



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

ANA LUIZA ELIAS MAIA

**PROPOSTA DE PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA PARA O
LIXÃO DE PAU DOS FERROS – RN.**

PAU DOS FERROS/RN

2024

ANA LUIZA ELIAS MAIA

**PROPOSTA DE PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA PARA O
LIXÃO DE PAU DOS FERROS – RN.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil

Orientador: Jorge Luís de Oliveira Pinto Filho ,
Prof. Dr.

Co-orientador: Anna Beatriz Pereira de Paiva
Pordeus.

PAU DOS FERROS/RN

2024

© 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.

M466p Maia, Ana Luiza.

PROPOSTA DE PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA
DEGRADADA PARA O LIXÃO DE PAU DOS FERROS ? RN. /

Ana Luiza Maia. - 2024.

59 f. : il.

Orientador: Jorge Luís.
Coorientador: Anna Beatriz.

Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2024.

1. Vazadouro a céu aberto. 2. Impactos
ambientais. 3. Recuperação Ambiental. I. Luís,
Jorge, orient. II. Beatriz, Anna, co-orient. III.
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.

ANA LUIZA ELIAS MAIA

**PROPOSTA DE PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA PARA O
LIXÃO DE PAU DOS FERROS – RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: 23/10/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jorge Luís de Oliveira Pinto Filho (UFERSA)
Orientador

Anna Beatriz Pereira de Paiva Pordeus
Co-orientadora

Prof. Dr. José Daniel Jales Silva (UFERSA)
Membro Examinador

Ms. Francisca Mirtes Nunes dos Santos
Membro Examinador

“Tudo tem seu tempo determinado, e há tempo para todo propósito debaixo do céu.”

(Eclesiastes 3:1)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder sabedoria, resiliência, coragem e direção, permitindo que eu não desistisse. Aos meus pais, Anna e Edson, minha base, que nunca medem esforços para me fazerem feliz e realizada. À minha irmã, Ana Beatriz, que sempre me apoiou e incentivou a estudar e a concluir este desafio. E ao meu noivo Kleber Filho, que sempre acreditou em mim, me impulsionou a finalizar o curso e nunca soltou minha mão. Obrigada por tudo. À minha cunhada Samara, por todas as orações.

Aos meus amigos da faculdade, que fiz para a vida, levo cada um inesquecivelmente: Lucas Arruda, que nunca mediu esforços para me ajudar; Lucas Menezes; Adna; Tailton; Paulinho; Djalma, à minha amiga e companheira de faculdade, Érica Carla, com quem choramos e sorrimos; só nós sabemos como foi árduo. À minha coorientadora Beatriz Pordeus, muito iluminada, e ao meu orientador Jorge pela orientação. Aos meus sogros, Ana Lúcia e Kleber, que sempre me apoiam e fazem tudo por mim; Dannuzia, pessoa muito especial.

Às minhas amigas de Pau dos Ferros, que estiveram comigo, apoiando, aconselhando, incentivando, gratidão: Bia Queiroz, Tarsila, Luna, Izadora, Laura, Ingrid, Joice, Daniella. Às minhas amigas do Ceará, obrigada por tudo: Anna Lúcia, Juliana, Nathália, Gabriela, Marianne, Ana Clara, Rafaela Costa, Beatriz, Samara. E todos os amigos que fiz no estágio, que levo no coração, foi um ano de muito aprendizado: Igor, Juliana, Vidal, Luana, Erivaldo, Dayse, Moisés, Pelé.

RESUMO

No Brasil, uma das maiores problemáticas ambientais é o gerenciamento do Resíduos Sólidos Urbanos, que em muitos casos são dispostos inadequadamente em vazadouro a céu aberto (lixão). A Política Nacional de Resíduos Sólidos implementada pela Lei nº 12.305/2010, prevê a proibição dos lixões e decreta o fechamento deles. Entretanto, os municípios de pequeno porte ainda estão em fase de encerramento, como é o caso do município de Pau dos Ferros/RN, que se localiza na região do Oeste Potiguar. Mediante a essa problemática viu-se a necessidade de um projeto de recuperação da área degradada do lixão do município através de um Plano de Recuperação de Área Degradada, objetificando caracterizar a área do lixão, além de avaliar os impactos ambientais e elaborar o plano de recuperação. A pesquisa se caracteriza como um estudo de caso. Para obtenção dos dados foi realizado visita in loco, registro fotográfico, e análise de imagens de satélite da área. Para obtenção dos principais impactos ambientais e sua significância foi elaborado uma matriz de interação, relacionando os meios bióticos e abióticos. Viu-se então que o melhor método de recuperação foi através da “Recuperação Simples”, que consiste no isolamento e identificação da área, limpeza do local, instalação de sistemas de drenagem de águas pluvias, preparação do solo e o plantio de mudas de espécies nativas. Também foi definidas medidas de monitoramento do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas e estimado os custos para a implementação.

Palavras-chave: Vazadouro a céu aberto; Impactos ambientais; Recuperação ambiental.

ABSTRACT

In Brazil, one of the biggest environmental issues is the management of Urban Solid Waste, which in many cases is economical in open dumps (landfill). The National Solid Waste Policy, broken by Law No. 12,305/2010, provides for the prohibition of landfills and decrees their closure. However, small municipalities are still in the closure phase, as is the case of the municipality of Pau dos Ferros/RN, which is located in the Oeste Potiguar region. Due to this problem, there was a need for a project to recover the degraded area of the municipality's landfill through a Degraded Area Recovery Plan, aiming to characterize the landfill area, in addition to evaluating the environmental impacts and preparing the recovery plan. The research is characterized as a case study. To obtain the data, an on-site visit, photographic recording, and analysis of satellite images of the area were carried out. To provide the main environmental impacts and their significance, an interaction matrix was created, relating biotic and abiotic environments. It was then seen that the best recovery method was through "Simple Recovery", which consists of isolating and identifying the area, cleaning the site, installing rainwater drainage systems, preparing the soil and planning species seedlings. natives. Monitoring measures for the Degraded Areas Recovery Plan and cost estimates for implementation were also defined.

Keywords: Open air leak; Environmental impacts; Environmental recovery.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Geração per capita de RSU nas regiões e Brasil, nos anos de 2010 a 2018.....	21
Figura 2 - Mapa de localização do município de Pau dos Ferros/RN.....	32
Figura 3 - Área do lixão (200 m x 500 m) de Pau dos Ferros/RN	33
Figura 4 - Vista Panorâmica do Lixão de Pau dos Ferros.....	36
Figura 5 - Vegetação presente em meio aos resíduos	36
Figura 6 - Vista área do terreno do lixão e adjacências	37
Figura 7 - Veículo compactador para coleta de Resíduos Sólidos e equipe	37
Figura 8 - Veículo de recolhimento de resíduos recicláveis	38
Figura 9 - Resíduos em meio a vegetação.	38
Figura 10 - Vista panorâmica da área do lixão.	39
Figura 11 - Máquinas encontradas na área do lixão.	39
Figura 12 – A: Exemplo de detalhe construtivo de camalhão em nível. B: Exemplo de camalhão de nível após o plantio de gramíneas	43
Figura 13 – A: Recobrimento dos resíduos com camada de solo e argila. B: Esquema de isolamento dos resíduos	44
Figura 14 - Sentido de escoamento das águas pluviais	44
Figura 15 - Configuração do poço de monitoramento.	45
Figura 16 - Localização dos poços de monitoramento de água subterrânea.....	46
Figura 17 – Representação da instalação da cerca viva.....	46
Figura 18 - Árvore Sabiá.....	47
Figura 19 - Cerca viva com Sabiá (Sansão-do-campo)	47
Figura 20 - Croqui de cerca para o projeto.....	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação dos impactos ambientais.....	24
Quadro 2 - Técnicas de recuperação de áreas degradadas	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Matriz de correlação de aspectos e impactos ambientais no lixão.	41
Tabela 2 - Espécies recomendadas para revegetação do vazadouro.	48
Tabela 3 - Estimativas dos custos da fase de planejamento do PRAD	50
Tabela 4 - Estimativa dos custos da fase de manutenção e monitoramento do PRAD	52
Tabela 5 - Estimativa de custo para a implantação de um sistema de irrigação simples	53
Tabela 6 - Estimativa de custos para o maquinário e mão de obra para o recobrimento dos resíduos	54
Tabela 7 - Total dos custos do PRAD	54

LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1: Componentes do sistema ambiental.....	25
Fluxograma 2: Fases da Pesquisa.....	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
AIA	Avaliação de Impactos Ambientais
APP	Área de Preservação Permanente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
IBAM	Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NBR	Norma Técnica Brasileira
PRAD	Plano de Recuperação de Área Degradada
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PIB	Produto Interno Bruto
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SEMARH/RN	Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte
TAC	Termo de Ajuste de Conduta
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVOS	18
2.1. Objetivo Geral	18
2.2. Objetivos Específicos	18
3. REVISÃO TEÓRICA	19
3.1. Resíduos Sólidos Urbanos	19
3.2. Impactos socioeconômicos e ambientais dos resíduos sólidos.....	22
3.3. PRAD	27
4. METODOLOGIA DE PESQUISA	31
4.1. Classificação da pesquisa	31
4.2. Área de estudo.....	32
4.1.1 Caracterização do Lixão no Município de Pau dos Ferros.....	32
4.3. Procedimentos metodológicos	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
5.1 Caracterização do lixão de Pau dos Ferros/RN.....	36
5.2 Destinação final e impactos ambientais dos resíduos sólidos.....	40
5.3 Elaboração do PRAD para recuperação da área degradada.....	42
5.3.1 Limpeza da área e construção de camalhões em nível	42
5.3.2 Recobrimento do lixão com solo	43
5.3.3 Construção de bolsões para retenção de águas pluviais	44
5.3.4 Implantação do monitoramento da água subterrânea	45
5.3.5 Implantação de cerca viva.....	46
5.3.6 Implantação da cobertura vegetal.....	47
5.3.7 Cercamento e identificação da área	48
5.3.8 Monitoramento da área.....	49
5.4 Custos para execução do prad para recuperação da área degradada.....	49
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	55
REFERÊNCIAS.....	56

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios os seres humanos produziram resíduos como parte da vida. Ao longo dos séculos as cidades foram se desenvolvendo e, com a Revolução Industrial, no século XVIII, o processo de urbanização foi desencadeado ao passo que a população crescia desordenadamente, o que ocasionou o padrão de consumo da sociedade contemporânea e os resíduos gerados por ele (Lima; Saraiva, 2022).

Atualmente, uma das maiores problemáticas ambiental da sociedade brasileira é o gerenciamento dos resíduos sólidos, sobretudo a sua destinação, onde em muitas localidades ainda é realizada em vazadouros a céu aberto (lixões), apesar da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), determinar que todos os rejeitos do país tenham uma disposição final ambientalmente adequada, com o intuito de erradicar os lixões. A disposição final inadequada dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) pode resultar no aumento da incidência de doenças, poluição hídrica e do solo, além de causar problemas à saúde pública (Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente, 2024).

No Brasil, de acordo com a Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (Abrema, 2023), no ano de 2022 a geração média per capita dos RSU foi de 1,4 kg por dia, correspondendo a mais de 77,1 milhões de toneladas de RSU geradas no ano. Além disso, desse total de resíduos gerados, 93% foram coletados, e estima-se que 61% dos desses resíduos foram encaminhados para aterros sanitários.

Ainda de acordo com dados apresentados pelo Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, a região Nordeste apresentou no ano de 2022 uma média per capita de geração de resíduos de 0,950 kg/hab/dia, apresentando um quantitativo de 83% de coleta dos RSU gerados, ocupando assim a última posição em comparação as demais regiões do país. Em relação a disposição final, somente 37% dos resíduos gerados são encaminhados para uma destinação ambientalmente adequada (Abrema, 2023).

Por conseguinte, no estado do Rio Grande do Norte que é constituído por 167 municípios, de acordo com projeções da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH/RN), no ano de 2022 apenas 12% desse total tratam os resíduos de forma adequada, enquanto os demais ainda depositam os resíduos sólidos urbanos em áreas de lixões (Tribuna do Norte, 2022).

Nesse cenário, a gestão dos resíduos sólidos por parte das administrações municipais é um dos grandes entraves para uma destinação correta dos RSU. A falta de mão-de-obra qualificada, equipamentos precários, a escassez de recursos financeiros e a aplicação

inadequada dos poucos recursos existentes são os principais problemas enfrentados pelas prefeituras brasileiras, principalmente nos municípios de pequeno porte, como os que fazem parte do Rio Grande do Norte (Marchi, 2015).

Enquadrado nessa realidade, e inserido no contexto dos municípios de pequeno porte no Brasil encontra-se o município de Pau dos Ferros, localizado na região do Alto Oeste Potiguar. Apesar de não possuir características tradicionais de cidades médias, Pau dos ferros dispõe de influência no desenvolvimento regional, muito ligado à rede de saúde e ensino superior instalada na localidade, aliada ainda, a um forte comércio local que atende o município e adjacências (Dantas; França, 2015).

De acordo com Costa e Souza (2019), o município está em constante desenvolvimento atrelado ao crescimento desordenado, sem o devido planejamento urbano, surgindo problemas socioambientais e uma progressiva geração de resíduos sólidos. Segundo Nobre *et al.*, (2021), são destinados diariamente cerca de 21,96 toneladas de resíduos a área do lixão municipal, pois ainda é o local de disposição final do município, e a média de geração per capita é equivalente a 0,72 kg hab./dia.

A PNRS estabeleceu prazos para implantação da disposição final ambientalmente adequada dos resíduos, que resulta na construção de aterros sanitários, até agosto do ano de 2014 (Brasil, 2010). Entretanto, o prazo foi revogado pela Lei Federal 14.026/2020, que alterou o marco do saneamento básico, e atualizou o prazo original da PNRS, inserindo novos prazos que vão dos anos de 2020 a 2024, escalonados conforme o porte populacional (Brasil, 2020).

Diante do exposto, e explanado o cenário atual do município de Pau dos Ferros e diante das legislações vigentes, houve o surgimento da problemática acerca da viabilidade científica, técnica e financeira para elaboração de um plano de recuperação de áreas degradadas por descarte inadequado de lixo em Pau dos Ferros-RN.

Como em agosto de 2024, encerra-se o prazo para que os municípios com menos de 50 mil habitantes deem disposição final adequada aos rejeitos dos resíduos sólidos, conforme estipulado pela Lei 14.206/2020, o município de Pau dos Ferros terá que encerrar as atividades de despejo dos RSU e elaborar medidas de recuperação da área degradada. De acordo com a Duarte e Schoenells (2024), o órgão ambiental competente poderá exigir do Município a elaboração do Projeto de Recuperação de Área Degradada (PRAD) que deverá definir as medidas necessárias à recuperação da área.

Nesse sentido, os Planos de Recuperação de Áreas Degradada consideram-se um importante instrumento para a gestão ambiental, que possibilita uma nova adequação para áreas

que se tornaram ambientalmente inviáveis, as medidas são baseadas em estudos que visam minimizar o impacto ambiental causado por determinadas atividades. Em referência a esse estudo, a elaboração do PRAD, será realizada com finalidade de melhorar e reestabelecer a vegetação e o solo que foram prejudicadas pelas ações executadas na área de atuação do lixão da cidade de Pau dos Ferros.

Essa Pesquisa é de cunho inovador, pois o projeto utiliza tecnologias ambientais, aplicadas a problemática dos impactos ambientais que a disposição inadequada dos resíduos sólidos que provocam danos e degradam o solo na localidade, bem como criar um material com procedimentos e metodologia para o encerramento do lixão e tem como principal objetivo a elaboração de uma proposta de PRAD para sanar o problema atual do município.

A estrutura do presente trabalho está dividido em: introdução, onde acontece a contextualização do tema e apresenta a justificativa e os objetivos, que são divididos em geral e específico; revisão teórica, elaborada através de um levantamento bibliográfico de conceitos na literatura e subdivide-se em Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), Impactos Socioeconômicos e Ambientais dos RSU, e PRAD e RSU; a metodologia que aborda e descreve a caracterização da pesquisa, a área de estudo, a caracterização da área e os procedimentos metodológicos; Resultados e Discussões e Considerações finais.

2 OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Apresentar soluções para os impactos ambientais causados pelo lixo no município de Pau dos Ferros – RN, através de um Plano de Recuperação de Área Degradada.

2.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar a área do lixo no município de Pau dos Ferros – RN;
- Avaliar os impactos ambientais da área do lixo no município de Pau dos Ferros – RN;
- Elaborar o Plano de Recuperação de Área Degradada do lixo no município de Pau dos Ferros – RN.

3 REVISÃO TEÓRICA

2.3. Resíduos Sólidos Urbanos

A Lei nº 12.305/2010 define resíduos sólidos como sendo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, cuja destinação final pode ser nos estados sólidos ou semissólidos, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas partículas tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam soluções técnicas ou economicamente inviáveis em favor da melhor tecnologia disponível (Brasil, 2010).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004), conceitua os resíduos nos estados sólidos e semissólidos os que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição, incluindo ainda os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, os gerados em equipamentos e instalação de controle de poluição, além de determinados líquidos cujas particularidades torne inviável o seu lançamento na rede de esgoto.

Apesar da Norma Técnica 10004, da ABNT, é necessário esclarecer que os resíduos radioativos não é objeto dela, pois são de competência exclusiva da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), bem como os resíduos de serviços de saúde, pois devem ser classificados conforme ABNT NBR 12.808/1993 (Pereira, 2019).

Viana, Silveiro e Martinho (2015), mencionam que caracterizar os resíduos sólidos significa identificar particularidades ou características próprias destes resíduos no que diz respeito à tipologia e à quantidade presente. A tipologia varia de acordo com o objetivo da caracterização, e podem ser agrupados de forma genérica em três aspectos principais : características físicas, características físico-químicas e características biológicas.

Segundo a Fundação Nacional da Saúde (FUNASA, 2007), as características físicas dos Resíduos Sólidos compreendem a compressibilidade, o teor de umidade, a composição gravimétrica, o cálculo per capita, que envolve a massa de resíduos sólidos produzida por uma pessoa em um dia (kg/hab. dia.) e o peso específico. Em relação as características químicas, pontua-se análises relacionadas ao poder calorífico, o potencial hidrogênio (pH), a alcalinidade, o teor de matéria orgânica e a relação carbono/nitrogênio (C/N) (Fundação Nacional da Saúde, 2007). O Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM, 2001), menciona que as características biológicas dos resíduos sólidos são determinadas pela população microbiana e pelos agentes patogênicos presentes no material.

Quanto à origem, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010), classifica os resíduos como sendo: domiciliares, provenientes de limpeza urbana, comércio e prestadores de serviços, de serviços públicos de saneamento básico, serviços de saúde, industriais, da construção civil, agropastoris, serviços de transporte e de mineração. Quanto a sua periculosidade a Norma Técnica 10004 (ABNT, 2004) classifica-os como:

Classe I (Perigosos): que apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, e oferece substancialmente risco a saúde e meio ambiente.

Classe II (Não perigosos): são os resíduos que não apresentam características com significativo risco a saúde e meio ambiente e divide-se em: Classe II A (Não inertes), que não se enquadram como Classe I e nem como Classe II B, e apresentam propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Os resíduos Classe II B (Inertes), não apresentam risco a saúde e ao meio ambiente e quando em contato com a água destilada ou deionizada, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água.

Os resíduos ainda podem ser classificados de acordo com suas características físicas, em secos e molhados, e pelas características químicas, em orgânicos e inorgânicos (Silva, 2014).

Além da classificação dos resíduos, outro aspecto importante é a sua geração. De acordo com Vallini (2009), a globalização está diretamente vinculada a crescente geração de RSU, uma vez que esta contribuiu consideravelmente para o incentivo ao desenvolvimento de um estilo de vida orientado ao consumo e uso excessivo de embalagens, atrelado como modelo de comportamento dos países desenvolvidos para os em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, sendo esse fato, umas das causas principais para a geração de resíduos sólidos.

De acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos, o Brasil teve registrado no ano de 2022 uma geração de 211 mil toneladas de resíduos por dia. O panorama também evidencia uma comparação da geração de resíduos no país entre 2021 e 2022, observando-se uma redução de 2% na geração de RSU per capita. O panorama retrata essa redução como consequência do índice de desemprego observado nos estados. Regionalmente, o Sudeste foi a região que apresentou a maior geração de RSU per capita, com cerca de 449 kg gerados por habitante em 2022, por outro lado, a região que menos contribuiu para o total nacional foi a região Norte (Abrema, 2023).

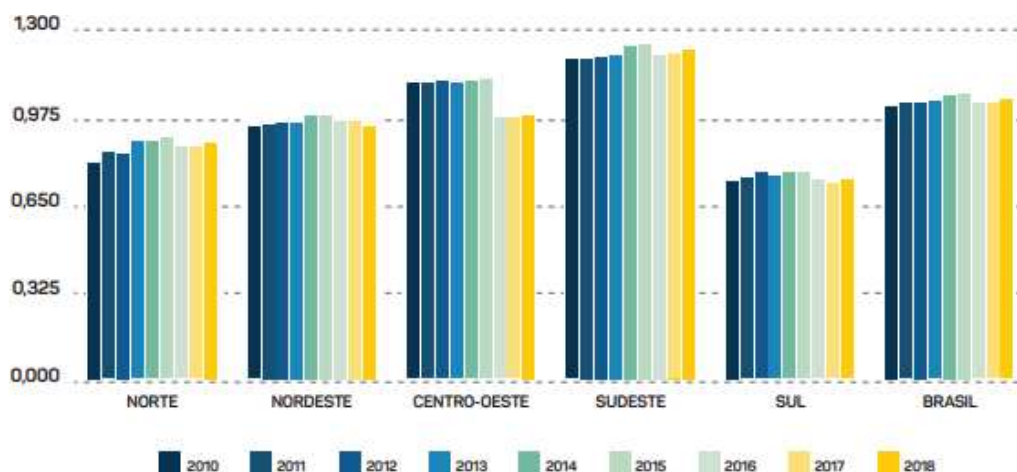
Apesar da PNRS estabelecer metas para o encerramento de lixões e de efetivar a

destinação dos resíduos para um local de destinação ambientalmente adequado, o Brasil em termos da quantidade de resíduos sólidos urbanos encaminhados para disposição final no ano de 2022, a disposição final adequada em aterros sanitários registrou um índice de 61% (aproximadamente 120 mil toneladas/dia), enquanto as unidades inadequadas, como lixões e aterros controlados, receberam mais de 76 mil toneladas de resíduos por dia, ou seja, mais de 39% dos RSU coletados são destinados a locais com elevado potencial de poluição ambiental e impactos negativos à saúde (Abrema, 2023).

Na região Nordeste, a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública (ABRELPE, 2019) registrou que a região possui uma quantidade de 454 aterros sanitários, 496 aterros controlados e 844 lixões, em comparação as demais regiões, no que diz respeito a geração de RSU é uma das regiões brasileira que menos produz resíduos, perdendo apenas para a região Norte, conforme apresenta a figura 1 com a representação gráfica do cenário de geração de resíduos entre os anos de 2010 a 2018.

No gráfico é possível perceber um aumento da produção de resíduos na região nordeste nos anos de 2014 e 2015 e uma redução no anos de 2016 até o ano de 2018. A fase de maior geração pode ser explicado pelo maior poder de compra da população e consequentemente gerava mais resíduos, já o decaimento nos anos de 2016 a 2018 deve-se a crise econômica brasileira que teve início no ano de 2014 (Barbosa Filho, 2017).

Figura 1 - Geração per capita de RSU nas regiões e Brasil, nos anos de 2010 a 2018.



Fonte: Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2011 a 2019 (ano-base 2010 a 2018).

No estado do Rio Grande do Norte, segundo dados da Secretaria de Estado de Meio

Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH/RN, 2022), apenas 20 municípios encaminham seus resíduos de forma adequada, enquanto os demais encaminham seus resíduos para área de lixões, e em alguns municípios ocorre a situação de contêm mais de um espaço como os citados.

Nos municípios de pequeno porte, existem desafios relacionados a informações confiáveis acerca da geração dos resíduos, além de tudo, esses não possuem quadros habilitados para o endereçamento de soluções regionalizadas e viáveis para suas realidades (Mendonça, 2022). Além disso, os pequenos municípios enfrentam problemas de limitação financeira e a deficiência de formação técnica do efetivo municipal, bem como a descontinuidade política e administrativa das ações.

Nesse contexto muitos municípios ainda não estão em conformidade com a PNRS, apresentando um cenário ambientalmente inadequado, com problemas de degradação ambiental devido à disposição final dos resíduos e a má gestão desses. Por outro lado, os municípios que cumprem a referida lei, possuem o aterro sanitário como dispositivo adequado da destinação final de RSU, porém ainda necessitam revisar os planos de gerenciamento municipal (Santos; Pinto Filho, 2022).

2.4. Impactos socioeconômicos e ambientais dos resíduos sólidos

De acordo com Fröhlich (2016), com o grande crescimento populacional, os resíduos também foram aumentando automaticamente. A grande produção de lixo, sendo descartado de maneira incorreta nos lixões municipais, causou grandes problemas urbanos e ambientais, que podem acarretar impactos ao ambiente e a sociedade.

A resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 1, de 23 de janeiro de 1986, considera impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais (Brasil, 1986).

Segundo Peralta (1997), entende-se por impacto ambiental, qualquer alteração significativa no meio ambiente, em um ou mais de seus componentes provocada pela ação antrópica. Um impacto ambiental é sempre consequência de uma ação.

Sánchez (2006) conceitua o impacto ambiental como sendo a alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocados por ação humana. Ou seja, provem de ações antrópicas, a Norma Brasileira ISO 14001 (ABNT, 2004),

define impacto ambiental como qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, dos aspectos ambientais da organização.

Pertinente a isso, o aspecto ambiental pode ser entendido como o modo através do qual uma ação humana causa um impacto ambiental. A geração de resíduos não é um impacto ambiental, impacto é a alteração na qualidade ambiental que resulta dessa geração. É a manifestação no receptor, seja este do meio físico, biótico ou antrópico (Sánchez, 2013).

Nesse sentido, embora não haja uma definição concreta, pode-se dizer que um impacto social é a mudança mensurável no bem-estar subjetivo duma população em resultado de um projeto, programa ou política (Lima; Wood Júnior, 2014). Gonçalves e Farias (2011), mencionam que a forma de como determinar o impacto passa pela regulamentação ambiental, de como minimizá-los, de como geri-los para então criar condições de sustentabilidade e garantir a sobrevivência das espécies futuras.

Mediante isso, os lixões são descritos como lugares destinados a descarga de resíduos sólidos sobre o solo sem medidas de proteção ambiental, o que gera impactos negativos ao meio ambiente, sobretudo no solo e na água. (Nascimento; Pinto Filho, 2021). Nesse sentido, uma medida importante para quantificar e denotar os impactos é a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), que trata de um instrumento regulador de política ambiental, ou seja, de um estudo amplo e aprofundado dos efeitos das intervenções ocasionadas pela ação humana no meio ambiente (Gonçalves; Farias, 2011).

O termo AIA entrou na terminologia e na literatura ambiental a partir da legislação pioneira que criou esse instrumento de planejamento ambiental, a National Environmental Policy Act – NEPA, a lei de política nacional do meio ambiente dos Estados Unidos. Essa lei, aprovada pelo Congresso em 1969, entrou em vigor em 1º de janeiro de 1970 e acabou transformando-se em modelo de legislações similares em todo o mundo (Sanchés, 2013).

Sanchés (2013) discute que a primeira norma de referência para avaliação de impacto ambiental no Brasil foi a Resolução CONAMA N° 1 de 1986. É essa resolução que estabelece a orientação básica para a preparação de um Estudo de Impacto Ambiental (EIA). Outras resoluções Conama e regulamentos estaduais e municipais estabelecem requisitos adicionais, essenciais para obtenção de licenças ambientais, conforme é estabelecido os procedimentos pelo órgão competente.

Por meio do EIA tem-se, portanto, a identificação e os efeitos dos impactos ambientais negativos e/ou positivos de empreendimentos com potencial impactante sobre os recursos ambientais, bem como a definição clara quanto aos possíveis comprometimentos dos recursos

ambientais pela implantação desse empreendimento ou qualquer atividade de intervenção ambiental ou social (Gonçalves; Farias, 2012). Assim, Gonçalves e Farias (2011) classificam os impactos ambientais como: 1. Diretos e indiretos; 2. Temporários e permanentes; 3. Benéficos e adversos; 4. Imediatos e a médio e longo prazos; 5. Reversíveis e irreversíveis; 6. Locais, regionais e estratégicos.

Os impactos ambientais, abrangem a área de influência (direta e indireta), o meio físico (ar, solo e água), meio biótico (fauna e flora) e antrópico (urbano e socioeconômico), e classificados segundo Bolea (1984), conforme os aspectos destacados no quadro 01.

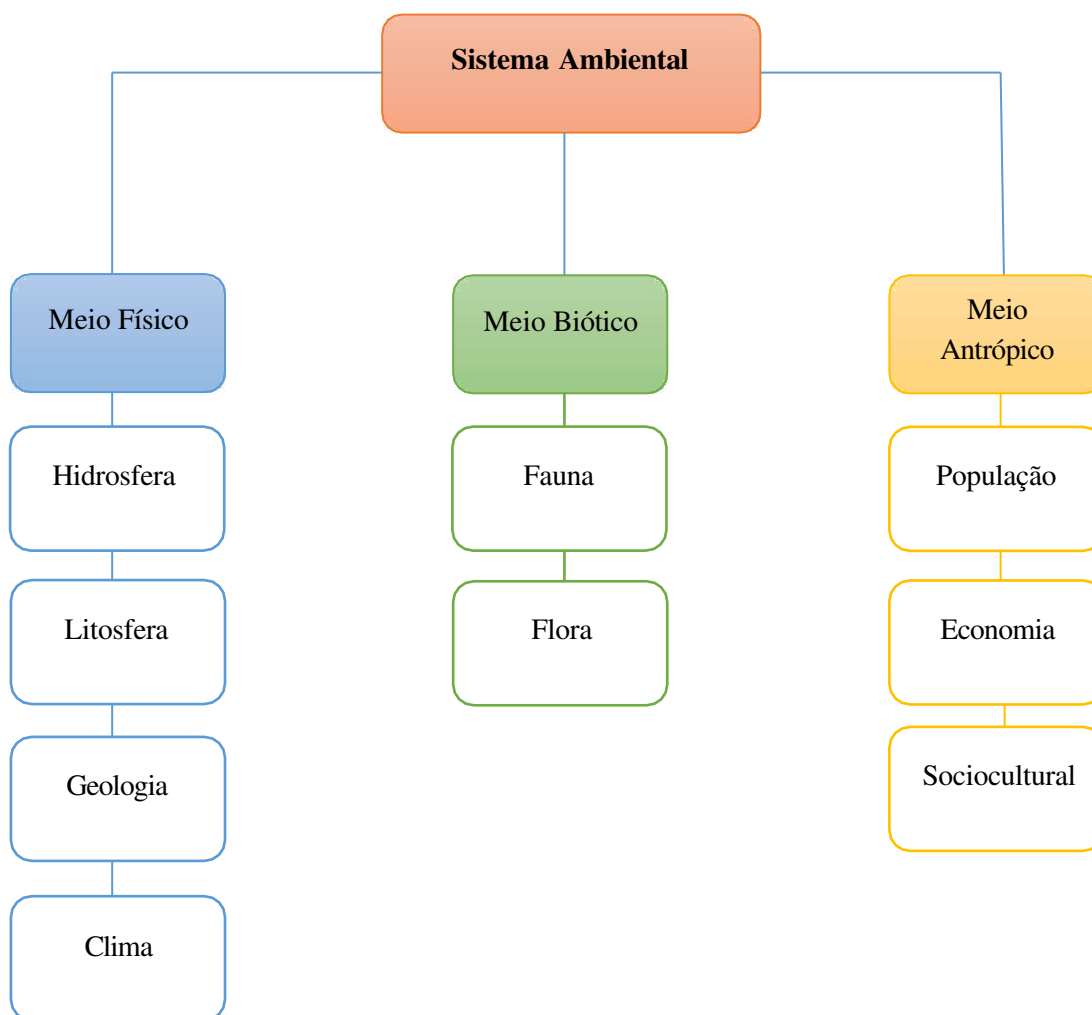
Quadro 1 - Classificação dos impactos ambientais.

CARACTERÍSTICA	DESCRIÇÃO
Natureza	Os impactos positivos são aqueles com efeitos benéficos, enquanto os impactos negativos são aqueles com efeitos adversos sobre o ambiente;
Incidência	Os impactos diretos são resultantes da ação sobre um determinado parâmetro ambiental, também chamado de impacto de primeira ordem. Os impactos indiretos resultam das alterações de um impacto de primeira ordem sobre um ou mais parâmetros ambientais, também chamados de impactos de segunda ou terceira ordem;
Abrangência	O impacto é local quando os efeitos se fazem sentir apenas nas imediações ou na área afetada (direta ou/e indireta), e o impacto é regional quando os efeitos se fazem sentir além das imediações do sítio onde se dá a ação;
Duração	Os impactos temporários são aqueles que se manifestam durante uma ou mais fases e cessam uma vez finalizada a ação impactante. Os impactos permanentes representam uma alteração definitiva de um componente do meio ambiente. São impactos que permanecem depois de cessada a ação que os causou. Os impactos cíclicos são aqueles que se manifestam com frequências periódicas, em intervalos de tempo determinados;
Efeito	Os impactos imediatos são aqueles que ocorrem simultaneamente à ação que os gera; impactos a médio ou longo prazo são os que ocorrem com certa defasagem em relação à ação que os gera. Pode-se definir prazo médio, como da ordem de anos, e o longo prazo, da ordem de mais de dois anos;
Reversibilidade	O impacto é reversível quando os efeitos ao meio ambiente podem ser revertidos ao longo do tempo, naturalmente ou por meio de medidas de controle ambiental corretivas. O impacto é irreversível quando os efeitos ao meio ambiente não podem ser revertidos, naturalmente ou por meio de medidas de controle ambiental corretivas.

Fonte: Adaptado de Bolea (1984).

Quanto ao meio, para análise da influência antrópica, é necessário entender os componentes do sistema ambiental, que se configuram como o meio físico, meio biótico e meio antrópico, conforme apresentado no Fluxograma 1 abaixo.

Fluxograma 1: Componentes do sistema ambiental



Fonte: Autor (2024).

No meio físico, os itens a serem abordados serão aqueles necessários para a caracterização de acordo com o tipo e o porte do empreendimento e segundo as características da região. Dentre esses itens incluem-se a caracterização do clima e condições meteorológicas da área potencialmente atingida pelo empreendimento, a qualidade do ar, os níveis de ruído, a geologia da área potencial atingida pelo empreendimento, a caracterização dos solos, além dos recursos hídricos, podendo analisar a água superficial, a água subterrânea e a qualidade das águas (Carvalho, 2018).

No meio biótico, serão abordados os itens para caracterização de acordo com o empreendimento e o porte, como a caracterização e análise dos ecossistemas terrestres nas áreas de influência, bem como os ecossistemas aquáticos na área de influência, destacando os recursos da fauna e flora (Carvalho, 2018).

E no meio antrópico, entre os aspectos cuja consideração e detalhamento podem ser necessários, incluem-se: caracterização da dinâmica populacional na área de influência do empreendimento, a caracterização do uso e ocupação do solo, com informações, em mapa, na área de influência do empreendimento, o quadro referencial do nível de vida na área da influência do empreendimento, os dados sobre a estrutura produtiva e de serviços, e caracterização da organização social na área de influência (Carvalho, 2018).

Gonçalves e Farias (2011) citam que para a obtenção de dados sobre os impactos ambientais originados por uma atividade modificadora do meio ambiente, utiliza-se métodos de avaliação de impactos ambientais, entre eles estão: o método Ad Hoc; método Checklist; método de Matrizes de Interação; método de Redes de Interação; método de Superposição de Mapas; método de Simulação; e Combinação de Dados.

Por conseguinte, a relação dos resíduos sólidos urbanos e meio ambiente, seu maior impacto está relacionado à disposição final, que inclui os lixões e aterros controlados. No aspecto ambiental, um dos impactos gerados por essas atividades é a poluição do solo, que pode alterar as características físico-químicas do solo, que representa uma séria ameaça à saúde pública tornando-se o ambiente propício ao desenvolvimento de transmissores de doenças (Mota, *et al.*, 2009). Estudos têm indicado que áreas próximas a aterros apresentam níveis elevados de compostos orgânicos e metais pesados, e que populações residentes nas proximidades desses locais apresentam níveis elevados desses compostos no sangue (Santos *et al.*, 2003).

Além dos problemas anteriormente destacados, outro ponto importante é a poluição do ar. A queima dos resíduos, quando não é realizada de forma adequada resulta em gases tóxicos para o ser humano, e contribuem para acelerar o processo do aquecimento global. A fumaça decorrente da queima do lixo é um dos pontos que mais incomoda a população (Lucena; Bastos, 2024).

De acordo com Lucena e Bastos (2021), os lixões apresentam problemas de cunho social, uma vez que esse ambiente é frequentado por catadores, a pesquisa elaborada por eles informa que essas pessoas podem estar sujeitas a problemas psicológicos, pois muitas delas são excluídas da sociedade, por terem como meio de subsistência o trabalho no lixão.

Além disso, os catadores que moram perto do lixão, não têm uma boa qualidade de vida, pois o processo de degradação do lixo produz gases tóxicos que atraem animais através do seu forte odor, como baratas, moscas, ratos etc. Esses vetores de doenças não ficam apenas no lixo, eles vão para as habitações em torno do lixão, levando consigo uma série de consequências, por

passarem a ser vetores transmissores de doenças (Lucena; Bastos, 2024).

Ainda relacionado ao aspecto socioeconômico, Golveia (2011), menciona que a reutilização de resíduos sólidos como insumo nos processos produtivos gera benefícios diretos, tanto na redução da poluição ambiental causada pelos aterros e depósitos de lixo como em benefícios indiretos relacionados à conservação de energia. Mota, *et al.*, (2009), cita que a reciclagem permite um aumento de emprego e renda para as populações mais pobres que podem trabalhar como catadores, desde que seja assegurado condições de trabalho dignas a essas pessoas, gerando deste modo melhorias ambientais para todo o processo.

2.5. PRAD

O Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), segundo Correia (2007), trata-se do conjunto de atividades a serem implantadas quando há necessidade de recuperação, restauração ou reabilitação de uma área degradada, visando sempre a estabilidade da paisagem.

Pertinente a isso, considera-se uma área degradada aquela que, após distúrbios, teve eliminados, juntamente com a vegetação, os seus meios de regeneração bióticos, e apresenta baixa resiliência, isto é, seu retorno ao estado anterior pode não ocorrer ou ser extremamente lento, sendo a ação antrópica necessária (Carpenezzi *et al.*, 1990).

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), na sua Instrução Normativa N° 14, de 01 de julho de 2024, define área degradada como uma área impossibilitada de retornar por uma trajetória natural, a um ecossistema que se assemelhe a um estado previamente conhecido (Ibama, 2024).

Outros conceitos importantes são os de Recuperação, Reabilitação e Restauração . Recuperação, significa que a área degradada retornará a uma forma e utilização de acordo com um plano pré-estabelecido para o uso do solo. Por tanto, a área degradada terá condições mínimas de estabelecer um novo equilíbrio dinâmico, desenvolvendo um novo solo e uma nova paisagem (Ibama, 1990).

Reabilitação, consiste no conjunto de tratamentos que buscam a recuperação de uma ou mais funções do ecossistema que podem ser basicamente econômicas e/ou ambientais (Viana, 1990). É atribuir ao ambiente degradado uma função adequada ao uso humano. Também é intervenção humana planejada visando à melhoria das funções de um ecossistema degradado sem necessariamente proporcionar o restabelecimento integral da composição, estrutura funcionamento do ecossistema preexistente, ou seja, do ecossistema de referência (Ibama, 2024).

Restauração, é o conjunto de tratamentos que visam recuperar a forma original do ecossistema, ou seja, a sua estrutura original, dinâmica e interações biológicas (Viana, 1990). Segundo Barbosa e Mantovani (2000), a restauração é um processo intencional para restabelecer um ecossistema com o objetivo de imitar sua estrutura, função, diversidade e dinâmica originais. Já a Norma Técnica N° 14 (IBAMA, 2024) define a restauração como a intervenção humana intencional em ecossistemas alterados ou degradados para desencadear, facilitar ou acelerar o processo natural de sucessão ecológica com vistas ao alcance do ecossistema de referência ou o mais próximo possível dele.

As áreas de lixões prejudicam o solo por diversos fatores, para isso é necessário abordar a tipificação das áreas degradadas, como, por exemplo, a erosão - é um processo natural e ocorre mesmo em ecossistemas em equilíbrio. A intervenção humana eleva a taxa de incidência desse processo gerando a “erosão acelerada”. A magnitude da erosão acelerada se relaciona às características do solo, às condições climáticas e ao uso e manejo dos recursos naturais (Hernani *et al.*, 2002). A erosão é ser classificada como geológica ou antrópica, e pode ser hídrica ou eólica. As principais consequências para o solo é a perda da capacidade produtiva, esgotamento dos mananciais de água; assoreamento de rios, açudes, represas; desmoronamentos, entre outros.

O solo também é submetido a deterioração química, que é a mudança nas propriedades químicas do solo do estado favorável para o desfavorável, o que resulta no decréscimo da produtividade do solo. O processo de degradação pode ocorrer devido à fertilização inadequada, lixiviação, inundação, prática da monocultura por longo tempo na mesma área, erosão, uso de água salina para irrigação em regiões áridas ou semiáridas e à calagem excessiva de solos ácidos (Fageria; Stone, 2006).

Outro processo em que o solo está submetido é a deterioração física, as propriedades físicas do solo influenciam principalmente as relações ar-água, a temperatura do solo e a resistência mecânica, que prejudica a emergência das plântulas ou o crescimento radicular e, conseqüentemente, afeta diretamente o crescimento das plantas. Nesse caso, está relacionado a compactação do solo, devido ao uso de máquinas pesadas (Fageria; Stone, 2006).

Visto isso, é necessário entender a composição do solo e a forma de degradação para implementar a melhor metodologia de recuperação da área degradada. De acordo com Boaventura, Cunha e Silva (2019), várias técnicas são utilizadas para recuperação de áreas degradadas e restabelecimento da biodiversidade, algumas estão citadas no quadro 02.

Quadro 2 - Técnicas de recuperação de áreas degradadas.

TÉCNICA	DESCRIÇÃO
---------	-----------

Semeadura direta	Alternativa ao método tradicional de plantio de mudas, além de ser menos onerosa. Essa técnica pode ser usada para o plantio de espécies que promovem adubação verde;
Plantio de mudas	Essa técnica é efetiva na ampliação do processo de nucleação. Nessa técnica, as mudas podem ser plantadas ao acaso, sem espaçamento definido ou em linhas intercaladas entre espécies pioneiras e não pioneiras, com espaçamento definido;
Adubação Verde	É realizada através do plantio de leguminosas e apresenta bons resultados na recuperação de áreas degradadas, além de ser mais viável por ser de baixo custo, já é amplamente utilizada na agricultura;
Nucleação	A técnica de nucleação se baseia na capacidade de uma espécie para melhorar o ambiente, e facilitar a ocupação dessa área por outras espécies secundárias;
Plantio de espécie nativas	As espécies nativas sejam parte do processo de recuperação. Isso porque elas são capazes de atrair animais silvestres que espalham sementes de outras espécies, aumentando a biodiversidade e auxiliando o processo de sucessão.

Fonte: Adaptado de Cunha e Silva (2019).

Outros métodos utilizados são os de bioengenharia. O princípio básico que norteia a bioengenharia de solos compreende a utilização de elementos inertes como: concreto, madeira, aço e fibras sintéticas em sinergismo com elementos biológicos como a vegetação, para isso utilizam-se as raízes e o caule como elementos estruturais e mecânicos para contenção e proteção de solo, em diferentes arranjos geométricos, atuando assim, no fortalecimento do solo, na melhoria das condições de drenagem e na retenção das movimentações da terra, são exemplos desses métodos as cercas vivas, geogrelhas, muros de arrimos, etc (Dias; Santos; Gomes, 2017).

Assim, a recuperação de áreas degradadas tem um papel fundamental no processo de preservação, restauração ambiental e suas funções. As técnicas de recuperação de áreas degradadas são utilizadas justamente para ajudar na restauração e recuperação do meio ambiente e da sua biodiversidade até então destruídas (Mariano; Aquino; Ferrarezi Júnior, 2022).

Na problemática dos RSU, o Ibam (2001) aborda que a recuperação de uma área degradada por deposição inadequada de lixo envolve a remoção total dos resíduos depositados, transportando-os para um aterro sanitário, seguida da deposição de solo natural da região na área escavada. Entretanto, medidas com essa torna-se onerosa, e inviabiliza economicamente este processo forçando a adoção de soluções mais simples e econômicas de modo a minimizar o problema.

Segundo Alberte, Carneiro e Kan (2005), a etapa inicial de recuperação de áreas degradadas por disposição de RSU corresponde à avaliação das condições de comprometimento ambiental do local. Esta etapa busca determinar as vias potenciais de transporte dos contaminantes e os riscos ambientais à população e à ecologia. A segunda etapa consiste na seleção de atividades remediadoras. Essas atividades têm o objetivo de reduzir a mobilidade,

toxicidade e volume dos contaminantes e estabilização do solo.

Em algumas áreas é comum a utilização da técnica de recuperação simples, quando detectado que no local não há contaminantes em potencial que possam prejudicar o ecossistema presente. Para Nogueira (2015), a recuperação simples se resume em realizar um recobrimento direto da massa de lixo com argila e solo natural e realizar a cobertura vegetal do local com espécies típicas da região, sem que haja remoção ou movimentação, completa ou parcial, dos resíduos.

Ainda de acordo com Nogueira (2015), uma vez constatado que a melhor técnica para recuperação seja a recuperação simples, os procedimentos necessários para execução dessa técnica consiste na avaliação da extensão da área a ser coberta com argila e solo; delimitação e isolamento da área; realizar a menor movimentação possível dos resíduos, quando necessária; realizar a drenagem de águas pluviais no entorno e sobre o maciço; aplicação de uma camada de recobrimento de, no mínimo, 50 centímetros de argila que apresente baixa permeabilidade e pequena susceptibilidade ao trincamento após compactação; a aplicação de uma camada de solo natural, terra vegetal ou composto orgânico para favorecer o plantio de espécies de raízes curtas e nativas da região.

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

3.1. Classificação da pesquisa

Uma pesquisa científica nasce a partir da formulação de um problema solucionável mediante as técnicas científicas (Gil, 2017). Pereira (2016) define pesquisa científica como atividade dirigida para solucionar problemas através de métodos científicos, ou seja, caracteriza-se por elencar procedimentos e técnicas a fim de solucionar problemas levantados pelo pesquisador, através de métodos científicos.

Gil (2002) aborda que a classificação da pesquisa pode ser feita com base em seus objetivos gerais. Nesse contexto, esse estudo classifica-se como uma pesquisa exploratória, na qual tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses, pois envolve o levantamento bibliográfico e a análise de exemplos (Gil, 2002).

Quanto à abordagem empregada nesta pesquisa, ela se classifica como qualitativa. Pereira (2016) comenta que no método qualitativo a pesquisa é descritiva, não podendo ser quantificada, sendo seus dados analisados indutivamente, sendo básico para isso a interpretação de fenômenos. Gil (2017) complementa afirmando que esse tipo de pesquisa é utilizado para estudo de caso e outras técnicas.

A pesquisa também se configura como um estudo de caso, e utilizou-se a técnica de observação, que segundo Beuren (2003), a técnica consiste em ver, ouvir e examinar os fatos ou fenômenos que se pretendem investigar. Portanto, a técnica da observação desempenha importante papel no contexto da descoberta e obriga o investigador a ter um contato mais próximo com o objeto de estudo.

Relacionada aos objetivos, a presente pesquisa se remete aos objetivos exploratórios. Gil (2017) reconhece que este objetivo proporciona familiaridade com o problema, tendo a intenção de torná-lo visível ou construir hipóteses, geralmente tomando para si a forma de estudo de caso e levantamentos bibliográficos.

Marconi e Lakatos (2017) definem pesquisa bibliográfica como uma espécie de produção científica, sucedida através de produções textuais, como artigos científicos, livros, jornais, revistas, resenhas e resumos. Pereira (2016) ressalta que este procedimento visa apurar as colaborações teóricas relativas a um assunto específico.

Já para Boccato (2006), a pesquisa bibliográfica busca o levantamento e análise crítica dos documentos publicados sobre o tema a ser pesquisado com intuito de atualizar, desenvolver o conhecimento e contribuir com a realização da pesquisa. Com a temática definida e

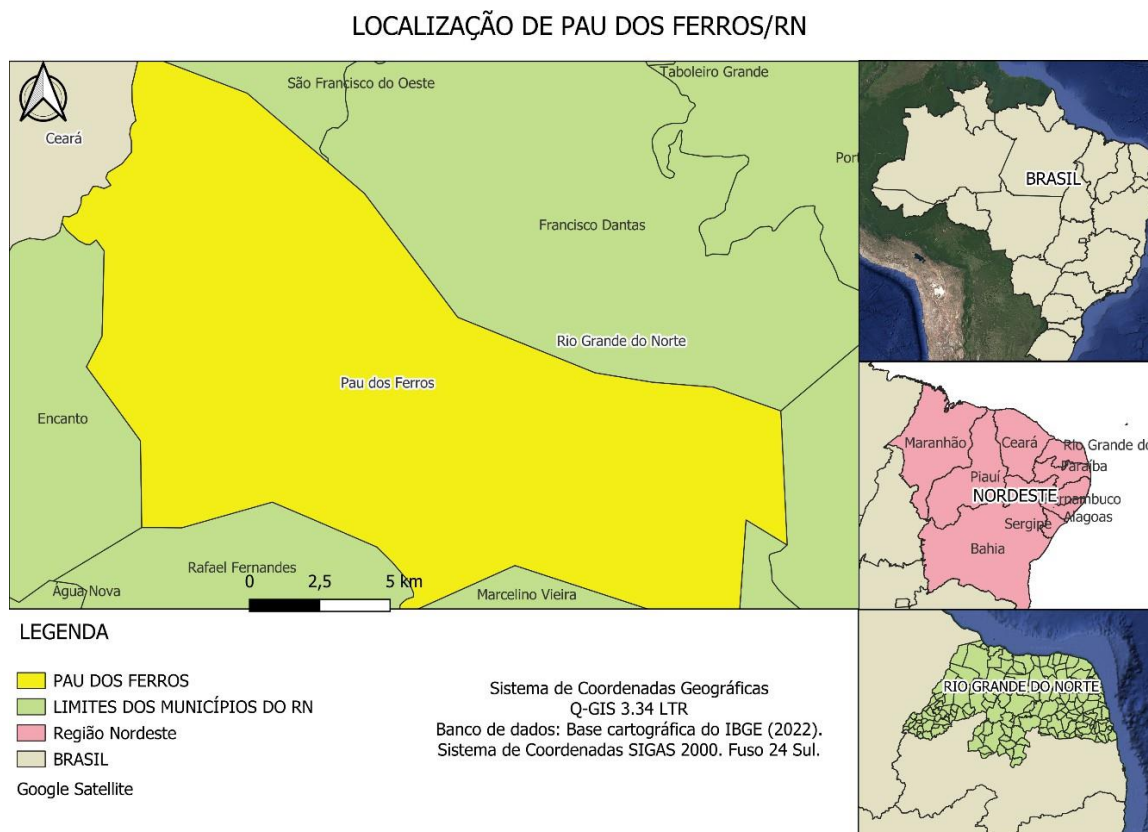
delimitada, o pesquisador terá que trilhar caminhos para desenvolvê-la.

Para Souza, Oliveira e Alves (2021), não basta realizar uma revisão bibliográfica que não irá contribuir no desenvolvimento, deve conter conhecimentos significativos que colaboram com a evolução do trabalho. Assim uma pesquisa bibliográfica se resume em procedimentos que devem ser executados pelo pesquisador na busca de obras já estudadas na solução da problemática através do estudo do tema.

3.2. Área de estudo

O município de Pau dos Ferros está localizado na mesorregião do Oeste Potiguar, pertencente ao estado do Rio Grande do Norte (Figura 1). O município detém uma população residente de 30.479 habitantes, dos quais 92% se encontram em zona urbana. Sua área geográfica equivale a 259,959 km² com uma densidade demográfica de 117,25 hab./km² (IBGE, 2022).

Figura 2 - Mapa de localização do município de Pau dos Ferros/RN.



Fonte: Autor (2024).

4.1.1 Caracterização do Lixão no Município de Pau dos Ferros

De acordo com dados da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (2024), o lixão está em funcionamento a aproximadamente 30 anos, o terreno não é propriedade do município, sendo esse alugado e localiza-se na zona rural, a aproximadamente 5 km de distância da zona urbana, o acesso se dá através da BR-226 e por uma estrada de terra.

A área territorial corresponde a 10,3 hectares, e recebe 736,50 toneladas de resíduos por mês. No local, também, encontra-se uma área de habitação, com cerca de 16 casas, além de um galpão construído pela prefeitura para ser o local de recebimento dos resíduos com finalidade de segregação visando a reciclagem. A Figura 03 detalha onde localiza-se o lixão.

Figura 3 - Área do lixão (200 m x 500 m) de Pau dos Ferros/RN.

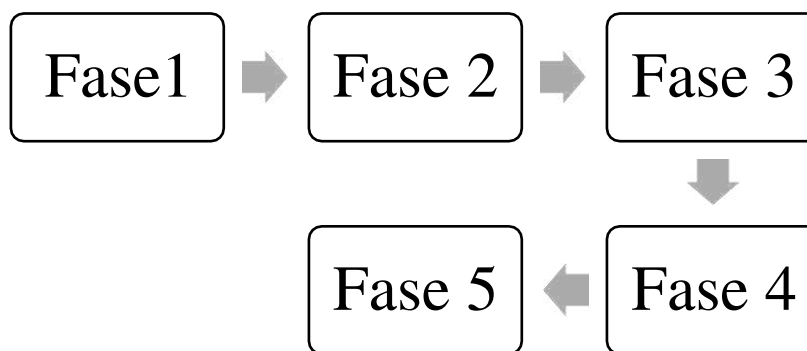


Fonte: Autor (2024).

3.3. Procedimentos metodológicos

A presente pesquisa é estruturada em fases que consistem em: 1. Levantamento bibliográfico; 2. Definição da área de estudo; 3. Definição dos métodos de pesquisa; 4. Obtenção dos dados e; 5. Organização do conjunto de informações para desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso, como apresentado no Fluxograma 2.

Fluxograma 2: Fases da Pesquisa.



Fonte: Autor (2024)

Na fase 1, teve início com a pesquisa bibliográfica, que tem finalidade de aprimoramento e atualização do conhecimento, através de uma investigação científica de obras já publicadas relevantes para conhecer e analisar o tema problema da pesquisa a ser realizada (Souza; Oliveira; Alves, 2021).

Os instrumentos utilizados na realização da pesquisa bibliográfica: livros, artigos científicos, teses, dissertações, anuários, revistas, leis e outros tipos de fontes escritas que já foram publicados. Para Fonseca (2002), a pesquisa bibliográfica é realizada a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos e páginas de web sites.

Na fase 2, foi realizado pesquisas bibliográficas em artigos científicos, monografias, teses e dissertações, referentes a problemática de resíduos sólidos e avaliação de impactos ambientais para conhecimentos técnicos e teóricos sobre o assunto.

Realizou-se a definição da área, Pau dos Ferros/RN é considerado uma cidade polo em relação aos municípios do Alto Oeste Potiguar, e tem uma relevância econômica e comercial para o desenvolvimento da região (Pessoa; Gomes, 2016).

Mediante isso, é importante para o município investigar e sanar os problemas ambientais, sobretudo com o lixo. As políticas públicas como a PNRS e PMSB, prevêm o encerramento dos lixões e a disposição adequada dos RSU.

Assim, a área de estudo foi definida diante da importância da recuperação da área onde está instalado o vazadouro a céu aberto, bem como para mitigar os impactos socioambientais causados por ela.

Na fase 3 foi realizado a escolha dos instrumentos de pesquisa, uma das medidas foi a observação, que para Gil (2002), constitui a maneira mais apropriada para conhecer a realidade,

tendo em vista que se caracteriza por um mínimo de intervenção do pesquisador no campo de estudo.

Com isso, é relevante para o estudo a observação da área do lixão do município de Pau dos Ferros, tendo em vista a situação atual para o planejamento das ações de recuperação. O levantamento de informações foi realizado através de visita em campo, e de dados obtidos na Secretaria Municipal de Meio Ambiente.

Realizou-se uma matriz de interação para elencar os principais impactos na área de estudo. Para as ações do PRAD, realizou-se pesquisa na literatura sobre métodos de recuperação e procedimentos para elaboração.

Na fase 4 ocorreu a obtenção dos dados, nessa fase foi abordado duas linhas de investigação. A primeira foi obtido através de visita em campo na área do lixão. Além disso, também foi realizado um registro fotográfico do terreno, e utilizou-se instrumentos de softwares de georreferenciamento como o Google Earth e Q-gis para caracterização da área de estudo.

Outra linha foi o diálogo com representantes da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, através de perguntas sobre a área de lixão, analisando como é feito a gestão, a organização da coleta dos resíduos e infraestrutura da área.

A fase 5 corresponde a organização do conjunto de informações para desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso. Para a finalização do estudo, primeiramente fez-se necessário conhecimento sobre o Software Q-Gis e o Google Earth, bem como normas e leis acerca de resíduos sólidos. Posteriormente, organizou-se os dados e informações obtidas através de fotos e visita in loco, com a obtenção de mapas de localização e imagens da área do lixão.

Em seguida, com diálogo com funcionários da SEMA obteve-se informações sobre o lixão, os tipos de resíduos que vão para o local, o tipo de coleta realizado pelo município e sua periodicidade, informações sobre a situação dos catadores, dados sobre a extensão do terreno e histórico de uso, além de como é realizado a gestão no município. Depois elecou-se os meios afetados pela área, os aspectos e impactos através das metodologias de Avaliação Ambiental, por meio de uma matriz de interação.

Por fim, após o diagnóstico e através de estudos na literatura estimou-se os métodos para a recuperação, espécies para o plantio e a planilha de custos da implantação do PRAD e monitoramento.

Após isso, os dados foram organizados conforme as normativas para o Trabalho de Conclusão de Curso.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Caracterização do lixão de Pau dos Ferros/RN

A presente pesquisa, tem como finalidade a análise da área voltada a recepção e disposição final dos RSU, o vazadouro a céu aberto do município de Pau dos Ferros – RN, como apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Vista Panorâmica do Lixão de Pau dos Ferros



Fonte: Autor (2024)

O vazadouro a céu aberto (lixão) do município de Pau dos Ferros– RN possui área de 200,7 x 142 m, e área total de 28,499,4 m². As primeiras atividades de recebimento dos resíduos no local começaram por volta do ano de 1994, com uma área de menor proporção ao passo que foi aumentando durante os quase 30 anos de funcionamento.

Atualmente, o terreno localiza-se a 5 km do centro da cidade, encontrando-se na zona rural do município. A área utilizada para o vazadouro a céu aberto é privada, locada a prefeitura municipal de Pau dos Ferros. Na Figura 05, é possível verificar os resíduos em meio a vegetação.

Figura 5 - Vegetação presente em meio aos resíduos.



Fonte: Autor (2024).

Foi constatado também a presença de habitações na área de influência direta do lixão. Segundo a Secretaria Municipal de Meio Ambiente, as residências pertencem a catadores que moram no local, são ao todo cerca de 16 casas no terreno (Figura 6). Segundo informações da SEMA, a Prefeitura Municipal de Pau dos Ferros está realizando acompanhamento desses habitantes, com assistência social para realocá-los em moradias na zona urbana.

Além disso, a Prefeitura também montou no local um galpão de triagem de resíduos, beneficiando os catadores, que realizam suas atividades pelo período da manhã.

Figura 6 - Vista área do terreno do lixão e adjacências.



Fonte: Autor (2024).

A coleta dos resíduos é realizada diariamente no centro da cidade, onde concentra-se a maior parte da área comercial, nos demais bairros a frequência é de três vezes na semana, e na zona rural é feita uma vez por semana. Segundo dados da SEMA, a coleta é feita por uma empresa terceirizada (Figura 7). Ainda de acordo com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente, são coletados diariamente um total de aproximadamente 24,55 ton, e mensalmente chega ao lixão municipal cerca de 736,50 ton de RSU.

Figura 7 - Veículo compactador para coleta de Resíduos Sólidos e equipe.



Fonte: Autor (2024)

Recentemente o município firmou parceria com o Aterro Sanitário da empresa Oeste Ambiental, localizado no município de Rodolfo Fernandes/RN, entretanto, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente traçou uma estratégia de segregação dos resíduos, o Projeto Recicla + PDF, e implementou coleta seletiva em dez bairros do município, para que somente os rejeitos sejam destinados ao aterro, a Figura 8 apresenta o veículo utilizado para a coleta de resíduos que podem ser reciclados.

Figura 8 - Veículo de recolhimento de resíduos recicláveis



Fonte: Autor (2024).

Em visita em loco, foi possível identificar que os resíduos que são recicláveis são separados em bags enquanto os demais são depositados no solo. É comum encontrar uma variação de material descartado. Os resíduos mais perceptíveis na investigação foram os plásticos, orgânicos, papel e papelão. Também foi perceptível a queima dos resíduos no local, como apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Resíduos em meio a vegetação.



Fonte: Autor (2024).

Também foi identificado focos de queimadas nos resíduos (Figura 10), como tentativa de redução do volume, porém, de acordo com Júnior *et al.* (2018), a queima irregular de lixo doméstico é um dos principais contribuintes para liberação de gases tóxicos, pois os resíduos em condições de combustão inferiores às ideais, produz partículas e gases nocivos chamados tipicamente de “cortina de fumaça”, destacando-se o monóxido de carbono (CO), metano (CH₄) e outros hidrocarbonetos leves, que podem ser nocivos à saúde humana.

Figura 10 - Vista panorâmica da área do lixão.



Fonte: Autor (2024).

A área conta com uma máquina retroescavadeira, que serve para o deslocamento e compactação dos resíduos (Figura 11).

Figura 11- Máquinas encontradas na área do lixão.



Fonte: Autor (2024).

Atualmente o terreno do vazadouro a céu aberto não é cercado, de acordo com a Secretaria de Meio Ambiente, está tramitando no município o processo de licitação para o cercamento da área.

O cenário encontrado na área do lixão apresenta sinais de degradação, principalmente na flora, uma vez que a vegetação nativa foi prejudicada pelos despejos dos resíduos no solo. O manejo dos resíduos. Esse panorama é bastante encontrado em municípios de pequeno e médio porte, principalmente por falta de recursos financeiros para arcarem com tecnologias e com a estrutura de um aterro sanitário.

Em comparação com outros estudos, Silva (2021), retrata que os resíduos sólidos no município de Alexandria/RN, são destinados a um vazadouro a céu aberto, os resíduos são aleatoriamente dispostos no terreno sem controle da entrada de pessoas e animais, além disso, na disposição dos resíduos não constam infraestrutura de triagem, compactação e tratamento dos resíduos.

5.2 Destinação final e impactos ambientais dos resíduos sólidos

O município de Pau dos Ferros realiza a gestão dos RSU através da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, a qual é responsável pelo planejamento, gerenciamento e execução de ações voltadas para esse aspecto do município.

Apesar do município ainda manter o lixão em atividade, o mesmo está desenvolvendo métodos para amenizar a destinação dos RSU ao local. Para uma melhor análise dos impactos ambientais da área de estudo, foi elaborado através das metodologias de Avaliação de Impacto Ambiental, uma matriz de interação, que relaciona os meios, com indicadores de impactos ambientais na área do lixão.

A matriz apresenta os indicadores de impactos ambientais nos meios físico, biótico e antrópico, em quase todos há ocorrência de impactos ambientais relacionadas as atividades no lixão, com exceção de alguns itens no meio físico, como o aumento no consumo hídrico, a escassez de água, a capacidade de carga do local, poluição sonora. No meio antrópico, referentes a qualificação profissional e erradicação de especulação imobiliária, as melhorias na infraestrutura para o turismo, a pressão nos serviços públicos, alterações das condições de segurança e projeção da região no cenário regional.

Isso pode ser explicado devido no terreno do lixão não ter o uso de água para as atividades, além disso, não gera poluição sonora por não possuir atividade capaz de produzir ruídos. Quanto aos fatores antrópicos, a área por ser afastada do município não tem qualquer meio de intervir em pontos turísticos, nem como em melhorias de infraestrutura, etc. A Tabela

01 apresenta a correlação de aspectos e impactos no lixão de Pau dos Ferros/RN.

Tabela 1 - Matriz de correlação de aspectos e impactos ambientais no lixão.

Meio físico	Solo	Alteração das propriedades físicas, biológicas e químicas	X
		Compactação do solo	X
		Capacidade de carga do local	0
		Indução de processos erosivos	X
	Ar	Geração de ruídos	X
		Emissões atmosféricas	X
		Poluição Sonora	0
		Alteração microclimática	X
	Água	Alteração da qualidade da água	X
		Aumento no consumo hídrico	0
		Uso consciente	0
		Escassez de água	0
Meio Biótico		Interferência na fauna local	X
		Interferência na flora local	X
		Alteração da estabilidade do ecossistema	X
Meio antrópico	Colaborador	Compromete a qualidade de vida local	X
		Qualificação profissional	0
		Geração de oportunidades	X
	Vizinhança	Alteração da paisagem	X
		Melhorias na infraestrutura para o turismo	0
		Alterações das condições de segurança	0
		Incômodos à comunidade	X
		Tráfego de veículos	X
		Geração de especulação imobiliária	0
		Geração de emprego e renda	X
		Utilização da mão de obra local	X
	Sociedade	Pressão nos serviços públicos	0
		Valorização cultural e ambiental	0
		Projeção da região no cenário regional	0
Significância		Natureza	2
		Ordem	1
		Abrangência	1
		Temporalidade	2
		Magnitude	3
		Reversibilidade	1
		Resultado	10

Município: Pau dos Ferros.

Indicadores de impactos ambientais das atividades nos lixões nos municípios: ocorrência (X), não ocorrência (0) e, não se aplica (-). Significância dos impactos ambientais das atividades no lixão no município: natureza (positivo - 1 e negativo - 2), ordem (direto - 1 e indireto - 2), abrangência (local - 1, regional - 2 e global - 3), temporalidade (curto - 1, médio - 2 e longo - 3), magnitude (fraco - 1, mediano - 2 e forte - 3) e, reversibilidade (reversível - 1 e irreversível - 2).

Resultado da significância dos impactos ambientais das atividades no lixão no município: muito baixo (entre 6 e 7,8), baixo (entre 7,9 e 9,6), razoável (entre 9,7 e 11,4), alto (entre 11,5 13,2) e, muito alto (entre 13,3 e 15).

Fonte: Autor (2024).

Também é possível salientar quanto a significancia dos impactos, todos os indicadores

apresentaram natureza negativa, e de ordem direta e abrangência local, uma vez que as atividades do lixão, apesar de ainda ser realizado a queima de resíduos e os aspectos socioeconômicos dos catadores, os impactos são pontuais e não abrangem outras áreas do município.

Pode-se também perceber que os impactos são de médio prazo e magnitude forte, apesar disso, foi constatado que eles são reversíveis, ou seja, com a metodologia adequada podem ser mitigados, tendo como resultado, uma significância razoável.

Tendo em vista os fatores apresentados, é de extrema importância a desativação do lixão de Pau dos Ferros para que a área seja recuperada, para isso se faz necessário a etapa preliminar de elaboração do Plano de Recuperação da Área Degradada – PRAD.

5.3 Elaboração do PRAD para recuperação da área degradada

Mediante isso, com base nas análises da área e nas visitas in loco, foi constatado que a melhor solução para a recuperação da área do lixão de Pau dos Ferros é a “Recuperação Simples”. Para Benfeito (2022), uma das vantagens na escolha dessa alternativa é a necessidade de equipamentos simples como trator de esteiras para a execução das operações necessárias para a cobertura do lixo, selagem, drenagem, entre outros.

Segundo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (2013), o projeto deverá assegurar o isolamento da área de fatores físicos ou biológicos que possam dificultar ou impedir sua consolidação e desenvolvimento, além da identificação da degradação existente no local. Posteriormente a este diagnóstico, são sugeridas medidas de mitigação com objetivo de diminuir o efeito dos impactos ambientais negativos, com base na escolha do uso futuro para área degradada (Azevedo, *et al.*, 2016).

Por tanto, após a escolha do método de “Recuperação Simples” foram elencadas as ações para o PRAD do lixão do município de Pau dos Ferros/RN, que são: a limpeza da área e construção de camalhões em nível; o recobrimento do lixão com solo; a construção de bolsões para retenção de águas pluviais; a implantação do monitoramento da água subterrânea; implantação de cerca viva; implantação da cobertura vegetal; cercamento e identificação da área e o monitoramento da área;

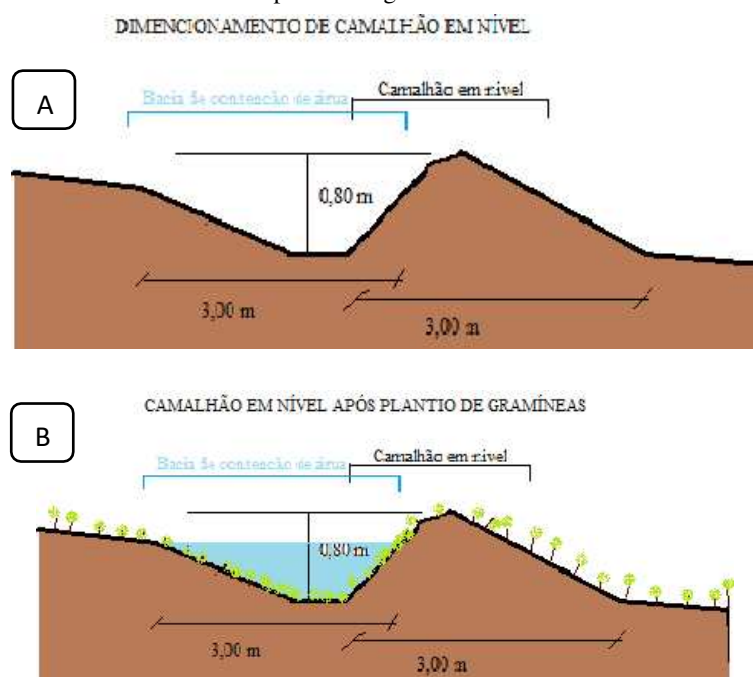
5.3.1 Limpeza da área e construção de camalhões em nível

Para a limpeza, inicialmente devem ser recolhidos os resíduos que estão soltos pelo terreno de forma a serem reorganizados adequadamente. Após essa medida, todos os depósitos com os resíduos devem ser recobertos com solo.

Posteriormente, a área deverá ser preparada para a implantação das intervenções propostas para a recuperação do local. É necessário identificar a área que oferecerá o empréstimo de solo para a cobertura dos depósitos de resíduos reorganizados, para o cenário de Pau dos Ferros, através de análise de imagens de satélite, viu-se que o melhor local para retirada do solo é dos terrenos adjacentes a área de estudo, pelas características dos solos serem semelhantes.

Para evitar que as águas pluviais infiltrem nos resíduos após seu aterramento, é importante que seja realizado a construção de camalhões em nível, que consiste em uma técnica que pode ser utilizada em solos planos e consiste na utilização de camalhões construídos com equipamentos para abertura de sulcos. A Figura 12, apresenta o detalhamento dos camalhões em nível, com dimensões, antes e após o plantio de gramíneas.

Figura 12 – A: Exemplo de detalhe construtivo de camalhão em nível. B: Exemplo de camalhão de nível após o plantio de gramíneas.



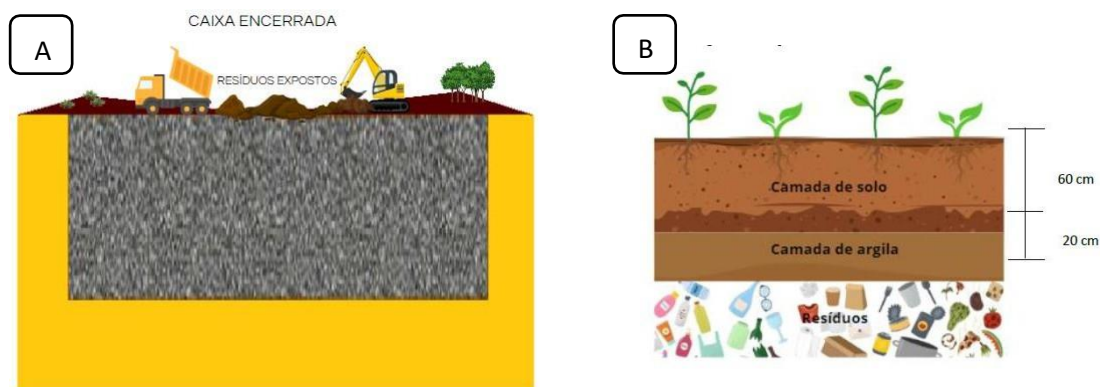
Fonte: Adaptado de Nishiyama, (2017).

5.3.2 Recobrimento do lixão com solo

O lixão deverá receber uma camada de solo (terra de cultura) de 60 cm para proporcionar o bom desenvolvimento da vegetação que deverá ser implantada. De acordo com Costa (2023), é importante que os resíduos sejam recobertos com uma camada espessa de impermeabilizante, evitando o contato direto com o solo onde a vegetação irá se estabelecer, de modo que não haja possibilidade de acesso de raízes aos contaminantes agregados aos resíduos.

Costa (2023), também ressalta que sejam utilizados uma camada de 20 cm de espessura de argila antes da camada de solo de 60 cm, para que a argila sirva como um impermeabilizante dos resíduos, e o solo para o projeto de recuperação deverá ser transportado de outra área com características semelhantes as da área a ser recuperada. A Figura 13 retrata o sistema de recobrimento dos resíduos.

Figura 13 – A: Recobrimento dos resíduos com camada de solo e argila. B: Esquema de isolamento dos resíduos



Fonte: Autor (2024), adaptado de Nishiyama, (2017)

5.3.3 Construção de bolsões para retenção de águas pluviais

Os bolsões são projetados para retenção de águas pluviais, e deverão ser construídos no sentido do escoamento superficial. Benfeito (2022), menciona que as águas pluviais precisam ser captadas e direcionadas para fora da área de destinação final, o autor sugere a construção de caneletas de concreto do tipo meia cana que vão do topo a base da área. Assim, esse conjunto de drenagem tem a função de captar as águas pluviais e conduzi-las de maneira a evitar que essas águas passem por cima dos resíduos rearranjados diminuindo os riscos de contaminação e também as chances de erosão na área.

A drenagem pluvial deverá seguir em direção a um bolsão de água pluvial escavado no solo que tem como objetivo reter a água no local facilitando assim o processo de infiltração das águas pluviais e consequentemente diminuir o escoamento superficial (Benfeito, 2022). A Figura 14 retrata o sentido de escoamento das águas pluviais do terreno.

Figura 14 - Sentido de escoamento das águas pluviais.



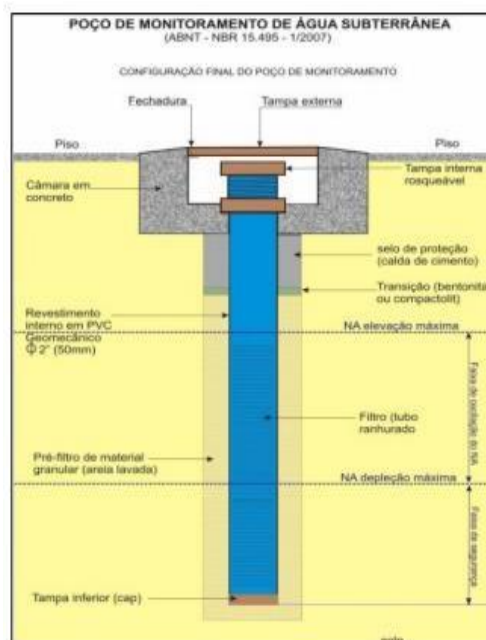
Fonte: Autor (2024).

5.3.4 Implantação do monitoramento da água subterrânea

Para o monitoramento da água subterrânea, é necessário a instalação de piezômetros nas proximidades do lixão, pois essa ferramenta visa monitorar a qualidade da água no entorno da área que recebeu os resíduos sólidos. Geralmente os piezômetros, consistem em um tubo de PVC cuja extremidade inferior é perfurada e envolta por manta geotêxtil, através da qual o líquido penetra, formando uma coluna equivalente à pressão externa atuante.

Deverão ser instalados dois piezômetros, a montante e a jusante no sentido do fluxo do escoamento preferencial do lençol freático, para o controle e monitoramento das águas subterrâneas (Figura 16), conforme NBR 15495-1 de 2007 versão Corrigida 2:2009 (Figura 15).

Figura 15 - Configuração do poço de monitoramento.



Fonte: Nishiyama, (2017).

Figura 16 - Localização dos poços de monitoramento de água subterrânea.



Fonte: Autor (2024).

5.3.5 Implantação de cerca viva

O plantio de cerca viva nas áreas que circundam o lixão tem como objetivo mitigar os odores transportados pelo vento, diminuir a poluição visual, minimizar a especulação de terceiros e coibir a entrada indesejada de pessoas no local. Para tanto, a escolha das espécies e o espaçamento do plantio são etapas fundamentais para que o cinturão verde cumpra seu papel com eficiência (PRAD, 2018). A Figura 16 apresenta a representação da cerca viva no terreno.

Figura 17 – Representação da instalação da cerca viva.



Fonte: Autor (2024).

Para isso, nos limites da área do lixão, junto à cerca, como função de cerca viva e de quebra vento, recomenda-se o plantio do Sansão-do-Campo, também conhecida como Sabiá, angiquinho-sabiá ou unha-de-gato (*Mimosa caesalpinieafolia*), de crescimento rápido, pode ser podado na altura desejada, é tolerante à luz e possui certa rusticidade, além de ser uma espécie típica da Caatinga (Carvalho, 2008).

Essa espécie torna-se vantajosa devido as suas características de adaptação aos solos nordestinos, além de necessitar de pouca manutenção.

Figura 18 - Árvore Sabiá.



Fonte: Ufersa (2018).

Figura 19 - Cerca viva com Sabiá (Sansão-do-campo).



Fonte: Souza Neto (2013).

5.3.6 Implantação da cobertura vegetal

Feito todo o procedimento necessário para a adequação da área, inicia-se o reflorestamento do local onde está o lixão. Para tanto, as espécies vegetais do entorno da área devem ser catalogadas.

A implantação de cobertura vegetal adequada e definitiva nas áreas onde foram finalizadas as atividades do lixão, é importante para a proteção ambiental, seja para conter processos erosivos, evitando a exposição de materiais contaminantes, seja para evitar a propagação de vetores (moscas, baratas, cachorros, garças, urubus, ratos, etc.).

O primeiro passo é a implantação de um estrato arbustivo vigoroso que proporcionará bons resultados a médio e longo prazos, dando suporte e condições para o estabelecimento de vegetações arbóreas que funcionam como dispersoras de sementes e possibilitam a regeneração natural que possam atrair a fauna. Esse processo levará a uma sucessão vegetal natural na área. A escolha das espécies deve se basear em porte e comprimento de raízes.

Faustino, da Silva e Lima (2020), verificaram em seus estudos que as espécies *Ricinus communis* (Carrapateira ou Mamona), *Nicotiana glauca* (Charuteira) e *Jatropha gossypifolia* (Pinhão roxo) são espécies pioneiras na recuperação de áreas com alto teor de matéria orgânica, como as áreas de lixões desativados.

Dessa forma, após a análise das espécies estudadas, para ter uma adaptação adequada na recomposição de solos degradados, recomenda-se a revegetação rasteira para recobrir os depósitos de lixo, assim como vegetação arbustiva nativa, para fácil manutenção, como consta na Tabela 02.

Tabela 2 - Espécies recomendadas para revegetação do vazadouro.

NOME	NOME COMUM	CARACTERÍSTICAS
<i>CYNODON DACTYLON</i>	Grama-seda, gramabermuda, capim coastcross	Resistente e tem rápido crescimento e regeneração. Tolerante a secas e altas temperaturas.
<i>CYPERUS ROTUNDUS</i>	Tiririca, junca, alhobravo	Erva daninha de difícil controle no campo, possui rápido desenvolvimento. Produz pequenos tubérculos de alto poder regenerativo.
<i>RICINUS COMMUNIS</i>	Carrapateira, Mamona	Planta de hábito arbustivo, com diversas colorações de caule.
<i>NICOTIANA GLAUCA</i>	Charuteira	Tipo arbustiva perene de até 6m, de copa aberta de folhas verde-azuladas.
<i>JATROPHA GOSSYPIIFOLIA</i>	Pinhão roxo	Arbusto de até 5 m, com ramos e folhas arroxeadas e pilosas quando jovens, com suco leitoso e acre (seiva). Possui folhas simples, lobadas, e flores arroxeadas e fruto do tipo cápsula.

Fonte: Adaptado pelo autor de Faustino, da Silva e Lima (2020).

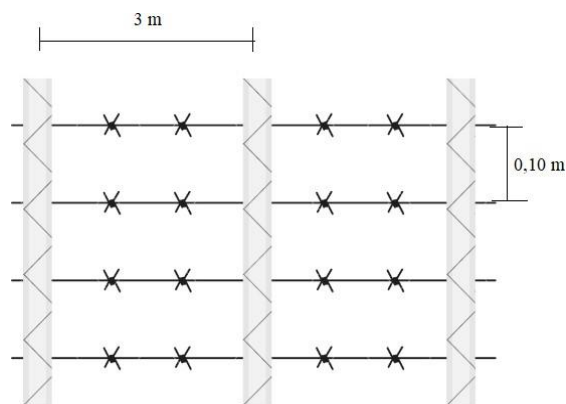
5.3.7 Cercamento e identificação da área

A área do lixão de Pau dos Ferros, deverá ser cercada com arame farpado, com espaçamento de 10 em 10 centímetros. Para o projeto recomenda-se o uso de quatro fios de arame farpado, fixados em mourões de concreto, com distância de 3 metros um do outro.

A identificação da área deve ser feita através de placas de advertência instaladas no entorno da área no intuito de informar a proibição da entrada de pessoas não autorizadas, seja para despejo e deposição irregular de resíduos no local, seja para coleta de materiais recicláveis.

A placa instalada deverá conter os dizeres “NÃO ULTRAPASSE” do lado de fora das cercas, evitando assim o acesso de pessoas e de animais. O projeto também prevê a construção de uma portaria com guarita 24h para garantir o monitoramento do local.

Figura 208 – Croqui de cerca para o projeto.



Fonte: Autor (2024).

5.3.8 Monitoramento da área

Para assegurar que a recuperação seja efetuada conforme o planejado, é preciso de medidas de monitoramento, tais como: realizar a manutenção da cerca de isolamento e do cinturão verde, evitando o acesso de pessoas não autorizadas e animais; monitorar o desenvolvimento da revegetação; verificar bimestralmente o ataque de formigas e outras pragas nas áreas de plantio e com a cerca viva; conferir queda, morte ou falhas de plantio, providenciar reparo/substituição imediatamente; realizar análises de água e percolados nos piezômetros instalados, semestralmente e o monitoramento do solo.

5.4 Custos para execução do prad para recuperação da área degradada

Os projetos de PRAD apresentam custos tanto para a sua implantação, quanto para seu monitoramento. Almeida *et al.*, (2017) apresentou um PRAD para uma antiga área de depósito de lixo, localizada em Planaltina/DF. No projeto foram previstos vários tratamentos para o solo, cujo relato dos autores apontam a área como extremamente degradada, elevando os custos de recuperação da área.

Já Borges *et al.*, (2011) fez um PRAD para recuperação de uma Área de Preservação Permanente (APP) do Córrego Vaca Brava em Goiânia/GO, em pontos da APP foram construídos edificações o que demandou uma limpeza maior da área. Porém, há uma subestimação nos custos com mudas e, principalmente, com mão de obra, sendo considerado valores de R\$ 3,00 e R\$ 32,00, respectivamente. Entretanto, esses valores atualmente estão defasados.

Já Almada *et al.*, (2016) propôs a recuperação de 1 ha de APP em Anápolis, estimando um custo total de R\$ 6.396,00. Em seu orçamento não constaram gastos com relatórios, profissionais habilitados, cercamento e sinalização da área, itens essenciais para realização de um PRAD e que explicaram o baixo valor desse projeto.

No caso do município de Pau dos Ferros/RN, os custos foram orçados com base no tipo de recuperação, “Recuperação Simples”, voltados para o aterramento dos resíduos e o plantio da vegetação. Os valores foram estimados conforme pesquisa de mercado no município.

Para a fase de implantação do PRAD foram orçados valores para os quantitativos estimados. Nessa etapa será necessário a obtenção de materiais referentes ao isolamento e identificação da área. Visto isso, é necessário a obtenção de arame farpado, mourões de concreto, e grampos para a construção da cerca, bem como placa de estacas para sinalização e identificação do terreno.

Na etapa de preparação do solo, foi orçado valores para o manejo de pragas visando o plantio, como a obtenção de iscas granuladas para o combate de formigas, bem como a roçagem para o controle de incêndios. Posteriormente, elencou-se a quantidade de produtos para fertilização do solo, através de adubos orgânicos, como húmus de minhoca, e as mudas para o plantio, juntamente com os materiais para a inserção das plantas no solo anteriormente preparado.

Para todas as atividades anteriormente destacadas foram estimados os custos da matéria-prima, mão de obra e dos profissionais técnicos responsáveis pela supervisão e elaboração de relatórios para o projeto, conforme descrito na Tabela 3.

Tabela 3 - Estimativas dos custos da fase de planejamento do PRAD.

ATIVIDADE	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	TOTAL
Cercamento	Arame	Rolo (500 m)	30	350,00	10.500,00
	Mourão	Und	700	40,00	28.000,00
	Grampos	Kg	10	25,00	250,00
	Mão de Obra	Diária	15	200,00	3.000,00
Subtotal					41.750,00
Sinalização	Placa 30x50	Und	1	400,00	400,00
	Estacas	Und	2	50,00	100,00
	Mão de Obra	Diária	1	100,00	100,00
Subtotal					600,00
Manejo de pragas antes do plantio	Iscas granuladas	500 g	6	13,99	83,94
	Mão de obra	Diária	2	140,00	280,00
Subtotal					363,94
Prevenção de incêndios	Roçadas	Diária	4	140,00	560,00
Subtotal					560,00
Insumos, preparo e plantio	Superfosfato simples	Pacote (50 Kg)	10	100,00	1.000,00
	Hidrogel	Pacote (1 Kg)	10	100,00	1.000,00
	Adubo orgânico	Pacote (20 kg)	200	30,00	6.000,00
	Tutores	und	4000	1,50	6.000,00
	Mudas	und	4000	7,00	14.000,00
	Coroamento e Roçado	Diária	20	100,00	2.000,00
	Abertura de covas	Diária	40	100,00	4.000,00
	Plantio de mudas	Diária	40	100,00	4.000,00
Subtotal					38.000,00
Supervisão Técnica	Responsável Técnico	Hora	180	70,00	12.600,00
	Profissional Habilitado	Hora	20	150,00	3.000,00

	Relatório do plantio	und	1	1.000,00	1.000,00
Subtotal					16.600,00

Fonte: Autor (2024), adaptado de Silva (2021).

Esse valor corresponde ao planejamento por hectare do terreno, ou seja, para cada metro quadrado de área o custo na fase de planejamento será de R\$ 1,66.

Na fase de manutenção e monitoramento, foram elencados os elementos necessários para os replantios das plantas nativas catalogadas para o PRAD, a quantidade e estimativa de custo, para essa atividade listou-se materiais como adubo, superfosfato, hidrogel, tutores para as mudas, bem como mão de obra para a preparação do solo e serviço de roçagem. Também se estimou a quantidade para utilização de produtos para o controle de pragas.

Por último, foi quantificado a quantidade de horas trabalhadas para a supervisão técnica, profissional responsável e para o relatório, como apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Estimativa dos custos da fase de manutenção e monitoramento do PRAD.

ATIVIDADE	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	TOTAL
Replantios (1° e 2°)	Superfosfato simples	Pacote (5Kg)	3	100,00	900,00
	Hidrogel	Pacote (1Kg)	3	100,00	300,00
	Adubo orgânico	Pacote (20kg)	20	30,00	600,00
	Tutores	und	400	1,50	600,00
	Mudas	und	400	7,00	2.800,00
	Coroamento e Roçado	Diária	5	100,00	500,00
	Abertura de covas	Diária	5	100,00	500,00
	Plantio de mudas	Diária	5	100,00	500,00
Subtotal					6.700,00
Manejo de pragas antes do plantio	Iscas granuladas	500 g	30	13,99	419,70
	Mão de obra	Diária	20	140,00	2.800,00
Subtotal					3.219,70
Tratos silviculturais	Roçagem	Diária	24	140,00	3.360,00

(Coroamento e Roçadas)					
Subtotal					3.360,00
Prevenção de incêndios	Roçadas	Diária	12	140,00	1.680,00
Subtotal					1.680,00
Supervisão técnica	Responsável Técnico	Hora	28	70,00	1.960,00
	Profissional Habilitado	Hora	21	150,00	3.150,00
	Relatório do plantio	und	6	1.000,00	6.000,00
Subtotal					11.110,00

Fonte: Autor (2024), adaptado de Silva (2021).

Mediante o plantio das mudas das espécies nativas, foi necessário realizar o orçamento para implantação de um sistema simples de irrigação. Esse sistema contará com materiais dos tipos: canos de PVC, válvulas de controle, emissores para o gotejamento, e filtro para a água . Além de um equipamento de bomba hidráulica e caixa para armazenamento de água com capacidade para 1000 L.

Também foram estimados valores e quantidades para a instalação do sistema, transporte e manutenção, como demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5 - Estimativa de custo para a implantação de um sistema de irrigação simples

ATIVIDADE	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	TOTAL
Materiais	Tubos de PVC (6m)	und	100	15,00	1.500,00
	Válvulas de controle	und	10	25,00	250,00
	Emissores – gotejadores (4L/h)	und	200	0,8	160,00
	Conectores e adaptadores	und	50	1,00	50,00
	Filtro de água	und	2	150,00	300,00
Subtotal					2.260,00
Instalação	Mão de Obra	Diária	1	1.000,00	1.000,00
Subtotal					1.000,00
Equipamentos	Bomba de água	und	1	800,00	800,00
	Reservatório (1.000 L)		1	500,00	500,00
Subtotal					1300,00

Outros Custos	Transporte	veículo		200,00	200,00
	Manutenção	anual	1	300,00	300,00
Subtotal					500,00

Fonte: Autor (2024).

Tendo em vista que a área construída em volta do lixão não fará parte desse projeto, foram estimados os valores para o recobrimento dos resíduos. Para essa etapa, realizou-se um orçamento referente a locação de veículos do tipo caçamba e retroescavadeira, além da mão de obra necessária para locomoção e operação das máquinas, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 - Estimativa de custos para o maquinário e mão de obra para o recobrimento dos resíduos.

ATIVIDADE	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	TOTAL
Máquinas	Veículo tipo caçamba	diária	10	200,00	2.000,00
	Veículo tipo retroescavadeira	diária	10	350,00	3.500,00
Subtotal					5.500,00
	Motorista	diária	10	140,00	1.400,00
	Operador de máquina	diária	10	140,00	1.400,00
Subtotal					2.800,00

Fonte: Autor (2024).

Portanto, para implantação do PRAD para recuperação da área do lixão de Pau dos Ferros/RN, estimou-se um custo total de R\$ 137.3030,64. Esse valor é considerado baixo em relação a outros métodos de recuperação, tratando-se de uma recuperação simples. Os valores totais dos custos estão dispostos na Tabela 7.

Tabela 7 - Total dos custos do PRAD.

ATIVIDADE	SUBTOTAL
Fase de planejamento	97.873,94
Manutenção e monitoramento do PRAD	26.069,70
A implantação de um sistema de irrigação simples	5.060,00
Maquinário e mão de obra para o recobrimento dos resíduos	8.300,00
TOTAL	137.303,64

Fonte: Autor (2024).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A problemática da disposição final de resíduos sólidos urbanos do município de Pau dos Ferros/RN retrata ainda um cenário inadequado, pelo despejo dos resíduos serem realizados no vazadouro a céu aberto, mesmo com o município implementando medidas para coleta seletiva e estratégias de diminuição do volume de resíduos a serem depositados, gerando assim impactos socioambientais a população que vive nas imediações do terreno.

O lixão do município de Pau dos Ferros/RN abrange uma área de 10 ha, o início do seu funcionamento se deu desde a década de 90, com aproximadamente 30 anos de uso. Ele localiza-se a 5 km do centro da cidade, estando na zona rural do município. No terreno e suas imediações foi constatado a presença de 16 casas, sendo habitadas por catadores. Além dessas edificações, a prefeitura estruturou no local um galpão de triagem de RSU.

Com isso, feito a análise das informações obtidas no presente estudo e através da caracterização da área degradada do lixão do município, constatou-se que a melhor alternativa para a reabilitação da área degradada é a elaboração de um PRAD, visando a adoção de técnicas de “Recuperação Simples”.

Para a proposta de implementação por meio da técnica de recuperação simples torna-se mais viável pelo seu custo ser considerado baixo. A proposta consiste em providência para isolamento e identificação da área com cercas e placas de advertências, realizar a limpeza da área e reorganização dos RSU, implementar sistemas de drenagem de águas pluviais e poços de monitoramento da água subterrânea, além de preparar o solo para a plantação de espécies nativas, adequadas ao local para o seu desenvolvimento.

Além disso, também foi elencado ações para o monitoramento, para a eficiência do projeto. Dessa forma, essas metodologias irão proporcionar as condições necessárias para o restabelecimento da vegetação no local, e assim mitigar os impactos causados pela disposição inadequada dos resíduos sólidos.

Por fim, os Planos de Recuperação de Áreas Degradadas são importantes instrumentos para a melhoria das áreas que foram modificadas por meio de danos e impactos socioambientais, como é o caso dos lixões, pois, esse proporciona um novo uso a área além de restabelecer o equilíbrio ambiental, e se realizados com eficiência traz resultados benéficos a curto e longo prazo.

REFERÊNCIAS

- ALMADA, E.; RODRIGUES, R.; SOUZA, S. B. Proposta de recuperação de uma área de preservação permanente no bairro Jardins do Lago em Anápolis - Goiás. **Revista Magistro**, v. 18, n. 9, p. 119-154, 2016.
- ALMEIDA, A. N.; RODRIGUES, N. G.; ANGELO, H. Recuperação ambiental da cascalheira do Parque Recreativo Sucupira (Planaltina, Distrito Federal, Brasil). **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 4, n. 7, p. 203-217, 2017.
- ARAÚJO, T. B. **Avaliação de impactos ambientais em um lixão inativo no município de Itaporanga – PB**. UEPB, Paraíba, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT. NBR 10004**: resíduos sólidos -classificação. Rio de Janeiro. ABNT, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE - ABREMA,. **A trajetória das medidas para encerramento dos lixões**. 2024. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/2024/06/28/a-trajetoria-das-medidas-para-encerramento-dos-lixoes/#:~:text=A%20disposi%C3%A7%C3%A3o%20final%20inadequada%20de,de%20intensificar%20as%20mudan%C3%A7as%20clim%C3%A1ticas..> Acesso em: 30 jun. 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE – ABREMA. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/panorama/>. Acesso em: 20 nov. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT. NT ISO 1404**: Sistema de Gestão Ambiental - diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio sistemas. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT. NBR 15495-1:2007 incorpora a Errata 1 de 25.05.2009**. Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulados Parte 1: Projeto e construção. Rio de Janeiro. ABNT, 2007.
- BARBOSA FILHO, F. de H. A crise econômica de 2014/2017. **Estudos Avançados**, [S.L.], v. 31, n. 89, p. 51-60, abr. 2017.
- BARBOSA, L. M; MANTOVANI, W. **Degradação ambiental: conceituação e base para o repovoamento vegetal**. WORKSHOP SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DA SERRA DO MAR E FORMAÇÕES LITORÂNEAS. Anais, São Paulo, SMA, 2000.
- BENFEITO, I. N. **Plano de Recuperação da Área Degradada do lixão de Campina Verde - MG**. 2022. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.
- BOAVENTURA, K. de J.; CUNHA, E. L. da; SILVA, S. D. Recuperação de áreas degradadas no Brasil: conceito, história e perspectivas. **Tecnia**, v. 4, n. 1, p. 1-21, 2019.

BOLEA, M. T. **Evaluación del impacto ambiental**. Madrid: Espanha, Fundación MAPFRE, 1984.

BORGES, E. A.; Gontijo, R. C.; Barcellos, V. C. A. **Plano de recuperação de área degradada (PRAD): trecho do Córrego Vaca Brava - Goiânia/GO**. Faculdade de Tecnologia Senac Goiás, TCC (Graduação), Goiânia, 2011.

BRANDÃO JÚNIOR, E. L.; BERNARDO, G. P.; BERNARDO, L. P.; NASCIMENTO, S. I. B. do; LIMA, B. F. R.; SILVA, K. V. C. C. da; CAVALCANTE, G. M. E.; RULIM, A. L. L.; DUARTE, J. O. Queima Inadequada de Resíduos Sólidos Domésticos, Principais Gases Tóxicos e Manifestações Clínicas: Uma Revisão de Literatura. **Id On Line Revista. Multidisciplinar de Psicologia**, v. 12, n. 42, p. 602-612, out. 2018.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010_2010_lei_112.pdf. Acesso em: 30 de jun de 2024.

BRASIL. Constituição (1986). Resolução nº 01, de 23 de janeiro de 1996. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Brasília.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. Embrapa Florestas, 2008, 17 p.

CARVALHO, M B de. **Avaliação de impactos ambientais**. 2018. Disponível em: https://pesquisador.ifma.edu.br/media/materiais/2271535/APOSTILA_IMPACTOS_AMBIE NTAIS_.pdf. Acesso em: 25 out. 2024.

COSTA, M. K. P. **Proposta de plano de recuperação de área degradada pela disposição de resíduos da construção civil e podas do município de São Gonçalo do Amarante/RN**. 2023. 43 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2023.

DANTAS, J. R. de Q.; CLEMENTINO, M. do L. M.; DE FRANÇA, R. S. A cidade média interiorizada: Pau dos Ferros no desenvolvimento regional. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v.11, n.23, p. 129-148, 2015.

DUARTE, P. A.; SCHOENELL, E. K.; **Encerramento de lixão e aterro controlado**. Brasília: Copyright -Confederação Nacional de Municípios – Cnm, 2024. Disponível em: <https://www.cnm.org.br>. Acesso em: 04 jul. 2022.

ENCONTROS NACIONAIS DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL, 18, 2019, Natal. Implementação da coleta seletiva em Pau dos Ferros-RN: Concepções baseadas a partir do Bairro Nações Unidas. Natal: Enanpur, 2019.

FRÖHLICH, B.. **Impactos ambientais do descarte dos resíduos sólidos dos serviços de saúde**. 2016. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2016.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6º ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GONÇALVES, L. M.; FARIAS, C. A. **Guia de Estudos em Impactos Ambientais métodos, planejamento, estudos e aplicações**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2011.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, [S. L.], v. 6, n. 17, p. 1503-1510, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL - IBAM. **GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Brasília: Governo Federal, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **IBAMA. Instrução Normativa Nº 14, de 01 de julho de 2024**, estabelece procedimentos para elaboração, apresentação, execução e monitoramento de Projeto de Recuperação de Área Degradada ou Área Alterada (PRAD) pelo administrado com vistas ao cumprimento da legislação ambiental em todos os biomas e suas respectivas fitofisionomias, Brasília, 2024.

ISMAEL, F. C. M.; LEITE, J. C. A.; SILVA, K. B. da. Proposta de um Plano de Recuperação para Área do Lixão em Pombal-PB. **Intesa**, Pombal, v. 7, n. 1, p. 1-10, dez. 2013.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A.; **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2017.

LIMA, G. M. R; WOOD JÚNIOR, T. The social impact of research in business and public administration. **Revista de Administração de Empresas**, v. 54, n. 4, p. 458-463, jul./ago. 2014.

LIMA, C. M. B.; SARAIVA, K. R. Análise crítica sobre a geração de resíduos sólidos e o modo de produção capitalista: abordagem no contexto do ensino na educação profissional e tecnológica (EPT). **Camine: Caminhos da Educação**, Franca, v. 14, n. 1, p. 14-34, 2021.

LUCENA, A. K. M. de; BASTOS, P. F. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais decorrentes do lixão no município de Passira - PE. **Revista Movimentos Sociais e Dinâmicas Espaciais**, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 1-19, 29 dez. 2021.

MARCHI, C. M. D. F.; Novas perspectivas na gestão do saneamento: apresentação de um modelo de destinação final de resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 91-105, abr. 2015.

MENDONÇA, M. C. de.; **Os pequenos municípios e os grandes problemas dos resíduos sólidos: caminhos para uma cidade sem (muito) lixo**. 2022. 46 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão Para a Competitividade., Fundação Getulio Vargas, São Paulo, 2022.

MOTA, J. C.; ALMEIDA, M. M. de; ALENCAR, V. C. de; CURI, W. F. **Características e impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos: uma visão conceitual**. I CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE SUBTERRÂNEO, 2011.

NOBRE, S. B.; SOUSA, C. R. C. de; BEZERRA, J. M.; MENDONÇA, E. V. P.; ROQUE, F.

S.; COSTA, H. C. G.; COSTA, T. T. da; RÊGO, A.T. A. do. Levantamento dos resíduos sólidos gerados no município de Pau Dos Ferros, Rio Grande do Norte / Survey of solid waste generated in the municipality of Pau Dos Ferros, Rio Grande do Norte. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 7, n. 6, p. 54056-54075, 1 jun. 2021. South Florida Publishing LLC.

PELLEGRINO, S. A. C. **Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos em Municípios de Pequeno Porte: Sistematização de Diretrizes e Procedimentos**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

PERALTA, E. Curso de evaluación ambiental. Apostila. 43 p. 1997.

PRAD - **Plano de recuperação de área degradada do “lixão” de Santa Vitória pela disposição inadequada de resíduos sólidos Urbanos**. Prefeitura Municipal de Santa Vitória– MG. 2016.

PRAD - **Plano de recuperação de área degradada**. PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA – PRAD PARA ENCERRAMENTO DO LIXÃO. PRAD de Encerramento do Lixão Municipal de São Luís de Montes Belos – Rev. 02. 2018.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos**. São Paulo: Oficina do Texto, 2006.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos**. São Paulo: Oficina do Texto, 2013.

SANTOS FILHO E.; SOUZA E.; SILVA R.; B. H. H. C.; INOMATA O. N. K.; LEMES V. R. R.; KUSSUMI T. A.; ROCHA S. O. B.; **Grau de exposição a praguicidas organoclorados em moradores de aterro a céu aberto**. Rev Saúde Publica, 2003.

SISSINO C. L. S.; MOREIRA J.C.; Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu, **Cad Saude Publica**, Niterói, 1996.

TRIBUNA DO NORTE. **No RN, 12% das cidades tratam o lixo de forma adequada**. Disponível em: <https://tribunadonorte.com.br/natal/no-rn-12-das-cidades-tratam-o-lixo-de-forma-adequada/>. Acesso em: 10 jul. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO - UFERSA. **Sabiá: informações gerais**. 2018. Disponível em: <https://projetoatinga.ufersa.edu.br/informacoes-gerais-sabia/>. Acesso em: 01 out. 2024.

VALLINI, G. Planning ahead: waste management as a cornerstone in a world with limited resources. **Waste Management & Research**, 27: 623, 2009. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0734242X09345600>

VIANA, V. M. Biologia e Manejo de Fragmentos de Florestas Naturais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1991, São Paulo. Anais... São Paulo: SBS, 1990. p. 113-118. v.1.