais para evitar impactos durante o deslocamento (Neves *et al.*, 2021). O tratamento consiste em processos físicos, químicos ou biológicos destinados à redução do volume, periculosidade ou potencial poluidor dos resíduos, destacando-se técnicas como compostagem, reciclagem e incineração (Mathias *et al.*, 2021). Por fim, a disposição final corresponde ao encaminhamento ambientalmente adequado dos rejeitos, preferencialmente em aterros sanitários licenciados, visando minimizar os impactos ambientais e os riscos à saúde pública (Brasil, 2024).

Os resíduos sólidos podem ser definidos como materiais, substâncias ou objetos descartados resultantes de atividades humanas em sociedade, que necessitam de destinação final adequada. De acordo com a literatura recente, esses resíduos podem ser classificados quanto à sua origem (domésticos, industriais, hospitalares, entre outros) e quanto à sua periculosidade, sendo divididos em resíduos perigosos e não perigosos, conforme suas características físico-químicas e biológicas (Dias *et al.*, 2024). Essa classificação é essencial para orientar as estratégias de manejo, tratamento e disposição final.

Os instrumentos de gestão de resíduos sólidos desempenham papel fundamental na organização e efetividade das ações voltadas ao manejo ambientalmente adequado dos resíduos. Entre esses instrumentos, destaca-se o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), previsto na Política Nacional de Resíduos Sólidos, que estabelece diretrizes, metas e ações para a gestão dos resíduos em âmbito municipal, abrangendo etapas como coleta, tratamento, disposição final e inclusão de ações de educação ambiental (Silva; Moraes, 2021).

Outro instrumento relevante é o licenciamento ambiental, responsável por regular e controlar atividades potencialmente poluidoras, garantindo que empreendimentos relacionados ao gerenciamento de resíduos atendam às exigências ambientais e sanitárias estabelecidas pela legislação vigente (Santos *et al.*, 2022).

A educação ambiental também se apresenta como ferramenta indispensável para a promoção de mudanças de comportamento da população, incentivando práticas sustentáveis, redução da geração de resíduos e participação social na coleta seletiva e reciclagem (Oliveira; Barbosa, 2023). Além disso, a logística reversa

constitui um importante mecanismo de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, permitindo o retorno de resíduos ao setor produtivo para reaproveitamento, reciclagem ou destinação ambientalmente adequada, contribuindo para a redução dos impactos ambientais e para o fortalecimento da economia circular (Pereira et al., 2021).

No que se refere às formas de destinação final, destacam-se três principais modelos: lixões, aterros controlados e aterros sanitários. Os lixões representam a forma mais precária de disposição, caracterizando-se pela deposição direta dos resíduos no solo, sem qualquer controle ambiental. Já os aterros controlados constituem uma alternativa intermediária, com a adoção de medidas como cobertura periódica dos resíduos, porém sem sistemas adequados de impermeabilização e tratamento de lixiviados. Por sua vez, os aterros sanitários são considerados a forma ambientalmente mais adequada, pois incluem sistemas de controle como impermeabilização do solo, drenagem e tratamento de chorume, além de captação de gases (Barros; Previero, 2025).

Conforme Barros e Previero (2025), no caso dos aterros controlados, embora representem uma melhoria em relação aos lixões, ainda apresentam limitações técnicas importantes. Esses sistemas geralmente não possuem impermeabilização adequada do solo nem sistemas eficientes de drenagem e tratamento de lixiviados, o que favorece a contaminação ambiental. Além disso, a ausência de controle rigoroso de gases e de monitoramento ambiental compromete sua eficiência e sustentabilidade a longo prazo.

Segundo Oliveira *et al.* (2022), a disposição inadequada de resíduos sólidos está diretamente associada a diversos impactos ambientais e à saúde pública. A infiltração de lixiviados pode comprometer a qualidade do solo e das águas subterrâneas, enquanto a decomposição da matéria orgânica gera gases como o metano, contribuindo para o agravamento das mudanças climáticas. Além disso, essas áreas favorecem a proliferação de vetores de doenças, como roedores e insetos, aumentando os riscos sanitários para as populações do entorno. Estudos recentes apontam que a gestão inadequada de resíduos sólidos está diretamente relacionada à incidência de doenças infecciosas e à degradação das condições ambientais urbanas (Oliveira *et al.* 2022).

As diferenças entre aterros controlados e aterros sanitários são, portanto, substanciais e refletem diretamente na magnitude dos impactos ambientais gerados. Enquanto os aterros sanitários são planejados e operados com base em normas técnicas e ambientais rigorosas, os aterros controlados carecem de sistemas essenciais de proteção ambiental, sendo considerados soluções provisórias ou inadequadas sob a perspectiva da sustentabilidade (Silva; Gomes, 2023).

A gestão e a disposição final de resíduos sólidos no Brasil são orientadas por normas técnicas e diretrizes ambientais que buscam garantir a proteção da saúde pública e do meio ambiente. Nesse contexto, destacam-se as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas, especialmente a Abnt Nbr 10004:2024, que estabelece os critérios para classificação dos resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, definindo-os em resíduos perigosos, não perigosos e inertes (Abnt, 2024).

Além disso, a Abnt Nbr 13896:1997 estabelece parâmetros técnicos para a implantação, operação e monitoramento de aterros de resíduos não perigosos, incluindo critérios relacionados à impermeabilização do solo, drenagem de chorume e controle ambiental. As diretrizes ambientais para disposição final também são fundamentadas na Política Nacional de Resíduos Sólidos, que determina que apenas os rejeitos devem ser encaminhados para disposição final ambientalmente adequada, preferencialmente em aterros sanitários licenciados (Brasil, 2010). Complementarmente, órgãos ambientais estaduais e federais estabelecem exigências relacionadas ao licenciamento ambiental e ao monitoramento das áreas de disposição final, visando minimizar impactos ambientais associados à contaminação do solo, das águas e do ar (Souza; Ferreira, 2022)

Mesmo após a desativação de áreas utilizadas para disposição de resíduos, como lixões e aterros controlados, persistem passivos ambientais significativos que podem impactar o meio ambiente por longos períodos. Esses passivos incluem a contaminação residual do solo e das águas, a emissão contínua de gases e a instabilidade geotécnica do terreno (Costa *et al.*, 2023). A literatura recente destaca que a ausência de medidas de recuperação ambiental e de monitoramento adequado contribui para a manutenção desses impactos, reforçando a necessidade de estudos que avaliem essas áreas de forma sistemática (Costa *et al.*, 2023).

Os aterros controlados representam uma forma intermediária de disposição final de resíduos sólidos entre os lixões e os aterros sanitários, caracterizando-se pela realização de práticas mínimas de controle operacional, como cobertura periódica dos resíduos, porém sem a adoção integral de sistemas de impermeabilização, drenagem e tratamento de chorume e gases (Silva; Oliveira, 2021). Em muitos municípios brasileiros de pequeno porte, especialmente no semiárido nordestino, esse modelo ainda é amplamente utilizado devido às limitações técnicas e financeiras relacionadas à implantação de aterros sanitários adequados (Pereira *et al.*, 2022). Entretanto, os aterros controlados apresentam diversos problemas ambientais, como contaminação do solo e das águas subterrâneas, emissão de gases, proliferação de vetores e degradação da paisagem, decorrentes principalmente da deficiência no controle ambiental dessas áreas (Costa; Barros, 2023).

Outro aspecto relevante na gestão de resíduos sólidos refere-se à incorporação de tecnologias e inovações voltadas à sustentabilidade. Estudos recentes apontam o potencial de aproveitamento energético do biogás gerado em aterros sanitários, destacando sua contribuição para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a diversificação da matriz energética (Dias *et al.*, 2024). No entanto, a adoção dessas tecnologias ainda é limitada no Brasil, especialmente em municípios de menor porte.

Por fim, mesmo após a desativação de áreas utilizadas para disposição de resíduos, como lixões e aterros controlados, permanecem passivos ambientais significativos. Esses passivos incluem contaminação residual, emissão contínua de gases e instabilidade do terreno, podendo gerar impactos de longo prazo. A literatura destaca que a ausência de monitoramento e recuperação ambiental nessas áreas representa uma lacuna importante na gestão de resíduos sólidos, especialmente em municípios de pequeno porte (Benarroos *et al.*, 2025).

A gestão adequada dos resíduos sólidos é fundamental para minimizar os impactos ambientais decorrentes das atividades humanas, especialmente nas etapas relacionadas ao tratamento e à disposição final. Quando essas etapas são realizadas de forma inadequada, como ocorre em muitos aterros controlados e áreas de disposição irregular, há o comprometimento da qualidade ambiental e da saúde pública, devido à geração de chorume, emissão de gases, contaminação do solo e proliferação de vetores de doenças (Almeida; Sousa, 2022). Além disso, a deficiência

nos sistemas de gerenciamento e controle ambiental potencializa processos de degradação ambiental, afetando diretamente os recursos hídricos, a fauna, a vegetação e as populações localizadas no entorno dessas áreas (Martins *et al.*, 2023).

3.2 Impactos Ambientais da Disposição de Resíduos Sólidos

Os impactos ambientais podem ser definidos como alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, decorrentes de atividades humanas, que afetam direta ou indiretamente a saúde, a segurança e o bem-estar da população e dos ecossistemas. No contexto da disposição de resíduos sólidos, esses impactos estão diretamente associados às formas de manejo e destinação final adotadas, sendo mais intensos quando ocorrem de maneira inadequada, como em lixões (Silva; Sousa; Oliveira, 2023).

Segundo Sánchez (2020), o impacto ambiental decorre da interação entre uma ação antrópica e os componentes ambientais, estabelecendo uma relação de causa e efeito em que determinada atividade provoca modificações no ambiente natural ou social. Nesse contexto, a identificação das relações entre ações e alterações ambientais constitui um dos princípios fundamentais da Avaliação de Impactos Ambientais, permitindo compreender como determinadas intervenções podem gerar consequências positivas ou negativas sobre os meios físico, biótico e antrópico.

Segundo os autores Nascimento e Pinto Filho (2021), a saúde pública é diretamente afetada pela disposição inadequada de resíduos sólidos, especialmente em áreas onde há presença de lixões. Esses locais favorecem a proliferação de vetores de doenças, como mosquitos, ratos e moscas, aumentando o risco de transmissão de enfermidades. Além dos impactos imediatos, é importante considerar os efeitos cumulativos e de longo prazo associados à disposição de resíduos sólidos. Mesmo após a desativação de lixões ou aterros controlados, os passivos ambientais permanecem, exigindo monitoramento contínuo e ações de recuperação ambiental (Nascimento; Pinto Filho, 2021).

Os impactos ambientais decorrentes da disposição de resíduos sólidos podem ser classificados em físicos, bióticos e antrópicos. Os impactos físicos envolvem alterações no solo, na água e no ar, decorrentes da introdução de substâncias contaminantes. Já os impactos bióticos referem-se às modificações nos

ecossistemas, como perda de biodiversidade e desequilíbrios ecológicos. Por sua vez, os impactos antrópicos dizem respeito às consequências diretas sobre a população humana, incluindo problemas de saúde e redução da qualidade de vida (Silva; Macedo, 2024).

No que se refere aos impactos sobre o solo, destaca-se a contaminação causada pela infiltração do chorume, um líquido altamente poluente gerado pela decomposição dos resíduos sólidos. Esse processo altera as características químicas e biológicas do solo, podendo comprometer sua fertilidade e uso futuro (Barros; Previero, 2025). Além disso, a ausência de sistemas de impermeabilização favorece a percolação desse líquido para camadas mais profundas.

Conforme Silva; Sousa; Oliveira, (2023 Op. Cit), a contaminação dos recursos hídricos constitui outro impacto relevante associado à disposição inadequada de resíduos sólidos. O chorume pode atingir tanto águas superficiais quanto subterrâneas, comprometendo sua qualidade e tornando-as impróprias para consumo e uso agrícola. Esse problema é agravado em regiões com baixa capacidade de diluição, onde os contaminantes tendem a permanecer por períodos mais prolongados.

No que diz respeito à poluição atmosférica, a decomposição dos resíduos gera gases como metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), contribuindo para o efeito estufa. Além disso, a queima irregular de resíduos, prática comum em lixões, libera substâncias tóxicas que afetam diretamente a qualidade do ar (Silva; Macedo, 2024, op. cit). Esses fatores impactam não apenas o meio ambiente, mas também a saúde das populações expostas.

A disposição inadequada de resíduos sólidos também está associada a diversos impactos socioeconômicos que afetam diretamente a população e a dinâmica urbana das áreas próximas aos locais de descarte. Entre esses impactos, destaca-se a desvalorização imobiliária, ocasionada pela degradação da paisagem, presença de odores desagradáveis e percepção de riscos ambientais e sanitários, reduzindo o interesse por ocupações e investimentos nessas regiões (Souza; Lima, 2022). Além disso, a instalação e permanência de áreas de disposição inadequada frequentemente geram conflitos sociais relacionados ao uso do território, à desigualdade ambiental e à exposição diferenciada de grupos sociais vulneráveis aos impactos ambientais (Ferreira *et al.*, 2023).

Nesse contexto, observa-se também a vulnerabilidade dos catadores de materiais recicláveis, que muitas vezes atuam em condições precárias, sem infraestrutura adequada, proteção social ou segurança ocupacional, estando expostos a riscos físicos, biológicos e químicos (Barros; Almeida, 2021).

A relação entre os impactos ambientais e os diferentes tipos de disposição final é evidente. Os lixões representam a forma mais precária, caracterizando-se pela ausência de controle ambiental e potencializando todos os impactos negativos. Os aterros controlados apresentam melhorias limitadas, mas ainda carecem de sistemas eficientes de proteção ambiental. Em contrapartida, os aterros sanitários utilizam tecnologias adequadas, como impermeabilização do solo e tratamento de chorume, reduzindo significativamente os impactos ambientais (Dias; Balieiro; Pedreiro, 2024).

Os impactos ambientais podem ser classificados de diferentes formas, considerando suas características, duração e abrangência. Quanto à relação de causa e efeito, os impactos podem ser diretos, quando resultam imediatamente de determinada ação antrópica, ou indiretos, quando ocorrem de maneira secundária, decorrentes de outros impactos previamente gerados (Sánchez, 2020).

Em relação ao tempo de permanência, classificam-se em temporários ou permanentes, enquanto, quanto à possibilidade de recuperação ambiental, podem ser reversíveis ou irreversíveis. Os impactos também podem ser positivos ou negativos, dependendo dos benefícios ou prejuízos causados ao meio ambiente e à sociedade, além de serem classificados conforme sua duração em curto, médio e longo prazo (Moreira; Silva, 2022).

Outra classificação importante refere-se aos impactos cumulativos e sinérgicos, caracterizados pela interação entre diferentes ações impactantes que, em conjunto, potencializam os efeitos ambientais, muitas vezes de forma mais intensa do que ocorreria isoladamente (Ferreira *et al.*, 2023).

De acordo Sánchez (2020), um impacto torna-se significativo quando apresenta elevada magnitude, longa duração, baixa reversibilidade e ampla área afetada, podendo comprometer a qualidade ambiental e a saúde da população. Nesse contexto, critérios como intensidade, duração, reversibilidade, frequência e extensão espacial são amplamente utilizados na análise da significância dos impactos ambientais.

3.3 Avaliação de Impactos Ambientais (AIA)

De acordo com Sánchez, (2020), a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) é um instrumento técnico-científico voltado à identificação, previsão e interpretação dos efeitos ambientais decorrentes de atividades humanas, sendo amplamente utilizada no planejamento e no licenciamento ambiental. Sua principal função é subsidiar a tomada de decisão, garantindo que os impactos negativos sejam previamente identificados e mitigados.

A Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) constitui um dos principais instrumentos da política ambiental brasileira, desempenhando papel fundamental no processo de licenciamento ambiental ao subsidiar a tomada de decisão sobre atividades ou empreendimentos potencialmente causadores de degradação ambiental (Sánchez, 2020).

No Brasil, a AIA possui base legal estabelecida pela Política Nacional do Meio Ambiente, instituída pela Lei nº 6.938/1981, e regulamentada principalmente pela Resolução CONAMA nº 001/1986, que definiu critérios e diretrizes para a elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) (Brasil, 1986). Nesse contexto, o EIA corresponde ao estudo técnico-científico destinado à identificação, previsão e avaliação dos impactos ambientais decorrentes de determinado empreendimento, enquanto o RIMA apresenta essas informações de forma objetiva e acessível à sociedade, favorecendo a transparência e a participação pública no processo de licenciamento (Sánchez, 2020).

O processo de AIA é estruturado em etapas bem definidas, que garantem a sistematização da análise ambiental. Inicialmente, realiza-se a triagem (screening), responsável por determinar a necessidade de estudos ambientais. Em seguida, o escopo (scoping) define os impactos mais relevantes a serem analisados. Posteriormente, ocorre a elaboração do estudo de impacto ambiental, incluindo a identificação, previsão e avaliação dos impactos, bem como a proposição de medidas mitigadoras. Por fim, são realizadas as etapas de monitoramento e acompanhamento ambiental (Sánchez, 2020).

No contexto atual, a AIA assume papel estratégico na promoção do desenvolvimento sustentável, ao integrar variáveis ambientais, sociais e econômicas no processo decisório, além disso, a AIA favorece a integração entre diferentes áreas

do conhecimento, possibilitando uma abordagem multidisciplinar na análise ambiental (Almeida; Montenegro, 2022).

A relevância da AIA está diretamente associada à sua função preventiva, uma vez que permite antecipar impactos antes da implementação de empreendimentos potencialmente poluidores. Além disso, esse instrumento contribui para a transparência e participação social, aspectos fundamentais na gestão ambiental contemporânea. Estudos recentes destacam que a aplicação eficaz da AIA reduz significativamente conflitos socioambientais e melhora a qualidade das decisões públicas (Glasson; Therivel, 2021).

Diversos métodos são empregados na AIA para identificação e avaliação dos impactos ambientais, sendo escolhidos de acordo com a complexidade do estudo. As listas de verificação (checklists) são amplamente utilizadas por sua simplicidade e capacidade de sistematização inicial dos impactos (Pereira *et al.*, 2021). As matrizes de interação, como a Matriz de Leopold, permitem relacionar ações do empreendimento com fatores ambientais, possibilitando uma análise qualitativa e quantitativa (Santos; Farias, 2022). Já as redes de interação destacam as relações de causa e efeito entre os impactos, sendo úteis para compreender impactos indiretos e cumulativos (Oliveira; Barbosa, 2023).

A aplicação da AIA na gestão ambiental é fundamental para orientar o uso sustentável dos recursos naturais. Esse instrumento permite não apenas identificar impactos, mas também propor medidas mitigadoras, compensatórias e de monitoramento, contribuindo para a prevenção da degradação ambiental (Morgan, 2021).

Para Sánchez, (2020, *op. cit*), um dos aspectos essenciais da AIA é a caracterização ambiental da área de estudo, que envolve a análise integrada dos meios físico, biótico e antrópico. O meio físico inclui variáveis como solo, geologia, clima e recursos hídricos, fundamentais para compreender a dinâmica ambiental da área. O meio biótico abrange a fauna e a flora, permitindo avaliar a biodiversidade e os possíveis impactos sobre os ecossistemas. Já o meio antrópico envolve aspectos socioeconômicos, como uso e ocupação do solo, infraestrutura e características da população local.

Apesar de sua relevância como instrumento de gestão ambiental, a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) apresenta algumas limitações que podem comprometer

a qualidade e a efetividade dos estudos realizados. Entre os principais desafios destaca-se a dependência de dados técnicos e ambientais confiáveis, uma vez que informações insuficientes ou desatualizadas podem dificultar a correta identificação e análise dos impactos ambientais (Sánchez, 2020).

Para mais, a avaliação dos impactos frequentemente envolve certo grau de subjetividade, especialmente na atribuição de critérios relacionados à magnitude, importância e significância dos impactos, o que pode gerar interpretações distintas entre os avaliadores (Moreira; Silva, 2022). Em municípios de pequeno porte, essas limitações tendem a ser mais evidentes devido à escassez de recursos financeiros, ausência de equipes técnicas especializadas e deficiência na produção de dados ambientais locais, comprometendo a aplicação adequada dos instrumentos de avaliação ambiental (Pereira *et al.*, 2023).

No que se refere aos parâmetros de análise, a AIA utiliza indicadores ambientais que permitem avaliar a magnitude e a significância dos impactos. Entre os principais parâmetros estão a qualidade do solo, a disponibilidade e qualidade da água, as condições climáticas, a cobertura vegetal e o uso do solo (Pereira *et al.*, 2021). Outrossim, a literatura recente destaca a importância da incorporação de ferramentas tecnológicas na AIA, como sistemas de informação geográfica (SIG) e sensoriamento remoto, que permitem análises espaciais mais precisas e auxiliam na tomada de decisão. Essas tecnologias contribuem para a identificação de áreas vulneráveis e para o planejamento ambiental mais eficiente. (Pereira *et al.*, 2021, *op. cit.*).

Outro ponto importante na AIA refere-se à análise das características dos impactos, como magnitude, duração, reversibilidade e cumulatividade. Impactos cumulativos, por exemplo, resultam da soma de efeitos ao longo do tempo, podendo gerar consequências mais severas do que impactos isolados. Essa abordagem é especialmente relevante em estudos relacionados à disposição de resíduos sólidos, onde os impactos podem persistir mesmo após a desativação das áreas (Glasson; Therivel, 2021).

Entre os principais métodos destacam-se as listas de verificação (checklists), utilizadas para auxiliar na identificação preliminar dos impactos ambientais; as redes de interação, que permitem visualizar relações de causa e efeito entre ações e impactos; os métodos de sobreposição de mapas, amplamente empregados em

análises espaciais e territoriais; e as matrizes de interação, utilizadas para relacionar ações impactantes e componentes ambientais afetados (Sánchez, 2020).

Cada método apresenta aplicações específicas: enquanto os checklists são mais indicados para levantamentos iniciais e simplificados, as redes e sobreposições espaciais são recomendadas para estudos mais complexos que envolvem interações ambientais amplas. Já as matrizes destacam-se pela capacidade de sistematizar informações e facilitar a identificação das relações entre as atividades humanas e os impactos ambientais associados (Moreira; Silva, 2022).

Dentre os métodos de AIA, a Matriz de Leopold será adotada nesta pesquisa por apresentar características compatíveis com os objetivos do estudo e com a realidade da área analisada. Esse método permite relacionar, de forma organizada e sistemática, as ações associadas ao aterro controlado desativado e os fatores ambientais potencialmente impactados, possibilitando a atribuição de valores relacionados à magnitude e à importância dos impactos identificados (Leopold *et al.*, 1971).

Além do mais, a Matriz de Leopold é amplamente utilizada em estudos ambientais devido à sua simplicidade de aplicação, baixo custo operacional e eficiência na análise qualitativa e quantitativa dos impactos ambientais, especialmente em estudos de caso voltados à disposição de resíduos sólidos (Sánchez, 2020).

3.4 Matriz de Leopold

A Matriz de Leopold é um dos métodos mais tradicionais e amplamente utilizados na Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), tendo sido desenvolvida em 1971 por Luna B. Leopold e colaboradores, no contexto do Serviço Geológico dos Estados Unidos. Seu principal objetivo é identificar e avaliar as interações entre ações antrópicas e componentes ambientais, permitindo uma análise sistemática dos impactos gerados por determinadas atividades (Leopold *et al.*, 1971).

Desenvolvida originalmente por Luna Bergere Leopold *et al.* (1971), a matriz é organizada em linhas e colunas, nas quais as linhas representam as ações ou atividades do empreendimento e as colunas correspondem aos componentes ambientais suscetíveis aos impactos, abrangendo aspectos físicos, bióticos e socioeconômicos. Em sua estrutura clássica, o método apresenta aproximadamente

100 ações e 88 fatores ambientais, possibilitando milhares de interações potenciais entre as atividades analisadas e o meio ambiente (Leopold *et al.*, 1971).

Cada interseção entre linha e coluna representa uma célula de impacto, na qual são atribuídos valores relacionados à magnitude e à importância da alteração ambiental identificada. Apesar de frequentemente ser adaptada conforme os objetivos e características de cada estudo, a lógica fundamental da matriz permanece baseada na análise sistemática das relações de causa e efeito entre ações humanas e alterações ambientais, permitindo uma avaliação organizada e integrada dos impactos ambientais (Leopold *et al.*, 1971).

A utilização de métodos sistematizados na Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) é essencial para garantir maior rigor técnico na identificação e análise dos impactos decorrentes de atividades antrópicas. Nesse contexto, a Matriz de Leopold destaca-se como uma das ferramentas mais empregadas em estudos ambientais no Brasil, especialmente por sua capacidade de organizar, de forma estruturada, as interações entre ações humanas e componentes ambientais (Silva *et al.*, 2020).

Silva *et al.* (2020) completam que no contexto brasileiro existem diversos estudos que aplicam essa metodologia na avaliação de impactos ambientais associados à disposição de resíduos sólidos, incluindo lixões e aterros controlados. Esses estudos evidenciam a ocorrência de impactos significativos sobre o solo, os recursos hídricos e a qualidade do ar, além de riscos à saúde pública. Sua aplicação tem sido recorrente em pesquisas voltadas à gestão de resíduos sólidos, devido à sua eficiência na identificação de impactos em diferentes meios ambientais (Silva *et al.* 2020).

Santos e Aquino (2021) afirmam que, a estrutura da matriz baseia-se na relação entre ações impactantes e fatores ambientais, organizados em uma tabela de dupla entrada. Em geral, as ações correspondem às etapas do empreendimento, enquanto os fatores ambientais são divididos em meio físico, biótico e antrópico. Essa organização permite a identificação sistemática dos impactos potenciais, facilitando a compreensão das relações de causa e efeito e contribuindo para análises mais integradas do ambiente. Por outro lado, a Matriz de Leopold apresenta limitações que devem ser consideradas em sua aplicação. A principal delas refere-se ao caráter subjetivo na atribuição dos valores de magnitude e importância, o que pode influenciar os resultados da avaliação (Santos; Aquino, 2021).

A aplicação da Matriz de Leopold ocorre de forma sistemática, iniciando-se pela identificação das ações ou atividades do empreendimento capazes de provocar alterações ambientais, como movimentação de resíduos, disposição final e presença de resíduos expostos. Em seguida, são definidos os fatores ambientais potencialmente afetados, abrangendo componentes dos meios físico, biótico e antrópico, tais como solo, recursos hídricos, vegetação, fauna e população local (Sánchez, 2020).

Após essa etapa, realiza-se o cruzamento entre as ações identificadas e os fatores ambientais selecionados, formando as células da matriz, nas quais serão analisadas as possíveis interações entre causa e efeito. Cada interseção representa um impacto ambiental potencial, permitindo identificar de maneira organizada quais atividades exercem influência sobre determinado componente ambiental. Posteriormente, são atribuídos valores relacionados à magnitude e à importância dos impactos identificados, possibilitando avaliar sua intensidade, relevância e significância ambiental (Leopold *et al.*, 1971).

A avaliação dos impactos na Matriz de Leopold é realizada por meio de critérios como magnitude e importância, os quais são atribuídos a cada interação identificada. A magnitude refere-se à intensidade do impacto, enquanto a importância está associada à relevância ambiental do efeito gerado (Oliveira; Lima, 2022). A combinação desses critérios possibilita a determinação da significância dos impactos, sendo um elemento fundamental para a priorização de ações mitigadoras e para o suporte à tomada de decisão em estudos ambientais.

A matriz torna-se especialmente útil em estudos acadêmicos e técnicos voltados à análise ambiental em municípios de pequeno e médio porte. Adicionalmente, a utilização da Matriz de Leopold contribui para a sistematização das informações ambientais e para o fortalecimento da gestão ambiental, uma vez que fornece subsídios técnicos para a tomada de decisão por parte de gestores públicos e profissionais da área (Ferreira *et al.*, 2021).

A Matriz de Leopold apresenta diversas vantagens que justificam sua ampla utilização em estudos de Avaliação de Impactos Ambientais, especialmente em análises preliminares e diagnósticos ambientais. Entre seus principais benefícios destaca-se a simplicidade de aplicação, uma vez que o método permite organizar de

forma sistemática as relações entre ações antrópicas e fatores ambientais afetados, facilitando a identificação dos impactos ambientais (Sánchez, 2020).

Por conseguinte, a estrutura matricial proporciona uma visualização clara e objetiva das interações de causa e efeito, permitindo compreender quais atividades exercem maior influência sobre os componentes ambientais analisados. Outra característica relevante refere-se à sua flexibilidade, pois a matriz pode ser adaptada conforme os objetivos do estudo e as especificidades da área analisada, possibilitando a inclusão ou exclusão de ações e fatores ambientais de acordo com a realidade local (Moreira; Silva, 2022).

Diversos estudos ambientais têm utilizado a Matriz de Leopold como ferramenta de análise de impactos ambientais em áreas de disposição de resíduos sólidos (Sánchez, 2020). Em pesquisa desenvolvida por Luis Enrique Sánchez (2020), o método é destacado como uma das ferramentas mais tradicionais e eficientes para a identificação sistemática dos impactos ambientais, devido à sua capacidade de relacionar ações impactantes e componentes ambientais de forma integrada.

Nesse contexto, a Matriz de Leopold será aplicada no presente estudo como ferramenta metodológica para identificar, organizar e avaliar os impactos ambientais associados ao aterro controlado do município de José da Penha (RN). A utilização desse método permitirá relacionar as ações impactantes observadas na área com os fatores ambientais potencialmente afetados, possibilitando a análise da magnitude, importância e significância dos impactos identificados (Leopold *et al.*, 1971). Além disso, a aplicação da matriz contribuirá para uma interpretação mais sistemática das interações entre as atividades antrópicas e os componentes ambientais, subsidiando a proposição de medidas mitigadoras e estratégias de monitoramento ambiental (Sánchez, 2020).

3.5 Medidas Mitigadoras de Controle Ambiental

As medidas mitigadoras representam um conjunto de ações voltadas à prevenção, redução ou compensação dos impactos ambientais negativos decorrentes de atividades humanas, sendo fundamentais no contexto da Avaliação de Impactos Ambientais (AIA). Essas medidas têm como principal objetivo minimizar os efeitos adversos sobre o meio ambiente, contribuindo para a sustentabilidade das

intervenções antrópicas e para a conservação dos recursos naturais (Barbosa; Moraes, 2021).

A etapa de evitar corresponde à adoção de alternativas técnicas, operacionais ou locais que impeçam a ocorrência dos danos ambientais, sendo considerada a medida prioritária no planejamento ambiental (Sánchez, 2020). Quando a eliminação total dos impactos não é possível, são aplicadas medidas voltadas à minimização, buscando reduzir a intensidade, duração ou abrangência dos impactos negativos por meio de técnicas de controle e manejo ambiental (Oliveira; Ferreira, 2022).

Nos casos em que os impactos já tenham ocorrido, adotam-se ações de recuperação ambiental com o objetivo de restaurar parcial ou totalmente as condições ambientais degradadas, especialmente em áreas afetadas pela disposição inadequada de resíduos sólidos (Pereira *et al.*, 2023). Por fim, quando os danos ambientais não podem ser completamente revertidos, são implementadas medidas compensatórias destinadas a equilibrar os prejuízos causados, por meio de ações equivalentes de conservação ou recuperação ambiental em outras áreas (Oliveira; Ferreira, 2022).

A classificação das medidas mitigadoras em preventivas, corretivas e compensatórias permite uma melhor organização das ações ambientais. As medidas preventivas atuam na fase de planejamento, evitando a geração de impactos, enquanto as corretivas buscam reparar danos já causados ao meio ambiente. Já as medidas compensatórias são aplicadas quando os impactos não podem ser evitados, sendo utilizadas como forma de compensação ambiental (Gomes; Barros, 2020).

No que se refere à disposição de resíduos sólidos, a implementação de medidas mitigadoras é essencial para reduzir impactos sobre os componentes ambientais. Entre as principais ações destacam-se o controle do chorume, a impermeabilização do solo, a drenagem de gases e o adequado manejo dos resíduos, visando minimizar a contaminação do solo e dos recursos hídricos (Ribeiro *et al.*, 2022). Essas medidas são particularmente relevantes em áreas de lixões e aterros controlados, onde os impactos ambientais tendem a ser mais intensos.

A recuperação de áreas degradadas também se configura como uma importante estratégia mitigadora, especialmente em locais anteriormente utilizados para a disposição inadequada de resíduos. Técnicas como a revegetação, o isolamento da área e a recomposição do solo têm sido amplamente utilizadas para

promover a reabilitação ambiental e reduzir os passivos ambientais existentes (Carvalho; Nascimento, 2021).

A implementação de medidas mitigadoras em áreas de disposição de resíduos sólidos enfrenta diversas limitações, especialmente em municípios de pequeno porte, onde frequentemente há insuficiência de recursos financeiros, técnicos e operacionais para a execução adequada das ações de controle ambiental (Barros *et al.*, 2022). Essas limitações comprometem a implantação de sistemas mais eficientes de recuperação ambiental e dificultam a adoção contínua de práticas de monitoramento ambiental (Silva; Costa, 2021).

Não obstante, os aterros controlados apresentam baixa eficiência ambiental devido à ausência de sistemas completos de impermeabilização do solo, drenagem e tratamento de chorume e captação de gases, potencializando os impactos ambientais associados à disposição inadequada dos resíduos sólidos (Oliveira; Ferreira, 2022). Nesse contexto, a dificuldade de implementação das medidas mitigadoras está diretamente relacionada à precariedade estrutural e à deficiência da gestão ambiental municipal, comprometendo a efetividade das ações voltadas à redução dos impactos ambientais (Pereira *et al.*, 2023).

Nos municípios de pequeno porte, as dificuldades relacionadas à gestão ambiental tornam-se ainda mais evidentes, principalmente devido à limitação orçamentária e à ausência de equipes técnicas especializadas para acompanhamento das áreas degradadas (Silva; Costa, 2021).

4 METODOLOGIA

4.1 Classificação da Pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se como de natureza aplicada, uma vez que busca gerar conhecimentos voltados à compreensão e à solução de problemas concretos relacionados aos impactos ambientais decorrentes da disposição de resíduos sólidos no aterro controlado do município de José da Penha (RN). De acordo com Gil (2017), a pesquisa aplicada tem como finalidade produzir conhecimentos com vistas à aplicação prática, direcionados à solução de problemas específicos. Nesse sentido, o estudo tem como propósito contribuir para o diagnóstico ambiental da área, a partir da identificação e análise dos impactos existentes, além de subsidiar a proposição de medidas mitigadoras e estratégias de monitoramento ambiental.

A abordagem da pesquisa é classificada como quali-quantitativa, pois envolve tanto a interpretação descritiva dos impactos ambientais observados nos meios físico, biótico e antrópico, quanto a quantificação desses impactos por meio da aplicação da Matriz de Leopold. Conforme Gil (2017), a integração de abordagens qualitativas e quantitativas permite uma análise mais abrangente dos fenômenos estudados, combinando a interpretação dos dados com sua mensuração. Dessa forma, busca-se não apenas compreender a dinâmica dos impactos ambientais, mas também atribuir valores que permitam avaliar sua magnitude e importância, tornando a análise mais sistemática e fundamentada.

No que se refere aos objetivos, a pesquisa possui caráter exploratório e descritivo. Segundo Gil, (2017), pesquisa exploratória, por proporcionar maior familiaridade com a problemática associada a áreas de disposição final de resíduos sólidos desativadas, especialmente em municípios de pequeno porte. Descritiva, por ter como finalidade observar, registrar, analisar e correlacionar os impactos ambientais presentes na área de estudo, caracterizando de forma detalhada as interações entre as ações antrópicas e os componentes ambientais (Gil, 2017).

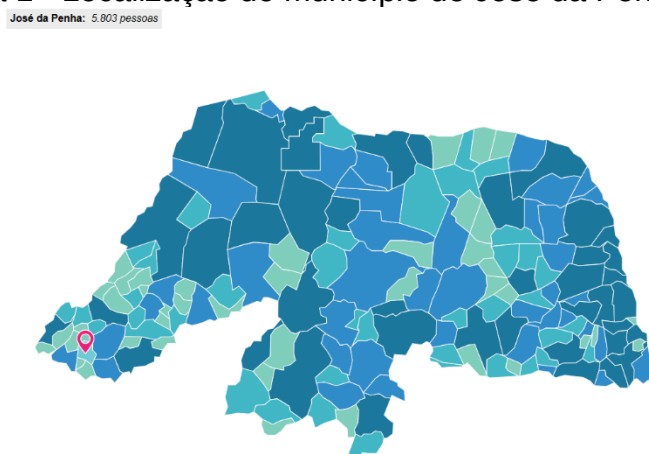
O presente trabalho se configura como um estudo de caso, tendo como foco o aterro controlado de José da Penha (RN), aliado à pesquisa bibliográfica e documental. O estudo de caso permitirá compreender de forma detalhada as

interações entre a disposição de resíduos sólidos e os componentes ambientais, levando em conta as particularidades locais que influenciam a geração e a intensidade dos impactos. Dessa forma, o uso do estudo de caso se justifica pela sua capacidade de aprofundar a análise em situações reais, contribuindo para a geração de conhecimento aplicado e para o suporte à tomada de decisão na gestão ambiental municipal.

4.2 Área de Estudo

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Ibge, 2022), o município de José da Penha-RN, está situado na região do Alto Oeste Potiguar, distante 429 quilômetros a oeste da capital do estado, Natal. Ocupando uma área de aproximadamente 118 km² e sua população de 5,803 habitantes, com um PIB per capita era de R\$ 11.347,37. O município encontra-se inserido no semiárido nordestino, caracterizado por elevadas temperaturas, irregularidade pluviométrica e recorrência de períodos de estiagem. Esse contexto climático influencia diretamente as condições ambientais e a disponibilidade de recursos naturais, especialmente hídricos, condicionando o uso do solo e as atividades econômicas locais (IBGE, 2022). A figura 1 mostra a localização do município de José da Penha no estado do Rio Grande do Norte.

Figura 1 - Localização do município de José da Penha/RN.



Fonte: Ibge, (2022).

A área destinada à disposição final de resíduos sólidos no município de José da Penha/RN, está localizada na zona rural do município, afastada a

aproximadamente a 1,5 km do centro urbano, seguindo o padrão comum adotado em pequenas cidades para minimizar impactos diretos à população. O local apresenta características típicas de aterro controlado, consistindo na disposição dos resíduos sólidos com algum nível de organização e, eventualmente, cobertura com solo, porém ainda sem a adoção integral de sistemas adequados de impermeabilização, drenagem de chorume e controle de gases. A figura 2 mostra a vista aérea do aterro controlado de resíduos sólidos do município de José da Penha/RN, obtida por meio de levantamento com drone, evidenciando a área de disposição de resíduos e a cobertura vegetal do entorno.

Figura 2 - Área do aterro controlado de resíduos sólidos de José da Penha/RN.



Fonte: Esnis (2022).

Segundo o Ibge (2019), o município apresenta clima semiárido quente, com elevadas temperaturas ao longo do ano e regime pluviométrico concentrado em poucos meses. O relevo é predominantemente plano a suavemente ondulado, típico da Depressão Sertaneja, favorecendo processos erosivos em áreas degradadas. Os recursos hídricos são compostos majoritariamente por cursos d'água intermitentes, característica comum da região semiárida.

No meio biótico, predomina o bioma Caatinga, caracterizado por vegetação adaptada às condições de seca, com espécies xerófitas e caducifólias. Essa vegetação apresenta grande capacidade de adaptação à escassez hídrica, sendo um elemento fundamental para a manutenção do equilíbrio ecológico local. A fauna associada também apresenta adaptações às condições climáticas adversas, reforçando a singularidade ambiental do semiárido. Quanto ao meio antrópico, o município apresenta baixa densidade populacional e economia baseada

principalmente em atividades primárias, como agricultura de subsistência e pecuária. (Ibge, 2019).

O município de José da Penha/RN apresenta características ambientais típicas do semiárido nordestino, estando inserido na unidade geomorfológica da Depressão Sertaneja, com relevo predominantemente suave ondulado e presença de áreas suscetíveis ao escoamento superficial e processos erosivos (Idema, 2008).

Na área do aterro controlado, os levantamentos realizados por Queiroz (2022) identificaram diferenças altimétricas de aproximadamente 2,25 m, indicando declividade capaz de favorecer o transporte superficial de sedimentos e líquidos percolados, especialmente durante os períodos chuvosos.

Segundo Queiroz (2022), essa condição aumenta os riscos de erosão do solo, formação de ravinas e dispersão de contaminantes para áreas adjacentes, potencializando os impactos ambientais decorrentes da disposição inadequada dos resíduos sólidos. Em relação às características pedológicas, predominam solos do tipo Bruno não cálcico, caracterizados por fertilidade média a alta, textura variando entre arenosa/argilosa e média/argilosa, além de apresentarem boa drenagem natural (Embrapa, 2018; Idema, 2008).

Entretanto, apesar da drenagem relativamente favorável, a ausência de impermeabilização adequada na área do aterro controlado favorece a infiltração de chorume no solo, ampliando os riscos de contaminação ambiental (Queiroz, 2022). No aspecto hidrográfico, José da Penha está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, importante sistema hídrico do estado do Rio Grande do Norte, o que reforça a necessidade de monitoramento ambiental da área devido ao potencial de contaminação das águas superficiais e subterrâneas (Idema, 2008).

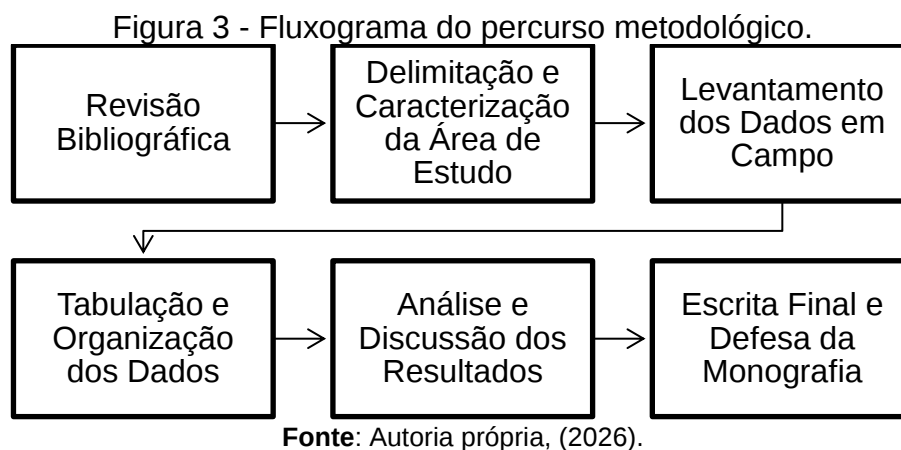
No contexto socioeconômico, José da Penha caracteriza-se como um município de pequeno porte localizado no Alto Oeste Potiguar, apresentando economia baseada principalmente na agropecuária, no pequeno comércio e na dependência do setor público (Ibge, 2022). As atividades econômicas predominantes incluem agricultura familiar, cultivo de milho, feijão, mandioca e banana, além da criação de bovinos, ovinos, caprinos e suínos, evidenciando baixa diversificação econômica e forte dependência das atividades primárias (Queiroz, 2022).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022), o município possui baixa densidade demográfica e reduzida capacidade de investimento

em infraestrutura urbana e ambiental, condição que frequentemente compromete a implementação de sistemas adequados de gestão de resíduos sólidos. A pesquisa desenvolvida por Queiroz (2022) demonstrou ainda que as comunidades localizadas próximas ao aterro controlado apresentam forte vínculo com atividades agropecuárias e dependência direta dos recursos naturais locais.

4.3 Procedimentos Metodológicos

Os procedimentos metodológicos desta pesquisa foram estruturados de forma a permitir a compreensão detalhada dos impactos ambientais associados ao aterro controlado do município de José da Penha -RN, garantindo a reprodutibilidade do estudo. A pesquisa conta com 6 etapas metodológicas, a saber: revisão bibliográfica, delimitação e caracterização da área de estudo, levantamento dos dados em campo, tabulação e organização dos dados, análise e discussão dos resultados, escrita final e defesa da monografia. A Figura 3 apresenta o fluxograma do percurso metodológico.



Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica, por meio da consulta a artigos científicos, dissertações, teses, legislações e normas técnicas relacionadas à gestão de resíduos sólidos, avaliação de impactos ambientais e aplicação da Matriz de Leopold. Essa etapa teve como objetivo fundamentar teoricamente a pesquisa e subsidiar as análises posteriores.

Na sequência, foi delimitada e desenvolvida a caracterização da área de estudo, contemplando os meios físico, biótico e antrópico, com base nos dados coletados em campo e nas informações obtidas em fontes secundárias. Essa etapa

permitiu a compreensão do contexto ambiental em que a área está inserida, servindo de base para a identificação dos impactos ambientais.

Em seguida, realizou-se um levantamento de dados, utilizando informações secundárias provenientes de bases institucionais e documentos oficiais, bem como dados primários obtidos por meio de visitas de campo à área do aterro controlado. Durante a visita, foram realizadas observações diretas, registros fotográficos e anotações sistemáticas acerca das condições ambientais do local, considerando aspectos relacionados ao solo, presença de resíduos expostos, sinais de contaminação, cobertura vegetal e interferências antrópicas.

A análise dos resultados se deu por meio da identificação dos impactos ambientais e das interações entre as atividades associadas à disposição de resíduos e os componentes ambientais, considerando possíveis efeitos sobre o solo, recursos hídricos, qualidade do ar, vegetação, fauna e população local. Posteriormente, foi aplicada a Matriz de Leopold, como ferramenta de avaliação de impactos, na qual foram relacionadas as ações antrópicas identificadas com os fatores ambientais afetados, atribuindo-se valores de magnitude e importância para cada interação. Para a organização, processamento e cálculo dos dados da Matriz de Leopold, foi utilizado o *software* excel, que possibilitou a sistematização das informações e a automatização dos cálculos.

Com base nos resultados obtidos, foi conduzida a sua discussão e interpretação dos impactos ambientais, buscando identificar aqueles de maior relevância e significância, bem como compreender suas causas e possíveis consequências.

Por fim, foi realizada a escrita final da monografia e a preparação para a defesa pública do trabalho. Nessa etapa, procedeu-se à organização e sistematização dos resultados obtidos, à elaboração das discussões fundamentadas na literatura científica e à estruturação dos capítulos que compõem o estudo. Além disso, foi preparado o material de apresentação para a defesa, contemplando os principais aspectos da pesquisa, desde a caracterização da área de estudo até a avaliação dos impactos ambientais e a proposição de medidas mitigadoras.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Caracterização da Área de Estudo

Durante a visita realizada ao aterro controlado do município de José da Penha/RN, foi possível observar limitações estruturais e operacionais relacionadas ao gerenciamento dos resíduos sólidos. Verificou-se a presença de resíduos expostos a céu aberto, além da dispersão de materiais leves nas áreas adjacentes, principalmente plásticos transportados pela ação do vento. A figura 4 mostra os resíduos expostos, como também materiais dispersos fora da área do aterro.

Figura 4 - Resíduos expostos no aterro controlado do município.



Fonte: Arquivo pessoal (2026).

Condições semelhantes às observadas no aterro controlado de José da Penha/RN também foram identificadas por Pinto Filho *et al.* (2024), os autores destacam que áreas de disposição de resíduos sólidos em municípios de pequeno porte apresentam frequentemente deficiência estrutural, presença de resíduos expostos, e ausência de controle ambiental adequado, fatores que favorecem a degradação do solo, da vegetação e da qualidade do ar. Além disso, o estudo evidencia que a fragilidade na gestão municipal dos resíduos sólidos contribui para o agravamento dos impactos ambientais e sanitários, principalmente em regiões do semiárido, onde as características ambientais aumentam a vulnerabilidade do meio físico (Pinto Filho *et al.*, 2024).

Em relação à infraestrutura, constatou-se deficiência no cercamento da área, guarita operacional permanente e ausência de sinalização ambiental adequada,

fatores que favorecem o acesso de pessoas e animais ao local, pontos identificados na figura 5.

Figura 5 - Infraestrutura do aterro controlado do município.



Fonte: Arquivo pessoal (2026).

Essas observações corroboram os apontamentos realizados por Queiroz (2022), que identificou problemas semelhantes na área de disposição dos resíduos sólidos na sua área de estudo, destacando a ocorrência de resíduos expostos e deficiência estrutural no gerenciamento ambiental. De forma complementar, o relatório do Esnis (2022) evidencia fragilidades relacionadas à gestão municipal dos resíduos sólidos, principalmente quanto à ausência de planejamento contínuo e limitações na infraestrutura operacional do sistema de manejo dos resíduos.

Além disso, observou-se que o entorno da área apresenta predominância de atividades rurais, especialmente pequenas propriedades voltadas à agricultura e pecuária, na figura 6 observa-se uma plantação de milho no terreno a frente.

Figura 6 - Plantação de milho a frente da localidade do aterro controlado.



Fonte: Arquivo pessoal (2026).

Esses resultados também foram identificados por Pinto Filho (2025), ao discutir os impactos associados à gestão inadequada dos resíduos sólidos em municípios brasileiros. O autor destaca que a deficiência estrutural das áreas de disposição final favorece alterações ambientais significativas, afetando diretamente o solo, a vegetação e a qualidade ambiental das áreas adjacentes.

Conforme Pinto Filho (2025), a ausência de medidas efetivas de controle e monitoramento intensifica os riscos ambientais e sanitários relacionados à disposição inadequada dos resíduos sólidos, especialmente em municípios de pequeno porte. Dessa forma, observa-se que os impactos ambientais associados ao aterro controlado extrapolam os limites físicos da área, afetando diretamente a qualidade de vida das populações residentes no entorno.

5.1.1 Meio Físico

No meio físico, observou-se que a área do aterro controlado apresenta relevo suavemente ondulado, com presença de pequenas declividades que favorecem o escoamento superficial das águas pluviais. Em alguns pontos da área foram identificados sinais de erosão superficial e transporte de sedimentos, principalmente em locais com menor cobertura vegetal. Durante as observações em campo, verificou-se ainda a presença de solo exposto em diferentes setores do aterro, condição que aumenta a vulnerabilidade ambiental da área, principalmente em períodos chuvosos. Na figura 7 mostra o solo e o relevo do local.

Figura 7 - Solo e relevo da localidade do aterro controlado municipal.



Fonte: Arquivo pessoal (2026).

Esses resultados corroboram os levantamentos realizados por Nascimento *et al.* (2022), áreas de disposição de resíduos sólidos localizadas em terrenos com baixa infraestrutura de drenagem tendem a apresentar maior transporte de sedimentos e resíduos para áreas adjacentes durante os períodos chuvosos, favorecendo processos de assoreamento e alteração das características naturais do terreno. Os autores ressaltam ainda que, em regiões semiáridas, a irregularidade das precipitações intensifica os efeitos do escoamento superficial concentrado, ampliando a vulnerabilidade ambiental das áreas utilizadas para disposição final de resíduos sólidos (Nascimento *et al.*, 2022).

Em relação aos recursos hídricos, observou-se a existência de áreas de drenagem natural nas proximidades do aterro controlado, o que pode favorecer o transporte de líquidos percolados para áreas adjacentes. Considerando que o município está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, essa condição representa potencial risco de contaminação ambiental.

Nesse contexto, Pordeus *et al.* (2024) destacam que a proximidade entre áreas de disposição inadequada de resíduos sólidos e os corpos hídricos da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró favorece a degradação ambiental e aumenta os riscos de contaminação das águas superficiais e subterrâneas, principalmente devido ao carreamento do chorume durante os períodos chuvosos. Os autores ressaltam ainda que a ausência de infraestrutura adequada e de medidas de controle ambiental potencializa os impactos sobre os recursos hídricos e compromete a qualidade ambiental da bacia hidrográfica (Pordeus *et al.*, 2024).

5.1.2 Meio Biótico

No meio biótico da área estudada, em relação à flora, verificou-se predominância de espécies típicas do bioma Caatinga e de vegetação rasteira adaptada às condições semiáridas locais, como xique-xique (*Pilosocereus gounellei*), mofumbo (*Combretum leprosum*) e pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*). Resultados semelhantes foram identificados por Araújo (2024), que observou a ocorrência de espécies típicas da Caatinga e fauna oportunista em áreas de disposição de resíduos sólidos no semiárido potiguar, associando essas ocorrências às alterações ambientais provocadas pela disposição inadequada dos resíduos sólidos.

Em alguns trechos próximos às áreas de disposição dos resíduos sólidos, observou-se redução da cobertura vegetal e presença de vegetação degradada, possivelmente associadas à deposição contínua de resíduos e às queimadas irregulares, na figura 8 pode-se observar pontos de queima no local.

Figura 8 - Local de queimada no aterro controlado municipal.



Fonte: Arquivo pessoal (2026).

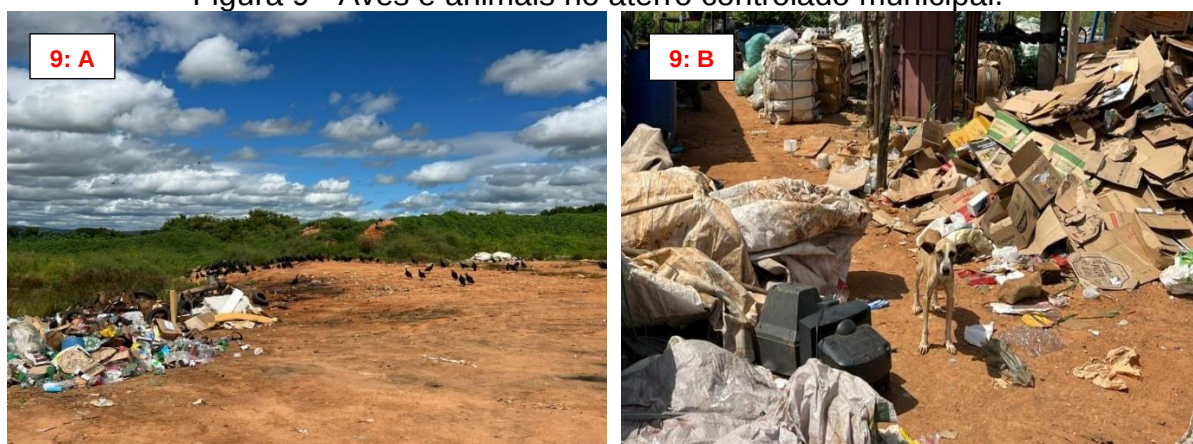
Segundo Santos e Pinto Filho (2022), a ausência de mecanismos eficientes de gerenciamento dos resíduos sólidos contribui para a ocorrência de impactos ambientais e riscos à saúde pública, evidenciando a necessidade de fortalecimento das práticas de gestão ambiental e da participação dos diferentes atores envolvidos no processo de manejo dos resíduos.

Quanto à fauna, observou-se a presença de espécies da fauna associadas à convivência humana e à disponibilidade de resíduos sólidos expostos, destacando-se gatos (*Felis catus*), cachorros (*Canis lupus familiaris*) e urubus (*Coragyps atratus*),

estes últimos frequentemente atraídos pela decomposição da matéria orgânica presente no aterro controlado. A presença desses animais evidencia alterações nas condições ecológicas da área, favorecendo o aparecimento de fauna oportunista adaptada a ambientes degradados.

Além disso, também notou-se a presença de aves, insetos e animais oportunistas atraídos pelos resíduos sólidos expostos. A ocorrência desses organismos está diretamente relacionada à disponibilidade de matéria orgânica na área e pode representar riscos ambientais e sanitários, especialmente pela possibilidade de proliferação de vetores de doenças. A figura 9 traz a comprovação de aves e animais presentes no aterro controlado do município.

Figura 9 - Aves e animais no aterro controlado municipal.



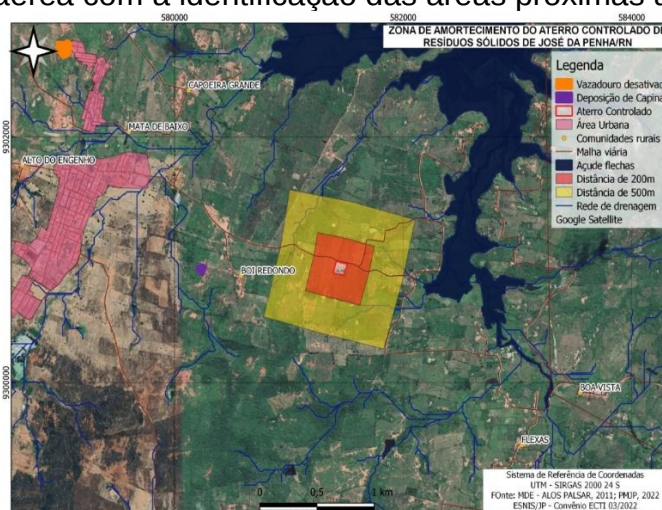
Fonte: Arquivo pessoal (2026).

Esse cenário também pode ser observado em diversos municípios brasileiros que ainda apresentam deficiências no gerenciamento e na disposição final dos resíduos sólidos urbanos. Conforme Nascimento e Pinto Filho (2021), a destinação inadequada desses resíduos favorece a ocorrência de impactos ambientais significativos, como a contaminação do solo e dos recursos hídricos, a emissão de gases provenientes da decomposição da matéria orgânica e a proliferação de vetores transmissores de doenças. Sendo assim, a adoção de práticas adequadas de gestão e disposição final dos resíduos sólidos torna-se fundamental para a minimização dos impactos ambientais e para a proteção da saúde pública.

5.1.3 Meio Antrópico

No meio antrópico, observou-se que o uso e ocupação do solo no entorno do aterro controlado é predominantemente rural, com presença de pequenas propriedades destinadas às atividades agrícolas e pecuárias. Observou-se a existência de residências rurais distribuídas nas comunidades próximas da área, além de estradas vicinais utilizadas para deslocamento da população local, como também a proximidade do reservatório hídrico que abastece a zona urbana do município. A figura 10 mostra uma imagem aérea que identifica todas as áreas próximas ao aterro controlado.

Figura 10 - Vista aérea com a identificação das áreas próximas ao aterro municipal.



Fonte: Esnis (2022).

Dessa forma, observa-se que os impactos ambientais associados ao aterro controlado não se restringem aos aspectos físicos e bióticos, mas também influenciam diretamente as condições sociais, econômicas e ambientais das comunidades situadas no entorno da área estudada.

Além dos impactos ambientais identificados, é importante considerar a percepção da população residente no entorno dessas áreas de disposição de resíduos, uma vez que os efeitos da degradação ambiental refletem diretamente nas condições de vida e no bem-estar social. Conforme Santos *et al.* (2024), moradores que vivem próximos a áreas de disposição inadequada de resíduos sólidos frequentemente relatam problemas relacionados à qualidade ambiental, à presença

de odores desagradáveis, à proliferação de vetores e à preocupação com possíveis riscos à saúde.

Os autores destacam ainda que a deficiência na gestão dos resíduos sólidos e a permanência de áreas degradadas contribuem para o agravamento dos impactos socioambientais, especialmente em municípios do semiárido brasileiro (Santos *et al.*, 2024). Sendo assim, os aspectos observados na área de estudo reforçam a necessidade de ações voltadas ao gerenciamento adequado dos resíduos sólidos, à recuperação ambiental da área e ao monitoramento contínuo dos impactos sobre a população e o meio ambiente, evidenciando a relação entre os meios físico, biótico e antrópico analisados neste estudo.

5.2 Classificação dos Atributos e Identificação dos Impactos Ambientais

A identificação dos impactos ambientais associados ao aterro controlado foi realizada a partir das observações de campo e da caracterização dos meios físico, biótico e antrópico da área de estudo. Para possibilitar uma análise mais sistemática e organizada, os impactos identificados foram classificados com base em atributos que permitem compreender suas características, abrangência e potencial de alteração sobre o meio ambiente.

A utilização desses atributos auxilia na avaliação da significância dos impactos ambientais, fornecendo subsídios para a proposição de medidas mitigadoras e para a definição de ações de monitoramento ambiental. Dessa forma, cada impacto identificado foi analisado considerando aspectos relacionados à sua natureza, forma de ocorrência, duração, alcance espacial, reversibilidade, tempo de manifestação, intensidade, periodicidade. O quadro 1 apresenta os atributos adotados para a classificação dos impactos ambientais observados na área do aterro controlado de José da Penha-RN.

Quadro 1 - Atributos utilizados na classificação dos impactos ambientais. (Continua)

Atributo	Classificação	Descrição
Caráter	Positivo/Neutro/Negativo	Indica se o impacto produz benefícios ou prejuízos ao meio ambiente e à sociedade.
Importância	Baixa/Média/ Alta	Representa o grau de alteração provocado sobre os componentes ambientais afetados.
Cobertura	Pontual/Local/Regional	Define a extensão espacial atingida pelo impacto.

Quadro 1 - Atributos utilizados na classificação dos impactos ambientais. (Conclusão)

Atributo	Classificação	Descrição
Duração	Temporário/Permanente	Avalia o tempo de permanência do impacto no ambiente.
Reversibilidade	Reversível/Irreversível/Parcial	Indica a possibilidade de recuperação das condições ambientais originais.

Fonte: Autoria própria, (2026).

Após a classificação dos impactos ambientais quanto aos seus atributos, foi realizada a avaliação de sua importância ambiental. Essa etapa teve como finalidade determinar o grau de relevância de cada impacto identificado, permitindo distinguir aqueles que apresentam maior potencial de alteração sobre os meios físico, biótico e antrópico.

Para essa avaliação, foi adotado um sistema baseado em índices e graus de importância, considerando as características observadas para cada impacto. Os índices atribuídos permitiram quantificar a relevância dos impactos, enquanto os graus de importância possibilitaram sua classificação em diferentes níveis de significância ambiental. Segundo Madriles *et al.* (2025), a valoração dos impactos ambientais por meio de escalas de significância contribui para a identificação dos efeitos mais relevantes sobre o meio ambiente, tornando a análise mais objetiva e auxiliando na definição de prioridades para ações de mitigação e monitoramento. O quadro 2 mostra como foi adotado o índice e o grau de importância.

Quadro 2 - Quadro com Índice e Grau de Importância

Índice	Grau de Importância
0 / 5	Baixo
-1 / -5	Alto
-6 / -10	Muito Alto

Fonte: Autoria própria, (2026).

A identificação dos impactos ambientais associados ao aterro controlado do município de José da Penha/RN foi realizada a partir das observações em campo, registros fotográficos, análise das condições ambientais da área. A análise considerou as interações existentes entre as atividades relacionadas à disposição dos resíduos sólidos e os componentes ambientais dos meios físico, biótico e antrópico, conforme metodologia proposta pela Matriz de Leopold. Segundo Sánchez (2020), a identificação dos impactos ambientais corresponde à etapa inicial da Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), sendo fundamental para compreender as relações de

causa e efeito entre as ações antrópicas e as alterações provocadas no meio ambiente.

Durante a visita de campo, observou-se que as principais ações desenvolvidas na área do aterro controlado estão relacionadas à disposição contínua de resíduos sólidos urbanos, decomposição da matéria orgânica, circulação de veículos, presença de resíduos expostos, dispersão de materiais leves, ocorrência de queimadas irregulares e ausência de infraestrutura adequada para controle ambiental. Essas atividades favorecem a geração de diversos impactos ambientais, incluindo degradação do solo, alteração da paisagem, emissão de gases, proliferação de vetores e riscos de contaminação dos recursos hídricos.

Resultados semelhantes foram identificados por Queiroz (2022), que destacou a presença de resíduos expostos, fumaça e deficiência estrutural no gerenciamento ambiental da área. Utilizou-se uma lista de verificação para organizar e sistematizar as ações identificadas e suas consequências ambientais (Quadro 3). Esse formato de identificação contribui para a organização e compreensão das relações de causa e efeito entre as atividades desenvolvidas no aterro controlado e as alterações observadas nos meios físico, biótico e antrópico, fornecendo subsídios para a avaliação da significância dos impactos.

Quadro 3 - Principais ações desenvolvidas no aterro controlado municipal. (Continua)

Ações identificadas	Consequências ambientais
Alteração da vegetação	Supressão da cobertura vegetal
Movimentação de terra	Exposição e revolvimento do solo
Escavações	Alteração da estrutura do terreno
Terraplenagem	Modificação do relevo local
Abertura de vias de acesso	Fragmentação da vegetação
Limpeza da área	Redução da cobertura vegetal
Compactação do solo	Redução da infiltração da água
Recebimento dos resíduos	Acúmulo de resíduos sólidos
Destinação dos resíduos	Alteração das condições ambientais
Compactação dos resíduos	Geração de líquidos percolados
Exposição dos resíduos	Atração de fauna oportunista
Presença de catadores	Intensificação da circulação humana
Tráfego de veículos	Emissão de poeira e ruídos
Formação de chorume	Contaminação do solo e água
Geração de poeira	Redução da qualidade do ar
Geração de odores	Desconforto ambiental
Geração de ruídos	Perturbação da fauna e população
Proliferação de vetores	Riscos à saúde pública
Queima irregular	Emissão de fumaça e gases
Contaminação de águas subterrâneas	Comprometimento da qualidade hídrica
Infiltração de chorume no solo	Degradação do solo
Espalhamento de resíduos por animais	Dispersão de contaminantes

Quadro 3 - Principais ações desenvolvidas no aterro controlado municipal. (Conclusão)

Ações identificadas	Consequências ambientais
Proliferação e deslocamento de moscas	Vetorização de doenças
Dispersão de fumaça e gases	Poluição atmosférica
Dispersão de resíduos leves/poeira	Degradação da paisagem

Fonte: Autoria própria, (2026).

No meio físico, os impactos identificados estão relacionados principalmente à contaminação do solo por líquidos percolados, alteração das características naturais do relevo, compactação do solo devido à circulação de veículos e riscos de contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Além disso, foram observados processos erosivos em alguns pontos da área, favorecidos pela presença de solo exposto e pela ausência de cobertura vegetal adequada.

Os Resultados obtidos por Madeira *et al.* (2022), ao avaliarem os impactos ambientais associados a um aterro sanitário em Minas Gerais. Os autores verificaram que a geração de líquidos percolados constitui um dos principais fatores de risco para a contaminação do solo e das águas subterrâneas, especialmente em áreas que apresentam condições favoráveis à infiltração e ao escoamento superficial. Além disso, destacam que a alteração das características físicas do terreno e a exposição do solo podem intensificar processos erosivos e potencializar a dispersão de contaminantes no ambiente.

No meio biótico, observou-se redução da cobertura vegetal em áreas próximas à disposição dos resíduos sólidos, além de alterações na vegetação típica da Caatinga decorrentes das intervenções antrópicas e da deposição contínua dos resíduos. Também foi identificada a presença de animais oportunistas, aves e insetos atraídos pelos resíduos expostos, situação que evidencia desequilíbrios ambientais associados ao manejo inadequado dos resíduos sólidos. Conforme destaca Sánchez (2020), a alteração dos habitats naturais e a atração de fauna oportunista estão entre os impactos mais frequentes em áreas de disposição inadequada de resíduos sólidos, podendo comprometer a dinâmica ecológica local.

No meio antrópico, os impactos identificados estão relacionados principalmente à degradação da paisagem, presença de odores desagradáveis, fumaça, proliferação de vetores e interferência nas atividades agropecuárias desenvolvidas nas áreas próximas ao aterro controlado. Dessa forma, verifica-se que os impactos ambientais identificados ultrapassam os limites físicos da área do aterro, influenciando diretamente os aspectos ambientais, sociais e econômicos do entorno.

Segundo o trabalho de Monte e Medeiros (2024), os autores verificaram que a inadequação operacional das áreas de disposição de resíduos contribui para a degradação da paisagem, emissão de odores, proliferação de vetores e comprometimento da qualidade ambiental das áreas vizinhas. Além disso, destacam que esses impactos extrapolam os limites físicos do empreendimento, interferindo diretamente nas atividades desenvolvidas pela população do entorno e na percepção ambiental da comunidade local.

Foram identificados os principais fatores ambientais influenciados pelas atividades desenvolvidas na área de estudo, bem como os impactos associados aos meios físico, biótico e antrópico. Para a sistematização e organização dessas informações, utilizou-se a técnica de checklist, apresentada no Quadro 4. Essa ferramenta serviu como etapa preliminar para a elaboração da Matriz de Leopold, possibilitando a identificação e a estruturação das interações entre as ações do empreendimento e os componentes ambientais afetados.

Quadro 4 - Impactos ambientais identificados no aterro controlado municipal.
(continua)

Impacto identificado	Meio afetado	Caracterização
Contaminação do solo	Físico	Decorrente da infiltração de líquidos percolados
Contaminação hídrica	Físico	Possível comprometimento de águas superficiais e subterrâneas
Emissão de fumaça	Físico/Antrópico	Proveniente da queima irregular de resíduos
Geração de odores	Antrópico	Desconforto à população próxima
Proliferação de vetores	Biótico/Antrópico	Desconforto à população próxima
Redução da vegetação	Biótico	Alteração da cobertura vegetal da Caatinga
Poluição visual	Antrópico	Presença de resíduos expostos
Compactação do solo	Físico	Circulação constante de veículos
Processos erosivos	Físico	Associados à declividade e solo exposto
Interferência nas atividades rurais	Antrópico	Dispersão de resíduos e fumaça
Prejuízo à regeneração natural da vegetação	Biótico	Dificuldade de recuperação da cobertura vegetal em áreas afetadas pela deposição de resíduos e processos de degradação ambiental
Comprometimento da qualidade de vida da população	Antrópico	Redução das condições de bem-estar da população em função dos impactos ambientais e sanitários associados ao aterro
Possível contaminação de fontes de abastecimento humano	Antrópico	Risco potencial de comprometimento da qualidade da água utilizada pela população devido ao transporte de contaminantes para áreas adjacentes

Quadro 4 - Impactos ambientais identificados no aterro controlado municipal.
(Conclusão)

Impacto identificado	Meio afetado	Caracterização
Compactação e impermeabilização do solo	Físico	Alteração da estrutura do solo causada pela deposição contínua de resíduos e circulação de veículos, reduzindo a infiltração da água
Alteração das características físico-químicas do solo	Físico	Modificação das propriedades naturais do solo em decorrência do contato contínuo com resíduos e substâncias contaminantes
Desequilíbrio ecológico	Biótico	Alteração das relações naturais entre os organismos e o ambiente devido à degradação ambiental da área
Mortalidade de fauna por contato com resíduos	Biótico	Possíveis danos ou mortes de animais devido ao contato direto com materiais contaminantes ou perigosos presentes nos resíduos

Fonte: Autoria própria, (2026).

5.3 Aplicação da Matriz de Leopold

Com base nos impactos identificados na etapa anterior, procedeu-se à aplicação da Matriz de Leopold, metodologia desenvolvida por Leopold *et al.* (1971) e amplamente empregada em estudos ambientais por possibilitar a análise sistemática das interações entre as ações de um empreendimento e os componentes ambientais potencialmente afetados. A utilização dessa ferramenta permitiu avaliar a magnitude e a importância dos impactos decorrentes da implantação e operação do aterro controlado, abrangendo os meios físico, biótico e antrópico. Dessa forma, foi possível identificar os impactos mais significativos e compreender a extensão das alterações ambientais associadas à atividade estudada.

A matriz foi estruturada a partir do cruzamento entre as ações do projeto e os elementos naturais e humanos suscetíveis aos impactos. As ações avaliadas foram divididas em quatro etapas principais. A primeira corresponde à implantação e alteração da área. A segunda refere-se à operação do aterro controlado. A terceira sobre geração de poluente. A quarta e última etapa sobre processos de transporte e dispersão. Entre os componentes analisados destacam-se as características físicas e químicas, condições biológicas, fatores culturais e relações ecológicas.

Para a valoração dos impactos ambientais foram adotados os atributos caráter, importância, cobertura, duração e reversibilidade. O caráter do impacto foi utilizado para indicar sua natureza, sendo atribuído os valores (+1 positivos), (0 neutros) e (-1 negativos). Para o atributo da importância foi adotado os valores (3 alta), (2 média) e

(1 baixa). Para a cobertura foi adotado, (3 regional), (2 locais) e (1 pontual). O atributo duração correspondeu a (3 permanente), (2 média) e (1 curta). Enquanto a reversibilidade corresponde à (3 irreversível), (2 parcial) e (1 reversível).

Após a atribuição dos valores referentes aos atributos para cada interação entre as ações do empreendimento e os componentes ambientais e humanos, foram empregadas fórmulas matemáticas no excel para calcular automaticamente a magnitude final dos impactos. O cálculo do impacto final em cada interação foi obtido por meio da aplicação de uma expressão matemática ponderada, na qual o resultado corresponde ao produto entre o caráter do impacto e a soma dos demais critérios avaliados, conforme representado pela equação: $\text{Impacto Total} = \text{Caráter} \times (\text{Importância} + \text{Cobertura} + \text{Duração} + \text{Reversibilidade})$.

Para a quantificação dos impactos, foi adotado um sistema de pontuação baseado em índices de magnitude e importância, conforme adaptação da metodologia original. Nesse contexto, a escala utilizada considerou valores variando entre 0 a 5 para impactos de baixa relevância, -1 a -5 para impactos de alta relevância e -6 a -10 para impactos de muito alta relevância, permitindo a hierarquização dos efeitos ambientais identificados. Esse sistema de pontuação permitiu padronizar a análise dos impactos ambientais, garantindo maior objetividade na interpretação dos resultados. Dessa forma, o cálculo permitiu quantificar a magnitude de cada impacto ambiental identificado na matriz, possibilitando sua classificação em níveis de relevância. Os resultados obtidos encontram-se apresentados na tabela 1.

Para facilitar a interpretação dos resultados obtidos na Matriz de Leopold, foi adotada uma escala de cores associada aos níveis de significância dos impactos ambientais identificados. Dessa forma, os impactos de baixa relevância foram representados em amarelo e verde, os de alta relevância em vermelho, como também os de muito alta relevância em vermelho, contribuindo para a análise e hierarquização dos impactos ambientais avaliados.

	Presença de catadores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-7	-6	0	-5	-10	-10	-10	0	0	0
	Tráfego de veículos	-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geração de poluentes	Formação de chorume	-10	-9	-9	-9	-10	0	-9	0	-9	-9	0	-9	-9	-9	0	0	-9	0	0	0	0
	Geração de poeira	0	0	-7	0	0	0	0	-7	0	0	-7	-7	-6	-7	-5	-7	-7	0	0	0	0
	Geração de odores	0	0	0	0	0	0	0	-10	0	0	0	0	-6	0	-5	-7	-7	0	0	0	0
	Geração de ruídos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-5	-5	-6	0	-5	-6	-7	-7	0	0	0
	Proliferação de vetores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-7	0	-7	-6	-7	-7	-7	0	0
	Queima irregular	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
Processos de transporte e dispersão	Contaminação de águas subterrâneas	-10	0	-10	-10	-10	0	0	0	-10	-8	0	0	-10	0	0	0	-10	0	0	0	0
	Infiltração de chorume no solo	-10	-10	-10	-10	-10	0	-10	0	-10	-10	-4	-10	-6	-10	-6	0	-10	0	0	0	0
	Espalhamento de resíduos por animais	-6	-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-7	-7	-6	0	-7	-7	-7	-6	0	0
	Proliferação e deslocamento de moscas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-7	0	-7	-7	-7	-7	-7	0	0
	Dispersão de fumaça e gases	0	-6	0	0	0	-10	0	-10	0	0	-6	0	-7	-7	-6	-7	-7	-7	-7	0	0
	Dispersão de resíduos leves/poeira	0	0	-7	0	0	0	0	-7	0	0	-7	-7	-6	-7	-5	-7	-7	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria, (2026).

5.3.1 Avaliação e Significância dos Impactos

A etapa de implantação e alteração da área apresentou impactos classificados entre média e alta significância ambiental, destacando-se principalmente as atividades de movimentação de terra, alteração da vegetação, terraplenagem e abertura de vias de acesso, que alcançaram valores de significância de até -9 para componentes relacionados ao solo. Entre essas atividades, a movimentação de terra e alteração da vegetação se destacaram por promover alterações simultâneas nos atributos físicos e biológicos do ambiente, favorecendo processos erosivos, perda de cobertura vegetal e modificação dos habitats naturais.

Os resultados indicam que as atividades de preparação da área promovem alterações expressivas nas condições naturais do ambiente, principalmente em decorrência da supressão vegetal e da modificação das características físicas do terreno. Segundo os autores Silva, Sousa e Oliveira (2024), a remoção da vegetação e as alterações físicas do terreno como impactos iniciais relevantes em áreas destinadas à disposição de resíduos sólidos urbanos. Segundo os autores, essas intervenções promovem modificações nas características naturais do ambiente, favorecendo a perda de habitats, a redução da biodiversidade e o aumento da suscetibilidade à degradação dos recursos naturais. Dessa forma, verifica-se que os impactos decorrentes da implantação do empreendimento representam o primeiro estágio do processo de alteração ambiental, criando condições propícias para a ampliação dos impactos observados nas etapas subsequentes.

A segunda etapa corresponde à operação do aterro controlado, envolvendo as atividades de recebimento dos resíduos, destinação dos resíduos, compactação dos resíduos, exposição dos resíduos, presença de catadores e tráfego de veículos. Os resultados obtidos indicaram predominância de impactos classificados como de alta significância, cujos valores atingiram níveis entre -8 e -10 para diversos componentes ambientais.

Na etapa de operação do aterro controlado, os maiores impactos ambientais estiveram associados ao recebimento dos resíduos, destinação e compactação dos resíduos, à exposição dos resíduos e à presença de catadores. A exposição dos resíduos apresentou os maiores níveis de significância da etapa, atingindo valores máximos de -10 para componentes relacionados à fauna, à paisagem, às relações ecológicas e à saúde pública. Segundo Nogueira e Sousa (2024), a fase operacional constitui o período de maior geração de impactos em áreas de disposição inadequada de resíduos sólidos, uma vez que favorece a proliferação de vetores, a degradação da paisagem e o aumento dos riscos sanitários. De acordo com Besen *et al.* (2020), a atividade de catação em áreas de disposição inadequada de resíduos está frequentemente associada à exposição a agentes biológicos, químicos e físicos capazes de comprometer a saúde dos trabalhadores. Nesse sentido, os resultados encontrados reforçam a necessidade de implementação de políticas públicas voltadas à inclusão social dos catadores e à eliminação de práticas inadequadas de disposição final dos resíduos.

A etapa de geração de poluentes apresentou os maiores níveis de significância identificados em toda a matriz, sendo classificada como de muito alta significância ambiental. Nessa fase estão incluídas as atividades relacionadas à formação de chorume, geração de poeira, geração de odores, geração de ruídos, proliferação de vetores e queima irregular dos resíduos.

Os resultados demonstraram que a queima irregular dos resíduos apresentou os maiores valores negativos observados na matriz, alcançando significância máxima (-10) para todos os componentes ambientais avaliados. Da mesma forma, a formação de chorume apresentou elevada significância, com valores predominantemente entre -9 e -10. Esses resultados comprovam com Rodrigues *et al.* (2024), que identificaram a queima de resíduos sólidos como uma das principais fontes de degradação ambiental em áreas de disposição inadequada, devido à emissão de gases tóxicos e material particulado. Além disso, Silva *et al.* (2024) destacam que o chorume constitui um dos principais agentes de contaminação ambiental associados aos lixões brasileiros. Dessa maneira, a etapa de geração de poluentes pode ser considerada a mais impactante entre todas as fases analisadas, em razão de sua elevada magnitude, abrangência e potencial de comprometer simultaneamente os meios físico, biótico e antrópico.

A quarta etapa corresponde aos processos de transporte e dispersão dos poluentes gerados durante a operação do empreendimento, abrangendo a contaminação das águas subterrâneas, infiltração de chorume no solo, espalhamento de resíduos por animais, proliferação e deslocamento de moscas, dispersão de fumaça e gases e dispersão de resíduos leves e poeira.

Os resultados evidenciaram que essa etapa também apresentou impactos classificados como de muito alta significância, destacando-se a contaminação das águas subterrâneas e a infiltração de chorume no solo, ambas com valores máximos de significância negativa (-10). Esses impactos caracterizam-se por sua elevada capacidade de propagação espacial, podendo atingir áreas situadas além dos limites físicos do empreendimento. De acordo com Moreira *et al.* (2025), os processos de transporte e dispersão representam uma das principais preocupações ambientais em áreas de disposição inadequada de resíduos sólidos, pois ampliam a área de influência dos impactos e dificultam os processos de recuperação ambiental. Portanto, os resultados obtidos demonstram que essa etapa possui elevada relevância

ambiental, contribuindo para a disseminação dos efeitos negativos gerados nas fases anteriores.

De forma geral, os impactos mais significativos identificados na Matriz de Leopold estiveram associados às atividades de destinação e compactação de resíduos, exposição dos resíduos, formação de chorume, queima irregular, contaminação de águas subterrâneas, infiltração de chorume no solo bem como à dispersão de fumaça e gases, presença de catadores e geração de odores. Esses impactos apresentaram os maiores níveis de significância ambiental, com valores variando entre -7 e -10, afetando principalmente os componentes relacionados ao solo, aos recursos hídricos, à fauna, à paisagem, às relações ecológicas e à saúde da população. O elevado valor negativo observado na matriz indica maior intensidade, abrangência e potencial de degradação ambiental, evidenciando que os efeitos decorrentes da disposição inadequada dos resíduos ultrapassam os limites físicos do aterro e interferem diretamente nos meios físico, biótico e antrópico. Nesse contexto, os resultados obtidos demonstram que a disposição inadequada dos resíduos sólidos tem potencial para gerar efeitos persistentes sobre o ambiente, reforçando a necessidade de ações efetivas de recuperação ambiental e de uma gestão mais adequada dos resíduos.

5.4 Proposição de Medidas Mitigadoras

A identificação e avaliação dos impactos ambientais por meio da Matriz de Leopold permitiram verificar que o aterro controlado do município de José da Penha/RN apresenta impactos negativos de diferentes magnitudes sobre os meios físico, biótico e antrópico. Considerando que muitos desses impactos estão associados à ausência de infraestrutura ambiental adequada e à permanência de passivos ambientais decorrentes da disposição inadequada dos resíduos sólidos, torna-se necessária a proposição de medidas mitigadoras voltadas à prevenção, controle e recuperação das alterações identificadas.

De acordo com Sánchez (2020), as medidas mitigadoras constituem instrumentos fundamentais da Avaliação de Impactos Ambientais, uma vez que possibilitam reduzir a intensidade dos impactos negativos e contribuir para a recuperação da qualidade ambiental das áreas degradadas.

No meio físico, os impactos mais significativos estiveram relacionados à degradação e contaminação do solo, ao risco de contaminação dos recursos hídricos e à alteração da qualidade do ar. A ausência de sistemas de impermeabilização favorece a infiltração de líquidos percolados, aumentando o potencial de contaminação do solo e das águas subterrâneas. Além disso, a ocorrência de queimadas e a decomposição dos resíduos contribuem para a emissão de fumaça, odores desagradáveis e gases poluentes.

Diante desse cenário, recomenda-se a adoção de medidas como a cobertura dos resíduos com solo compactado, implantação de sistemas de drenagem superficial para direcionamento das águas pluviais e monitoramento dos líquidos percolados. Para minimizar os impactos atmosféricos, sugere-se a proibição de queimadas, a cobertura periódica dos resíduos remanescentes e a instalação de mecanismos para controle da emissão de gases (Sánchez, 2020). Essas ações contribuem para a redução dos riscos de contaminação e para a melhoria das condições ambientais da área estudada.

No meio biótico, foram identificados impactos relacionados à alteração da vegetação nativa, atração de fauna oportunista e desequilíbrios ecológicos decorrentes da presença dos resíduos expostos. A supressão parcial da cobertura vegetal e a disponibilidade de alimento favorecem a presença de aves, insetos e outros animais associados a ambientes degradados, podendo comprometer o equilíbrio ecológico local.

Nesse sentido, recomenda-se a implementação de um Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD), contemplando ações de revegetação com espécies nativas da Caatinga, visando promover a recuperação gradual da cobertura vegetal e das funções ecológicas da área. A revegetação também contribuirá para a redução dos processos erosivos, melhoria das condições do solo e incremento da biodiversidade local. Além disso, o cercamento adequado da área poderá reduzir o acesso de animais domésticos e silvestres, minimizando os impactos sobre a fauna local. (Pereira *et al.*, 2023).

No meio antrópico, os principais impactos observados estiveram relacionados à degradação da paisagem, presença de odores desagradáveis, proliferação de vetores de doenças e riscos à qualidade de vida da população residente nas proximidades. Esses fatores afetam diretamente o bem-estar da população e podem

comprometer atividades econômicas desenvolvidas no entorno, especialmente aquelas ligadas à agricultura e pecuária.

Como medida mitigadora, recomenda-se a manutenção do isolamento da área mediante cercamento e sinalização ambiental adequada, restringindo o acesso não autorizado e reduzindo riscos à população. Também é importante a realização periódica de ações de controle de vetores e monitoramento ambiental, especialmente durante períodos chuvosos, quando há maior possibilidade de proliferação de insetos e outros organismos associados aos resíduos (Oliveira; Ferreira, 2022). Paralelamente, ações de educação ambiental junto à população podem contribuir para o fortalecimento das práticas de gerenciamento adequado dos resíduos sólidos e para a conscientização acerca dos riscos ambientais associados à disposição inadequada dos resíduos. (Barros *et al.*, 2022).

O quadro 5 apresenta a relação entre os impactos identificados, as medidas mitigadoras propostas, os compartimentos ambientais beneficiados e os prazos estimados para execução de cada ação.

Quadro 5 - Síntese das medidas mitigadoras propostas para os impactos ambientais identificados no aterro controlado de José da Penha/RN.

(*Continua*)

Impacto Ambiental Identificado	Medida Mitigadora Proposta	Compartimento Ambiental Beneficiado	Prazo
Contaminação do solo pela infiltração de chorume.	Implantação de sistema de impermeabilização superficial e cobertura adequada da área com solo compactado.	Meio físico (solo).	Curto prazo.
Alteração das características físicas e químicas do solo	Recuperação e estabilização do solo com técnicas de remediação e revegetação	Meio físico (solo)	Médio prazo
Risco de contaminação das águas superficiais e subterrâneas	Implantação de sistema de drenagem e coleta de chorume para contenção e tratamento	Meio físico (água)	Curto prazo
Escoamento superficial contaminado em períodos chuvosos	Construção de canaletas de drenagem pluvial e barreiras de contenção	Meio físico (água/solo)	Médio prazo
Emissão de gases provenientes da decomposição dos resíduos	Instalação de drenos para captação e controle de gases gerados pela decomposição	Meio físico (ar)	Médio prazo
Poluição atmosférica por queima irregular de resíduos	Proibição e fiscalização da queima de resíduos no local	Meio físico (ar)	Curto prazo
Presença de odores desagradáveis	Cobertura periódica dos resíduos expostos e controle operacional da área	Meio antrópico / físico	Curto prazo

Quadro 5 - Síntese das medidas mitigadoras propostas para os impactos ambientais identificados no aterro controlado de José da Penha/RN.

(Conclusão)

Impacto Ambiental Identificado	Medida Mitigadora Proposta	Compartimento Ambiental Beneficiado	Prazo
Redução da cobertura vegetal nativa	Recuperação da vegetação por meio de revegetação com espécies nativas da Caatinga	Meio biótico	Longo prazo
Alteração no habitat natural da fauna local	Isolamento da área degradada e recuperação gradual dos ecossistemas locais	Meio biótico	Longo prazo
Presença de animais e vetores no aterro	Cercamento da área e adoção de medidas de controle sanitário	Meio biótico / antrópico	Curto prazo
Proliferação de vetores de doenças	Monitoramento sanitário contínuo e controle de vetores	Meio antrópico	Curto prazo
Riscos à saúde pública da população do entorno	Implantação de programa de monitoramento ambiental e sanitário	Meio antrópico	Médio prazo
Degradação da paisagem local	Recuperação ambiental e fechamento controlado da área degradada	Meio antrópico / biótico	Longo prazo
Interferência em atividades agropecuárias próximas	Criação de faixa de proteção e monitoramento da qualidade ambiental do entorno	Meio antrópico	Médio prazo

Fonte: Autoria própria, (2026).

De modo geral, a adoção das medidas propostas poderá contribuir significativamente para a redução dos impactos ambientais identificados no aterro controlado de José da Penha/RN, promovendo melhores condições ambientais para os meios físico, biótico e antrópico. Embora algumas ações demandem investimentos financeiros e acompanhamento técnico especializado, sua implementação representa importante estratégia para minimizar os danos ambientais existentes e favorecer a recuperação gradual da área, contribuindo para uma gestão ambiental mais adequada e alinhada aos princípios estabelecidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo analisar os impactos ambientais associados ao aterro controlado do município de José da Penha/RN por meio da aplicação da Matriz de Leopold. A partir dos resultados obtidos, foi possível identificar e avaliar os principais impactos decorrentes da disposição inadequada dos resíduos sólidos, evidenciando alterações nos meios físico, biótico e antrópico.

A caracterização da área de estudo evidenciou que o aterro controlado de José da Penha/RN apresenta condições ambientais que favorecem a ocorrência de impactos negativos nos meios físico, biótico e antrópico.

A avaliação dos impactos foi realizada com base nos atributos de caráter, importância, cobertura, duração e reversibilidade. Os resultados com maior relevância estão associados à destinação e compactação de resíduos, exposição dos resíduos, formação de chorume, queima irregular, contaminação de águas subterrâneas, infiltração de chorume no solo.

Foram propostas medidas mitigadoras para os meios físico, biótico e antrópico da área estudada. As ações incluem controle de poluição, plano de recuperação de áreas degradadas, monitoramento ambiental e ações de educação ambiental.

Dessa forma, a pesquisa respondeu satisfatoriamente à questão norteadora proposta, ao demonstrar que o aterro controlado de José da Penha/RN apresenta impactos ambientais significativos sobre os meios físico, biótico e antrópico. Os resultados também permitiram confirmar a hipótese inicialmente estabelecida, evidenciando que a aplicação da Matriz de Leopold constitui uma ferramenta eficiente para a identificação e avaliação dos impactos ambientais associados a áreas de disposição de resíduos sólidos.

Por fim, espera-se que os resultados deste estudo possam contribuir para o planejamento e a gestão ambiental do município, fornecendo informações que auxiliem na tomada de decisão relacionada à recuperação da área e ao aprimoramento das práticas de gerenciamento dos resíduos sólidos. Recomenda-se ainda a realização de estudos futuros envolvendo monitoramento da qualidade do solo e da água, bem como avaliações periódicas da efetividade das medidas mitigadoras propostas, visando promover a recuperação ambiental da área e a redução dos impactos identificados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2024.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2025**. Disponível em: <https://www.abrema.org.br>. Acesso em: 20 mar. 2026.

ALMEIDA, R. F.; SOUSA, J. P. Impactos ambientais decorrentes da disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 6, 2022. Disponível em: <https://sustenere.co/index.php/rica/article/view/8124>. Acesso em: 30 mar. 2026.

ALMEIDA, R. S.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Avaliação de impactos ambientais aplicada ao planejamento ambiental. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, 2022. Disponível em: https://rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/742. Acesso em: 23 mar. 2026.

ARAÚJO, K, M. **Identificação de Impactos Ambientais no Sistema de Vazadouro a Céu Aberto- Lixão na Cidade de Caicó-RN**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB, 2024. Disponível em: KARINE MEDEIROS DE ARAÚJO- TCC ENGENHARIA AMBIENTAL 2024.pdf. Acesso em: 29 maio 2026.

BARROS, J. P. et al. Gestão ambiental em municípios de pequeno porte: desafios e limitações operacionais. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 10, n. 78, 2022. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/3278. Acesso em: 30 mar. 2026.

BARROS, L. S. S.; PREVIERO, C. A. Gestão de resíduos sólidos: a importância das legislações ambientais no contexto dos aterros sanitários. **Revista Sociedade Científica**, v. 8, n. 1, 2025. Disponível em: <https://journal.scientificsociety.net/index.php/sobre/article/view/935>. Acesso em: 23 mar. 2026.

BARROS, M. S.; ALMEIDA, J. R. Condições de trabalho e vulnerabilidade de catadores de materiais recicláveis. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 8, n. 18, 2021. Disponível em: <https://revista.ecogestaobrasil.net/v8n18/v08n18a08.html>. Acesso em: 30 mar. 2026.

BENARROS, J. B. V. et al (2025). Gestão De Resíduos E Os Impactos Da Lei N° 12.305/2010 No Brasil: Perspectivas Para A Sustentabilidade. **Revista DCS**, 22(81), e3135 (2025). Disponível em: <https://doi.org/10.54899/dcs.v22i81.3135>. Acesso em: 28 mar 2026.

BESSEN, G. R. et al. Coleta seletiva com inclusão de catadores: construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 8, n. 3, p. 18-35, 2020.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 1986. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/stories/downloads/Legislacao/Res_CONAMA_001_1986.pdf. Acesso em: 30 mar. 2026.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 15 maio. 2026.

COSTA, F. R.; BARROS, J. P. Impactos ambientais associados à disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 2, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/258741>. Acesso em: 14 maio. 2026.

COSTA, R. S. et al. Impactos ambientais decorrentes da disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, 2023.

COSTA, R. S.; FERREIRA, M. A. Gestão ambiental e medidas mitigadoras em áreas degradadas. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, 2022.

DIAS, F. B. et al. Aterros sanitários: gestão de resíduos sólidos e sustentabilidade ambiental. **Revista Ibero-Americana de Humanidades**, Ciências e Educação, v. 10, n. 12, 2024. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/17465/>. Acesso em: 23 mar. 2026.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. Disponível em: EMBRAPA Solos. Acesso em: 15 maio 2026.

ESNIS. **Relatório semestral: diagnóstico da gestão de resíduos sólidos urbanos em municípios do Alto Oeste Potiguar**. Pau dos Ferros, 2022.

FERREIRA, A. C. et al. Conflitos socioambientais associados à disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 14, n. 2, 2023. Disponível em: <https://sustenere.co/index.php/rica/article/view/9234>. Acesso em: 14 maio. 2026.

FERREIRA, A. C. et al. Impactos ambientais cumulativos e sinérgicos em áreas degradadas. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 14, n. 3, 2023. Disponível em: <https://sustenere.co/index.php/rica/article/view/9342>. Acesso em: 15 maio. 2026.

FERREIRA, A. C. et al. Aplicação de métodos de avaliação de impactos ambientais em áreas degradadas. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, 2021.

FILHO, A, L. et al. **Política Nacional de Resíduos Sólidos no Semiárido Potiguar: disposição final e impactos em pequenos municípios**. 2024. Disponível em: [8a90e673bf097f0041a2625fc08694b9d64f.pdf](https://sustenere.co/index.php/rica/article/view/9342). Acesso em: 28 maio 2026.

GARCIA, H. R. M. et al. Gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares no município de Fortaleza/CE, Brasil. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales**, v. 14, n. 2, p. 608-622, 2021.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GLASSON, J.; THERIVEL, R. Introduction to Environmental Impact Assessment. 5. ed. London: Routledge, 2021. Disponível em: <https://www.routledge.com/Introduction-to-Environmental-Impact-Assessment/Glasson-Therivel/p/book/9781138600751>. Acesso em: 22 mar. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Perfil territorial e ambiental – José da Penha/RN**. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **José da Penha/RN. Cidades e Estados**, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais – MUNIC 2023**. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/41994-munic-2023-31-9-dos-municipios-brasileiros-ainda-despejam-residuos-solidos-em-lixoes>. Acesso em: 20 mar. 2026.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE. **Perfil do seu município: José da Penha/RN**. Natal: IDEMA, 2008. Disponível em: Perfil José da Penha IDEMA. Acesso em: 15 maio 2026.

LEOPOLD, L. B. et al. **A procedure for evaluating environmental impact**. Washington: U.S. Geological Survey, 1971.

LIMA, J. F. M. et al (2025). Análise De Aspectos E Impactos Ambientais De Um Lixão. **Revista De Geopolítica**, 16(5), e743. Disponível em: <https://revistageo.com.br/revista/article/view/743>. Acesso em: 20 mar. 2026.

LUCAS FILHO, A. **Cenários e contextos: Análise da Gestão de Resíduos Sólidos em Municípios do Semiárido Nordeste Desafios e Perspectivas**. 2025.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2025. Disponível em: content. Acesso em: 28 maio 2026.

MADEIRA, G, R. et al. A contaminação das águas subterrâneas do aterro sanitário de Itabira (MG). *Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife, v. 15, n. 4, p. 1902-1925, 2022.

MADRILES, F, P. et al. **Avaliação dos Impactos Ambientais em Unidade de Conservação Urbana: Aplicação da Matriz Adaptada de Leopold no Parque Ecológico do Córrego do Cortado**, DF. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 27, p. e2702, 2026. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/78243>. Acesso em: 5 jun. 2026.

MARQUES, R. F. P. V. et al. **Impactos da disposição de resíduos sólidos urbanos no solo**. UFMG, 2021. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/67509>. Acesso em: 21 mar. 2026.

MARTINS, J. P.; LIMA, V. M. Recuperação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos. **Revista Geociências**, 2021. Disponível em: <https://revistas.ung.br/index.php/geociencias/article/view/4567>. Acesso em: 23 mar. 2026.

MARTINS, L. C. et al. Gestão de resíduos sólidos e degradação ambiental em municípios brasileiros. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 4, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/259418>. Acesso em: 13 maio. 2026.

MATHIAS, A. L. et al. **Gestão de resíduos sólidos**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/391807092_Gestao_de_Residuos_Solidos. Acesso em: 15 maio. 2026.

MEGERA CONCEIÇÃO, M. et al, (2024). A Viabilidade Econômica E Ambiental Da Gestão De Resíduos Sólidos No Brasil: Uma Análise Matematizada. **Revista Científica Interdisciplinar RECINTER21**, 1(1), e1101. Disponível em: <https://recinter21.org/recinter21/article/view/2>. Acesso em: 22 mar. 2026

Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA). **Resíduos sólidos urbanos**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/meio-ambiente-urbano-recursos-hidricos-qualidade-ambiental/residuos-solidos-urbanos/residuos-solidos-urbanos>. Acesso em: 14 maio. 2026.

MONTE, L, L, C.; MEDEIRO, B, J. **Caracterização da Disposição Final dos Resíduos Sólidos do Município De Água Nova/Rn**. *Geoambiente On-line*, Goiânia, n. 49, 2024. Disponível em: <https://revistas.ufj.edu.br/geoambiente/article/view/76876>. Acesso em: 5 jun. 2026.

MOREIRA, A. S. et al. Avaliação de risco ambiental em áreas de disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos. **Revista UniAraguaia**, v. 20, n. 1, 2025.

MOREIRA, R. S.; SILVA, J. F. Classificação e análise de impactos ambientais em estudos ambientais brasileiros. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 9, n. 21, 2022. Disponível em: <https://revista.ecogestaobrasil.net/v9n21/v09n21a05.html>. Acesso em: 13 maio. 2026.

MORGAN, R. K. **Environmental Impact Assessment: the state of the art**. Impact Assessment and Project Appraisal, 2021. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14615517.2020.1790014>. Acesso em: 23 mar. 2026.

NASCIMENTO, F, Aloma A; PINTO FILHO, J, L, Ol. **Os impactos ambientais dos resíduos sólidos urbanos**. *Enciclopédia Biosfera*, Jandaia-GO, 2021. 10.18677/EnciBio_2021D35. Disponível em: os impactos.pdf. Acesso em: 29 maio 2026.

NASCIMENTO, F. A. A.; PINTO FILHO, J. L. O. **Os impactos ambientais dos resíduos sólidos urbanos**. Enciclopédia Biosfera, 2021. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2021D/os%20impactos.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2026.

NASCIMENTO, M, A, L. et al. Processos erosivos e dinâmica ambiental em áreas de disposição de resíduos sólidos no semiárido brasileiro. **Revista GeoNordeste**, São Cristóvão, v. 33, n. 2, p. 145-162, 2022.

NEVES, R. R. et al. Entraves na implementação da gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales**, v. 14, n. 2, p. 817-828, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/354078735_ENTRAVES_NA_IMPLEMENTACAO_DA_GESTAO_DOS_RESIDUOS_SOLIDOS_URBANOS_NO_BRASIL. Acesso em: 15 maio. 2026.

NOGUEIRA, C. A. da S.; SOUSA, J. O. de. Disposição final irregular de resíduos sólidos no lixão do município de Coroatá, Maranhão (MA). **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, [S. l.], v. 13, n. 27, p. 3–13, 2025. Disponível em: <https://www.revistasuninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/articloe/view/1172>. Acesso em: 6 jun. 2026.

OLIVEIRA, J. P.; BARBOSA, M. S. Educação ambiental e gestão de resíduos sólidos urbanos em municípios brasileiros. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 18, n. 1, 2023. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/14464>. Acesso em: 13 maio. 2026.

OLIVEIRA, M. C. et al. Gestão de resíduos sólidos e saúde pública. **Revista de Saúde Pública**, 2022.

OLIVEIRA, R. L.; LIMA, J. P. Avaliação de impactos ambientais em áreas de disposição de resíduos sólidos urbanos. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, 2022. Disponível em: <https://www.sustenere.co/index.php/rica/article/view/9287>. Acesso em: 27 mar. 2026.

OLIVEIRA, R. S.; FERREIRA, M. A. Medidas mitigadoras aplicadas à gestão ambiental de áreas degradadas. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 4, 2022. Disponível em: <https://sustenere.co/index.php/rica/article/view/7812>. Acesso em: 14 maio. 2026.

OLIVEIRA, T. R. et al. Gestão de resíduos sólidos e impactos ambientais. **Revista Gestão & Sustentabilidade**, 2023.

OLIVEIRA, T. R.; BARBOSA, M. S. Avaliação de impactos ambientais e gestão sustentável. **Revista Gestão Ambiental**, 2023.

PEREIRA, A. C. et al. Logística reversa e economia circular na gestão de resíduos sólidos. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 10, n. 3, 2021. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/10083. Acesso em: 15 maio. 2026.

PEREIRA, J. S. et al. Métodos de avaliação de impactos ambientais: uma análise comparativa. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 2021.

PEREIRA, L. A.; SANTOS, R. M. Indicadores ambientais aplicados ao monitoramento de áreas degradadas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 2022.

PEREIRA, L. S. et al. Desafios da gestão ambiental em municípios de pequeno porte no Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 14, n. 1, 2023. Disponível em: <https://sustenere.co/index.php/rica/article/view/9017>. Acesso em: 27 mar. 2026.

PEREIRA, L. S. et al. Recuperação ambiental em áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 10, n. 24, 2023. Disponível em: <https://revista.ecogestaobrasil.net/v10n24/v10n24a04.html>. Acesso em: 25 mar. 2026.

PEREIRA, L. S. et al. Gestão de resíduos sólidos em municípios de pequeno porte no semiárido brasileiro. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 5, 2022. Disponível em: <https://sustenere.co/index.php/rica/article/view/8019>. Acesso em: 14 maio. 2026.

PORDEUS, A, B, P, Paiva. et al. **Influência da disposição final de resíduos sólidos nos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró/RN.**

Contribuciones a las Ciencias Sociales, São José dos Pinhais, v. 17, n. 7, p. 1-17, 2024. Disponível em: 133+Contrib..pdf. Acesso em: 28 maio 2026.

QUEIROZ, José Henrique Maciel de. **Gestão dos resíduos sólidos dos municípios do semiárido: estudo de caso das estações de transbordo de São Miguel e José da Penha-RN**. 2022. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Dinâmicas Territoriais no Semiárido) – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Pau dos Ferros, 2022. Disponível em: Dissertação UERN José Henrique. Acesso em: 15 maio 2026.

RODRIGUES, F. A.; ALMEIDA, C. M. Monitoramento ambiental em áreas impactadas. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2020.

RODRIGUES, J. B. et al, (2024). Avaliação dos Focos de Queimadas e Densidade de Calor na Área do Antigo Lixão do Timbuba/Pau-Deitado, São José de Ribamar – MA, Brasil. **Revista Brasileira De Geografia Física**.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. 3. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.

SANTOS, A. P.; FARIAS, C. R. O. Aplicação da matriz de Leopold na avaliação de impactos ambientais. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, 2022.

SANTOS, D. R. et al. Disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 2021.

SANTOS, E. F. et al. Licenciamento ambiental aplicado à gestão de resíduos sólidos urbanos. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 2, 2022. Disponível em: <https://sustenere.co/index.php/rica/article/view/7862>. Acesso em: 14 maio. 2026.

SANTOS, F, K, N.; PINTO FILHO, J, L, O. **Revisão integrativa sobre a gestão ambiental de resíduos sólidos em pequenos municípios**. Enciclopédia Biosfera, Jandaia-GO, 2022. Disponível em: revisao.pdf. Acesso em: 29 maio 2026.

SANTOS, F, M, N. et al. **Percepção ambiental da população do entorno de lixões em municípios no semiárido brasileiro**. Geoambiente On-line, Goiânia, 2024. Disponível em: Vista do PERCEPÇÃO AMBIENTAL DA POPULAÇÃO DO ENTORNO DE LIXÕES EM MUNICÍPIOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. Acesso em: 30 maio 2026.

SANTOS, M. A.; AQUINO, C. M. S. Métodos de avaliação de impactos ambientais aplicados ao planejamento ambiental. **Revista Geografia Acadêmica**, 2021. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/riga/article/view/6978>. Acesso em: 27 mar. 2026.

SILVA, D, L, M. et al. **Impactos ambientais decorrentes de um depósito de resíduos sólidos urbanos no município de Russas – CE**. Revista Gestão & Sustentabilidade, v. 5, n. 1, p. e14350, 2024.

SILVA, D. L. M. et al. Impactos ambientais decorrentes de um depósito de resíduos sólidos urbanos no município de Russas – CE. **Revista Gestão & Sustentabilidade**, 2023. Disponível em:

<https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RGES/article/view/14350>. Acesso em: 25 mar. 2026.

SILVA, G. M. A.; MACEDO, Y. M. **Análise dos impactos ambientais do lixão de Angicos/RN**. Geoconexões, 2024. Disponível em:

<https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/geoconexoes/article/view/14420>. Acesso em: 23 mar. 2026.

SILVA, P. R.; GOMES, L. F. Gestão de resíduos sólidos em municípios brasileiros. **Revista de Administração Pública**, 2023.

SILVA, R. S. et al. Uso da matriz de Leopold na avaliação de impactos ambientais em aterros. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, 2020.

SILVA, T. M.; COSTA, F. R. Limitações da gestão de resíduos sólidos em pequenos municípios brasileiros. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 6, 2021. Disponível em: <https://sustenere.co/index.php/rica/article/view/7326>. Acesso em: 30 mar. 2026.

SILVA, T. M.; MORAES, P. R. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos como instrumento de gestão ambiental. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 9, n. 69, 2021. Disponível em:

https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/2827. Acesso em: 15 maio. 2026.

SILVA, T. M.; OLIVEIRA, A. F. Aterro controlado e impactos ambientais: desafios da gestão de resíduos sólidos urbanos. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 10, n. 4, 2021. Disponível em:

https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/10174. Acesso em: 15 maio. 2026.

SOUZA, L. F.; LIMA, P. R. Impactos socioeconômicos da disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 10, n. 77, 2022. Disponível em:

https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/3210. Acesso em: 14 maio. 2026.

SOUZA, M. L.; SILVA, P. R. Avaliação de impactos ambientais e medidas mitigadoras. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, 2021.

SOUZA, R. F.; FERREIRA, M. A. Diretrizes ambientais aplicadas à disposição final de resíduos sólidos urbanos. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 4, 2022. Disponível em: <https://sustenere.co/index.php/rica/article/view/7704>. Acesso em: 14 maio. 2026.