



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

KARINA ALBUQUERQUE DA SILVA

**PROPOSTA DE UM MODELO DE PLANO DE ENCERRAMENTO DE ATERRO
SANITÁRIO UTILIZANDO A FERRAMENTA DE APOIO
MULTICRITÉRIO À DECISÃO**

FORTALEZA

2024

KARINA ALBUQUERQUE DA SILVA

PROPOSTA DE UM MODELO DE PLANO DE ENCERRAMENTO DE ATERRO
SANITÁRIO UTILIZANDO A FERRAMENTA DE APOIO
MULTICRITÉRIO À DECISÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Civil. Área de concentração: Saneamento Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra.^a Ana Bárbara de Araújo Nunes.

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S58p Silva, Karina Albuquerque da.
Proposta de um modelo de plano de encerramento de aterro sanitário utilizando a ferramenta de apoio multicritério à decisão / Karina Albuquerque da Silva. – 2024.
199 f.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental, Fortaleza, 2024.
Orientação: Prof. Dr. Ana Bárbara de Araújo Nunes.
1. Gestão de resíduos. 2. Modelo decisório. 3. Sustentabilidade. 4. Aterro Sanitário. I. Título.
CDD 628
-

KARINA ALBUQUERQUE DA SILVA

PROPOSTA DE UM MODELO DE PLANO DE ENCERRAMENTO DE ATERRO
SANITÁRIO UTILIZANDO A FERRAMENTA DE APOIO
MULTICRITÉRIO À DECISÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Civil. Área de concentração: Saneamento Ambiental.

Aprovada em: 05/04/2024.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Ana Bárbara de Araújo Nunes (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Ronaldo Stefanutti
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dra. Elisangela Maria Rodrigues Rocha
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

A Deus. À existência. À vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus pela saúde a mim concedida, por sua graça e bondade que andam comigo todos os dias.

À Jesus Cristo pelo exemplo deixado de fé, amor, humildade e justiça.

Aos meus avós queridos João Ribeiro da Silva, Antonio Nobre de Albuquerque e Sebastiana Coelho da Silva (in memoriam) que me deixaram o legado da humildade, do amor, da bondade e do valor familiar. Vô Antonio, vô Jinoca e vô Sebastiana, recebam minha homenagem daí de cima. É para vocês. Amo vocês.

À Universidade Federal do Ceará (UFC) por proporcionar um ambiente acadêmico estimulante e pelos recursos que contribuíram para a execução desta pesquisa.

À minha orientadora (a), Ana Bárbara, sou profundamente grata pela orientação e apoio fornecidos ao longo deste trabalho. Sua dedicação e mentoria foram fundamentais para o desenvolvimento desta dissertação. Minha eterna gratidão.

A meus colegas de turma Thiago, Erik, Ana Carolina, Alyce e Marcos cuja colaboração e discussões enriqueceram significativamente meu processo e desenvolvimento neste período do mestrado. A troca de ideias e a camaradagem foram essenciais para superar os desafios encontrados. Os considero amigos mais chegados que irmãos.

À minha mãe Silvânia e a meu irmão Caio por me ensinarem todos os dias o verdadeiro significado da palavra família que se expressa através do mais genuíno amor.

À minha companheira de vida Fernanda pela compreensão, amor e apoio dado em todo o período de realização desta pesquisa.

À minha família como um todo e demais amigos, agradeço pelo apoio incondicional, paciência e compreensão durante os momentos intensos dedicados a esta pesquisa. Suas presenças foram meu alicerce e fonte de inspiração.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão da bolsa de pesquisa que viabilizou a realização deste trabalho. Expresso minha profunda gratidão à instituição por investir em meu desenvolvimento acadêmico e profissional.

Por fim, expresso minha gratidão àquelas cujas contribuições, mesmo indiretas, foram valiosas para esta pesquisa.

A todos, meu mais sincero obrigada.

“O saber a gente aprende com os mestres e os livros. A sabedoria se aprende é com a vida e com os humildes.”

Cora Coralina

RESUMO

O encerramento adequado de aterros sanitários é uma preocupação crescente devido aos impactos ambientais e sociais decorrentes da sua operação. Este estudo propõe um plano de encerramento de aterro sanitário empregando a ferramenta de apoio multicritério à decisão. A pesquisa aborda a necessidade de considerar múltiplos critérios, como aspectos ambientais, econômicos e sociais, na tomada de decisão relacionada ao encerramento de aterros. A metodologia proposta inclui a identificação dos critérios relevantes, a definição de alternativas de encerramento, a aplicação da ferramenta multicritério para avaliar as alternativas e a seleção da melhor estratégia de encerramento. A utilização desta abordagem visa garantir um encerramento sustentável, que minimize os impactos ambientais, promova a segurança pública e atenda às necessidades da comunidade local. Este estudo contribui para o avanço das práticas de gestão de resíduos sólidos, fornecendo um modelo sistemático para o planejamento do encerramento de aterros sanitários. O estudo adotou uma metodologia descritiva, explicativa e exploratória, buscando consultar especialistas para validar, a ordem indicada de passos em um processo de encerramento de aterros sanitários. A pesquisa iniciou-se com a busca por bibliografias, construindo uma base teórica sobre o assunto. Utilizou-se a técnica de *SNOWBALL* para selecionar 10 especialistas de diversas áreas, como engenharia ambiental, biologia e órgãos governamentais. Os resultados obtidos proporcionaram uma visão abrangente das percepções dos especialistas, destacando a diversidade profissional e institucional. A consistência nas respostas, principalmente entre professores universitários, sugere alinhamento de perspectivas no ambiente acadêmico. A abordagem multidisciplinar de profissionais com formação em engenharia ambiental e biologia enriquece as discussões sobre o tema. A presença de um engenheiro ambiental vinculado a uma construtora industrial adiciona uma perspectiva prática, conectando a academia ao setor privado. A concordância entre professores de diferentes universidades indica um consenso acadêmico em certos aspectos, fundamentando o conhecimento na área. A interconexão entre teoria e prática é evidenciada pela participação de profissionais atuantes na indústria, destacando a relevância das pesquisas acadêmicas para os desafios do mundo real. O modelo de Plano de Encerramento de Aterros Sanitários propõe uma abordagem estratégica para encerrar esses locais complexos. Baseado em resultados de uma dissertação, o plano segue diretrizes, enfatizando fases desde diagnóstico até manutenção pós-encerramento. Destaca-se por considerar critérios ambientais, econômicos e sociais. A ênfase na reabilitação visa minimizar impactos e integrar a área à comunidade. O monitoramento contínuo reforça a responsabilidade ambiental, tornando o plano valioso para a gestão sustentável de aterros sanitários.

Palavras-chave: gestão de resíduos; modelo decisório; sustentabilidade.

ABSTRACT

The proper closure of landfills is a growing concern due to the environmental and social impacts arising from their operation. This study proposes a landfill closure plan using the multicriteria decision support tool. The research addresses the need to consider multiple criteria, such as environmental, economic, and social aspects, in decision-making related to landfill closure. The proposed methodology includes the identification of relevant criteria, the definition of closure alternatives, the application of the multicriteria tool to evaluate alternatives, and the selection of the best closure strategy. The use of this approach aims to ensure sustainable closure, minimizing environmental impacts, promoting public safety, and meeting the needs of the local community. This study contributes to advancing solid waste management practices by providing a systematic model for landfill closure planning. The study adopted a descriptive, explanatory, and exploratory methodology, seeking to consult experts to validate the suggested steps in a landfill closure process. The research began with a literature search, building a theoretical foundation on the subject. The SNOWBALL technique was used to select 10 experts from various areas, such as environmental engineering, biology, and government agencies. The results provided a comprehensive view of the experts' perceptions, highlighting professional and institutional diversity. Consistency in responses, especially among university professors, suggests alignment of perspectives in the academic environment. The multidisciplinary approach of professionals with backgrounds in environmental engineering and biology enriches discussions on the topic. The presence of an environmental engineer linked to an industrial construction company adds a practical perspective, connecting academia to the private sector. Agreement among professors from different universities indicates academic consensus on certain aspects, grounding knowledge in the field. The interconnection between theory and practice is evident through the participation of industry professionals, emphasizing the relevance of academic research to real-world challenges. The Landfill Closure Plan model proposes a strategic approach to close these complex sites. Based on dissertation results, the plan follows guidelines, emphasizing phases from diagnosis to post-closure maintenance. It stands out for considering environmental, economic, and social criteria. The emphasis on rehabilitation aims to minimize impacts and integrate the area with the community. Continuous monitoring reinforces environmental responsibility, making the plan valuable for sustainable landfill management.

Keywords: decision-making model; sustainability; waste management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 - Ciclo dos resíduos sólidos urbanos.....	26
Figura 2 - Representação de um aterro sanitário	44
Figura 3 - Aterro sanitário com seus setores e componentes.....	47
Figura 4 - Fluxograma metodológico da pesquisa	56
Figura 5 - Fluxograma explicativo sobre a metodologia bola de neve.....	63
Figura 6 - Layout da aplicação da Fase 1 – Diagnóstico de Condição, no software <i>Visual Promethee Academic</i>	101
Figura 7 - Ordenamento da aplicação da Fase 1 – Diagnóstico de Condição, no software <i>Visual Promethee Academic</i>	102
Figura 8 - Ranqueamento em tabela da aplicação da Fase 1 – Diagnóstico de Condição, no software <i>Visual Promethee Academic</i>	102
Figura 9 - Layout da aplicação da Fase 2 – Iniciação da ação, no software <i>Visual Promethee Academic</i>	104
Figura 10 - Ordenamento da aplicação da Fase 2 – Iniciação da Ação, no software <i>Visual Promethee Academic</i>	105
Figura 11 - Ranqueamento em tabela da aplicação da Fase 2 – Iniciação da Ação no software <i>Visual Promethee Academic</i>	105
Figura 12 - Layout da aplicação da Fase 3 – Encerramento do aterro, no software <i>Visual Promethee Academic</i>	106
Figura 13 - Ordenamento da aplicação da Fase 3 – Encerramento do aterro, no software <i>Visual Promethee Academic</i>	107
Figura 14 - Ranqueamento em tabela da aplicação da Fase 3 – Encerramento do aterro, no software <i>Visual Promethee Academic</i>	107
Figura 15 - Layout da aplicação da Fase 4 – Pós-Encerramento, no software <i>Visual Promethee Academic</i>	109
Figura 16 - Ordenamento da aplicação da Fase 4 – Pós-Encerramento, no software <i>Visual Promethee Academic</i>	110
Figura 17 - Ranqueamento em tabela da aplicação da Fase 4 – Pós-Encerramento, no software <i>Visual Promethee Academic</i>	110

GRÁFICOS

Gráfico 1-	Quantidades de aterros sanitários ativos no Brasil (2002-2021).....	29
Gráfico 2 -	Quantidades de aterros sanitários ativos no Nordeste (2002-2021).....	30
Gráfico 3 –	Quantidades de aterros sanitários ativos no Ceará (2002-2021).	32
Gráfico 4 -	Na fase de Diagnóstico de Condição	72
Gráfico 5 -	Levantamento plano-altimétrico	73
Gráfico 6 -	Disposição de um sistema de drenagem para gases e líquidos	74
Gráfico 7 -	Planejamento de um sistema de drenagem de água para evitar motins de água (minas de água) na área circundante	74
Gráfico 8 -	Projetar um sistema de monitoramento para análise visual, química e ambiental do solo e da água.	75
Gráfico 9 -	Coleta de informações básicas sobre o tipo, composição, consistência, volume da liberação e caracterização dos resíduos existentes.	75
Gráfico 10 -	Avaliação dos riscos do local	76
Gráfico 11 -	Elaboração do Relatório Ambiental Preliminar com base em informações coletadas.	76
Gráfico 12 -	Desenvolvimento de projeto de cinturão verde na área, na faixa de 20% de descarte de resíduos.....	77
Gráfico 13 -	Identificação da sequência de encerramento das operações estruturais instáveis utilizadas no local.....	78
Gráfico 14 -	Avaliação documental relacionados ao aterro sanitário	79
Gráfico 15 -	Abordagem de mitigação e compensação para comunidade do entorno do aterro e para os trabalhadores do aterro.....	80
Gráfico 16 -	Na fase de Iniciação da Ação	81
Gráfico 17 -	Revisão do plano de fechamento com enfoque na eliminação de falhas	81
Gráfico 18 -	Definição de uma data de fechamento específica	82
Gráfico 19 -	Notificação ao órgão regulador sobre os procedimentos adotados	83
Gráfico 20 -	Desenvolvimento de plano de ação referente ao encerramento das atividades	83
Gráfico 21 -	Definição de indicadores de desempenho da parte técnica e dos processos	84
Gráfico 22 -	Elaboração de um plano de comunicação	85
Gráfico 23 -	Obtenção de aprovações e autorizações necessárias	85
Gráfico 24 -	Na fase de encerramento do aterro	86
Gráfico 25 -	Instalar cercas ou outras estruturas adequadas para impedir a entrada de pessoas não-autorizadas	87
Gráfico 26 –	Recolher o lixo restante ou entulho e colocá-lo na área de descarte e descartá-lo	

.....	88
Gráfico 27 - Cobrir todos os resíduos que possam estar expostos	88
Gráfico 28 - Verificar se as metas e ações estabelecidas na fase de diagnóstico de condição foram executadas.....	89
Gráfico 29 - Realizar o monitoramento de gases.....	90
Gráfico 30 - Implementação de sistemas de drenagem adequados para evitar o acúmulo de água no aterro sanitário	90
Gráfico 31 - Revestimento de taludes.....	91
Gráfico 32 - Monitoramento de águas subterrâneas	92
Gráfico 33 - Controle de poluição do ar	92
Gráfico 34 - Fase de pós-encerramento	93
Gráfico 35 - Avaliação técnica das condições das camadas de fundo	94
Gráfico 36 - Usar e manter a cobertura vegetal ao longo do tempo	94
Gráfico 37 - Realizar reparos necessários e operações de limpeza nas estações de transbordo para mantê-los totalmente funcionais	95
Gráfico 38 - Preparar relatórios abrangentes a cada 6 (seis) meses contendo informações ambientais, técnicas e socioeconômicas sobre uma investigação envolvendo avaliação de risco	96
Gráfico 39 - Inspeções semanais regulares.....	97
Gráfico 40 - Manutenção das estruturas	97
Gráfico 41 - Gerenciamento de Percolados	98
Gráfico 42 - Manutenção da cobertura final.....	99
Gráfico 43 - Atualização do plano de monitoramento.....	99

QUADROS

Quadro 1 - Definições contidas na Lei 12.305/2010.....	33
Quadro 2 – Critérios para instalação de aterros sanitários	44
Quadro 3 - Proposta de Monitoramento ambiental em aterros sanitários	49
Quadro 4 - Métodos de Análise Multicritério	54
Quadro 5 - Identificação dos (as) Especialistas abordados (as).....	64
Quadro 6 - Escala de médias	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Panorama nacional dividido por macrorregiões de disposição final de resíduos sólidos em 2021.....	27
Tabela 2 - Fases estabelecidas e suas respectivas quantidades de alternativas selecionadas ..	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
AIA	Avaliação de impacto ambiental
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
EUROSTAT	Serviço Estatístico da União Europeia
ELECTRE	<i>Elimination et choix traduisant la réalité</i>
FAMD	Ferramenta de Apoio Multicritério à Decisão
MMAD	Método Multicritério de Análise de Decisão
NBR	Norma Brasileira.
NEPA	<i>National Environment Protection Act</i>
PGIRS	Planos Intermunicipais e Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PGRS	Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PROMETHEE	<i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations</i>
RAP	Relatório Ambiental Preliminar
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
SUASA	Sistema Único de Atenção à Sanidade Agropecuária
TICs	Tecnologias de informação e comunicação
TOPSIS	<i>Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution</i>
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UFT	Universidade Federal do Tocantins

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo geral	17
2.2	Objetivos específicos	17
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1	O meio ambiente	18
3.2	Resíduos sólidos no Brasil	20
3.2.1	Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos	24
3.2.2	Disposição final de Resíduos Sólidos.....	26
3.2.3	Panorama de Disposição Final de Resíduos Sólidos	29
3.2.4	Aspectos Legais	32
3.2.4.1	Política Nacional de Resíduos Sólidos: A Lei 12.305/2010	32
3.2.4.2	Lei do Saneamento Básico: A Lei 11.445/2007.....	34
3.2.4.3	Novo Marco Legal do Saneamento: A Lei 14.026/2020	35
3.3	Impacto Ambiental	36
3.4	Aterros sanitários	39
3.4.1	Arcabouço Legal sobre aterros sanitários	40
3.4.2	Características físicas de aterros sanitários	43
3.4.3	Sistemas Operacionais em aterros sanitários.....	45
3.4.4	Monitoramento de Ambiental de Aterros Sanitários	48
3.4.5	Encerramento de atividades de aterros sanitários.....	50
3.4.6	Processos para encerramento de aterros sanitários no Brasil	51
3.5	Método multicritério de análise de decisão	53
4	METODOLOGIA	56
4.1	Procedimentos metodológicos	56
4.1.1	Revisão bibliográfica e coleta de dados	56
4.1.2	Seleção dos critérios e das alternativas para cada fase do processo de encerramento de aterros sanitários.....	57
4.1.3	Elaboração do questionário	60
4.1.4	Aplicação de questionário aos especialistas	63
4.1.5	Utilização do Método PROMETHEE	65
4.1.6	Elaboração do modelo do Plano de Encerramento de Aterro Sanitário	70

5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	71
5.1	Resultados da aplicação do questionário aos especialistas	71
5.1.1	Fase de Diagnóstico de Condição.....	72
5.1.2	Fase de Iniciação da Ação	80
5.1.3	Fase do encerramento do aterro.....	86
5.1.4	Fase do pós-encerramento	93
5.2	Resultados da utilização do método PROMETHEE	100
5.3	Modelo do Plano de Encerramento de Aterro Sanitário	111
6	MODELO DE PLANO DE ENCERRAMENTO PARA ATERROS SANITÁRIOS	114
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	115
	REFERÊNCIAS	115
	APÊNDICE A – FORMULÁRIO APLICADO AOS ESPECIALISTAS	119

1 INTRODUÇÃO

As formas de consumo cada vez mais acentuadas atreladas às mudanças nos meios de produção e ao crescimento de centros urbanos, vem ocasionando um aumento significativo na geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Neste sentido, é necessário que se encontre alternativas para a minimização de impactos negativos quanto, principalmente, a forma incorreta de destinação final desses resíduos.

Segunda a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública – ABRELPE (2020), entre os anos de 2010 a 2019, o Brasil produziu cerca de 79 milhões de toneladas de RSU por ano, com geração per capita de 379 kg/ano. A produção de resíduos sólidos aumentou cerca de 1%, atingindo um total de 216.629 toneladas diárias de RSU no país. Este índice é superior à taxa de crescimento populacional do país no período, que corresponde a 0,77%.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010, dispõe sobre princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos determinando, dentre outros, que a disposição final ambientalmente adequada para resíduos deve ser por meio de distribuição ordenada de rejeitos em aterros sanitários, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adverso (Brasil, 1998).

Mesmo a PNRS dispendo que os aterros sanitários devem ser a disposição final ambientalmente correta de resíduos domésticos, o fato é que a realidade ainda está distante disso. Na grande maioria das cidades brasileiras, a disposição final ainda é feita através de lixões, o que caracteriza lançamento de resíduos a céu aberto, colocando assim em risco o meio ambiente e a saúde humana.

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) em seu Diagnóstico do Manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos (2021), no Brasil, em 2020, foram coletados cerca de 92,7 milhões de toneladas de massa de resíduos sólidos sendo apenas 48,2 milhões destes dispostos de forma adequada em aterros sanitários, com os demais 44,5 milhões destinados a lixões, aterros controlados e demais destinações não contabilizadas.

Mesmo com todos os desafios existentes, tanto para estar em conformidade com as legislações vigentes como para a busca do desenvolvimento sustentável, na temática de gestão de resíduos sólidos, se faz necessária a presença de aterros sanitários para a correta disposição final.

Desta forma, quando utilizados pelo governo ou iniciativa privada, para essa correta

disposição final citada, certas regras de operação devem ser seguidas que vão desde o funcionamento inicial do aterro sanitário até o seu encerramento de atividades que acontece quando sua vida útil atinge o tempo máximo. Procedimentos de alta tecnologia deve estar em vigor antes, durante o desenvolvimento e fechamento, e nos anos seguintes ao encerramento do aterro sanitário, para evitar danos ou perigo à saúde pública e ao meio ambiente. A disposição eficiente exige projetos que sejam gerenciados de forma coerente, desde a seleção do local até ações de monitoramento ambiental relacionadas até o encerramento e período pós encerramento.

Projetos de aterros sanitários devem, a fim de evitar danos ambientais e sociais, desde o seu dimensionamento inicial, prever o tempo de vida útil dos mesmos. O tempo de vida útil de aterros sanitários chega ao fim quando é atingido o limite de volume de resíduos permitidos no local previstos no projeto inicial. Segundo Gurjão *et al.* (2019), um dos fatores que influenciam na vida útil de aterros sanitários é a composição dos materiais presentes nos Resíduos Sólidos Urbanos. Desta forma, atingindo-se o prazo final de funcionamento do aterro sanitário, deve-se começar os processos de seu encerramento.

Segundo a norma da ABNT NBR 13.896, a desativação de um aterro sanitário deve ser precedida por uma série de planejamentos e ações. Para tanto, é necessário que se hajam estudos relacionados aos passos que devem ser seguidos para o encerramento de aterros sanitários garantindo qualidade e eficiência em todos os procedimentos envolvidos visto serem processos que quando mal desenvolvidos, podem gerar grandes impactos negativos a curto e longo prazos (ABNT, 1997).

Desta forma, verifica-se a necessidade de definição clara desses processos de encerramento, com a finalidade de elaboração de modelos, com seus passos bem definidos e em um correto ranqueamento de ações, baseados em legislações vigentes e bibliografias sobre o assunto para aplicação nas mais diversas realidades de processos de encerramento de aterros sanitários.

Para tanto, uma ferramenta aplicável é a análise multicritério que segundo Francisco *et al.* (2007, p.13), é um método de análise de alternativas para a resolução de problemas que utiliza vários critérios relacionados ao objeto de estudo, sendo possível identificar alternativas prioritárias para o objeto considerado.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Elaborar um modelo de Plano de encerramento de aterro sanitário utilizando a ferramenta de apoio multicritério à decisão.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar um diagnóstico a respeito da disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil;
- Realizar um diagnóstico a respeito dos encerramentos de aterros sanitários realizados no Brasil;
- Apresentar um panorama geral sobre a quantidade de aterros sanitários no Brasil enfatizando a região nordeste e o estado do Ceará;
- Selecionar os processos mais utilizados de encerramento de aterros sanitários no Brasil, seguindo seu ranqueamento de importância, através de método de tomada de decisão com a ferramenta de análise multicritério.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O meio ambiente

A ciência ambiental, ou as ciências ambientais, possui uma complexidade que deriva, em grande medida, da necessidade de uma resposta frente à fragilidade ambiental e procura contrapor-se à visão antropocêntrica de uma terra a “serviço” do homem. Ferreira, Gomes e Dantas (2021), ciências ambientais podem ser consideradas interdisciplinares e de acordo com Fazenda (1994 apud Rocha, 2001, p.2) existem quatro caminhos para a interdisciplinaridade:

1. Reter ou instalar a ideia de unidade e síntese;
2. Emergência de programas organizados de pesquisa e ensino;
3. Alargamento das disciplinas de Ecologia;
4. Surgimento de movimentos de identificação interdisciplinar.

Segundo a Política Nacional do Meio Ambiente, Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, em seu artigo 3º, inciso I, conceitua-se meio ambiente como o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas.

Na Constituição Brasileira de 1988, também há disposições sobre o meio ambiente quando cita, no Capítulo VI, especificamente em seu artigo 225 que

todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (Brasil, 1988).

Para tanto, no parágrafo 1º do artigo 225, determina em seus três primeiros incisos que,

para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público: I - preservar e restaurar os processos ecológico e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas; II - preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País, fiscalizando as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético; III - definir, nas unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção. (Brasil, 1988).

Em 1969, surgiu a primeira Lei Nacional do Meio Ambiente do mundo, a *National Environment Protection Act* (NEPA) na qual determinou a criação da EPA (*Environmental Protection Agency*) com autoridade para implementação e fiscalização na NEPA.

Em 1972, acontece a 1ª Conferência Mundial do Meio Ambiente com o tema “O Homem e o Meio Ambiente”. (Sánchez, 2008).

O meio ambiente é um tema central e multidimensional que permeia diversas disciplinas e campos de estudo. Em uma perspectiva ampla, o meio ambiente abrange não apenas os componentes físicos e biológicos do nosso planeta, mas também as interações complexas entre esses componentes e as atividades humanas. Conforme destacado por Leopold (1949), o meio ambiente é mais do que apenas um recurso a ser explorado; é um sistema interdependente, no qual todas as partes estão intricadamente ligadas e influenciam umas às outras.

Uma compreensão abrangente do meio ambiente requer uma abordagem interdisciplinar, que integre conhecimentos das ciências naturais, sociais e humanas. Como ressaltado por Carson (1962), o meio ambiente é afetado não apenas por fatores físicos, como clima e geologia, mas também por fatores sociais, econômicos e políticos. Isso implica que qualquer tentativa de abordar os desafios ambientais deve considerar não apenas as dimensões biológicas e físicas, mas também as dimensões sociais e culturais.

No contexto contemporâneo, o meio ambiente enfrenta uma série de desafios globais, que incluem mudanças climáticas, perda de biodiversidade, poluição e degradação dos ecossistemas. Estes desafios são exacerbados por atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis, desmatamento e urbanização descontrolada. Conforme apontado por Lovelock (2006), as atividades humanas têm exercido pressões significativas sobre os sistemas naturais da Terra, colocando em risco a estabilidade e a resiliência do meio ambiente global.

Para lidar com esses desafios, é fundamental adotar uma abordagem de sustentabilidade que promova o equilíbrio entre as necessidades humanas e a preservação dos ecossistemas naturais. Como argumentado por Meadows *et al.* (1972), no relatório "Limites do Crescimento", é imperativo reconhecer os limites finitos dos recursos naturais e buscar alternativas viáveis que garantam o desenvolvimento humano sem comprometer a capacidade regenerativa do meio ambiente.

Além disso, é crucial promover a conscientização e a participação ativa da sociedade na proteção e conservação do meio ambiente. Como afirmado por Berry (2000), a preservação do meio ambiente não é apenas uma questão técnica, mas também uma questão moral e ética, que requer uma mudança fundamental na maneira como nos relacionamos com o mundo natural.

Neste sentido, o meio ambiente é um tema complexo e multifacetado que exige uma abordagem integrada e colaborativa para enfrentar os desafios ambientais globais. Ao reconhecer a interdependência entre as atividades humanas e os sistemas naturais, pode-se

trabalhar em direção a um futuro sustentável, no qual o desenvolvimento humano seja compatível com a preservação e regeneração do meio ambiente.

A fim da conservação do meio ambiente sob a perspectiva de aterros sanitários desde a seleção de seu local de instalação até o período pós-encerramento, a gestão ambiental deve ser feita de forma eficiente e eficaz em todos os processos. Normalmente, a atenção de entidades públicas e/ou privadas responsáveis pelo gerenciamento de aterros sanitários se volta somente à destinação final não priorizando de forma devida os aspectos técnicos de gestão que acabam sendo primordiais.

Por conter determinados elementos e práticas operacionais que envolvem diversos componentes e recursos ambientais, os riscos ao meio ambiente nos processos existentes em aterros sanitários são inúmeros. Para Boscov (2008), o aterro sanitário tem uma particularidade em relação às demais obras pesadas de Engenharia Civil: a própria obra é o empreendimento. Enquanto nas demais construções, como barragens, edifícios, pontes, túneis e rodovias, é necessário o término da obra para o desempenho da respectiva função, no aterro sanitário o empreendimento e a obra coincidem, e o final da obra corresponde ao término de sua função o que faz com que necessite de maior atenção.

3.2 Resíduos sólidos no Brasil

Segundo Nascimento *et al.* (2015), nota-se uma estreita ligação entre a produção de resíduos e a economia de um país, o que transforma os resíduos sólidos em importantes indicadores socioeconômicos, tanto pela quantidade de geração quanto pela sua caracterização, predominantemente formado por materiais recicláveis. Os problemas ambientais relacionados à geração de resíduos sólidos são temas complexos e difíceis de solucionar, uma vez que dependem da reflexão e atitude de uma parte da sociedade que desconhece os impactos gerados por resíduo quando não gerenciados de forma correta (Macedo *et al.*, 2015).

Após quase vinte anos de debate no Congresso Nacional, em 2 de agosto de 2010, a Lei Federal Nº. 12.305 foi instituída como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), com o objetivo de gestão integrada e gestão adequada dos resíduos. Este documento legal criou ferramentas que facilitaram o planejamento e adoção de metas importantes em relação à redução, reutilização e reciclagem, e o uso de resíduos sólidos estabelecendo as metas de destinação dos mesmos.

No contexto brasileiro, a gestão de resíduos sólidos tem sido uma questão de grande

relevância, dada a sua importância para a saúde pública, o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável. Como salientado por Szigethy e Antenor (2020), o manejo inadequado dos resíduos sólidos pode resultar em diversos problemas, incluindo poluição do solo, da água e do ar, além de representar riscos para a biodiversidade e a qualidade de vida das populações.

A legislação ambiental brasileira, particularmente a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), promulgada em 2010, representa um marco importante na abordagem do país em relação aos resíduos sólidos. Conforme destacado por El-Deir (2014), a PNRS estabelece princípios, diretrizes e instrumentos para a gestão integrada e sustentável dos resíduos sólidos, incluindo a responsabilidade compartilhada entre o poder público, o setor privado e a sociedade civil.

Apesar dos avanços normativos, a implementação efetiva da PNRS no Brasil ainda enfrenta desafios significativos. De acordo com Szigethy e Antenor (2020), questões como a falta de infraestrutura adequada, a deficiência na coleta seletiva e o descarte irregular persistem como obstáculos para uma gestão eficiente dos resíduos sólidos. Além disso, a inclusão social de catadores de materiais recicláveis, conforme previsto na PNRS, ainda é uma meta a ser alcançada em muitas regiões do país.

Um aspecto para melhorar a gestão de resíduos sólidos no Brasil é o estímulo à economia circular e à valorização dos resíduos como recursos. Como apontado por Foster, Roberto e Igari (2016), a promoção da coleta seletiva, a implementação de políticas de incentivo à reciclagem e a adoção de tecnologias de tratamento e disposição final adequadas são estratégias fundamentais para reduzir o volume de resíduos destinados a aterros sanitários e promover a sustentabilidade ambiental.

Além disso, é necessário fortalecer a educação ambiental e a conscientização da população sobre a importância da redução, reutilização e reciclagem de resíduos. Como ressaltado por Vasconcelos e Pires (2018), a mudança de comportamento e a adoção de práticas mais sustentáveis são essenciais para enfrentar os desafios relacionados aos resíduos sólidos e construir uma sociedade mais resiliente e responsável em relação ao meio ambiente.

Em relação às definições contidas na PNRS, é importante destacar algumas delas, começando pela definição de “resíduos sólidos” (artigo 3º, inciso XVI):

bens, coisas, objetos ou bons resíduos de atividades humanas na comunidade, onde a área de armazenamento continua, se propõe a continuar ou é obrigada a continuar, em estado sólido ou sólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas especificações impossibilitem lançá-los na rede de tratamento de esgoto ou nas instalações de água, ou exigir soluções que sejam técnicas ou economicamente impossíveis devido à melhor tecnologia disponível;

Sendo assim bens, coisas, objetos ou bens resíduos de atividades humanas na comunidade são aqueles materiais descartados como resultado das atividades cotidianas das pessoas em uma determinada área. Esses resíduos podem incluir uma variedade de itens, como embalagens, restos de alimentos, móveis quebrados, eletrodomésticos antigos, dentre outros. Eles são armazenados em estado sólido em áreas específicas designadas para esse fim, como lixeiras e posteriormente dispostos aterros sanitários.

Além disso, essa definição abrange gases contidos em recipientes e líquidos com especificações que impedem seu descarte direto na rede de tratamento de esgoto ou nas instalações de água. Por exemplo, gases em cilindros de gás comprimido ou líquidos químicos perigosos. Esses resíduos exigem soluções de tratamento especializadas, que podem ser técnica ou economicamente inviáveis devido à melhor tecnologia disponível no momento.

De acordo com a NBR 10.004, podem receber essa denominação os

Resíduos nos estados sólidos e semissólidos que resultam de atividades da comunidade, de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água e esgoto, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isto soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (ABNT, 2004).

Sendo assim resíduos nos estados sólidos e semissólidos são aqueles que surgem de diversas atividades humanas e industriais, como industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Esses resíduos incluem uma ampla variedade de materiais, desde os gerados em residências até aqueles provenientes de processos industriais e de serviços públicos.

Além disso, essa definição abrange os lodos que resultam do tratamento de água e esgoto, bem como os resíduos produzidos em equipamentos e instalações utilizados para controlar a poluição ambiental.

Também são considerados nessa categoria determinados líquidos com características específicas que tornam impraticável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou que demandam soluções técnicas e economicamente inviáveis em relação à melhor tecnologia disponível no momento.

Essa ampla definição visa abranger todos os tipos de resíduos sólidos e semissólidos gerados pela atividade humana, desde os mais comuns até aqueles que exigem tratamento especializado devido às suas propriedades físicas ou químicas.

Ainda segundo a NBR 10.004, é definido as classes para os resíduos sólidos que podem ser divididas em:

- Classe I (Perigosos) – São aqueles que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, podem apresentar riscos à saúde pública, provocando ou acentuando, de forma significativa, um aumento de mortalidade ou incidências de doenças e/ou riscos ao meio ambiente, quando manuseados ou destinados de forma inadequada; ou ainda apresentar características patogênicas, de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade
- Classe II (Não Perigosos).

Classe IIA – Não inertes: não se enquadram nas classes I (Perigosos) e IIB (Inertes). Podem ter propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Classe IIB – Inertes: quando amostrados de uma forma representativa e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não apresentam nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspectos de cor, turbidez, dureza e sabor.

Segundo a ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais), em 2022, a geração de RSU (Resíduos Sólidos Urbanos) no Brasil foi de 81.811.506 t/ano, sendo o nordeste gerador de 24,7% deste, a segunda maior região ficando para atrás apenas da região sudeste que gerou 49,7%.

Ainda segundo a ABRELPE, no Brasil, a maior parte dos RSU coletados (61%) continua sendo encaminhada para aterros sanitários, com 46,4 milhões de toneladas enviadas para destinação ambientalmente adequada em 2022. Por outro lado, áreas de disposição inadequada, incluindo lixões e aterros controlados, ainda seguem em operação em todas as regiões do país e receberam 39% do total de resíduos coletados, alcançando um total de 29,7 milhões de toneladas com destinação inadequada. No Nordeste, em 2021, apenas 515 municípios fizeram destinação adequada de seus resíduos sólidos urbanos enquanto que 1279 realizaram de forma inadequada (ABRELPE, 2022).

A estimativa é que no mundo exista hoje mais de 6 bilhões de habitantes com geração na ordem de 570 milhões de ton/ano de resíduo. Os países desenvolvidos são os maiores geradores, os EUA, por exemplo, geram cerca de 232 milhões ton/ano; Japão: 100 milhões ton/ano; Inglaterra: 40 milhões ton/ano; França e Alemanha: 30 milhões ton/ano (EPA, 2002).

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em seu Diagnóstico Anual de Resíduos Sólidos, haviam em 2020, 5.018 unidades de processamento de RSU em operação em municípios do Brasil sendo destes, 1.545 lixões, ou seja, 30,1%.

Neste sentido, a gestão de resíduos sólidos no Brasil é uma questão complexa que requer uma abordagem integrada e multidisciplinar, envolvendo ações do poder público, da iniciativa privada e da sociedade civil. A implementação efetiva da PNRS e o estímulo à economia circular são passos cruciais para promover uma gestão sustentável dos resíduos e contribuir para a construção de um futuro mais limpo e resiliente para as gerações presentes e futuras.

3.2.1 Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos

Segundo Boscov (2008), denominam-se resíduos sólidos urbanos (RSU) aqueles gerados nas residências, nos estabelecimentos comerciais, nos logradouros públicos e nas diversas atividades desenvolvidas nas cidades, incluindo os resíduos de varrição de ruas e praças.

Para a minimização de impactos negativos na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos, surgem as tecnologias de tratamento. Para Baptista et. al (2019), as principais tecnologias de tratamento estão divididas em caráter físico, biológico, físico-químico e físico-químico-biológico. Em caráter físico estão triagem e reciclagem, em caráter biológico estão presentes compostagem de resíduos orgânicos.

Para Guedes (2020), o gerenciamento de resíduos sólidos engloba as ações desde a coleta dos resíduos à disposição final dos mesmos, fechando assim o ciclo dos resíduos. As escolhas das tecnologias mais eficientes devem ser feitas baseadas em todo o processo considerando desde triagem, reciclagem até a disposição final em aterros sanitários.

Para Bonjardim *et al.* (2020), nos termos do artigo 20 da PNRS (Brasil, 2010:13-14), além de um Plano Nacional de Resíduos Sólidos, deverão ser elaborados e implementados, também, Planos Estaduais, Microrregionais e de Regiões Metropolitanas ou aglomerações urbanas, Planos Intermunicipais e Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) e Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS).

Segundo a PNRS, em seu art. 21, o plano de gerenciamento de resíduos sólidos deve ter o seguinte conteúdo mínimo:

I - descrição do empreendimento ou atividade; II - diagnóstico dos resíduos sólidos gerados ou administrados, contendo a origem, o volume e a caracterização dos resíduos, incluindo os passivos ambientais a eles relacionados; III - observadas as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa e, se houver, o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos: a) explicitação dos responsáveis por cada etapa do gerenciamento de resíduos sólidos; b) definição dos procedimentos operacionais relativos às etapas do gerenciamento de resíduos sólidos

sob responsabilidade do gerador; IV - identificação das soluções consorciadas ou compartilhadas com outros geradores; V - ações preventivas e corretivas a serem executadas em situações de gerenciamento incorreto ou acidentes; VI - metas e procedimentos relacionados à minimização da geração de resíduos sólidos e, observadas as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa, à reutilização e reciclagem; VII - se couber, ações relativas à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, na forma do art. 31; VIII - medidas saneadoras dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos; IX - periodicidade de sua revisão, observado, se couber, o prazo de vigência da respectiva licença de operação a cargo dos órgãos do Sisnama. (Brasil, 2010)

A correta e eficiente gestão de resíduos sólidos urbanos está diretamente ligada à disposição final dos mesmos. Para a ocorrência de menores impactos negativos possíveis ao meio ambiente na etapa de disposição final, todos os processos anteriores inclusos na gestão de resíduos sólidos urbanos, deve ser feita de forma a obedecer a leis e diretrizes ambientais.

O ciclo dos resíduos sólidos urbanos é composto por diversas etapas que envolvem a produção, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos gerados nas áreas urbanas. Essas etapas são interdependentes e devem ser gerenciadas de forma integrada para garantir a eficiência e sustentabilidade do processo.

Para CETESB (2020), as principais etapas do ciclo dos resíduos sólidos urbanos, podem ser definidas como:

- Geração de resíduos: A primeira etapa do ciclo é a produção de resíduos sólidos, que ocorre nas residências, empresas, indústrias, comércios e serviços em geral.
- Coleta: Após a geração, os resíduos são coletados pelos caminhões de coleta, que percorrem as ruas e recolhem os resíduos em sacolas ou contêineres.
- Transporte: Depois da coleta, os resíduos são transportados para as unidades de tratamento ou destino final. Esse transporte pode ser realizado por caminhões compactadores ou por meio de sistemas de transporte público, como trens ou barcos.
- Tratamento: Os resíduos coletados são tratados em unidades específicas, como aterros sanitários, usinas de reciclagem, compostagem, entre outras. O objetivo é reduzir o volume de resíduos e minimizar os impactos ambientais.
- Destinação final: Por fim, os resíduos são destinados para locais adequados, que podem ser aterros sanitários, usinas de incineração, compostagem, entre outros. A escolha da destinação final depende das características dos resíduos e das tecnologias disponíveis.

A Figura 01 mostra todas as etapas presentes no Ciclo completo de resíduos que, segundo a CETESB (2020), são: geração de resíduo, identificação e classificação; acondicionamento e armazenamento; transporte; e destinação final / reaproveitamento / reciclagem.

Figura 1 - Ciclo dos resíduos sólidos urbanos



Fonte: CETESB (2020).

3.2.2 Disposição final de Resíduos Sólidos

O panorama da disposição final adequada e inadequada de resíduos sólidos no Brasil em 2021, com base nos dados coletados por macrorregiões disponibilizados pelo SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento), revela uma realidade preocupante e heterogênea em todo o país. A análise desses dados permite compreender a necessidade urgente de aprimorar as políticas públicas e investimentos na gestão dos resíduos sólidos, a fim de promover uma disposição final mais adequada e sustentável.

A disposição final de resíduos sólidos é uma etapa crucial na gestão ambiental e sanitária, que pode ter impactos significativos na saúde pública e no meio ambiente. Conforme destacado por Abubakar *et al.* (2022), uma disposição final adequada envolve a escolha e operação de instalações projetadas para minimizar os riscos de contaminação do solo, água e ar, bem como reduzir os impactos negativos sobre a saúde humana e a biodiversidade.

No entanto, a disposição final inadequada de resíduos sólidos representa um sério problema em muitas regiões do mundo. Como apontado por Vinti *et al.* (2021), a falta de infraestrutura adequada e a má gestão dos resíduos sólidos podem levar à contaminação do solo e da água, propagação de doenças e degradação ambiental. Isso é especialmente preocupante em áreas urbanas densamente povoadas, onde a concentração de resíduos e a proximidade de comunidades aumentam os riscos à saúde pública.

Um exemplo comum de disposição final inadequada é o despejo de resíduos em lixões a céu aberto. Como ressaltado por Günther, Santos e Pereira *et al.* (2016), os lixões representam uma forma rudimentar e não controlada de disposição de resíduos, onde os materiais são depositados diretamente no solo, sem medidas de proteção ambiental ou tratamento adequado. Isso resulta em contaminação do solo e das águas subterrâneas, além de atrair vetores de doenças e causar impactos negativos na qualidade de vida das comunidades próximas.

Por outro lado, a adoção de tecnologias e práticas de disposição final adequadas pode mitigar esses impactos negativos. Conforme evidenciado por Foster, Roberto e Igari (2016), a implementação de aterros sanitários de acordo com normas e regulamentos ambientais pode reduzir significativamente os riscos de poluição e contaminação. Os aterros sanitários modernos utilizam sistemas de impermeabilização, coleta de gases e tratamento de efluentes para minimizar os impactos ambientais e proteger a saúde pública.

Neste sentido a disposição final de resíduos sólidos desempenha um papel fundamental na proteção do meio ambiente e na promoção da saúde pública. Enquanto uma disposição final adequada busca minimizar os impactos negativos dos resíduos, a disposição final inadequada representa uma ameaça à saúde e ao ambiente. Portanto, é essencial investir em infraestrutura e práticas que promovam uma gestão sustentável dos resíduos sólidos e garantam uma disposição final adequada em conformidade com os princípios da saúde pública e da proteção ambiental.

A Tabela 01 apresenta, segundo o SNIS, em 2021, o Panorama de disposição final adequada e inadequada no Brasil, em um universo de municípios coletados por macrorregiões.

Tabela 1 - Panorama nacional dividido por macrorregiões de disposição final de resíduos sólidos em 2021.

Macrorregião	Quantidade de municípios coletados	Aterro sanitário (Disposição adequada)	Aterro Controlado (Disposição inadequada)	Lixões (Disposição inadequada)	Total (Disposição inadequada)	% (Disposição inadequada)	% (Disposição adequada)
Norte	385	65	44	276	320	83,12 %	16,88 %

Nordeste	1460	399	182	879	1061	72,68 %	27,32 %
Centro-Oeste	409	132	46	231	277	67,73 %	32,27 %
Sudeste	1597	1004	453	140	593	37,14 %	62,86%
Sul	1165	1098	43	24	67	5,76%	94,24 %

Fonte: Adaptado de SNIS (2021).

De acordo com o SNIS (2021), na região Norte do Brasil, a situação da disposição final dos resíduos é alarmante. Apenas 16,88% dos municípios coletados nessa região possuem aterros sanitários, uma forma considerada adequada para o descarte de resíduos. Os dados também revelam que 44% dos municípios ainda dependem de aterros controlados, enquanto 39,12% utilizam lixões como forma inadequada de disposição.

No Nordeste, a realidade não é muito diferente. Segundo o SNIS (2021), apenas 27,32% dos municípios coletados nessa região possuem aterros sanitários adequados. A maioria expressiva, cerca de 72,68%, ainda depende de aterros controlados (19,67%) ou lixões (53,01%). Esses números evidenciam a necessidade de medidas urgentes para melhorar a disposição final dos resíduos sólidos no Nordeste.

Na região Centro-Oeste, os dados do SNIS (2021) apontam que 32,27% dos municípios coletados possuem aterros sanitários adequados. No entanto, 67,73% enfrentam situações precárias de disposição final, com 46% utilizando aterros controlados e 21,73% recorrendo a lixões. Esses números demonstram a importância de investimentos e políticas públicas mais efetivas na região.

No Sudeste, a situação é um pouco mais favorável, conforme os dados do SNIS (2021). Nessa região, 62,86% dos municípios coletados possuem aterros sanitários adequados, indicando um avanço na gestão dos resíduos sólidos. No entanto, ainda há 37,14% que enfrentam desafios, com 28,35% utilizando aterros controlados e 8,79% dependendo de lixões.

Por fim, na região Sul, o panorama da disposição final adequada é mais positivo. De acordo com o SNIS (2021), impressionantes 94,24% dos municípios coletados nessa região possuem aterros sanitários, demonstrando um alto nível de conformidade com as diretrizes de gestão de resíduos. Apenas 5,76% enfrentam aterros controlados (3,69%) ou lixões (2,07%). Esses números evidenciam a importância de políticas bem-sucedidas na região e podem servir como exemplo para as demais.

Diante desses dados, fica claro que é necessário um esforço conjunto para melhorar a disposição final adequada de resíduos sólidos no Brasil. Investimentos em infraestrutura, implementação de políticas de coleta seletiva, estímulo à reciclagem e conscientização da população são fundamentais para enfrentar esse desafio. Somente através de ações concretas e

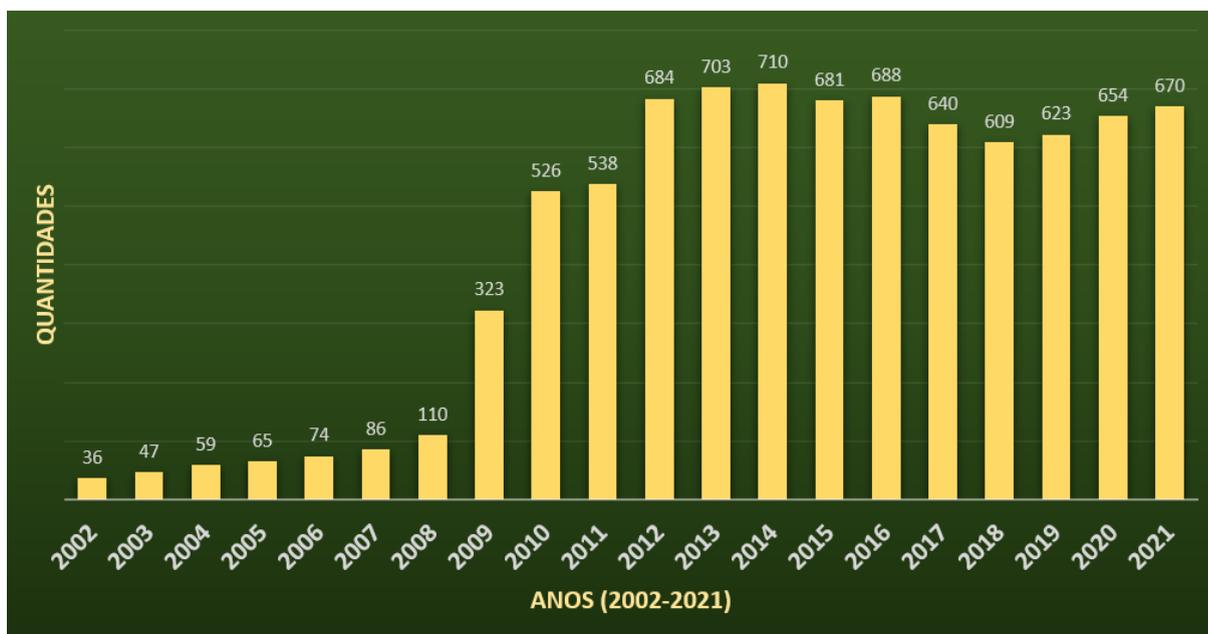
efetivas será possível promover um panorama mais positivo e sustentável no que diz respeito à disposição final dos resíduos sólidos no país.

3.2.3 Panorama de Disposição Final de Resíduos Sólidos

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS no Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos referente ao ano de 2021, haviam no Brasil em operação 670 aterros sanitários sendo destes 69 na região do nordeste e 7 no estado do Ceará. Neste mesmo ano de 2021, foram desativados 26 aterros sanitários no Brasil.

O Gráfico 01 apresenta a quantidade de aterros sanitários ativos no Brasil nos anos de 2002 a 2021.

Gráfico 1- Quantidades de aterros sanitários ativos no Brasil (2002-2021)



Fonte: Adaptado de SNIS (2021).

A quantidade de aterros sanitários ativos no Brasil apresentou uma evolução significativa no período de 2002 a 2021, refletindo os esforços e avanços na gestão dos resíduos sólidos. Com base em dados referenciados, é possível observar essa tendência ao longo dos anos.

De acordo com a pesquisa realizada por Abubakar et al. (2022), em 2002, o Brasil contava com um número limitado de aterros sanitários em funcionamento. No entanto, com o passar dos anos, houve um aumento gradual na implementação dessas estruturas em diferentes regiões do país.

Conforme o estudo de Ferreira, Gomes e Dantas (2021), em 2010, já era possível

identificar um crescimento expressivo na quantidade de aterros sanitários ativos no Brasil. A implementação de políticas e normas mais rigorosas para a gestão de resíduos sólidos contribuiu para esse aumento. Nesse período, a conscientização sobre a importância da disposição adequada dos resíduos e os impactos ambientais dos lixões impulsionaram a busca por soluções mais sustentáveis.

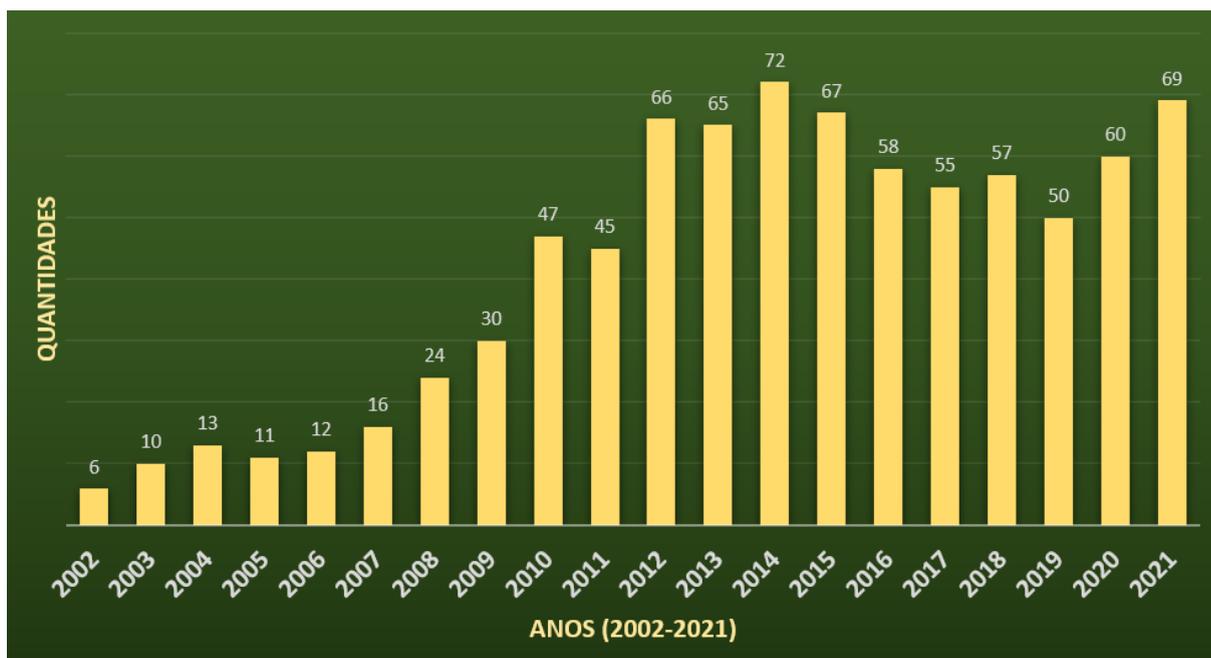
A pesquisa realizada por Santos *et al.* (2020) mostra que, em 2015, houve um avanço considerável na quantidade de aterros sanitários ativos no Brasil. Esse crescimento pode ser atribuído tanto ao fortalecimento das políticas públicas quanto ao aumento da conscientização e participação da sociedade na gestão dos resíduos sólidos.

Mais recentemente, de acordo com o relatório do SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) de 2021, houve um incremento significativo na quantidade de aterros sanitários ativos no país. Esse dado reflete os esforços das diferentes esferas governamentais e da sociedade civil na busca por uma disposição final adequada dos resíduos sólidos.

É importante ressaltar que, apesar do aumento na quantidade de aterros sanitários ativos, ainda há desafios a serem enfrentados. Dados do SNIS (2021) indicam que algumas regiões do país, como o Norte e Nordeste, apresentam uma menor proporção de aterros sanitários em relação a outras formas de disposição inadequada, como aterros controlados e lixões. Isso demonstra a necessidade contínua de investimentos e aprimoramento nas políticas de gestão de resíduos nessas regiões. Em suma, ao longo do período de 2002 a 2021, o Brasil registrou um aumento significativo na quantidade de aterros sanitários ativos.

O Gráfico 02 apresenta a quantidade de aterros sanitários ativos no Nordeste nos anos de 2002 a 2021.

Gráfico 2 - Quantidades de aterros sanitários ativos no Nordeste (2002-2021).



Fonte: Adaptado de SNIS (2021).

A quantidade de aterros sanitários ativos no Nordeste do Brasil apresentou um crescimento significativo no período de 2002 a 2021, refletindo os esforços e avanços na gestão dos resíduos sólidos na região. Com base em dados referenciados, é possível observar essa tendência ao longo dos anos.

Segundo a pesquisa realizada por Abubakar et al. (2022), em 2002, o Nordeste possuía um número limitado de aterros sanitários em funcionamento. No entanto, com o passar dos anos, houve uma expansão considerável na implementação dessas estruturas na região.

A pesquisa realizada por Santos *et al.* (2020) revela que, em 2015, houve um avanço significativo na quantidade de aterros sanitários ativos no Nordeste. Mais recentemente, de acordo com o relatório do SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) de 2021, observa-se um aumento contínuo na quantidade de aterros sanitários ativos no Nordeste.

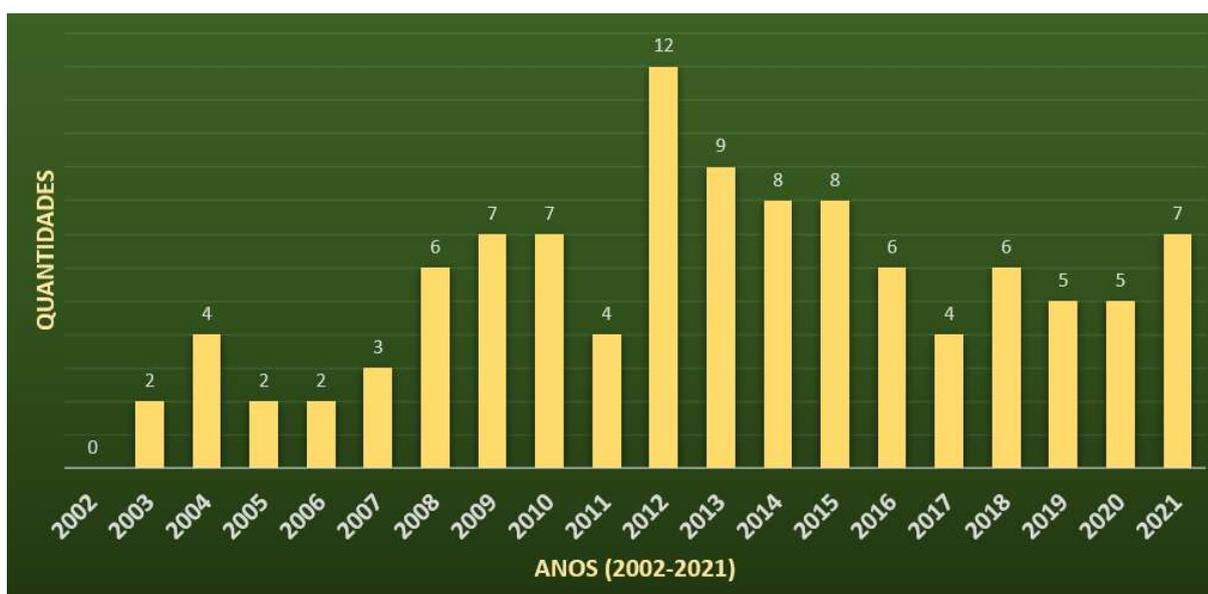
É importante ressaltar que, apesar do crescimento na quantidade de aterros sanitários ativos, ainda existem desafios a serem superados no Nordeste. Dados do SNIS (2021) indicam que uma parcela significativa dos municípios ainda depende de formas inadequadas de disposição, como aterros controlados e lixões. Isso ressalta a importância de investimentos contínuos, aprimoramento das políticas de gestão de resíduos e conscientização da população sobre a importância da destinação adequada dos resíduos sólidos.

Em suma, no período de 2002 a 2021, o Nordeste do Brasil registrou um aumento significativo na quantidade de aterros sanitários ativos, resultado de investimentos, políticas

públicas e conscientização da população. No entanto, ainda é necessário fortalecer esses esforços para garantir uma gestão sustentável e adequada dos resíduos sólidos em toda a região.

O Gráfico 3 apresenta a quantidade de aterros sanitários ativos no estado do Ceará nos anos de 2002 a 2021, onde identifica-se que o ano com maior quantidade de aterros no Ceará foi o ano de 2012 e menor em 2002, onde não havia nenhum aterro sanitário ativo.

Gráfico 3 – Quantidades de aterros sanitários ativos no Ceará (2002-2021).



Fonte: Adaptado de SNIS (2021).

É notável a flutuação no número de aterros sanitários ativos no Ceará ao longo dos anos entre 2002 e 2021. De 2002 a 2008 caracterizou-se um período de crescimento notável, passando de nenhum aterro em 2002 para 6 em 2008. De 2009 a 2012 houve um rápido aumento, chegando a 12 aterros em 2012. De 2013 a 2017 pôde-se notar uma queda considerável de 12 para 4 aterros sanitários ativos em 2017. De 2018 a 2021 houve uma certa estabilização, com o número oscilando entre 4 e 7 aterros. Em 2022, segundo dados do SNIS (2022), haviam, entre sanitários e controlados, 13 aterros no Ceará localizados nas cidades de Aquiraz, Brejo Santo, Camocim, Caucaia, Horizonte, Itapajé, Maracanaú, Mauriti, Salitre, São Gonçalo do Amarante, Senador Pompeu, Sobral e Tabuleiro do Norte.

3.2.4 Aspectos Legais

3.2.4.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos: A Lei 12.305/2010

O Quadro 01 apresenta algumas definições que a Política Nacional de Resíduos

Sólidos apresenta quanto aos termos relacionados a este estudo.

Quadro 1- Definições contidas na Lei 12.305/2010

Termos	Definições
Destinação final ambientalmente correta	Destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o reaproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e do Sistema Único de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA), entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.
Disposição final ambientalmente adequada	Distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.
Reciclagem	Processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e, se couber, do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e do Sistema Único de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA).
	Resíduos sólidos que, depois de esgotadas

Rejeitos	todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.
Responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos	Conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos.

Fonte: Adaptado de Brasil (2010).

3.2.4.2 Lei do Saneamento Básico: A Lei 11.445/2007

A Lei 11.445/2007, conhecida como Lei do Saneamento Básico, representa um marco regulatório importante para o setor de saneamento no Brasil. Essa legislação estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e define as responsabilidades dos entes federativos na prestação dos serviços de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

Conforme ressaltado por Junior (2023), a Lei 11.445/2007 reconhece o acesso ao saneamento básico como um direito fundamental e estabelece metas e diretrizes para garantir a universalização desses serviços, promovendo a melhoria das condições de vida e saúde da população.

Um dos principais objetivos da Lei do Saneamento Básico é promover a universalização dos serviços de saneamento básico até 2033, conforme destacado por Neto (2022). Para alcançar essa meta ambiciosa, a legislação prevê a cooperação entre os diferentes níveis de governo, a participação da iniciativa privada e da sociedade civil, e o estabelecimento de mecanismos de regulação e fiscalização eficazes.

Além disso, a Lei 11.445/2007 estabelece diretrizes para a gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos, incentivando a adoção de práticas de conservação e uso racional da água. Como salientado por Lira e Soares (2021), a legislação busca promover uma abordagem holística do saneamento básico, que considere não apenas a infraestrutura física, mas também aspectos socioeconômicos, ambientais e culturais.

No entanto, apesar dos avanços trazidos pela Lei do Saneamento Básico, ainda persistem desafios significativos na implementação efetiva das políticas e diretrizes estabelecidas, como observado por Lourenço (2018). Questões como a falta de investimentos adequados, a gestão inadequada dos recursos hídricos e a desigualdade no acesso aos serviços de saneamento continuam a ser obstáculos para a universalização desses serviços no Brasil.

De acordo com o art. 3º da lei nº 11.445/2007 considera-se

I – Saneamento básico: conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de: c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do resíduo doméstico e do resíduo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas; (Brasil, 2007a).

Ainda segundo a referida lei, em seu art. 6º, os resíduos originários de atividades comerciais, industriais e de serviços cuja responsabilidade pelo manejo não seja atribuída ao gerados pode, por decisão do poder público, ser considerado resíduo sólido urbano.

Sendo assim a Lei 11.445/2007 desempenha um papel fundamental na promoção do acesso universal aos serviços de saneamento básico no Brasil, estabelecendo diretrizes e metas para garantir a qualidade de vida e a saúde da população. No entanto, sua eficácia depende da implementação efetiva das políticas e da mobilização de recursos suficientes para superar os desafios existentes e alcançar os objetivos estabelecidos.

3.2.4.3 Novo Marco Legal do Saneamento: A Lei 14.026/2020

Em julho de 2020 foi sancionada pelo Governo Federal a Lei nº 14.026/2020 que atualiza o Marco Legal do Saneamento Básico. Dentre as alterações propostas, no que se refere à questão dos resíduos sólidos urbanos, o Projeto altera a Lei Federal nº 12.305/2010 e estende os prazos de adequação dos municípios para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, com a finalidade de aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no país.

O Novo Marco Legal do Saneamento, estabelecido pela Lei 14.026/2020, representa um avanço significativo no setor de saneamento básico no Brasil. Essa legislação visa

modernizar o marco regulatório, estimular investimentos e promover a universalização dos serviços de saneamento básico em todo o país.

De acordo com Leite, Neto e Bezerra (2022), a Lei 14.026/2020 estabelece novas diretrizes para o setor, priorizando a participação da iniciativa privada, a regionalização dos serviços e a melhoria da eficiência operacional das empresas prestadoras de serviços de saneamento básico. Essas medidas visam aumentar a competitividade do setor e atrair investimentos privados para a expansão e modernização da infraestrutura de saneamento.

Um dos principais pontos do Novo Marco Legal é a obrigatoriedade de contratação de serviços de saneamento básico por meio de licitação, conforme destacado por Brasil (2022). Essa medida visa promover a transparência, a eficiência e a concorrência no setor, garantindo a prestação de serviços de qualidade à população.

Além disso, a Lei 14.026/2020 estabelece metas de universalização dos serviços de saneamento básico, com prazos para a ampliação do acesso à água potável e ao esgotamento sanitário em todo o território nacional, como ressaltado por Lira e Soares (2021). Essas metas visam melhorar as condições de vida e saúde da população, reduzindo as desigualdades regionais e promovendo o desenvolvimento sustentável.

No entanto, o Novo Marco Legal do Saneamento também enfrenta desafios e críticas. Segundo Santos (2021), há preocupações com a possibilidade de aumento da privatização dos serviços de saneamento e a exclusão de áreas menos rentáveis, o que poderia agravar as desigualdades socioeconômicas e geográficas no acesso aos serviços.

A atualização do Marco Legal do Saneamento Básico concedeu às capitais e regiões metropolitanas o prazo até o ano de 2021 e, aos municípios com populações menores que 50 mil habitantes até 2024 para a estruturação e construção das rotas tecnológicas que permitam o cumprimento da eliminação da disposição inadequada no país.

Neste sentido, a Lei 14.026/2020 representa um importante reforma no setor de saneamento básico no Brasil, com o objetivo de promover a universalização dos serviços, atrair investimentos e melhorar a eficiência do setor. No entanto, é essencial monitorar de perto a implementação da legislação e garantir que ela contribua efetivamente para o bem-estar e a qualidade de vida da população brasileira.

3.3 Impacto Ambiental

Definido pela legislação brasileira como qualquer alteração nas características físicas, químicas e biológicas do meio ambiente decorrente das atividades humanas, o impacto

ambiental engloba uma gama diversificada de impactos, desde os aspectos socioeconômicos até a saúde e a biodiversidade.

Nesse contexto, a avaliação de impacto ambiental (AIA) emerge como uma ferramenta vital para identificar, avaliar e mitigar os efeitos adversos das atividades humanas no ambiente, fornecendo dados fundamentais para embasar decisões informadas e promover o desenvolvimento sustentável. Ademais, a participação ativa da sociedade civil, das comunidades locais e de outras partes interessadas é essencial para garantir uma abordagem inclusiva e equitativa na gestão dos impactos ambientais, visando soluções que promovam o bem-estar tanto das gerações presentes quanto futuras. Este parágrafo introdutório oferece uma visão abrangente e aprofundada sobre o tema, ressaltando sua importância e destacando os elementos-chave para uma abordagem eficaz na gestão dos impactos ambientais.

Segundo a legislação brasileira, impacto ambiental pode ser definido como

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; e, V – a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986).

O impacto ambiental, conforme definido pela legislação brasileira, é de suma importância para a gestão ambiental e o desenvolvimento sustentável. Segundo a Resolução CONAMA 001/1986, o impacto ambiental pode ser compreendido como qualquer modificação nas características físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, decorrente de atividades humanas que afetam diversos aspectos essenciais.

De acordo com Sanchez (2013), as atividades humanas podem gerar impactos ambientais diretos ou indiretos, que têm repercussões significativas em diferentes dimensões. Esses impactos afetam não apenas a saúde, a segurança e o bem-estar da população, mas também as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente, e a qualidade dos recursos ambientais.

É importante ressaltar que os impactos ambientais podem ser tanto positivos quanto negativos. Como apontado por Rodruigues (2016), alguns projetos e atividades podem trazer benefícios socioeconômicos e ambientais, como a geração de empregos, o desenvolvimento de infraestrutura e a proteção de áreas de conservação. No entanto, é fundamental avaliar e mitigar os impactos adversos para garantir a sustentabilidade das intervenções humanas no meio ambiente.

A avaliação de impacto ambiental (AIA) é uma ferramenta essencial para identificar, avaliar e prevenir os impactos negativos das atividades humanas. Conforme destacado por

Santos (2021), a AIA permite analisar os potenciais impactos de um projeto ou atividade antes de sua implementação, fornecendo informações fundamentais para a tomada de decisão e o planejamento sustentável.

A participação pública e o diálogo entre diferentes partes interessadas na gestão dos impactos ambientais. Conforme ressaltado por Almeida e Montano (2017), a inclusão da sociedade civil, comunidades locais, instituições governamentais e setor privado no processo de tomada de decisões pode contribuir para identificar soluções mais equitativas e sustentáveis para os desafios ambientais. Em resumo, a definição e compreensão dos impactos ambientais, conforme estabelecido pela legislação brasileira, são fundamentais para o desenvolvimento sustentável. A avaliação criteriosa dos impactos, a adoção de medidas de mitigação e a participação pública são elementos-chave para garantir a proteção do meio ambiente e o bem-estar das comunidades presentes e futuras.

Segundo Barbieri (2007), o uso dos recursos para a produção de bens e serviços que atendem às necessidades humanas é um dos motivos para o uso demorado dos recursos naturais o que está intrinsicamente ligado aos impactos ambientais causados pelos seres humanos quando estes recursos são utilizados de forma indevida.

Vários impactos negativos podem ocorrer quando a gestão ambiental não é feita de forma correta. Em relação aos resíduos sólidos, quando depositados em locais inadequados, os impactos podem ser até mesmo irreversíveis dependendo das circunstâncias.

Em termos ambientais, Gunther (2002, p. 3) ressalta que a disposição inadequada dos resíduos sólidos pode contribuir para:

- Poluição do ar por meio de: a) espalhamento dos materiais particulados (poeiras) e materiais leves ocasionando pelo vento; b) liberação de gases e odores, decorrente da decomposição biológica de gases e odores, decorrente de decomposição biológica anaeróbia da matéria orgânica contida no lixo, encontrando-se entre eles gases inflamáveis (metano) e de odores desagradáveis (mercaptanas, gás sulfídrico); c) desprendimento de fumaça e emissão de gases de combustão incompleta, devido à característica de degradação e fácil combustão dos resíduos sólidos. Este fato é agravado quando os resíduos são queimados ao ar livre.
- Poluição das águas por meio de: a) geração de chorume, resultante da decomposição bioquímica dos resíduos, que percola e infiltra no solo, vindo a atingir os mananciais de águas superficiais (lagos, rios, etc.) ou podendo atingir os lençóis de águas subterrâneas, poluindo-os e/ou contaminando-os; b) geração de líquidos percolados (além do chorume), onde as águas pluviais, de nascentes e córregos, não desviados

contribuem significativamente para o volume resultante. Estes líquidos que percolam pela massa de resíduos carregando matéria orgânica, agentes patogênicos e diversos poluentes que se encontram no lixo, também poderão atingir recursos hídricos superficiais e subterrâneos, poluindo-os ou contaminando-os.

- Poluição do solo por meio da a) infiltração de líquidos percolados carregando poluentes e espalhando-se pelo solo até a denominada areia de influência, poluindo-o ou contaminando-o; b) degradação superficial do solo no local da disposição descontrolada, impossibilitando-o para determinados usos.
- Poluição estética agravando aspectos visuais e de desconforto da população vizinha.
- Impactos negativos sobre a fauna e flora de ecossistemas locais quando estes são transformados em pontos de despejo de resíduos.

Impactos negativos no âmbito econômico também podem estar presentes quando os resíduos são dispostos inadequadamente como por exemplo na desvalorização de áreas dos entornos dos locais de disposição tornando as áreas inférteis para agricultura. Outro impacto negativo é a perda de bens materiais ocasionados por desabamentos pela instabilidade dos resíduos depositados em áreas de relevo irregular ocasionando grandes riscos sobretudo em períodos de chuvas.

3.4 Aterros sanitários

O tema dos aterros sanitários é de grande relevância no contexto da gestão de resíduos sólidos urbanos e na busca por soluções sustentáveis para o manejo adequado desses materiais. Segundo a Norma da ABNT NBR 8419 os aterros sanitários representam uma técnica fundamental de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, com o objetivo primordial de evitar danos à saúde pública e à segurança, além de minimizar os impactos ambientais (ABNT, 1992).

Este método, embasado em princípios de engenharia, visa confinar os resíduos sólidos em uma área delimitada e reduzir seu volume ao máximo possível. Essa prática é complementada pela cobertura dos resíduos com uma camada de terra ao término de cada ciclo de trabalho, ou até mesmo em intervalos menores, caso necessário.

Segundo a Norma da ABNT NBR 8419, o aterro sanitário de resíduos consiste na

técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma

camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário (ABNT, 1992, p. 1).

Segundo a Norma da ABNT NBR 15849, já aterros sanitários de pequeno porte podem ser definidos como

aterro sanitário para disposição no solo de resíduos sólidos urbanos, até 20 t por dia ou menos, quando definido por legislação local, em que, considerados os condicionantes físicos locais, a concepção do sistema possa ser simplificada, adequando os sistemas de proteção ambiental sem prejuízo da minimização dos impactos ao meio ambiente e à saúde pública. (ABNT, 2010)

Na Norma da ABNT NBR 13896, se recomenda que aterros sanitários possuam vida útil mínima de 10 anos, porém, devido a dificuldades de acesso à novas áreas para implantação bem como questões econômicas, o comum tem sido se projetar aterros sanitários com previsão de funcionamento de 20 anos e na Resolução Conama N° 404/2008, aterros de pequeno porte devem ter no mínimo 15 anos de funcionamento (ABNT, 1997; Brasil, 2008).

Ainda de acordo a ABNT (2010), NBR 15849: 2010, é possível classificar os aterros sanitários quanto ao seu método de aterramento, nos quais podem ser:

- Aterros em valas: são aqueles em escavação com profundidade limitada e largura variável, confinada em todos os lados.
- Aterros em trincheiras: aqueles com escavação sem limitação de profundidade e largura, que se caracterizam por confinamento em três lados e operação mecanizada. O aterro por trincheiras tem a vantagem de causar um menor impacto visual, porém não é aconselhável para locais em que o lençol freático é raso, com profundidade menor que dois metros.
- Aterros em encostas: aqueles com disposição no solo caracterizada pelo uso de taludes pré-existentes, usualmente implantados em áreas de ondulações ou depressões naturais e encostas de morros;
- Aterros em área: aqueles com disposição no solo, caracterizados pela disposição em áreas planas acima da cota do terreno natural. Segundo Melo (2020), tal formato é indicado por uma questão de maior estabilidade ao construir taludes menores, com níveis entre talude e outro, sendo possível dar manutenção nos drenos de água pluvial, na cobertura e demais estruturas, facilitando a passagem dos maquinários.

3.4.1 Arcabouço Legal sobre aterros sanitários

O arcabouço legal que regula os aterros sanitários é de suma importância para o

manejo adequado dos resíduos sólidos urbanos e a preservação do meio ambiente. De acordo com a Norma da ABNT NBR 8419 (ABNT, 1992), os aterros sanitários são definidos como uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, com o objetivo de evitar danos à saúde pública e à segurança, além de minimizar os impactos ambientais. Essa norma estabelece diretrizes precisas para a operação e o monitoramento dos aterros, incluindo aspectos como a localização adequada, o sistema de impermeabilização, a cobertura final e o tratamento dos efluentes gerados.

Além da norma técnica da ABNT citada anteriormente, o arcabouço legal dos aterros sanitários no Brasil inclui uma série de legislações federais, estaduais e municipais que regulam diferentes aspectos do manejo de resíduos sólidos. Por exemplo, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010) estabelece princípios, diretrizes e instrumentos para a gestão integrada e sustentável dos resíduos sólidos, incluindo a gestão de aterros sanitários. Essa legislação prevê a responsabilidade compartilhada entre o poder público, o setor privado e a sociedade civil na gestão dos resíduos, bem como a necessidade de elaboração de planos de gestão de resíduos sólidos pelos municípios (Brasil, 2010).

Além disso, as legislações estaduais e municipais frequentemente complementam a legislação federal, estabelecendo requisitos específicos para a operação e licenciamento dos aterros sanitários em suas jurisdições. Por exemplo, em alguns estados, é exigido o licenciamento ambiental dos aterros sanitários, que envolve a avaliação de impacto ambiental e a obtenção de autorizações junto aos órgãos ambientais competentes.

No entanto, apesar do arcabouço legal existente, ainda existem desafios significativos na gestão dos aterros sanitários no Brasil. A falta de fiscalização adequada, a insuficiência de recursos financeiros e técnicos e a resistência da sociedade à implantação de aterros sanitários são algumas das questões enfrentadas. Portanto, é essencial o fortalecimento da aplicação da legislação existente, o aprimoramento dos mecanismos de fiscalização e o estímulo à adoção de tecnologias mais sustentáveis na gestão dos resíduos sólidos urbanos.

A Associação Brasileira Normas Técnicas (ABNT) tem as seguintes normas relativas a aterros de resíduos:

- NBR 8.418 (1984) – Apresentação de projetos de aterros de resíduos industriais perigosos.
- NBR 8.419 (1992) – Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.
- NBR 8.849 (1985) – Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos.

- NBR 10.157 (1987) – Aterros de resíduos perigosos: Critérios para projeto, construção e operação.
- NBR 13.896 (1997) – Aterros de resíduos não perigosos: Critérios para projetos, implantação e operação - Procedimento.
- NBR 15.849 (2010) – Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte: Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento.

Nas Normas citadas acima, a norma da ABNT NBR 8.419 (ABNT, 1992), por exemplo, quando se trata de encerramento de aterros sanitários, dispõe apenas que deve ser apresentado um plano, indicando como e quando o aterro sanitário será dado como encerrado, porém não apresentando o detalhamento da estrutura deste plano. Já as normas da ABNT NBR 10.157 (ABNT, 1987) e a NBR 13.896 (1997), descrevem, com algumas poucas diferenças entre elas, os processos que devem haver no plano devendo incluir medidas que irão promover a desativação, operações de manutenção que serão observadas após o fechamento, estimativas da qualidade e da quantidade dos resíduos dispostos até a data do fechamento e usos do local após o término das operações.

Em relação à NBR 10.157 (ABNT, 1987), que dispõe sobre aterros de resíduos perigosos: Critérios para projeto, construção e operação, no que diz respeito ao plano de encerramento, apresenta que devem constar no mesmo, os métodos e as etapas a serem seguidas no fechamento total ou parcial do aterro; o projeto e construção da cobertura final de forma a minimizar a infiltração de água na célula; exigir pouca manutenção; não estar sujeita a erosão; acomodar assentamento sem fratura; e possuir um coeficiente de permeabilidade inferior ao solo natural da área do aterro. Dispõe ainda o que deve constar no plano de encerramento como os métodos e as etapas a serem seguidas no fechamento total ou parcial do aterro; uma estimativa dos tipos e da quantidade de resíduos que devem estar presentes no aterro, quando encerrado, dentre outros. Apesar da mesma dispor que deve constar o plano de encerramento, não especifica os passos que se deve ter no plano de encerramento.

Em relação a NBR 8.419 (ABNT, 1992) que dispõe sobre apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbano, sobre encerramento de aterros, a mesma dispõe apenas que deve ser apresentado um plano, indicando como e quando o aterro sanitário será dado como encerrado, porém não apresentando quais os passos devem se ter no plano.

Em relação à NBR 13.896 (ABNT, 1997) que dispõe sobre aterros de resíduos não perigosos: Critérios para projeto, implantação e operação, suas características apontam que o plano de fechamento deve conter medidas que devem promover a desativação; operações de manutenção que devem ser observadas após o fechamento; estimativas da qualidade e da

quantidade dos resíduos dispostos até a data do fechamento; usos do local após o término das operações.

3.4.2 Características físicas de aterros sanitários

Quanto ao local físico de instalação de aterros sanitários, a seleção da melhor área possível deve ser feita de forma a obedecer aos requisitos legais da legislação, como também levar em consideração o bem-estar ambiental do meio.

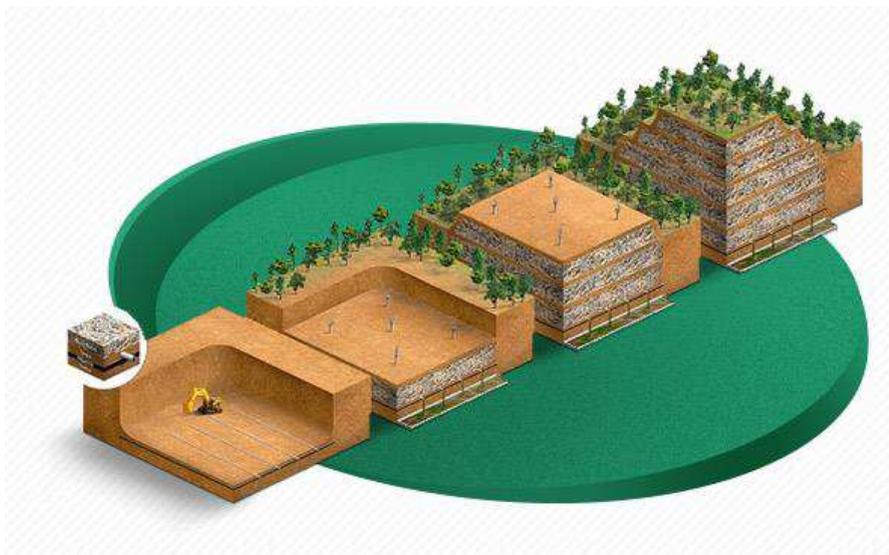
Os aterros sanitários, enquanto infraestruturas fundamentais na gestão de resíduos sólidos urbanos, apresentam uma série de características físicas que influenciam diretamente na eficácia e na segurança dessas instalações. Conforme destacado por diversos estudos (Abubakar *et al.* 2022; Rodruigues, 2016), entre as principais características físicas dos aterros sanitários, destacam-se a geometria do local, a topografia do terreno, o sistema de drenagem e impermeabilização, e a cobertura final dos resíduos.

A geometria do local, conforme mencionado por Abubakar *et al.* (2022), é um fator determinante na capacidade de acomodação dos resíduos e na eficiência operacional do aterro. A seleção de um local adequado, considerando aspectos como a proximidade de áreas habitadas, cursos d'água e ecossistemas sensíveis, é crucial para minimizar os impactos negativos sobre o meio ambiente e a saúde pública.

Além disso, a topografia do terreno desempenha um papel importante na estabilidade e na segurança do aterro. Conforme ressaltado por Rodruigues (2016), terrenos com declividades moderadas são preferíveis para evitar problemas de erosão e deslizamento de terra, enquanto terrenos planos facilitam a operação e a manutenção das células de disposição de resíduos.

O sistema de drenagem e impermeabilização é outro aspecto crucial na concepção e operação de aterros sanitários. Segundo Abubakar *et al.* (2022), a instalação de sistemas de drenagem eficientes, aliados a barreiras impermeáveis como geomembranas e mantas geotêxtis, é fundamental para prevenir a contaminação do solo e das águas subterrâneas por lixiviados gerados durante a decomposição dos resíduos.

Por fim, a cobertura final dos resíduos é uma etapa essencial na conclusão da vida útil de um aterro sanitário. Conforme mencionado por Rodruigues (2016), a cobertura final com camadas de solo ou material inerte serve para minimizar a infiltração de água no aterro, reduzir a geração de gases e odores, e promover a recuperação ambiental da área após o encerramento das atividades de disposição de resíduos.

Figura 2 - Representação de um aterro sanitário

Fonte: SEGER, (2020).

Segundo a Norma da ABNT NBR 13896 (ABNT, 1997), o local de instalação de aterros sanitários para resíduos não-perigosos deve ser de forma que

- a) o impacto ambiental a ser causado pela instalação do aterro seja minimizado;
- b) a aceitação da instalação pela população seja maximizada;
- c) esteja de acordo com o zoneamento da região;
- d) possa ser utilizado por um longo espaço de tempo, necessitando apenas de um mínimo de obras para início de operação (ABNT, 1992, p. 2).

Para instalação de aterros sanitários devem ser considerados critérios. No Quadro 02 são apresentadas alguns destes e suas características contidos na NBR 13896.

Quadro 2– Critérios para instalação de aterros sanitários

Critério	Características contidas na NBR 13896/1997
Declividade do terreno (%)	Superior a 1% e inferior a 30%.
Vida útil mínima	10 anos.
Zoneamento Ambiental	Áreas sem restrições no zoneamento ambiental.
Zoneamento Urbano	Áreas de uso conforme legislação local de uso do solo. Áreas devolutas ou pouco utilizadas.
Vegetação	Do tipo favorável à redução de erosão, formação de poeiras e transporte de odores.
Núcleo populacional	Superior a 500 metros.
Distância de cursos d'água (córregos,	Maior que 200 metros de qualquer corpo

nascentes etc.)	hídrico.
Distância do Lençol Freático	Maior que 1,50 metro (entre base do aterro e nível máximo do lençol) de solo insaturado.
Geologia e tipos de solo	Desejável a existência de depósitos naturais com coeficiente de permeabilidade $< 10^{-6}$ cm/s e uma zonada não saturada > 3 m. O aterro deve ser executado em áreas onde haja predominância no subsolo de material com coeficiente de permeabilidade inferior a 5×10^{-5} cm/s.
Caracterização climatológica	Não deve ser implantado em área sujeita a inundação, em período de recorrência de 100 anos.

Fonte: Melo (2020, *apud* ABNT, 1997)

As características físicas dos aterros sanitários têm eficácia, segurança e sustentabilidade para essas instalações. Portanto, é essencial considerar esses aspectos durante o planejamento, projeto e operação de aterros sanitários, visando garantir o manejo adequado e ambientalmente responsável dos resíduos sólidos urbanos.

3.4.3 Sistemas Operacionais em aterros sanitários

Os sistemas operacionais essenciais na gestão eficiente e sustentável dos aterros sanitários, contribui para o controle e a otimização das operações envolvidas no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. Conforme destacado por diversos estudos (Ozbay *et al.*, 2021; Hannah *et al.*, 2015), esses sistemas abrangem uma variedade de componentes e processos, desde a coleta e transporte dos resíduos até sua disposição final no aterro.

Um dos principais aspectos dos sistemas operacionais em aterros sanitários é a gestão do fluxo de resíduos, que envolve a programação e coordenação das atividades de coleta, transporte e descarga dos materiais. Conforme ressaltado por Ozbay *et al.* (2021), a implementação de sistemas de monitoramento e controle de frota, aliados a tecnologias de geolocalização e roteirização, pode melhorar significativamente a eficiência e a segurança das operações de transporte de resíduos.

A gestão dos processos de disposição de resíduos dentro do aterro também requer sistemas operacionais eficazes. De acordo com Hannah *et al.* (2015), a utilização de sistemas

de monitoramento ambiental, como sensores de qualidade do ar e da água, permite o acompanhamento em tempo real dos impactos ambientais das atividades do aterro, auxiliando na identificação precoce de problemas e na implementação de medidas corretivas.

Outro aspecto relevante dos sistemas operacionais em aterros sanitários é a gestão de recursos, incluindo energia, água e materiais. Conforme mencionado por Ozbay *et al.* (2021), a adoção de práticas de gestão de energia, como a utilização de sistemas de geração de energia renovável, pode reduzir os custos operacionais e os impactos ambientais associados ao funcionamento do aterro.

A implementação de sistemas de gestão de resíduos, como o monitoramento da geração e composição dos resíduos, a segregação na fonte e a reciclagem de materiais, é essencial para maximizar a eficiência e a sustentabilidade das operações do aterro sanitário. Como salientado por Hannah *et al.* (2015), a integração de tecnologias de informação e comunicação (TICs), como sistemas de gestão de dados e softwares de análise preditiva, pode facilitar a tomada de decisões baseada em dados e melhorar o desempenho global do aterro.

Para Melo (2020), além de pessoal especializado, a instalação de um aterro sanitário de RSU (Resíduos Sólidos Urbanos) deve conter no mínimo: instalações de apoio, estruturais, de controle operacional e de controle ambiental, sistemas de monitoramento ambiental, equipamentos, plano de encerramento de atividades e a definição do uso futuro da área após seu fechamento.

Segundo Boscov (2008), um aterro sanitário no Brasil desenvolve-se nas seguintes operações e sequencia construtiva:

- A área de disposição com um revestimento inferior ou de base, composto por camadas de drenagem e impermeabilização;
- A construção das camadas de RSU é feita pelo método de aterro em rampa: o lixo é descarregado de caminhões basculantes no pé da rampa; o trator de esteiras empurra o lixo de baixo para cima, subindo pelo talude e compactando cada camada com três a cinco passadas em toda a sua extensão;
- O lixo depositado e compactado é coberto diariamente com uma camada de solo, inclusive os taludes, em uma espessura aproximada de 15 cm;
- O aterro é construído em células, com altura geralmente entre 2 e 4 metros;
- As células são revestidas na base, topo e laterais por camada de solo;
- Há drenagem na base das células;
- Para a sobreposição de uma célula, aguarda-se tempo suficiente área que se processe a

decomposição aeróbia do lixo;

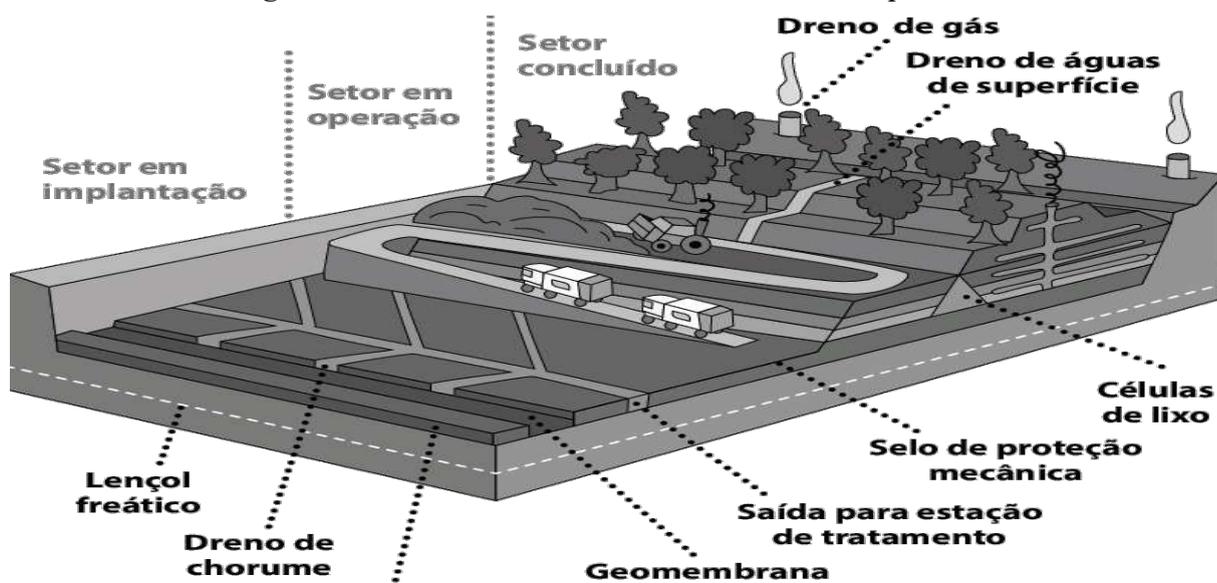
- O topo do aterro recebe um sistema de impermeabilização superior ou cobertura final, composto por camadas de drenagem e impermeabilização;
- Um sistema de drenagem superficial constituído de canaletas e escadas d'água é construído sobre a cobertura final e no perímetro do aterro;
- Há drenos verticais para o escape dos gases gerados pela decomposição anaeróbia do lixo.

Os sistemas operacionais existentes em um aterro sanitário bem como suas fases de operação, são diversos. Dentre eles estão os setores de implantação, operação e setor concluído.

No setor de preparação, ocorre a impermeabilização e o nivelamento do solo, as obras de drenagem para descarte do chorume. Nesta fase também, O perímetro do aterro deve ser fechado para prevenir ou limitar a propagação de distúrbios olfativos e visuais.

No setor de execução, os resíduos são classificados por suas propriedades e armazenados separadamente. Antes do depósito, todos os resíduos são pesados para controlar a quantidade de suporte do aterro. Os resíduos que produzem percolato geralmente são cobertos com um selante.

Figura 3 - Aterro sanitário com seus setores e componentes



Fonte: IPT (2000).

No setor concluído, é onde em as atividades de deposição já foram encerradas e está passando por monitoramento contínuo afim de avaliar a captação de percolados, os sistemas

de drenagem e as queimas de gases.

Os componentes de aterros sanitários também são diversos. Dentre eles estão dreno de gás, drenos de águas de superfície, células de lixo, seio de proteção mecânica, saída para estação de tratamento, geomembranas, dreno de chorume e lençol freático.

3.4.4 Monitoramento de Ambiental de Aterros Sanitários

Por definição, um aterro sanitário é destinado à reintegração, nas melhores condições possíveis, de resíduos sólidos que não foram submetidos a outros tratamentos de valorização ou eliminação. Os resíduos urbanos acumulados em aterros não são inertes, sofrendo evoluções complexas devido à influência de agentes naturais, como chuva e microrganismos. Essas evoluções envolvem mecanismos físicos, químicos e biológicos, resultando na dissolução de elementos minerais, no carreamento de partículas solúveis pela água de percolação e na bioconversão da matéria orgânica em formas solúveis e gasosas.

Esse conjunto de fenômenos geralmente leva à geração de metabólitos gasosos e ao transporte de diversas moléculas pelas águas, originando líquidos percolados e biogás. Dessa forma, muitos países estão submetendo suas estratégias de gestão de resíduos a critérios cada vez mais rigorosos, avaliando alternativas tecnológicas, tais como a modificação ou abandono de processos industriais ou hábitos de consumo geradores de resíduos.

Essas alternativas estão associadas à implementação de políticas públicas e/ou industriais, buscando valorizar os resíduos, isto é, encontrar um valor econômico positivo para eles em diversas áreas, como energia, agricultura e matérias-primas. Além disso, é importante gerenciar de maneira eco compatível os resíduos que não podem ser valorizados, recorrendo a técnicas de eliminação ou, normalmente, a operações de estocagem no meio natural.

As fases do ciclo de vida dos aterros sanitários (concepção, implantação, operação e fechamento) são submetidas a critérios cada vez mais rigorosos. No Brasil, dados disponíveis indicam que apenas 30,3% das unidades de disposição final de resíduos adotam formas sanitariamente adequadas de gerenciamento. A dispersão geográfica dos focos de poluição relacionados à produção de resíduos nos municípios brasileiros, onde aproximadamente 73% têm populações até 20.000 habitantes, apresenta desafios significativos. Para Boscov (2008), o monitoramento geotécnico e ambiental tem a função de fornecer informações para o controle, respectivamente, da estabilidade estrutural e do impacto ambiental do aterro de resíduos e pode ter o propósito de caracterizar a situação atual de um local de disposição de

resíduos para transformá-lo em um aterro, segundo os requisitos desejados, e/ou recuperar áreas contaminadas.

Reichert (2007), propôs um plano de monitoramento ambiental para aterros sanitários. O Quadro 03 apresenta esse plano contendo por qual meio, qual periodicidade e quais parâmetros para o monitoramento.

Quadro 3 - Proposta de Monitoramento ambiental em aterros sanitários

Meio	Periodicidade	Parâmetros
Águas superficiais	Bimestral	Temperatura; DQO; Condutividade; OD; pH; <i>NH₄</i> ; <i>NO₃</i> , Fe; MN; Cl
Águas superficiais (subsuperficiais)	Bimestral	Nível de água; Temperatura; pH; Condutividade; OD; <i>NH₄</i> ; Cl
	Quadrimestral	Como bimestral mais: Mg; Fe; Mn; Cd; Cr; Cu; Ni; Pb; Zn
Emissão final de lixiviados tratados	Semanal	Vazão; Temperatura; pH
	Mensal (reduz para trimestral quando condições estáveis se verificarem)	Como semanal mais: DQO; DBO; <i>NH₄</i> ; Cl
	Trimestral	Como trimestral mais <i>SO₄</i> ; alcalinidade; Na; K
	Semestral (reduz para anual quando condições estáveis se verificarem)	Como trimestral mais: Fe; Mn; Cd; Cr; Cu; Ni; Pb; Zn
Lixiviados nas unidades de tratamento	Mensal	Vazão; pH; DBO
	Trimestral (reduz para anual quando condições estáveis se verificarem)	Como mensal mais: Cl; <i>NH₄</i> ; <i>SO₄</i> ; DQO; DBO; Na; K; Mg
	Anual	Como trimestral mais: Fe; Mn; Cd; Cr; Cu; Ni; Pb; Zn

Gases	Semestral (reduz para anual quando condições estáveis se verificarem)	<i>CH₄</i> ; <i>CO₂</i> ; <i>N₂</i> ; <i>O₂</i>
	Anual	<i>CH₄</i> <i>CO₂</i> ; <i>N₂</i> ; <i>O₂</i>
Resíduos aterrados	Semestral (reduz para anual quando condições estáveis se verificarem)	ph; Umidade; STV; ST
	Anual	ph; Umidade; STV; ST

Fonte: Reichert (2007).

3.4.5 Encerramento de atividades de aterros sanitários

Segundo a norma da ABNT NBR 13.896 (ABNT, 1997), a desativação de um aterro sanitário deve ser precedida por uma série de planejamentos e ações que:

- a) minimizem a necessidade de manutenção futura; b) minimizar ou evitar a liberação de líquido percolado contaminado e/ou gases para o lençol e águas subterrâneas, para os corpos d'água superficiais ou para a atmosfera (ABNT, 1997, p. 9).

Ainda na norma da ABNT NBR 13.896 (ABNT, 1997), é recomendado que se realize um plano de encerramento no qual devem constar:

- a) os métodos e as etapas a serem seguidas no fechamento total ou parcial do aterro; b) o projeto e construção da cobertura final de forma a minimizar a infiltração de água na célula, exigir pouca manutenção, não estar sujeita a erosão, acomodar assentamento sem fratura e possuir um coeficiente de permeabilidade inferior ao solo natural da área do aterro; c) a data aproximada para o início das atividades de encerramento; d) uma estimativa dos tipos e da quantidade de resíduos que devem estar presentes no aterro, quando encerrado; e) usos programados para a área do aterro após seu fechamento; f) monitoramento das águas após o término das operações; g) atividades de manutenção da área; h) provisão dos recursos financeiros necessários para a execução das tarefas previstas neste plano (ABNT, 1997, p. 9).

O encerramento das atividades de disposição de resíduos em aterros sanitários é o ponto de partida para a recuperação ambiental da área utilizada. Os aterros sanitários são considerados fechados apenas quando estiverem geotecnicaamente estáveis e a área de uso estiver devidamente recuperada e pronta para habitação e novo uso.

3.4.6 Processos para encerramento de aterros sanitários no Brasil

Segundo *Dores (2007)*, considerando que não foram encontradas em legislações nacionais orientações técnicas que corresponda especificamente a sequência de passos contidos em um plano de encerramento de aterros com o objetivo de promover os seus fechamentos ambiental, social e economicamente corretos, uma proposta de caminho para o encerramento de aterros sanitários deve seguir diagnóstico da condição, fase de iniciação da ação que pode ser iniciada 3 meses antes do encerramento, a fase de encerramento de atividades e a fase de pós-encerramento que deve ser iniciada 3 meses após o encerramento até 20 anos depois.

Ainda segundo *Dores (2007)*, a primeira fase denominada como diagnóstico de condição, pode ser definida como o período de avaliação das condições ambientais, sociais e econômicas do local podendo incluir os seguintes passos, sem ordem de ranqueamento a serem executados:

- Levantamento plano-altimétrico do local;
- Planejamento de um sistema de captação de águas pluviais;
- Disposição de um sistema de drenagem para gases e líquidos fluindo para cima;
- Desenvolvimento de um sistema de armazenamento e manutenção de percola líquida;
- Planejamento de um sistema de drenagem de água para evitar motins de água (minas de água) na área circundante;
- Projetar um sistema de monitoramento projetado para análise visual, química e ambiental do solo e da água;
- Coleta de amostras para confirmar os restos presentes na área;
- Coleta de informações básicas sobre o tipo, composição, consistência, volume da liberação e caracterização, se possível origem;
- Avaliação de risco específica do local: a avaliação de risco inclui a identificação do risco potencial de descarte de resíduos, a identificação de receptores (neste caso a biosfera e possivelmente as águas subterrâneas), a identificação de rotas onde os resíduos podem ser colocados para chegar à biosfera e a avaliação do impacto físico de um possível acesso na biosfera;
- Elaboração do Relatório Ambiental Preliminar - RAP, com base nas informações coletadas antes do planejamento;
- Elaboração de um plano de avaliação de sustentabilidade de aterros sanitários;
- Clarificação da origem dos materiais de cobertura;

- Especificação de projeto de arborização e plano de paisagismo;
- Desenvolvimento de projeto de cinturão verde na área, na faixa de 20% de descarte de resíduos;
- Identificação da sequência de encerramento das operações estruturas instáveis utilizadas no local;
- Desenvolvimento de programa socioambiental de atendimento aos catadores de lixo e suas famílias;
- Especificação de procedimentos de engenharia para o desenvolvimento de edifícios utilizados em obra, quando necessários;
- Esclarecimento da fundamentação que inclui metas e ações, os critérios mínimos que devem ser seguidos na execução dos trabalhos e serviços acima mencionados, definindo assim os parâmetros que devem ser atendidos com materiais, recursos, ferramentas, equipamentos e licenças de trabalho. instalações ambientais necessárias;
- Explicação da planilha de custos da atividade de encerramento de aterros.

Na fase de iniciação da ação, ainda segundo Dores (2007), sugere-se que ocorra três meses antes do encerramento devendo ser realizados os seguintes passos:

- Revisão do plano de fechamento com enfoque na eliminação de possíveis falhas;
- Definição de uma data de fechamento específica;
- Ajuste da escala final de procedimentos de fechamento;
- Notificação de órgãos governamentais relevantes sobre procedimentos adotados;
- Aviso legal a todos os envolvidos sobre interrupção de eliminação, veículos oficiais e particulares.

Na fase propriamente dita de encerramento do aterro, segundo Dores (2007), entende-se por necessário:

- Instalar cercas ou outras estruturas adequadas para impedir a entrada;
- Colocação de placas indicando o fechamento de outros locais de disposição de RSU;
- Resíduos expostos recolhidos da melhor forma possível;
- Recolher todo o lixo restante ou entulho e colocá-lo na área de descarte e descartá-lo;
- Cobrindo todos os resíduos que possam estar expostos;
- Manter a espessura da camada de solo entre as encostas de 0,30 a 0,40m e finalmente (última camada) nas encostas, cobrir e uma barreira de solo não inferior a 0,50m (a argila tem uma camada mineral adicionada que aumenta a resistência à água do aterro).

- Terminar a cobertura com uma camada de solo não inferior a 1,0m para que haja um novo crescimento de plantas na área danificada.
- Realizar todas as metas e ações estabelecidas na fase de pré-planejamento.

A última fase denominada como fase de pós-encerramento é extremamente importante para a continuidade do encerramento para garantir a certificação da eficiência das fases anteriores. Portanto, esta fase, para Dores (2007), deve compreender:

- Avaliação técnica das condições de fundo;
- Estruturas completas e recursos de gestão de água que possam ser necessários;
- Completar, conforme necessário, a coleta de gás e ar, equipamentos de proteção contra lama e artefatos monitoramento de gás e águas subterrâneas;
- Colocar a quantidade necessária, após os cursos indicativos, de cobertura de terra sobre a borda;
- Usar e manter a cobertura vegetal ao longo do tempo;
- Realizar as obras de engenharia necessárias para reforçar a disposição de resíduos, medidas de precaução, procedimentos de disposição final de líquidos explosivos e trabalhos de controle do estado dos canais de disposição de resíduos e pinças;
- Realizar reparos necessários e operações de limpeza nas estações para mantê-los totalmente funcionais;
- Preparar relatórios abrangentes a cada 6 (seis) meses contendo informações ambientais, técnicas e socioeconômicas sobre uma investigação envolvendo avaliação de risco, monitoramento e prevenção do comportamento de vários tipos de emissões na área.

As denominações das fases e algumas das alternativas propostas por Dores (2007), serão utilizadas para definição do adequado ranqueamento em cada fase, para posterior elaboração do Plano de Encerramento de Aterro Sanitário, proposto por este estudo.

3.5 Método multicritério de análise de decisão

Os Métodos Multicritério de Análise de Decisão (MMAD) encontraram raízes para o seu desenvolvimento, inicialmente, no período da Segunda Guerra Mundial, momento em que a Pesquisa Operacional foi amplamente difundida e utilizada pelo corpo militar britânico e posteriormente pelo estadunidense como uma ferramenta analítica de gestão estratégica e de solução de problemas encontrados no contexto bélico (Bonini *et al.*, 2016).

A análise multicritério é uma abordagem que permite tomar decisões considerando múltiplos critérios e suas respectivas ponderações. Nela existem diversos métodos de análise multicritério, pode-se citar como exemplos os contidos no Quadro 4.

Quadro 4 - Métodos de Análise Multicritério

Método	Definição / Características
AHP (Analytic Hierarchy Process)	Para Saaty, (2008), o método AHP (Analytic Hierarchy Process) é amplamente utilizado para a tomada de decisões com base em hierarquias de critérios e alternativas. Ele permite a estruturação das preferências dos decisores e a determinação das importâncias relativas dos critérios.
ELECTRE (<i>Elimination et choix traduisant la réalité</i>)	Segundo Roy, (1968), o método ELECTRE (<i>Elimination et choix traduisant la réalité</i>) é um método de <i>outranking</i> que compara alternativas com base em critérios pré-estabelecidos e permite estabelecer relações de preferência, indiferença e não preferência entre as alternativas
PROMETHEE (<i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations</i>)	Para Brans e Vincke, (1985), o método PROMETHEE (<i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations</i>) é um método de <i>outranking</i> que utiliza conceitos de preferência e indiferença para ordenar as alternativas. Ele permite considerar critérios de forma independente e agregá-los para obter um ranking final.
TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution)	Segundo Hwang e Yoon, (1981), o método TOPSIS (<i>Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution</i>) é utilizado para classificar alternativas em relação a um conjunto de critérios, considerando a proximidade entre as alternativas e uma

	solução ideal. Ele busca maximizar a similaridade com a solução ideal e minimizar a similaridade com a solução anti-ideal.
--	--

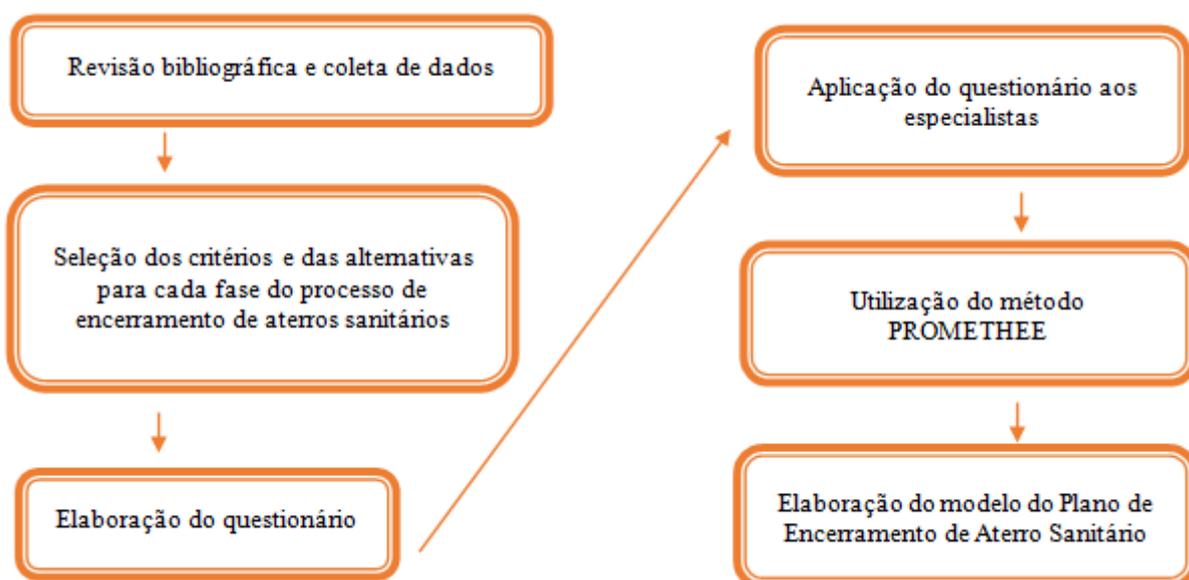
Fonte: Autoria própria (2024)

4 METODOLOGIA

O presente estudo tem como metodologia uma pesquisa de caráter descritiva, explicativa e exploratória que busca consultar especialistas para posteriormente validar através de um método aplicado em um software de tomada de decisão, a ordem mais indicada de passos a serem seguidos em um processo de encerramento de aterros sanitários para posterior elaboração de um Plano de Encerramento de Aterros Sanitários seguindo e descrevendo os resultados encontrados.

A Figura 04 apresenta em forma de fluxograma metodológico, os passos seguidos nesta pesquisa sendo compreendidos em revisão bibliográfica, seleção dos critérios e das alternativas para cada fase do processo de encerramento de aterros sanitários, elaboração do questionário, aplicação do questionário aos especialistas, utilização do método PROMETHEE e elaboração do modelo do Plano de Encerramento de Aterro Sanitário.

Figura 4 - Fluxograma metodológico da pesquisa



Fonte: Autoria própria (2024).

4.1 Procedimentos metodológicos

4.1.1 Revisão bibliográfica e coleta de dados

Foi realizada uma revisão bibliográfica abrangente, buscando informações atualizadas sobre gestão de resíduos sólidos, legislações pertinentes aos encerramentos de atividades de aterros sanitários, características operacionais e físicas dos mesmos bem como seus procedimentos em si de encerramento tendo em vista as legislações brasileiras e mundiais

buscando suas características físicas e operacionais. Depois, buscaram-se referências sobre métodos de análise multicritério e, especificamente, tendo como enfoque, o método PROMETHEE.

O método PROMETHEE foi selecionado para esta pesquisa pois ele é conhecido por sua flexibilidade e capacidade de se adaptar a diferentes contextos e tipos de problemas permitindo a inclusão de diferentes critérios ponderados de acordo com a relevância para a situação específica deste trabalho que são os processos de encerramento de aterros sanitários. Também, o PROMETHEE lida bem com incertezas e variações nas preferências humanas permitindo a modelagem de funções de preferência de maneira mais intuitiva, refletindo as nuances e as diferentes perspectivas dos tomadores de decisão. Além disso, o PROMETHEE é conhecido por sua aplicação prática e por fornecer resultados que são mais facilmente interpretáveis pelos tomadores de decisão. Isso pode ser uma vantagem ao comunicar as decisões relacionadas ao encerramento de aterros sanitários para diferentes partes interessadas.

A coleta de dados foi realizada através de revisão bibliográfica em artigos, livros, periódicos e planos municipais tendo como critério dados atuais, relevantes e abrangentes para cada fase. Nesta etapa, foram definidas pelas autoras as quatro fases do processo de encerramento, sendo adaptadas de Dores (2007), que foram:

1. Fase de diagnóstico de condição: Fase que se caracteriza pela avaliação da condição atual do aterro sanitário para posterior encerramento.
2. Fase de iniciação da ação: Estágio inicial do processo de encerramento, em que são tomadas as primeiras medidas para planejar e preparar a finalização das operações do aterro sanitário.
3. Fase do encerramento do aterro: Estágio em que ocorre a finalização das operações de disposição de resíduos sólidos no local.
4. Fase de pós-encerramento: Refere-se às atividades realizadas após o encerramento das operações de disposição de resíduos sólidos no aterro.

4.1.2 Seleção dos critérios e das alternativas para cada fase do processo de encerramento de aterros sanitários

Após a revisão bibliográfica bem definida e as fases selecionadas, realizou-se a análise dos dados e filtragem dos mesmos para melhor eficiência e praticidade na tomada de decisão para posterior aplicação no software Visual PROMETHEE Academic.

Inicialmente, adaptadas de Dores (2007) e pelas bibliografias encontradas, foram coletados 252 passos necessários a serem realizados para todo processo de encerramento de

aterros sanitários onde foram tratadas como alternativas. Para as próximas etapas da pesquisa, foram selecionadas pelas autoras 36 destas. A filtragem se deu tendo em vista a relevância das alternativas e levando em consideração as legislações pertinentes a encerramento de aterros sanitários.

A Tabela 03 apresenta a quantidade de alternativas selecionadas para cada fase estabelecida.

Tabela 2 - Fases estabelecidas e suas respectivas quantidades de alternativas selecionadas

Fase estabelecida	Quantidade de alternativas
Fase 1 - Diagnóstico de condição	11
Fase 2 - Iniciação da ação	7
Fase 3 – Fase do encerramento do aterro	9
Fase 4 – Fase de pós-encerramento	9

Fonte: Autoria própria (2024).

As alternativas selecionadas para cada fase foram:

1. Fase de diagnóstico de condição:

- Levantamento plano-altimétrico do local.
- Disposição de um sistema de drenagem para gases e líquidos.
- Planejamento de um sistema de drenagem de água para evitar motins de água (minas de água) na área circundante.
- Projetar um sistema de monitoramento para análise visual, química e ambiental do solo e da água.
- Coleta de informações básicas sobre o tipo, composição, consistência, volume da liberação e caracterização.
- Avaliação dos riscos do local.
- Elaboração do Relatório Ambiental Preliminar - RAP, com base nas informações coletadas anteriormente.
- Desenvolvimento de projeto de cinturão verde na área, na faixa de 20% de descarte de resíduos.
- Identificação da sequência de encerramento das operações estruturais instáveis utilizadas no local.
- Avaliação documental relacionados ao aterro sanitário.
- Abordagem de mitigação e compensação para comunidade do entorno do aterro e para os trabalhadores do aterro.

2. Fase de iniciação da ação:

- Revisão do plano de fechamento com enfoque na eliminação de possíveis falhas.
- Definição de uma data de encerramento específica.
- Notificação ao órgão regulador sobre os procedimentos adotados.
- Desenvolvimento de um plano de ação referente ao encerramento das atividades.
- Definição de indicadores de desempenho da parte técnica e dos processos.
- Elaboração de um plano de comunicação.
- Obtenção de aprovações e autorizações necessárias.

3. Fase do encerramento do aterro:

- Instalar cercas ou outras estruturas adequadas para impedir a entrada de pessoas não-autorizadas.
- Recolher todo o lixo restante ou entulho e colocá-lo na área de descarte e descartá-lo.
- Cobrir todos os resíduos que possam estar expostos.
- Verificar se todas as metas e ações estabelecidas na fase de diagnóstico de condição foram executadas.
- Realizar o monitoramento de gases.
- Implementação de sistemas de drenagem adequados para evitar o acúmulo de água no aterro sanitário.
- Revestimento de taludes.
- Monitoramento de águas subterrâneas.
- Controle de poluição do ar.

4. Fase do pós-encerramento:

- Avaliação técnica das condições das camadas de fundo.
- Usar e manter a cobertura vegetal ao longo do tempo.
- Realizar reparos necessários e operações de limpeza nas estações de transbordo para mantê-los totalmente funcionais.
- Preparar relatórios abrangentes a cada 6 (seis) meses contendo informações ambientais, técnicas e socioeconômicas sobre uma investigação envolvendo avaliação de risco.
- Inspeções semanais regulares.

- Manutenção das estruturas existentes.
- Gerenciamento de percolados.
- Manutenção da cobertura final.
- Atualização do plano de monitoramento.

Também nesta etapa foram definidos os 5 critérios tendo como base principal a NBR 13.896/1997 referentes a aterros. Os critérios definidos foram:

1. C1. Viabilidade financeira do processo à organização e ao órgão ambiental.
2. C2. Prazo para execução do processo.
3. C3. Necessidade de mão de obra especializada.
4. C4. Tecnologias utilizadas.
5. C5. Impactos ambientais negativos.

Os critérios foram definidos pelas autoras por sua importância e influência para a realização de cada passo, em sua respectiva fase. Na Fase de Diagnóstico de Condição, a Viabilidade Financeira do Processo (C1) é de suma importância, pois estabelecerá a base econômica para o processo. Os custos associados ao diagnóstico devem ser cuidadosamente considerados, visando a eficiência econômica do processo de encerramento. Portanto, atribuiu-se um peso de 5 a este critério.

Já o Prazo para Execução do Processo (C2) deve ser gerenciado de forma eficiente, permitindo a rápida transição para as próximas fases.

Destarte também, necessidade de Mão de Obra Especializada (C3) pois a demanda por profissionais especializados é crucial para garantir a precisão e a abrangência do diagnóstico.

No que tange a Tecnologias Utilizadas (C4), devem ser escolhidas com discernimento, visando à coleta eficiente de dados.

Por fim, o critério Impactos Ambientais Negativos (C5), embora a fase de diagnóstico tenha impactos ambientais mínimos, a consideração e a minimização desses impactos são essenciais.

4.1.3 Elaboração do questionário

O questionário foi elaborado em forma de formulário no site *Google Formulário* coletando dos especialistas suas visões quanto a relevâncias de cada passo executado dentro de cada fase estabelecida.

Para preenchimento dos especialistas, o formulário foi constituído pelas fases com seus passos respectivos estabelecidos anteriormente e com os pesos que variam da seguinte

forma:

- 1 (Irrelevante)
- 2 (Pouco relevante)
- 3 (Moderadamente relevante)
- 4 (Relevante)
- 5 (Muito relevante)

Para registro, foram coletadas inicialmente as seguintes informações a respeito dos especialistas:

- Nome;
- Email;
- Profissão / Instituição na qual está vinculado (a).

Já no corpo do formulário, os especialistas foram abordados primeiramente da seguinte forma:

“Você foi indicado a fazer parte desta pesquisa cujo objetivo é coletar opinião técnica, a respeito dos processos necessários para encerramento das atividades de aterros sanitários.

Você será questionado (a) sobre as relevâncias de alternativas de atividades de encerramento contidas no processo, tendo como base critérios.

Os critérios definidos para sua orientação nas escolhas das relevâncias são:

C1. Viabilidade financeira do processo à organização e ao órgão ambiental

C2. Prazo para execução do processo

C3. Necessidade de mão de obra especializada

C4. Tecnologias utilizadas

C5. Impactos ambientais negativos

Com base nos critérios apresentados, avalie as alternativas contidas nas seguintes fases:

1. Fase de diagnóstico de condição

2. Fase de iniciação da ação

3. Fase do encerramento de atividades do aterro

4. Fase de pós-encerramento

Em cada uma delas, usando de sua experiência em Gestão de Resíduos Sólidos, indique sua opinião a respeito da relevância de cada critério, para cada alternativa

apresentada, onde quanto maior o peso selecionado, mais relevante. Ressalto que o maior valor do peso selecionado, indicará maior relevância.”

Após este texto de apresentação e saudações iniciais, o formulário apresentou para o início de cada fase um roteiro explicativo, no qual, na primeira fase denominada de diagnóstico de condição, coletou no primeiro momento o grau de relevância de cada critério estabelecido na fase em questão. O mesmo se fundamentou da seguinte forma:

“A partir de agora, você deverá atribuir um valor de peso (de 1 a 5) para cada critério com base na sua própria avaliação e considerações. Esses pesos serão utilizados para quantificar a importância relativa de cada critério durante a análise das alternativas em cada fase.

Ao atribuir os pesos, é importante levar em conta o impacto que cada critério tem na decisão final. Um critério com um peso maior terá um impacto mais significativo na avaliação do que um critério com um peso menor. Portanto, você deve considerar cuidadosamente a importância de cada critério em relação aos outros.

Para a fase de Diagnóstico de Condição, qual o critério de maior importância? Para esse atribua o valor 5. Dentre os restantes, qual tem menos importância? Para esse atribua um valor menor que 5 não podendo haver repetição de valores de pesos. Cada critério deve ser atribuído com diferentes valores de pesos. Siga esse procedimento até que todos os critérios tenham valores atribuídos.”

Posteriormente, o formulário apresentou a seguinte orientação:

“A partir de agora, você deverá atribuir um valor de peso para cada alternativa tendo como base os critérios apresentados. Esses pesos serão usados para avaliar e comparar as alternativas em relação a cada critério específico.

Ao atribuir os pesos para as alternativas, você deve considerar a importância de cada critério em relação aos outros. Os pesos indicam a relevância relativa de cada critério na tomada de decisão.

Os valores de peso a serem atribuídos foram definidos da seguinte forma:

1: Irrelevante

2: Pouco relevante

3: Moderadamente relevante

4: Relevante

5: Muito relevante

Esses pesos serão utilizados para avaliar e comparar as alternativas em relação a cada critério específico, refletindo a importância relativa de cada critério na tomada de decisão.

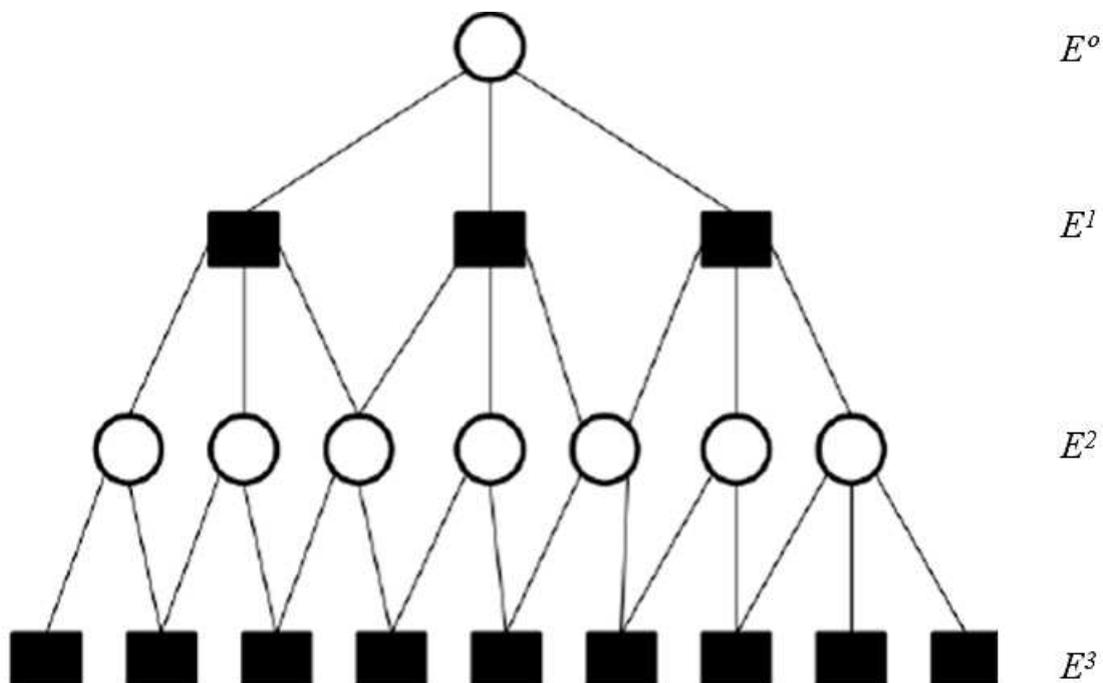
Após esta etapa, o formulário seguiu coletando as relevâncias tendo em vista cada passo estabelecido para cada uma das fases.

O formulário em sua íntegra se encontra no Apêndice A deste trabalho.

4.1.4 Aplicação de questionário aos especialistas

Utilizou-se como medida inicial a busca por bibliografias sobre o assunto construindo uma base teórica a respeito do mesmo para posteriormente a utilização da amostragem por *SNOWBALL* (bola de neve ou referência em cadeia) que segundo Biernacki e Waldorf (1981) se caracteriza por uma técnica de pesquisa que tem sido amplamente utilizada em pesquisa sociológica qualitativa. A referida técnica produz uma amostra de estudo através de referências feitas entre pessoas que conhecem outras pessoas que possuem algumas características de interesse da pesquisa, conforme apresentado na Figura 08 (Biernacki, Waldorf, 1981; Cohen, Arieli, 2011).

Figura 5 - Fluxograma explicativo sobre a metodologia bola de neve



Fonte: Adaptado de Zheng *et al.*, 2012* **Legenda:** E⁰ (especialista convidado pelos pesquisadores), E¹ (especialistas indicados pelo E⁰), E² (especialistas indicados pelos E¹), E³ (especialistas indicados pelos E²).

A vantagem da metodologia bola de neve é que ela permite uma amostragem ampla e diversificada, com participantes que podem não ter sido identificados por outros métodos de amostragem. Além disso, essa técnica é especialmente útil quando a população-alvo é pequena ou difícil de ser alcançada.

Após coleta de dados e análise dos mesmos, as alternativas selecionadas juntamente com os critérios definidos, aplicou-se o questionário para os especialistas através do envio de emails contendo o link do formulário e uma breve saudação para o motivar a contribuir com a pesquisa. Assim, o formulário objetivou obter a relevância de cada alternativa para cada critério estabelecido em cada fase por cada especialista para assim seguir para a próxima etapa da pesquisa.

Foram selecionados 10 especialistas cujas profissões, coletadas no ato do preenchimento do formulário, afim de ressaltar sua capacidade em contribuir nessa pesquisa, estão listadas no Quadro 05. A identificação dos especialistas foi colocada através de numerações afim de preservar a identidade de cada um (a).

Quadro 5 - Identificação dos (as) Especialistas abordados (as)

Identificação do (a) Especialista	Função / Origem
Especialista 1	Professor / Academia
Especialista 2	Professor / Academia
Especialista 3	Professora / Academia
Especialista 4	Professora / Academia
Especialista 5	Professora / Academia
Especialista 6	Engenheiro Ambiental / Consultoria
Especialista 7	Bióloga / Órgão Ambiental
Especialista 8	Professor / Academia
Especialista 9	Professor / Academia
Especialista 10	Engenheira Ambiental / Academia

Fonte: Autoria própria (2024).

Após a coleta realizada aos especialistas, realizou-se a soma dos pesos atribuídos por cada especialista em cada alternativa para posterior cálculo de média normal dos pesos encontrados, assim, tendo um valor fixo de relevância para cada alternativa, com base nos critérios.

Para posterior aplicação dos pesos com suas médias definidas no software, utilizou-se a escala presente na Quadro 06.

Quadro 6 - Escala de médias

Escala da média encontrada	Termo qualitativo para utilizar no software
1 a 1.9 - Irrelevante	Muito Baixo
2 a 2.9 - Pouco Relevante	Baixo
3 a 3.9 - Moderadamente Relevante	Mediano
4 a 4.9 - Relevante	Alto
5 - Muito Relevante	Muito Alto

Fonte: Autoria própria (2024).

4.1.5 Utilização do Método PROMETHEE

Após a aplicação da metodologia bola de neve com o levantamento de dados e consulta aos especialistas, a pesquisa seguiu com a utilização da ferramenta de análise de apoio à decisão multicritério PROMETHEE através do software *Visual Promethee Academic*. A justificativa da escolha se dá primeiramente pela eficiência e robustez pois, segundo Brans e Mareschal (2005), o método PROMETHEE tem sido amplamente utilizado e estudado em diferentes contextos de tomada de decisão oferecendo uma estrutura robusta e eficiente para lidar com problemas complexos de múltiplos critérios, como o encerramento de aterros sanitários, por exemplo.

Outra justificativa da escolha se deu pelo fato do método PROMETHEE ter como característica a consideração de critérios multidimensionais onde, segundo Brans e Vincke (1985), o método permite a avaliação e comparação desses critérios de forma estruturada, possibilitando uma análise abrangente e equilibrada se adequando a processos de encerramento de aterros sanitários que envolve uma variedade de critérios que precisam ser considerados, como impactos ambientais, custos, impactos sociais e conformidade legal, fornecendo desta forma, um adequado ranqueamento de ações.

Para Figueira, Greco e Ehr Gott (2005), o PROMETHEE permite a incorporação das preferências e valores dos decisores no processo de tomada de decisão. Isso significa que as preferências individuais e a importância relativa dos critérios podem ser levadas em consideração, garantindo uma abordagem mais personalizada e justa, essa questão também se caracteriza mais um motivo da escolha do método para esta pesquisa.

Ainda, como outro motivo para a escolha deste método, foi a respeito da interpretabilidade dos resultados pois o método PROMETHEE fornece ranqueamentos e visualizações claras dos resultados, facilitando a interpretação e a comunicação dos resultados

aos tomadores de decisão e outras partes interessadas. Isso permite uma compreensão mais fácil das alternativas preferidas e dos *trade-offs* entre os critérios (Macharis; Springael; De Brucker, 2004).

O uso do software *Visual Promethee Academic* foi escolhido para aplicação do método pela sua praticidade e intuitividade bem como levando em conta que o software foi elaborado pelos próprios criadores do método sendo assim o mesmo validado por si só. O método PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*) é uma abordagem de tomada de decisão multicritério que pode ser aplicado na construção de aterros sanitários, assim como em outros contextos relacionados ao meio ambiente.

Na construção de aterros sanitários, a aplicação do método PROMETHEE pode ajudar a avaliar diferentes alternativas e selecionar a melhor opção com base em critérios ambientais e de sustentabilidade. Alguns dos critérios que podem ser considerados incluem:

- **Impacto ambiental:** Avaliação do nível de impacto que cada alternativa terá no meio ambiente, levando em consideração fatores como poluição do solo, água e ar, biodiversidade, entre outros. Avaliação da capacidade de cada alternativa em gerenciar eficientemente os resíduos sólidos, minimizando o risco de contaminação e promovendo boas práticas de tratamento, reciclagem e disposição final.
- **Custos e recursos necessários:** Avaliação dos custos financeiros e de recursos necessários para implementação de cada alternativa, levando em consideração aspectos como investimentos iniciais, manutenção e impactos econômicos a longo prazo. Avaliação do envolvimento e aceitação da comunidade local em relação a cada alternativa, considerando o diálogo, consulta e o respeito aos interesses e preocupações da população impactada.
- **Legislação e conformidade:** Avaliação do alinhamento de cada alternativa com as leis, regulamentos e normas ambientais e de saúde pública estabelecidas. Ao aplicar o método PROMETHEE, cada critério é ponderado e comparado para determinar qual alternativa é mais preferível em relação aos outros. Esse processo de avaliação sistemática permite uma tomada de decisão baseada em informações objetivas e ajuda a promover a consciência ambiental ao considerar cuidadosamente as consequências ambientais e sociais de cada opção.

Com base nas respostas do tópico anterior fica evidente a importância em que a população se preocupa com o meio ambiente, entretanto em perguntas básicas como se reconhecem a importância e as causas ao meio físico, biótico e antrópico, diversos entrevistados não sabem ou não se sentem confortáveis em responder tais questionamentos.

A utilização do método PROMETHEE no pós-encerramento de um aterro sanitário pode ter os seguintes resultados:

- **Priorização de ações:** O método PROMETHEE pode ajudar na identificação das ações que devem ser prioritárias no pós-encerramento do aterro sanitário. Ele pode avaliar diferentes critérios, como custo, impacto ambiental, impacto social, entre outros, e classificar as ações com base nesses critérios. Isso ajuda a direcionar os recursos e esforços para as ações mais importantes.
- **Avaliação de alternativas:** O método PROMETHEE também pode ser utilizado para avaliar diferentes alternativas para o pós-encerramento do aterro sanitário. Por exemplo, ele pode comparar diferentes opções de remediação do solo e identificar qual é a mais adequada com base em critérios como eficiência, custo e viabilidade técnica.
- **Tomada de decisão:** Com base nos resultados do método PROMETHEE, é possível tomar decisões mais embasadas e fundamentadas no pós-encerramento do aterro sanitário. O método fornece uma análise comparativa e objetiva das opções disponíveis, o que ajuda na escolha da melhor alternativa para lidar com os problemas e desafios do pós-encerramento.
- **Transparência e participação:** Ao utilizar o método PROMETHEE, é possível envolver diferentes partes interessadas no processo de tomada de decisão, como órgãos reguladores, comunidades locais e especialistas. Isso ajuda a garantir transparência e inclusão no pós-encerramento do aterro sanitário, pois as decisões são baseadas em critérios claros e mensuráveis.
- **Monitoramento e avaliação contínua:** O método PROMETHEE pode ser aplicado não apenas para a tomada de decisão inicial no pós-encerramento do aterro sanitário, mas também para o monitoramento e avaliação contínua das ações realizadas.

O PROMETHEE tem sido amplamente aplicado em diversas áreas, incluindo gestão ambiental, seleção de fornecedores e planejamento estratégico. Sua eficiência, capacidade de tratamento de múltiplos critérios e interpretabilidade dos resultados o tornam uma ferramenta valiosa para a tomada de decisões complexas (Figueira *et al.*, 2005).

O método PROMETHEE envolve o cálculo de índices de preferência, que medem a força e a direção da preferência entre as alternativas (Brans; Vincke, 1985). Esses índices são calculados com base nas funções de preferência e nas ponderações dos critérios definidas pelos decisores (Figueira; Greco; Ehrgott, 2005).

Em seguida, os fluxos netos são calculados agregando os índices de preferência em

relação a cada critério. Os fluxos netos representam a diferença entre os fluxos positivos (preferência) e os fluxos negativos (não preferência) para cada alternativa, permitindo a comparação entre elas (Macharis *et al.*, 2004).

Com base nos fluxos netos, é possível realizar o ranqueamento das alternativas, indicando a ordem de preferência entre elas (Brans; Vincke, 1985). Isso proporciona uma visão clara das melhores alternativas de acordo com os critérios estabelecidos.

A ideia básica do PROMETHEE é comparar pares de alternativas em relação a cada critério, atribuindo valores de preferência às alternativas. Esses valores são calculados usando funções de preferência que podem ser lineares, em forma de "S", ou outras, dependendo das características do problema.

Para Brans e Mareschal, um esboço simplificado do processo matemático do método PROMETHEE segue os seguintes passos:

- Atribuição de pesos aos critérios: Cada critério é ponderado de acordo com sua importância relativa no contexto do problema. Esses pesos são geralmente fornecidos pelo tomador de decisão.
- Normalização dos dados: Os dados para cada critério e alternativa são normalizados para garantir que estejam em uma escala comum. Isso é feito para evitar distorções causadas por unidades diferentes ou magnitudes diversas.
- Cálculo das Matrizes de preferência: Para cada par de alternativas, é calculada uma matriz de preferência que mostra como uma alternativa é preferida em relação à outra para cada critério. Isso é feito usando funções de preferência que traduzem as diferenças entre as alternativas em valores de preferência.
- Agregação de preferências: As matrizes de preferência individuais são agregadas para obter uma pontuação global para cada alternativa. Isso pode ser feito somando os valores de preferência ou usando outras técnicas de agregação.
- Ordenação das alternativas: As alternativas são ordenadas com base nas pontuações globais obtidas no passo anterior. Quanto maior a pontuação, mais preferível é a alternativa.

Consideremos os seguintes exemplos hipotéticos, quantitativo e qualitativo respectivamente, para ilustrar a aplicação do método PROMETHEE em um contexto de tomada de decisão.

- Exemplo 1: Suponha que uma empresa esteja avaliando diferentes fornecedores para escolher o mais adequado para suprir suas necessidades de matéria-prima. Os critérios

considerados são: preço, qualidade do produto, prazo de entrega e reputação do fornecedor.

- Atribuição de pesos aos critérios: O tomador de decisão atribui pesos aos critérios de acordo com sua importância. Por exemplo, pode ser que o preço tenha um peso de 0.4, qualidade do produto 0.3, prazo de entrega 0.2 e reputação do fornecedor 0.1, totalizando 1.

- Normalização dos dados: Os dados para cada critério e fornecedor são normalizados para uma escala comum, por exemplo, de 0 a 1. Suponha que o preço seja normalizado de acordo com a diferença em relação ao menor preço entre os fornecedores.

- Cálculo das Matrizes de preferência: Para cada par de fornecedores, calcula-se uma matriz de preferência para cada critério. Por exemplo, na matriz de preferência para o critério "preço" entre Fornecedor A e Fornecedor B, atribuímos valores indicando se A é preferível a B ou vice-versa, com base nas diferenças normalizadas nos preços.

- Agregação de preferências: As matrizes de preferência individuais são agregadas para obter uma pontuação global para cada fornecedor. Isso pode ser feito somando os valores de preferência ponderados pelos pesos atribuídos a cada critério.

- Ordenação das alternativas: Com base nas pontuações globais obtidas no passo anterior, os fornecedores são ordenados em ordem decrescente. O fornecedor com a pontuação mais alta é considerado o mais preferível, enquanto o fornecedor com a pontuação mais baixa é considerado o menos preferível.

- Exemplo 2: Contexto: Escolha de Fornecedores de Matéria-Prima

- Atribuição de pesos aos critérios: O gestor de compras atribui pesos qualitativos aos critérios com base na relevância percebida. Por exemplo, ele pode considerar que a qualidade do produto é "Crucial", dando um peso qualitativo mais elevado, enquanto a reputação do fornecedor é "Importante", mas menos crucial.

- Normalização dos dados: De maneira qualitativa, os dados para cada critério e fornecedor são avaliados em uma escala comum. Por exemplo, para o critério "preço", o fornecedor com o preço mais baixo pode ser qualificado como "Muito Bom", enquanto o fornecedor com o preço mais alto pode ser qualificado como "Aceitável".

- Cálculo das Matrizes de preferência: Com base nas avaliações qualitativas, o gestor compara cada fornecedor em relação a cada critério. Se a qualidade do produto

do Fornecedor A for considerada "Muito Boa" e a do Fornecedor B for "Boa", então o Fornecedor A receberá uma preferência mais alta nesse critério.

- Agregação de preferências: As preferências qualitativas são agregadas, levando em consideração os pesos atribuídos a cada critério. Por exemplo, se a qualidade do produto tem um peso mais elevado, as preferências nesse critério têm um impacto maior na pontuação geral.

- Ordenação das alternativas: Com base na pontuação global obtida, os fornecedores são ordenados. O fornecedor com a pontuação mais alta é considerado mais adequado para a escolha, enquanto o fornecedor com a pontuação mais baixa pode ser considerado menos apropriado.

Este segundo exemplo ilustra como o método PROMETHEE pode ser adaptado para considerar avaliações qualitativas e as preferências do tomador de decisão em um processo de escolha de fornecedores.

A aplicação do método Promethee se deu através do uso do software *Visual Promethee Academic*. O uso do software, que é gratuito e disponível de fácil acesso na internet, se deu pelo download de seu arquivo de instalação e uso inicial realizando configuração de preferências. Após isso, já com os critérios e alternativas definidos, foram adicionados a um novo projeto no software todos os critérios e alternativas e os valores encontrados na etapa anterior. Desta forma, executou-se a análise PROMETHEE no software para classificar as alternativas com base nos critérios e parâmetros definidos.

Com a execução do software, foi possível obter os resultados da análise através de gráficos que mostraram a classificação das alternativas e a intensidade de preferência entre elas. Assim, com base nos resultados da análise PROMETHEE, foi tomada uma decisão de ordem de passos ideal, para cada fase, na aplicação no plano de encerramento.

4.1.6 Elaboração do modelo do Plano de Encerramento de Aterro Sanitário

Após obter a classificação indicada pelo software, os passos obtidos no ranqueamento obtido para cada fase, foram inseridos em um modelo de plano de encerramento elaborado nesta
pesquisa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Resultados da aplicação do questionário aos especialistas

A pesquisa contou com a participação de 10 especialistas, cada um identificado por sua profissão e instituição de vínculo. Os resultados obtidos forneceram uma visão abrangente das percepções desses profissionais. Nesta fase diagnóstica da análise dos dados coletados, a pesquisa contou com uma ampla diversidade de participantes no que diz respeito a suas profissões.

Assim, os especialistas representam uma variedade de profissões, incluindo profissionais da academia, órgãos ambientais e consultorias.

Houve consistência nas respostas, uma análise inicial revela uma consistência nas respostas de professores universitários, indicando um possível alinhamento de perspectivas dentro do ambiente acadêmico.

Em relação ao enfoque ambiental, é notável que profissionais com formação em engenharia ambiental e biologia estão presentes, sinalizando uma abordagem multidisciplinar nas respostas, o que pode enriquecer as discussões sobre o tema.

Já no que tange a contribuição da indústria, a presença de um engenheiro ambiental vinculado a uma construtora industrial de aterros sanitários adiciona uma perspectiva prática ao conjunto de dados, indicando uma conexão entre a academia e o setor privado. A concordância entre professores de diferentes universidades sugere um consenso acadêmico em certos aspectos, o que pode indicar uma base sólida de conhecimento na área.

Nota-se que há uma interconexão teoria-prática, com a presença de profissionais atuantes na indústria realça a importância da interconexão entre teoria e prática, destacando a relevância das pesquisas acadêmicas para desafios do mundo real.

A abordagem Interdisciplinar, com combinação de biólogos e engenheiros ambientais destaca a necessidade de abordagens interdisciplinares na resolução de questões ambientais complexas. A diversidade de perfis também destaca os desafios e oportunidades enfrentados por profissionais em diferentes setores, oferecendo insights valiosos para futuras pesquisas e colaborações.

Esses resultados e fornecem uma compreensão inicial do panorama de opiniões entre os especialistas, oferecendo uma base sólida para análises mais aprofundadas e contribuições significativas para o campo em questão.

5.1.1 Fase de Diagnóstico de Condição

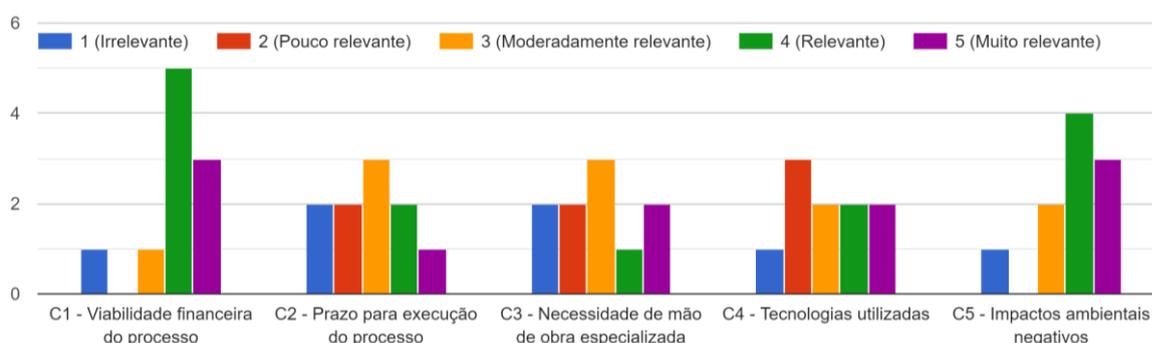
A primeira abordagem do formulário, na primeira fase denominada de Fase de Diagnóstico de Condição, os (as) especialistas foram convidados (as) a atribuir um valor de peso (de 1 a 5) para cada critério com base na sua própria avaliação e considerações.

Ao atribuir esses pesos, os (as) especialistas levaram em conta o impacto que cada critério tem na decisão final. Assim, preencheram de forma que um critério com um peso maior teve um impacto mais significativo na avaliação do que um critério com um peso menor.

Portanto, em relação a fase de Diagnóstico de Condição, os (as) especialistas responderam qual o critério de maior importância, sendo este atribuído o valor 5. Dentre os restantes, responderam qual tem menor importância consequentemente para este atribuíram um valor menor que 5. Desta forma, neste primeiro momento, seguiram esse procedimento até que todos os critérios tenham tivessem valores atribuídos.

Após o preenchimento, foram obtidos, de uma forma a contemplar a resposta de todos os (as) especialistas, os resultados apresentados no Gráfico 04 onde os (as) especialistas responderam, segundo grau de relevância, a importância de cada critério tendo como base a referida fase, que neste caso foi a fase de diagnóstico de condição. Portanto, a pergunta central para o preenchimento desta etapa foi: o quanto, cada um dos 5 critérios é relevante para a fase denominada de diagnóstico de condição.

Gráfico 4 - Na fase de Diagnóstico de Condição



Fonte: Autoria própria (2024).

Nota-se através do Gráfico 04 que os (as) especialistas nessa etapa, em sua maioria, com 5 seleções, optaram por classificar como “relevante” o critério de viabilidade financeira (C1). Para esta fase, em relação ao Prazo para execução do processo (C2), a maioria optou por classificar como “moderadamente relevante”. Da mesma forma, em relação ao grau de relevância da necessidade de mão obra especializada (C3) para essa fase, os (as) especialistas

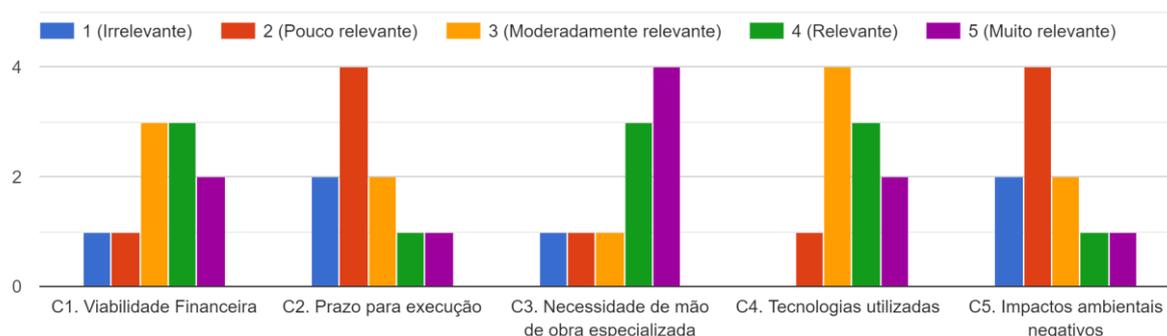
selecionaram como “moderadamente relevante”. Em relação ao grau de relevância de tecnologias utilizadas (C4) para esta fase, os respondentes em sua maioria selecionaram como “pouco relevante”. Em relação aos impactos negativos, seguindo o mesmo raciocínio dos anteriores, o mais selecionado foi o grau de relevância “relevante”.

Dando continuidade ao questionário, os (as) especialistas responderam a relevância de cada critério só que agora tendo como base as alternativas apresentadas. Ou seja, os graus de relevância foram usados para avaliar e comparar as alternativas em relação a cada critério específico.

Para a primeira alternativa da fase de diagnóstico de condição, denominada como “Levantamento plano-altimétrico do local”, os (as) especialistas responderam segundo o Gráfico 05.

Gráfico 5 - Levantamento plano-altimétrico

Levantamento plano-altimétrico do local



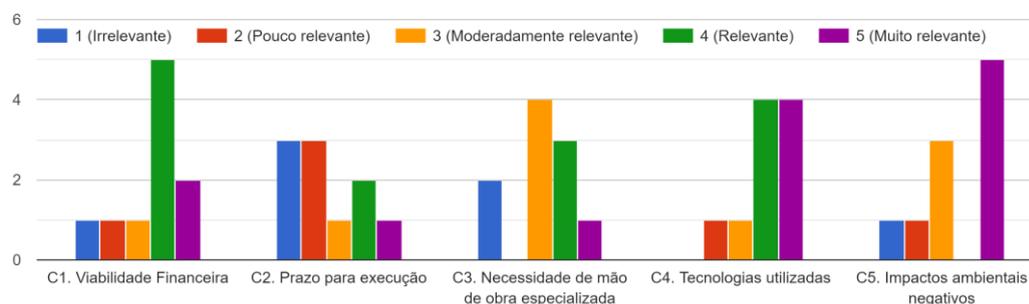
Fonte: Autoria própria (2024).

O Gráfico 05 resultou como destaques que a maioria dos especialistas definiram como pouco relevantes os critérios C2 definido como Prazo para execução e o critério C5 definido como Impactos ambientais negativos. Como muito relevante para esta alternativa, destacou-se com maior número de escolha o C3 definido como “Necessidade de mão de obra especializada”.

Para a segunda alternativa denominada como “Disposição de um sistema de drenagem para gases e líquidos” o Gráfico 06 apresenta os resultados obtidos através da pesquisa aplicada aos (as) especialistas.

Gráfico 6 - Disposição de um sistema de drenagem para gases e líquidos

Disposição de um sistema de drenagem para gases e líquidos



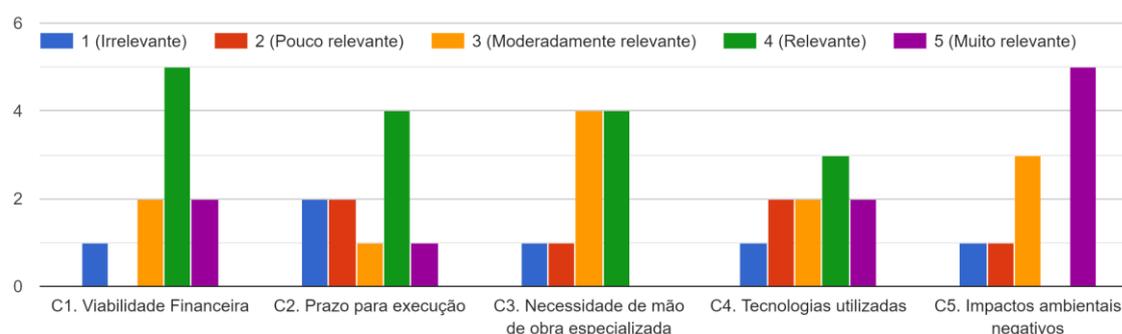
Fonte: das autoras (2024).

O Gráfico 06 cuja alternativa é “Disposição de um sistema de drenagem de líquidos”, resultou como destaques que a maioria dos especialistas definiram como muito relevantes o critério C5 definido como Impactos ambientais negativos, com 5 seleções e o critério C1 definido como Viabilidade financeira, em relevante também com 5 seleções. Para a maioria, o C3 definido como Necessidade de mão de obra especializada é “moderadamente relevante” para a alternativa em questão.

O Gráfico 07 apresenta a alternativa “Planejamento de um sistema de drenagem de água para evitar motins de água (minas de água) na área circundante”. Neste se destacaram o C1 denominado de Viabilidade Financeira sendo escolhido pela maioria dos (as) especialistas como “relevante” e o C5 – impactos negativos como muito relevante.

Gráfico 7 - Planejamento de um sistema de drenagem de água para evitar motins de água (minas de água) na área circundante

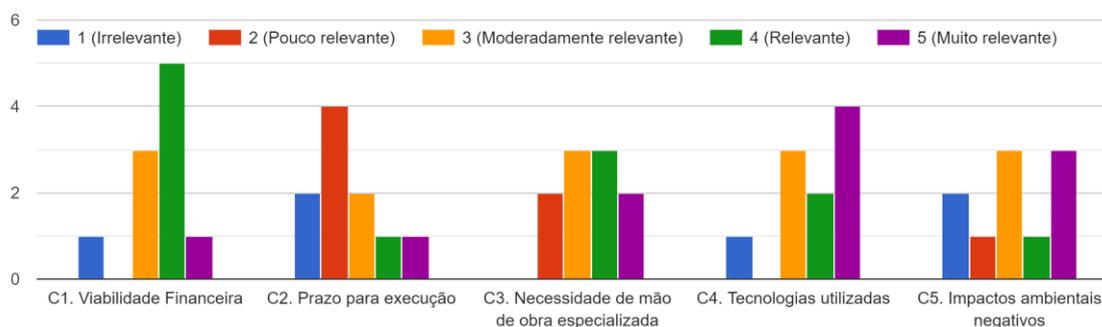
Planejamento de um sistema de drenagem de água para evitar motins de água (minas de água) na área circundante



Fonte: Autoria própria (2024).

Gráfico 8 - Projetar um sistema de monitoramento para análise visual, química e ambiental do solo e da água.

Projetar um sistema de monitoramento para análise visual, química e ambiental do solo e da água



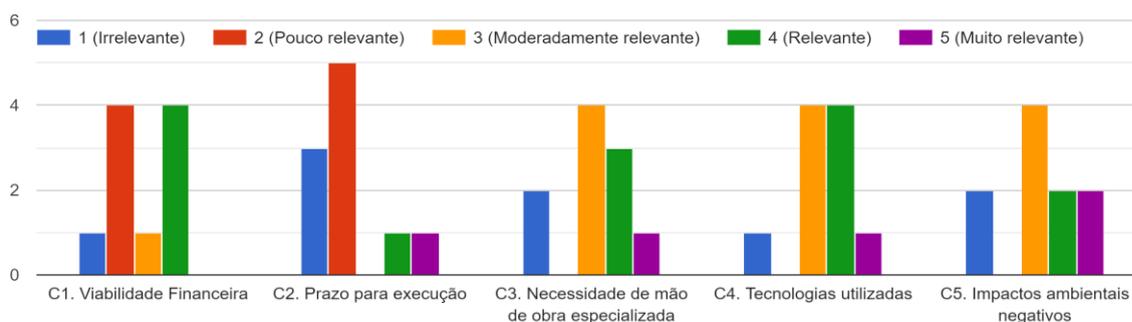
Fonte: Autoria própria (2024).

Para a quarta alternativa desta fase denominada de “Projetar um sistema de monitoramento para análise visual, química e ambiental do solo e da água”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para Viabilidade Financeira (C1) como “relevante”, para o Prazo para Execução (C2) como pouco relevante, para Necessidade de mão de obra especializada (C3) destacaram-se com 3 seleções os graus de relevância “moderadamente relevante” e “relevante”, nas Tecnologias utilizadas (C4) a maioria classificou como “muito relevante” e para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, com 3 seleções cada uma, ficaram as relevâncias “moderadamente relevante” e “muito relevante”.

O Gráfico 09 apresenta os resultados obtidos da quinta alternativa desta fase.

Gráfico 9 - Coleta de informações básicas sobre o tipo, composição, consistência, volume da liberação e caracterização dos resíduos existentes.

Coleta de informações básicas sobre o tipo, composição, consistência, volume da liberação e caracterização dos resíduos existentes



Fonte: Autoria própria (2024).

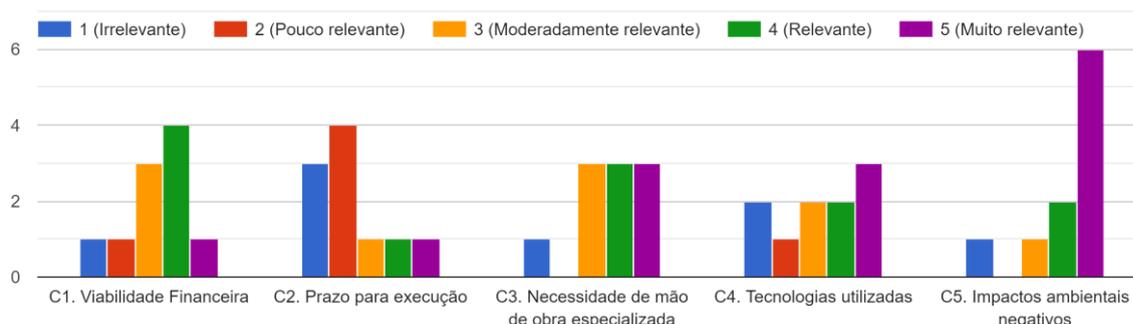
Em relação a quinta alternativa desta fase por nome de “Coleta de informações básicas

sobre o tipo, composição, consistência, volume da liberação e caracterização dos resíduos existentes”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para Viabilidade Financeira (C1) as relevâncias “pouco relevante” e “relevante” com 4 marcações cada uma. Para o Prazo para Execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “pouco relevante”, para Necessidade de mão de obra especializada (C3) destacou-se com 4 seleções o grau de relevância “moderadamente relevante”, nas Tecnologias utilizadas (C4) a maioria classificou como “moderadamente relevante” e “relevante” e para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, com 3 seleções ficaram as relevâncias “moderadamente relevante” e “muito relevante”.

O Gráfico 10 apresenta os resultados obtidos da sexta alternativa desta fase.

Gráfico 10 - Avaliação dos riscos do local

Avaliação dos riscos do local



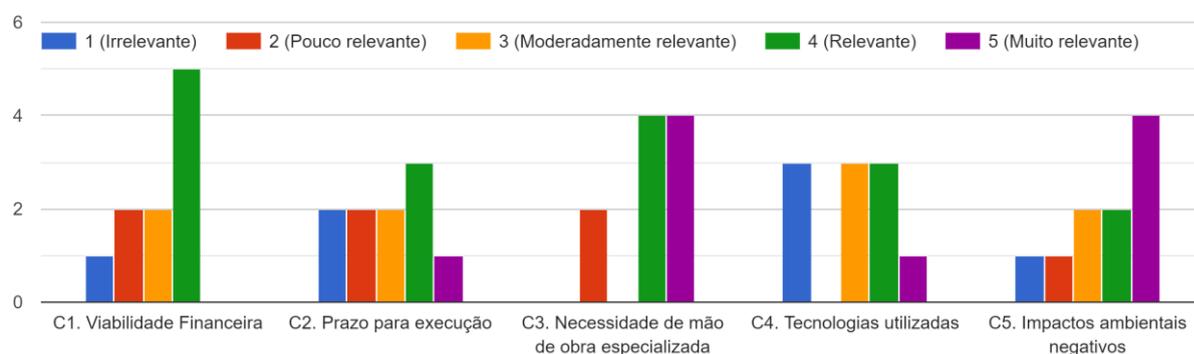
Fonte: Autoria própria (2024).

Em relação à sexta alternativa desta fase por nome de “Avaliação dos riscos do local”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para Viabilidade Financeira (C1) a relevância de grau “relevante” com 4 marcações. Para o Prazo para execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “pouco relevante”, para Necessidade de mão de obra especializada (C3) houve um equilíbrio com 3 seleções cada entre os graus de relevância “moderadamente relevante”, “relevante” e “muito relevante”. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4) a maioria classificou como “muito relevante” e para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, com 6 seleções ficou em maioria a relevância “muito relevante”.

O Gráfico 11 apresenta os resultados obtidos da sétima alternativa desta fase.

Gráfico 11 - Elaboração do Relatório Ambiental Preliminar com base nas informações coletadas.

Elaboração do Relatório Ambiental Preliminar - RAP, com base nas informações coletadas anteriormente

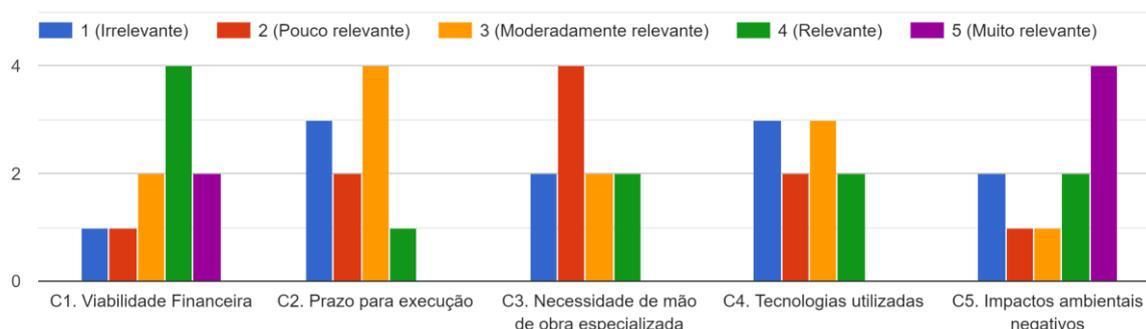


Fonte: Autoria própria (2024).

Para a sétima alternativa desta fase denominada de “Elaboração do Relatório Ambiental Preliminar - RAP, com base nas informações coletadas anteriormente”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para Viabilidade Financeira (C1) a relevância de grau “relevante” com 5 marcações. Para o Prazo para execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “relevante”, para Necessidade de mão de obra especializada (C3) houve um equilíbrio com 2 seleções cada entre os graus de relevância “relevante” e “muito relevante”. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), também houve um equilíbrio entre os graus de relevância “Irrelevante”, “Moderadamente relevante” e “relevante” cada uma tendo 3 marcações. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, com 4 seleções ficou em maioria a relevância “muito relevante”.

Gráfico 12 - Desenvolvimento de projeto de cinturão verde na área, na faixa de 20% de descarte de resíduos.

Desenvolvimento de projeto de cinturão verde na área, na faixa de 20% de descarte de resíduos



Fonte: Autoria própria (2024).

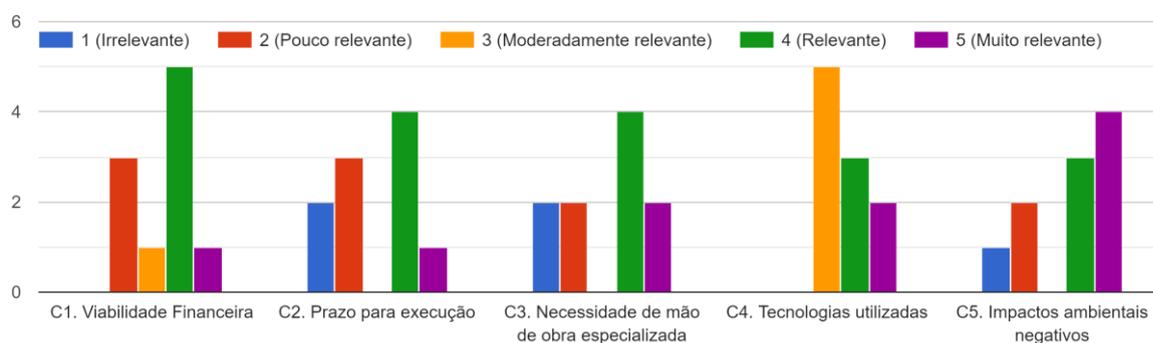
Para a oitava alternativa desta fase denominada de “Desenvolvimento de projeto de

cinturão verde na área, na faixa de 20% de descarte de resíduos”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para Viabilidade Financeira (C1) a relevância de grau “pouco relevante” com 4 marcações. Para o Prazo para execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “moderadamente relevante”. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou o grau de relevância “relevante”. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), houve um equilíbrio das relevâncias mais selecionadas entre os graus de relevância “Irrelevante” e “moderadamente relevante” possuindo cada uma 3 marcações. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, com 4 seleções ficou em maioria a relevância “muito relevante”.

O Gráfico 13 apresenta os resultados obtidos da nona alternativa desta fase.

Gráfico 13 - Identificação da sequência de encerramento das operações estruturais instáveis utilizadas no local

Identificação da sequência de encerramento das operações estruturais instáveis utilizadas no local

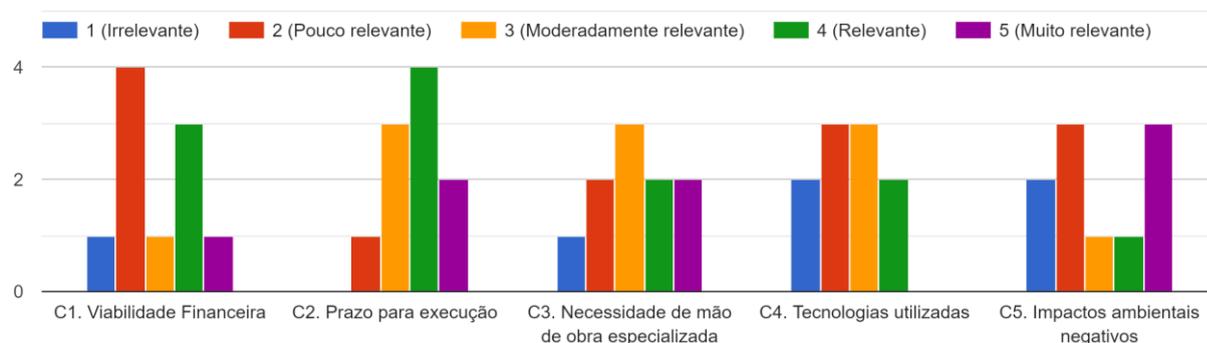


Fonte: Autoria própria (2024).

No que tange a nona alternativa desta fase denominada de “Identificação da sequência de encerramento das operações estruturais instáveis utilizadas no local”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para Viabilidade Financeira (C1) a relevância de grau “relevante” com 5 marcações. Para o Prazo para execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “relevante”. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou o grau de relevância “relevante”. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), o grau de relevância mais selecionado foi “moderadamente relevante” com 5 marcações. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, com 4 seleções ficou em maioria a relevância “muito relevante”.

Gráfico 14 - Avaliação documental relacionados ao aterro sanitário

Avaliação documental relacionados ao aterro sanitário



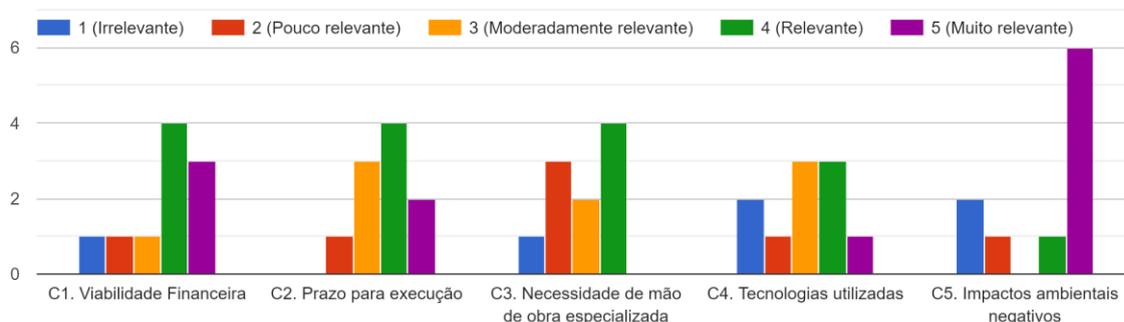
Fonte: Autoria própria (2024).

Para a décima alternativa desta fase denominada de “Avaliação documental relacionados ao aterro sanitário”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para Viabilidade Financeira (C1) a relevância de grau “pouco relevante” com 4 marcações. Para o Prazo para execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “relevante”. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou o grau de relevância “moderadamente relevante”. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), ficaram em equilíbrio com 3 marcações cada os graus de relevâncias “pouco relevante” e “moderadamente relevante”. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, ficaram também em equilíbrio as relevâncias “pouco relevante” e “muito relevante” com 3 seleções cada uma.

O Gráfico 12 apresenta os resultados obtidos da décima primeira e última alternativa desta fase.

Gráfico 15 - Abordagem de mitigação e compensação para comunidade do entorno do aterro e para os trabalhadores do aterro.

Abordagem de mitigação e compensação para comunidade do entorno do aterro e para os trabalhadores do aterro



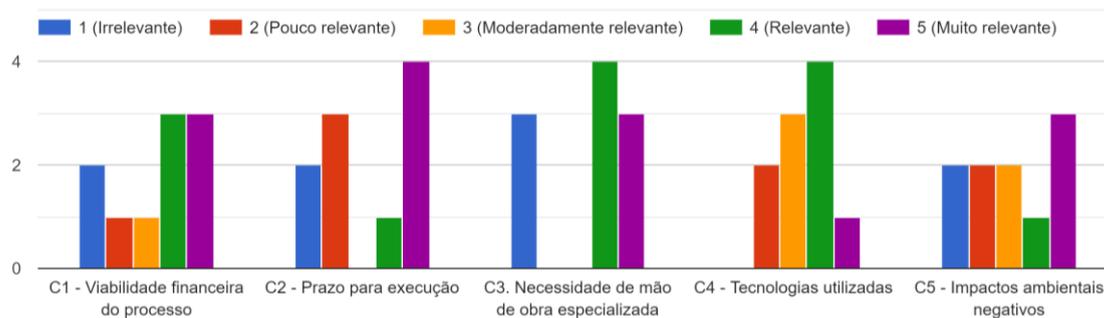
Fonte: Autoria própria (2024).

Para a última alternativa desta fase denominada de “Abordagem de mitigação e compensação para comunidade do entorno do aterro e para os trabalhadores do aterro”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para Viabilidade Financeira (C1) a relevância de grau “relevante” com 4 marcações. Para o Prazo para execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “relevante”. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou o grau de relevância “relevante”. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), ficaram em equilíbrio com 3 marcações cada os graus de relevâncias “moderadamente relevante” e “relevante”. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, se destacou com 6 marcações o grau de relevância “muito relevante” com 6 marcações.

5.1.2 Fase de Iniciação da Ação

A segunda abordagem do formulário, foi a segunda fase denominada de Fase de Iniciação da Ação, onde novamente os (as) especialistas foram convidados (as), em primeiro momento, a atribuir um valor de peso (de 1 a 5) para cada critério com base na sua própria avaliação e considerações em relação a relevância de cada critério para a fase em si.

O Gráfico 13 apresenta os resultados obtidos nessa etapa.

Gráfico 16 – Na fase de Iniciação da Ação

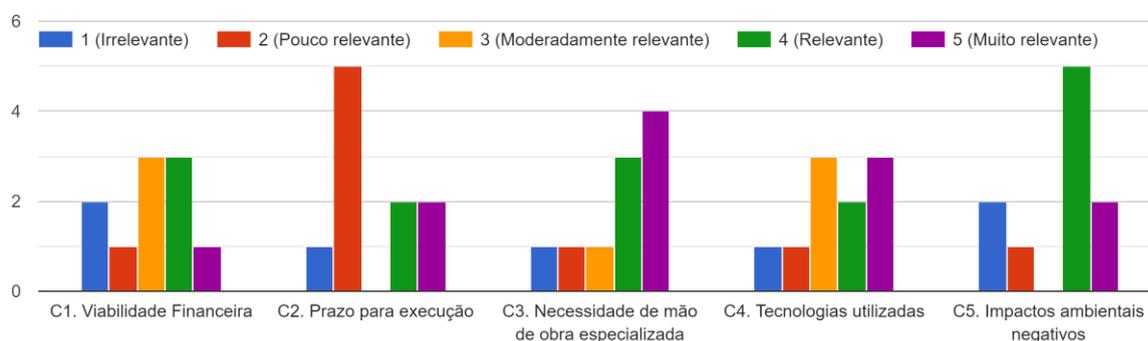
Fonte: Autoria própria (2024).

Nota-se através do Gráfico 13 que os (as) especialistas nessa etapa, em sua maioria, com 3 seleções cada uma, optaram por classificar as relevâncias “relevante” e “muito relevante” o critério de viabilidade financeira (C1). Para esta fase, em relação ao Prazo para execução do processo (C2), a maioria optou por classificar como “muito relevante”. Da mesma forma, em relação ao grau de relevância da necessidade de mão obra especializada (C3) para essa fase, os (as) especialistas selecionaram como “relevante”. Em relação ao grau de relevância de tecnologias utilizadas (C4) para esta fase, os respondentes em sua maioria selecionaram como “relevante”. Em relação aos impactos negativos, seguindo o mesmo raciocínio dos anteriores, o mais selecionado foi o grau de relevância “muito relevante”.

O Gráfico 17 apresenta os resultados obtidos da primeira alternativa desta fase.

Gráfico 17 - Revisão do plano de fechamento com enfoque na eliminação de possíveis falhas

Revisão do plano de fechamento com enfoque na eliminação de possíveis falhas



Fonte: Autoria própria (2024).

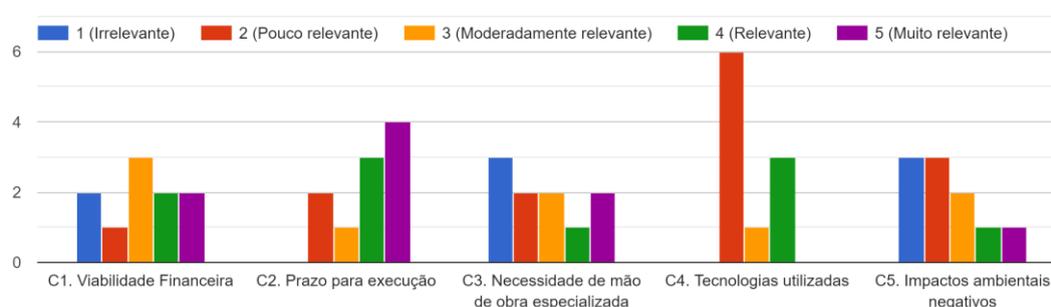
Para a primeira alternativa desta fase denominada de “Revisão do plano de fechamento com enfoque na eliminação de possíveis falhas”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para Viabilidade Financeira (C1) a relevância de grau “moderadamente relevante” e a relevância denominada de “relevante” com 3 marcações, cada uma. Para o Prazo para

execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “pouco relevante”. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou o grau de relevância “muito relevante”. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), ficaram em equilíbrio com 3 marcações cada os graus de relevâncias “moderadamente relevante” e “muito relevante”. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, as relevâncias “relevante” foi a mais selecionada com 5 seleções feitas pelos (as) especialistas.

O Gráfico 18 apresenta os resultados referentes da segunda alternativa desta fase.

Gráfico 18 - Definição de uma data de fechamento específica

Definição de uma data de fechamento específica

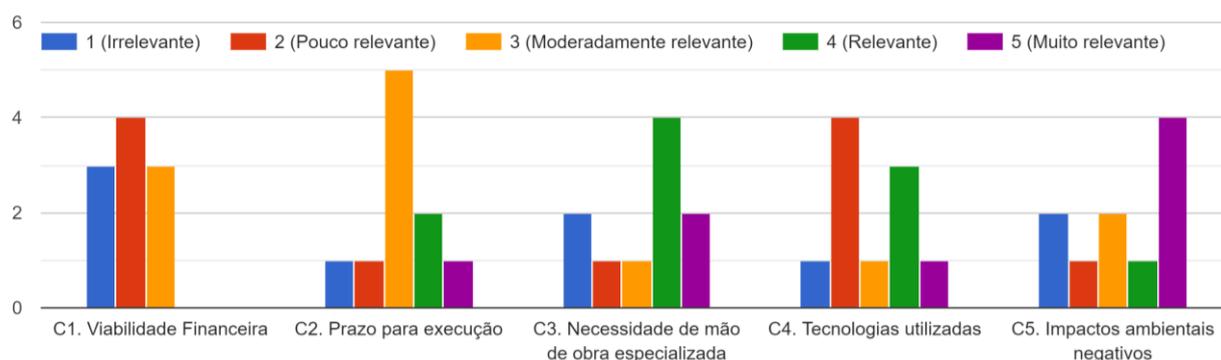


Fonte: Autoria própria (2024).

Na segunda alternativa desta fase denominada de “Definição de uma data de fechamento específica”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para Viabilidade Financeira (C1) a relevância de grau “moderadamente relevante” com 3 marcações. Para o Prazo para execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “muito relevante”. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou o grau de relevância “irrelevante”. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), a maioria dos (as) especialistas selecionaram a relevância “pouco relevante”. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, ficaram em equilíbrio com 3 seleções, as relevâncias “irrelevante” e “pouco relevante” feitas pelos (as) especialistas.

Gráfico 19 - Notificação ao órgão regulador sobre os procedimentos adotados

Notificação ao órgão regulador sobre os procedimentos adotados



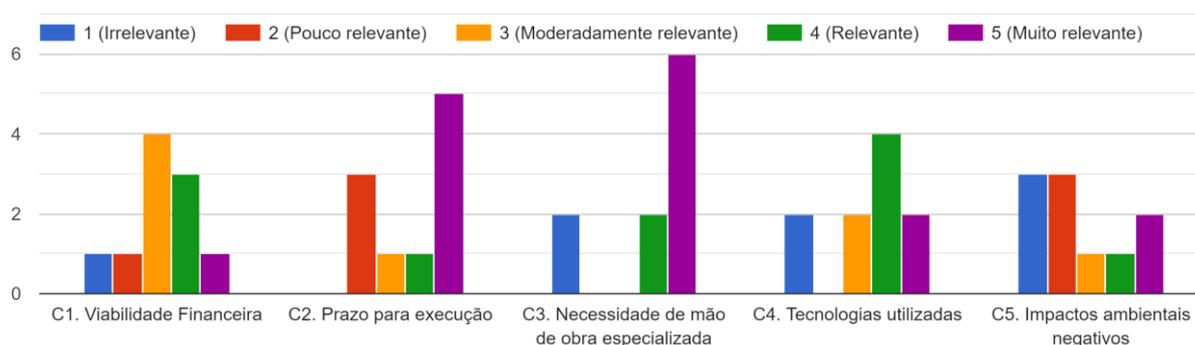
Fonte: Autoria própria (2024).

Para a terceira alternativa desta fase denominada de “Notificação ao órgão regulador sobre os procedimentos adotados”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para Viabilidade Financeira (C1) a relevância de grau “pouco relevante” com 4 marcações. Para o Prazo para execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “moderadamente relevante”. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou o grau de relevância “relevante”. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), a maioria dos (as) especialistas selecionaram a relevância “pouco relevante”. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, os (as) especialistas selecionaram em sua maioria a relevância “muito relevante”.

O Gráfico 20 apresenta os resultados referentes da quarta alternativa desta fase.

Gráfico 20 - Desenvolvimento de um plano de ação referente ao encerramento das atividades

Desenvolvimento de um plano de ação referente ao encerramento das atividades



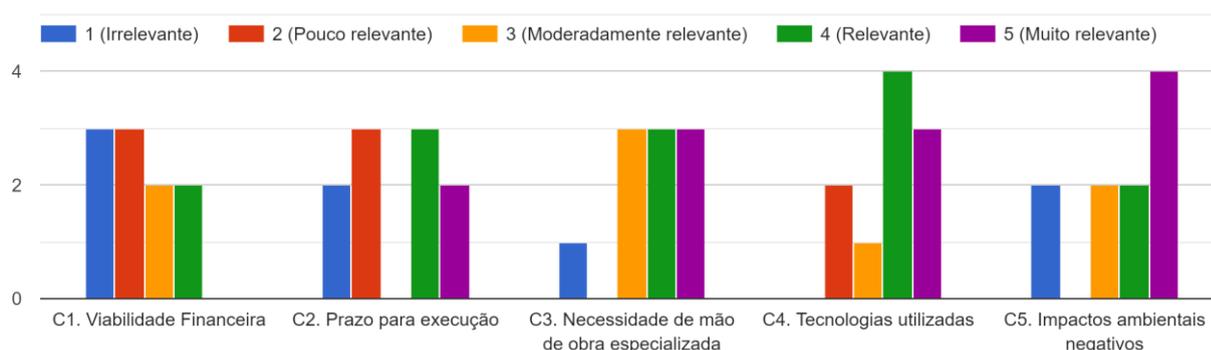
Fonte: Autoria própria (2024).

Para a quarta alternativa desta fase denominada de “Desenvolvimento de um plano de ação referente ao encerramento das atividades”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para Viabilidade Financeira (C1) a relevância de grau “moderadamente relevante” com 4 marcações. Para o Prazo para execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “muito relevante”. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou o grau de relevância “muito relevante” com 6 seleções. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), a maioria dos (as) especialistas selecionaram a relevância “relevante”. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, os (as) especialistas selecionaram em sua maioria com 3 seleções cada os graus de relevância “irrelevante” e “pouco relevante”.

O Gráfico 21 apresenta os resultados referentes da quinta alternativa desta fase.

Gráfico 21 - Definição de indicadores de desempenho da parte técnica e dos processos

Definição de indicadores de desempenho da parte técnica e dos processos



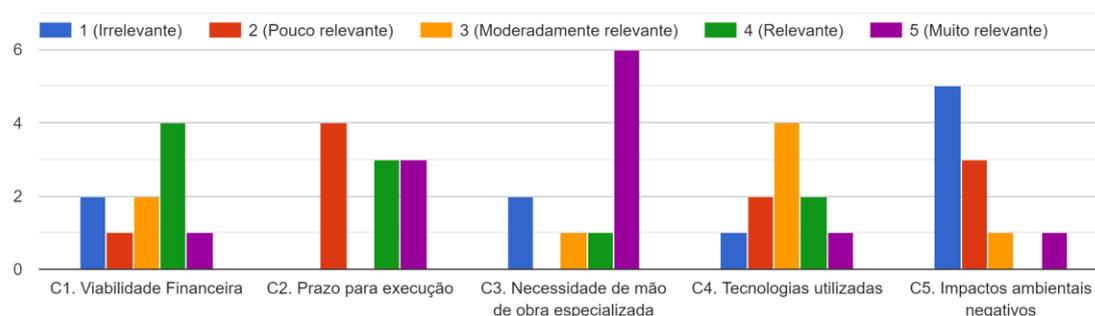
Fonte: Autoria própria (2024).

Para a quinta alternativa desta fase denominada de “Definição de indicadores de desempenho da parte técnica e dos processos”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para Viabilidade Financeira (C1) as relevâncias de graus “irrelevante” e “pouco relevante” com 3 marcações cada uma. Para o Prazo para execução (C2), as relevâncias selecionadas pela maioria foram “pouco relevante” e “relevante” cada uma com 3 seleções. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3), as relevâncias selecionadas pela maioria foram “moderadamente relevante”, “relevante” e “muito relevante” cada uma com 3 seleções. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), a maioria dos (as) especialistas selecionaram a relevância “relevante”. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, os (as) especialistas selecionaram em sua maioria com 4 seleções o grau de relevância “muito relevante”.

O Gráfico 22 apresenta os resultados referentes da sexta alternativa desta fase.

Gráfico 22 - Elaboração de um plano de comunicação

Elaboração de um plano de comunicação



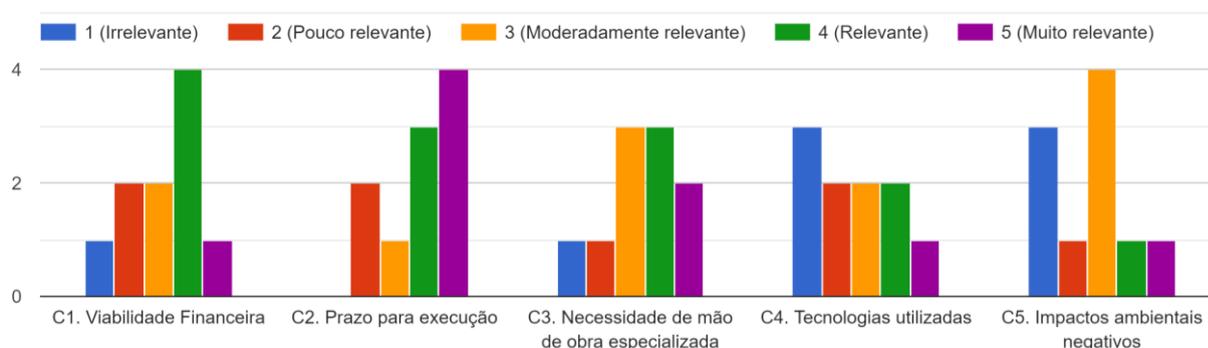
Fonte: Autoria própria (2024).

Para a sexta alternativa desta fase denominada de “Elaboração de um plano de comunicação”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para Viabilidade Financeira (C1) a relevância de grau “relevante” com 4 marcações. Para o Prazo para execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “pouco relevante”. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou o grau de relevância “muito relevante” com 6 seleções. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), a maioria dos (as) especialistas selecionaram a relevância “moderadamente relevante”. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, os (as) especialistas selecionaram em sua maioria com 5 seleções o grau de relevância “irrelevante”.

O Gráfico 23 apresenta os resultados referentes da sétima alternativa desta fase.

Gráfico 23 - Obtenção de aprovações e autorizações necessárias

Obtenção de aprovações e autorizações necessárias



Fonte: Autoria própria (2024).

Para a sétima e última alternativa para esta fase denominada de “Obtenção de aprovações e autorizações necessárias”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para

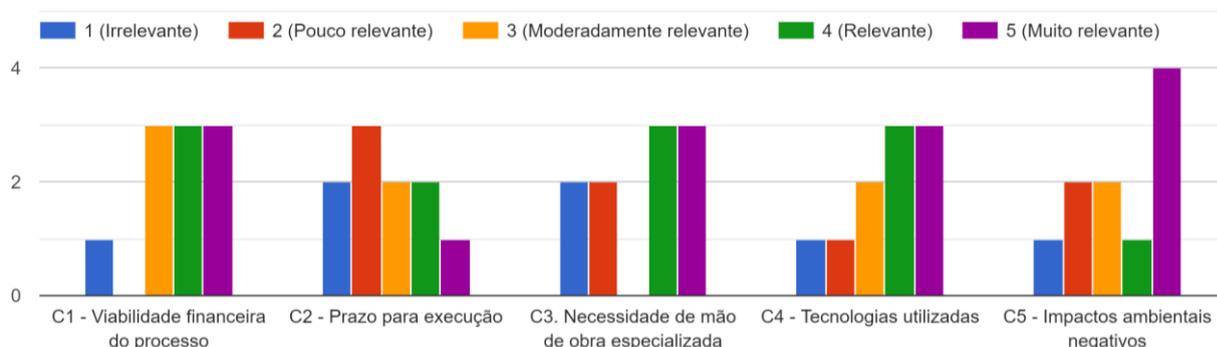
Viabilidade Financeira (C1) a relevância de grau “relevante” com 4 marcações. Para o Prazo para execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “muito relevante”. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou os graus de relevâncias “moderadamente relevante” e (relevante) com 3 seleções cada. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), a maioria dos (as) especialistas selecionaram a relevância “irrelevante”. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, os (as) especialistas selecionaram em sua maioria com 4 seleções o grau de relevância “moderadamente relevante”.

5.1.3 Fase do encerramento do aterro

A terceira abordagem do formulário, foi a terceira fase denominada de Fase de Iniciação da Ação, onde novamente os (as) especialistas foram convidados (as), em primeiro momento, a atribuir um valor de peso (de 1 a 5) para cada critério com base na sua própria avaliação e considerações em relação a relevância de cada critério para a fase em si.

O Gráfico 24 apresenta os resultados obtidos nessa etapa.

Gráfico 24 - Na fase de encerramento do aterro



Fonte: Autoria própria (2024).

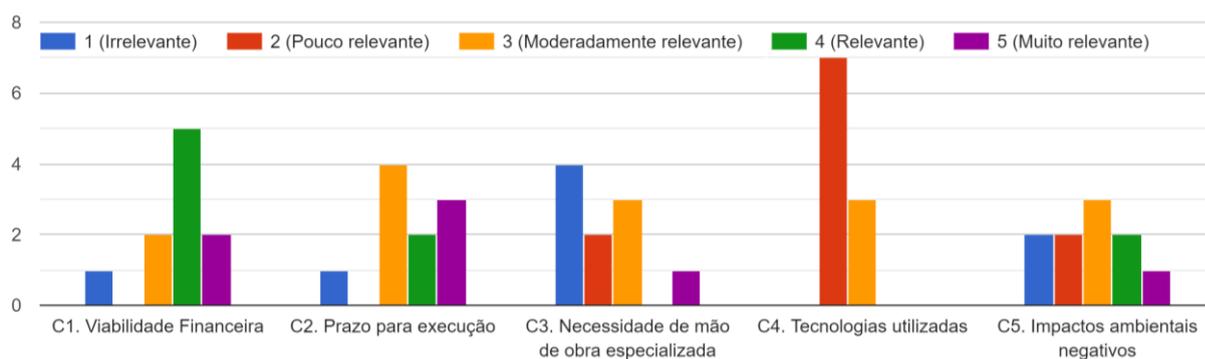
Nota-se através do Gráfico 24 que os (as) especialistas nessa etapa, em sua maioria, com 3 seleções cada uma, optaram por classificar as relevâncias “moderadamente relevante”, “relevante” e “muito relevante” para o critério de viabilidade financeira (C1). Para esta fase, em relação ao Prazo para execução do processo (C2), a maioria optou por classificar como “pouco relevante”. Da mesma forma, em relação ao grau de relevância da necessidade de mão obra especializada (C3) para essa fase, os (as) especialistas selecionaram como “relevante” e “muito relevante” com 3 seleções cada. Em relação ao grau de relevância de tecnologias utilizadas (C4) para esta fase, os respondentes em sua maioria selecionaram como “relevante”

e “muito relevante” também com 3 seleções cada. Em relação aos impactos negativos, seguindo o mesmo raciocínio dos anteriores, o mais selecionado foi o grau de relevância “muito relevante”.

O Gráfico 25 apresenta os resultados referentes da primeira alternativa desta fase.

Gráfico 25 - Instalar cercas ou outras estruturas adequadas para impedir a entrada de pessoas não-autorizadas

Instalar cercas ou outras estruturas adequadas para impedir a entrada de pessoas não-autorizadas



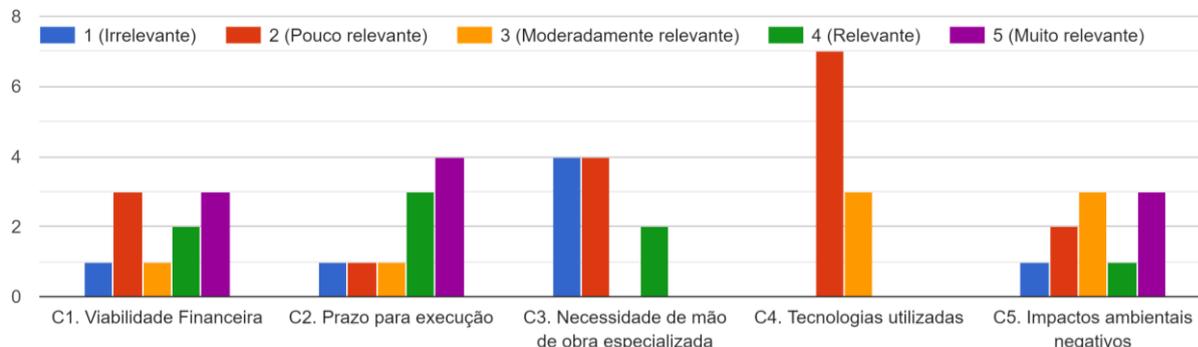
Fonte: Autoria própria (2024).

Para a primeira alternativa para esta fase denominada de “Instalar cercas ou outras estruturas adequadas para impedir a entrada de pessoas não-autorizadas”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para Viabilidade Financeira (C1) a relevância de grau “relevante” com 5 marcações. Para o Prazo para execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “moderadamente relevante”. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou os graus de relevâncias “irrelevante” com 4 seleções. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), a maioria dos (as) especialistas selecionaram a relevância “pouco relevante”. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, os (as) especialistas selecionaram em sua maioria com 3 seleções o grau de relevância “moderadamente relevante”.

O Gráfico 26 apresenta os resultados referentes da segunda alternativa desta fase.

Gráfico 26 - Recolher todo o lixo restante ou entulho e colocá-lo na área de descarte e descartá-lo

Recolher todo o lixo restante ou entulho e colocá-lo na área de descarte e descartá-lo



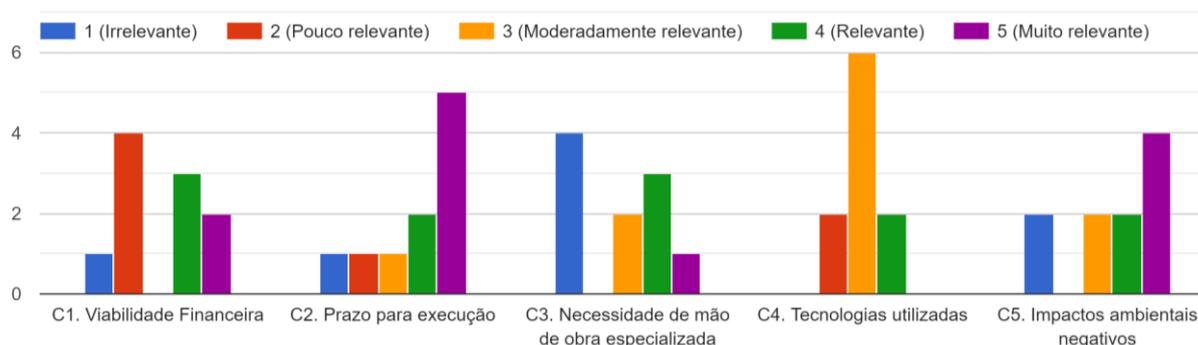
Fonte: Autoria própria (2024).

Na segunda alternativa para esta fase denominada de “Recolher todo o lixo restante ou entulho e colocá-lo na área de descarte e descartá-lo”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para Viabilidade Financeira (C1) as relevâncias de graus “pouco relevante” e “muito relevante” com 3 marcações cada. Para o Prazo para execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “moderadamente relevante”. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou os graus de relevâncias “irrelevante” com 4 seleções. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), a maioria dos (as) especialistas selecionaram a relevância “pouco relevante”. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, os (as) especialistas selecionaram em sua maioria com 3 seleções os graus de relevâncias “moderadamente relevante” e “muito relevante” com 3 marcações cada.

O Gráfico 27 apresenta os resultados referentes da terceira alternativa desta fase.

Gráfico 27 - Cobrir todos os resíduos que possam estar expostos

Cobrir todos os resíduos que possam estar expostos



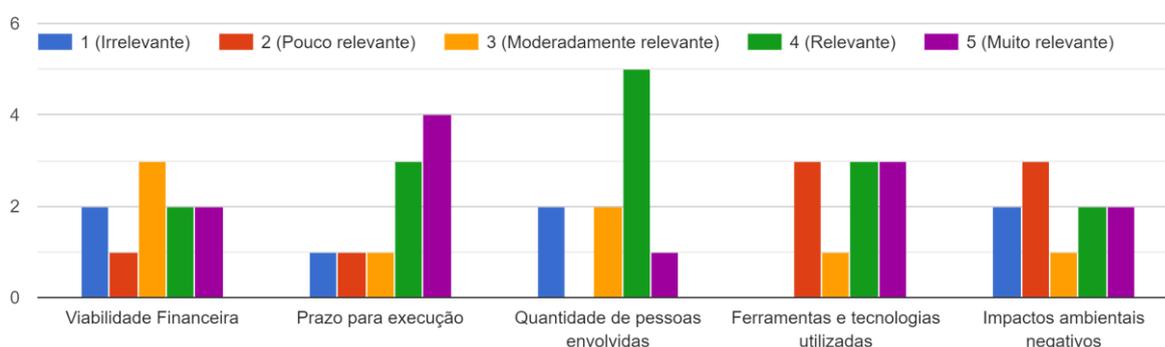
Fonte: Autoria própria (2024).

Em relação a terceira alternativa para esta fase denominada de “Cobrir todos os resíduos que possam estar expostos”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para Viabilidade Financeira (C1) a relevância de grau “pouco relevante” com 4 marcações. Para o Prazo para execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “muito relevante”. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou o grau de relevância “irrelevante” com 4 seleções. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), a maioria dos (as) especialistas selecionaram a relevância “moderadamente relevante”. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, os (as) especialistas selecionaram em sua maioria com 4 seleções o grau de relevâncias “muito relevante” com 4 marcações.

O Gráfico 28 apresenta os resultados referentes da quarta alternativa desta fase.

Gráfico 28 - Verificar se todas as metas e ações estabelecidas na fase de diagnóstico de condição foram executadas

Verificar se todas as metas e ações estabelecidas na fase de diagnóstico de condição foram executadas



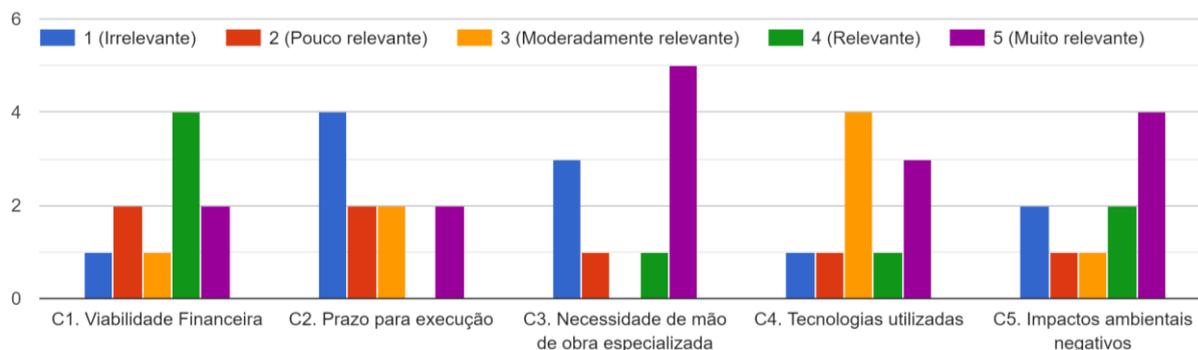
Fonte: Autoria própria (2024).

Em relação a quarta alternativa para esta fase denominada de “Verificar se todas as metas e ações estabelecidas na fase de diagnóstico de condição foram executadas”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para Viabilidade Financeira (C1) a relevância de grau “moderadamente relevante” com 3 marcações. Para o Prazo para execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “muito relevante”. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou o grau de relevância “relevante” com 5 seleções. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), a maioria dos (as) especialistas selecionaram as relevâncias “pouco relevante”, “relevante” e “muito relevante” com 3 seleções cada. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, os (as) especialistas selecionaram em sua maioria as relevâncias “irrelevante”, “relevante” e “muito relevante” com 2 seleções para cada.

O Gráfico 29 apresenta os resultados referentes da quinta alternativa desta fase.

Gráfico 29 - Realizar o monitoramento de gases

Realizar o monitoramento de gases



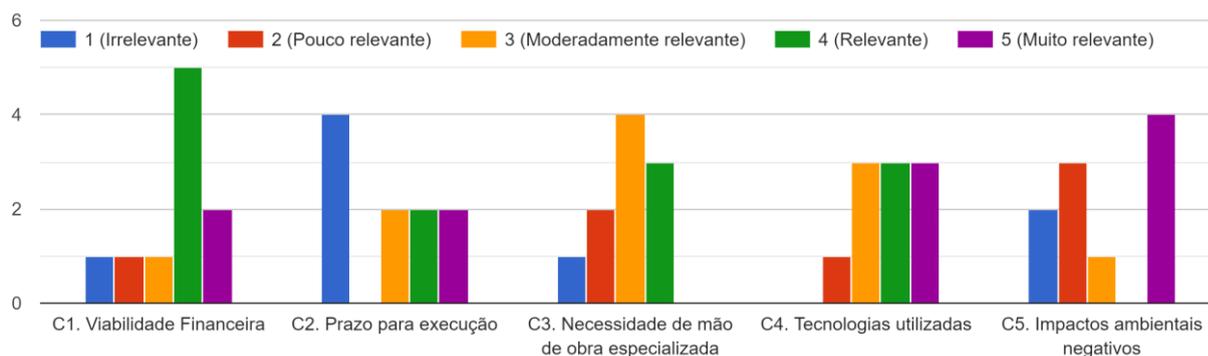
Fonte: Autoria própria (2024).

Para a quinta alternativa para esta fase denominada de “Realizar o monitoramento de gases”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para Viabilidade Financeira (C1) a relevância de grau “relevante” com 4 marcações. Para o Prazo para execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “irrelevante”. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou o grau de relevância “muito relevante” com 5 seleções. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), a maioria dos (as) especialistas selecionaram a relevância “moderadamente relevante” com 4 seleções. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, os (as) especialistas selecionaram em sua maioria o grau de relevância “muito relevante” com 4 seleções.

O Gráfico 30 apresenta os resultados referentes da sexta alternativa desta fase.

Gráfico 30 - Implementação de sistemas de drenagem adequados para evitar o acúmulo de água no aterro sanitário

Implementação de sistemas de drenagem adequados para evitar o acúmulo de água no aterro sanitário



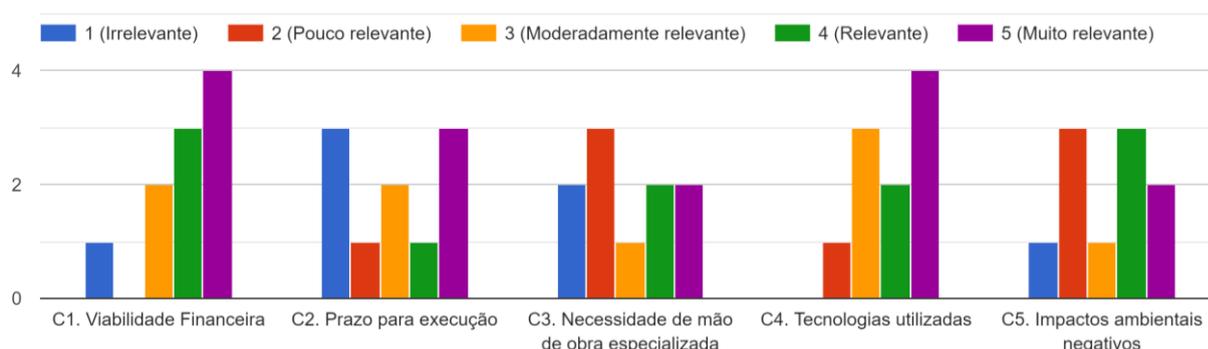
Fonte: Autoria própria (2024).

Para a sexta alternativa para esta fase denominada de “Implementação de sistemas de drenagem adequados para evitar o acúmulo de água no aterro sanitário”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para Viabilidade Financeira (C1) a relevância de grau “relevante” com 5 marcações. Para o Prazo para execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “irrelevante”. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou o grau de relevância “moderadamente relevante” com 4 seleções. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), a maioria dos (as) especialistas selecionaram as relevâncias “moderadamente relevante”, “relevante” e “muito relevante” com 3 seleções cada. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, os (as) especialistas selecionaram em sua maioria o grau de relevância “muito relevante” com 4 seleções.

O Gráfico 31 apresenta os resultados referentes da sétima alternativa desta fase.

Gráfico 31 - Revestimento de taludes

Revestimento de taludes



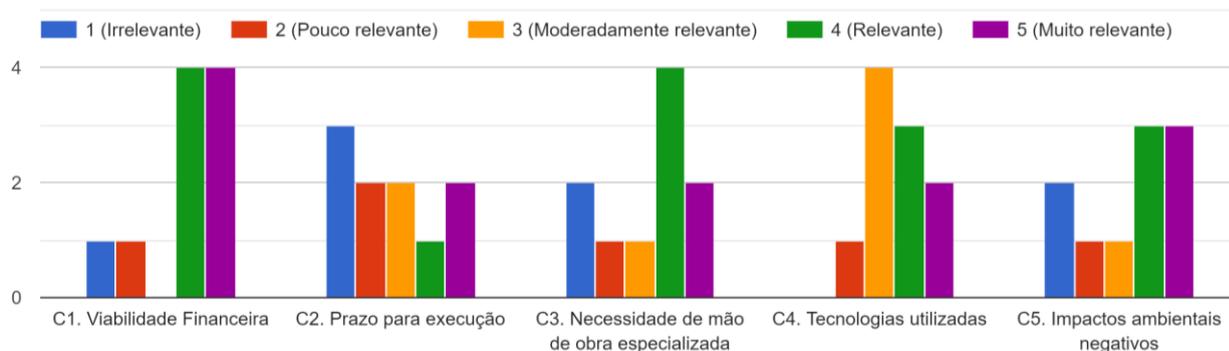
Fonte: Autoria própria (2024).

De acordo com os resultados obtidos referentes a sétima alternativa para esta fase denominada de “Revestimento de taludes”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para Viabilidade Financeira (C1) a relevância de grau “muito relevante” com 4 marcações. Para o Prazo para execução (C2), as relevâncias selecionadas pela maioria foram “irrelevante” e “muito relevante” com 3 seleções cada. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou o grau de relevância “pouco relevante” com 3 seleções. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), a maioria dos (as) especialistas selecionaram a relevância “muito relevante”. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, os (as) especialistas selecionaram em sua maioria os graus de relevâncias “pouco relevante” e “relevante” com 3 seleções cada.

O Gráfico 32 apresenta os resultados referentes da oitava alternativa desta fase.

Gráfico 32 - Monitoramento de águas subterrâneas

Monitoramento de águas subterrâneas



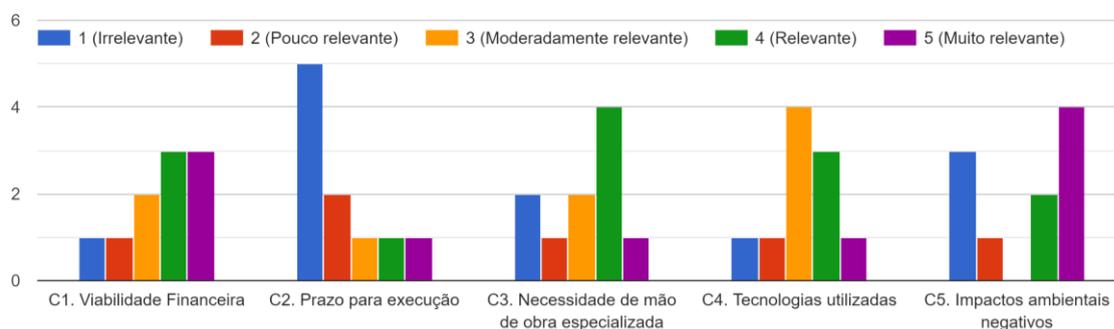
Fonte: Autoria própria (2024).

Para a oitava alternativa para esta fase denominada de “Monitoramento de águas subterrâneas”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para Viabilidade Financeira (C1) as relevâncias de graus “relevante” e “muito relevante” com 4 marcações cada. Para o Prazo para execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “irrelevante”. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou o grau de relevância “relevante” com 4 seleções. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), a maioria dos (as) especialistas selecionaram a relevância “moderadamente relevante” com 4 seleções. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, os (as) especialistas selecionaram em sua maioria os graus de relevância “relevante” e “muito relevante” com 3 seleções cada.

O Gráfico 33 apresenta os resultados referentes da nona alternativa desta fase.

Gráfico 33 - Controle de poluição do ar

Controle de poluição do ar



Fonte: Autoria própria (2024).

Para a nona e última alternativa para esta fase denominada de “Controle de poluição do ar”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para Viabilidade Financeira (C1) as

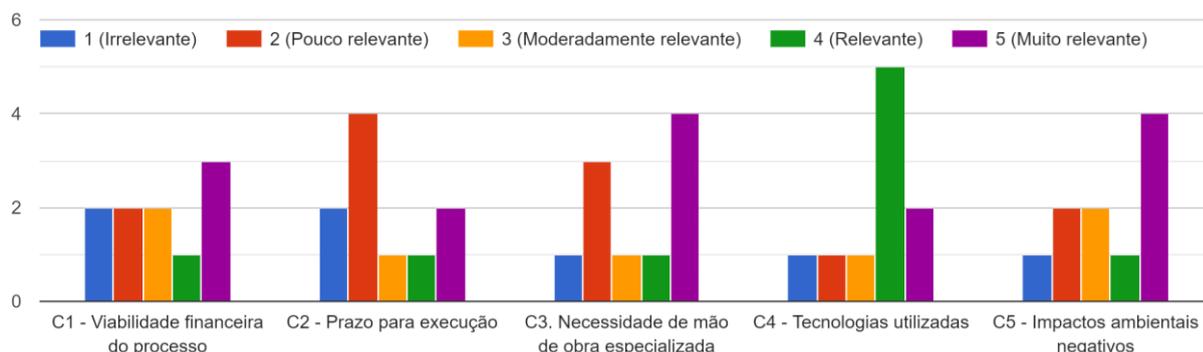
relevâncias de graus “relevante” e “muito relevante” com 3 marcações cada. Para o Prazo para execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “irrelevante”. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou o grau de relevância “relevante” com 4 seleções. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), a maioria dos (as) especialistas selecionaram a relevância “moderadamente relevante” com 4 seleções. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, os (as) especialistas selecionaram em sua maioria o grau de relevância “muito relevante” com 4 seleções.

5.1.4 Fase do pós-encerramento

A quarta e última abordagem do formulário, foi a quarta fase denominada de Fase de pós-encerramento, onde novamente os (as) especialistas foram convidados (as), em primeiro momento, a atribuir um valor de peso (de 1 a 5) para cada critério com base na sua própria avaliação e considerações em relação a relevância de cada critério para a fase em si.

O Gráfico 34 apresenta os dados obtidos da fase de pós-encerramento.

Gráfico 34 - Fase de pós-encerramento



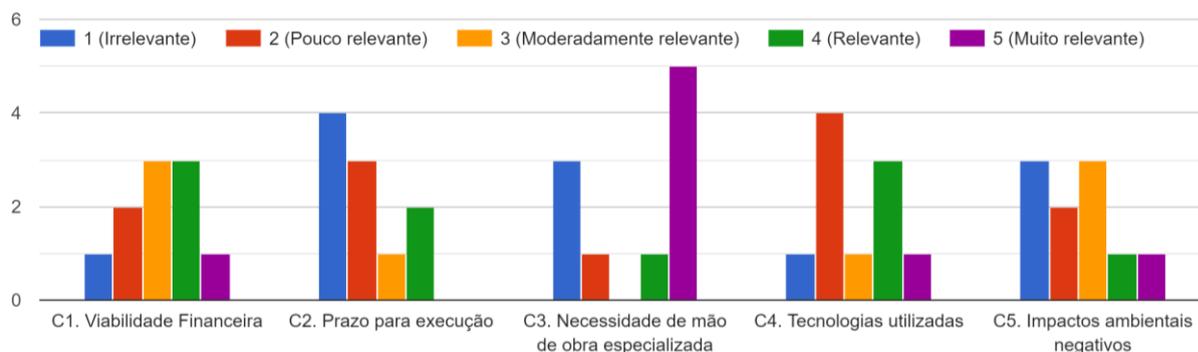
Fonte: Autoria própria (2024).

Nota-se através do Gráfico 34 que os (as) especialistas nessa etapa, em sua maioria, com 3 seleções, optaram por classificar a relevância “muito relevante” para o critério de viabilidade financeira (C1). Para esta fase, em relação ao Prazo para execução do processo (C2), a maioria optou por classificar como “pouco relevante”. Da mesma forma, em relação ao grau de relevância da necessidade de mão obra especializada (C3) para essa fase, os (as) especialistas selecionaram como “muito relevante” com 4 seleções. Em relação ao grau de relevância de tecnologias utilizadas (C4) para esta fase, os respondentes em sua maioria selecionaram como “relevante” com 5 seleções. Em relação aos impactos negativos, seguindo o mesmo raciocínio dos anteriores, o mais selecionado foi o grau de relevância “muito relevante” com 4 seleções.

O Gráfico 35 apresenta os resultados referentes da primeira alternativa desta fase.

Gráfico 35 - Avaliação técnica das condições das camadas de fundo

Avaliação técnica das condições das camadas de fundo



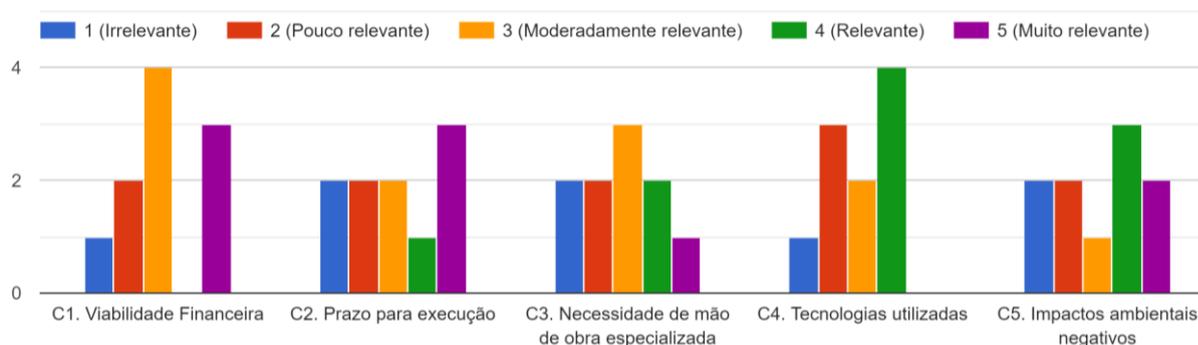
Fonte: Autoria própria (2024).

Para a primeira alternativa desta fase denominada de “Avaliação técnica das condições das camadas de fundo”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para Viabilidade Financeira (C1) as relevâncias de graus “moderadamente relevante” e “relevante” com 3 marcações cada. Para o Prazo para execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “irrelevante”. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou o grau de relevância “muito relevante” com 5 seleções. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), a maioria dos (as) especialistas selecionaram a relevância “pouco relevante” com 4 seleções. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, os (as) especialistas selecionaram em sua maioria os graus de relevância “irrelevante” e “moderadamente relevante” com 3 seleções cada.

O Gráfico 36 apresenta os resultados referentes da segunda alternativa desta fase.

Gráfico 36 - Usar e manter a cobertura vegetal ao longo do tempo

Usar e manter a cobertura vegetal ao longo do tempo



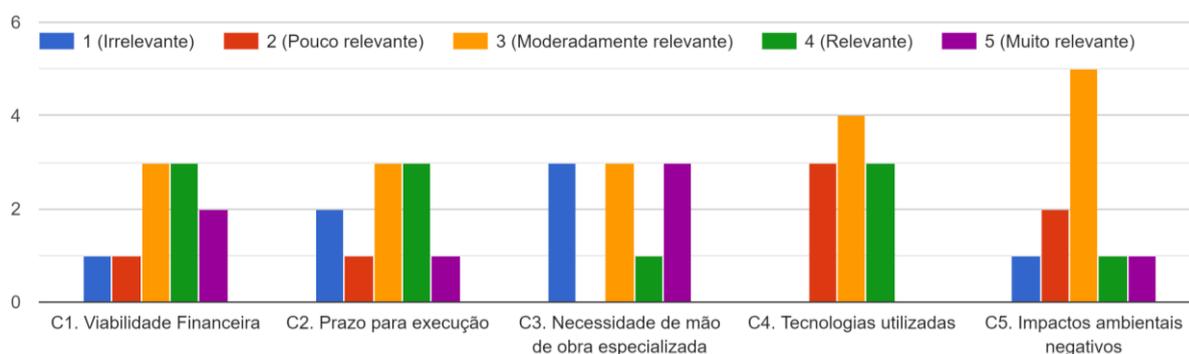
Fonte: Autoria própria (2024).

Na segunda alternativa desta fase denominada de “Usar e manter a cobertura vegetal ao longo do tempo”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para Viabilidade Financeira (C1) a relevância de grau “moderadamente relevante” com 4 marcações. Para o Prazo para execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “muito relevante”. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou o grau de relevância “moderadamente relevante” com 3 seleções. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), a maioria dos (as) especialistas selecionaram a relevância “relevante” com 4 seleções. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, os (as) especialistas selecionaram em sua maioria o grau de relevância “relevante” com 3 seleções.

O Gráfico 37 apresenta os resultados referentes da terceira alternativa desta fase.

Gráfico 37 - Realizar reparos necessários e operações de limpeza nas estações de transbordo para mantê-los totalmente funcionais

Realizar reparos necessários e operações de limpeza nas estações de transbordo para mantê-los totalmente funcionais



Fonte: Autoria própria (2024).

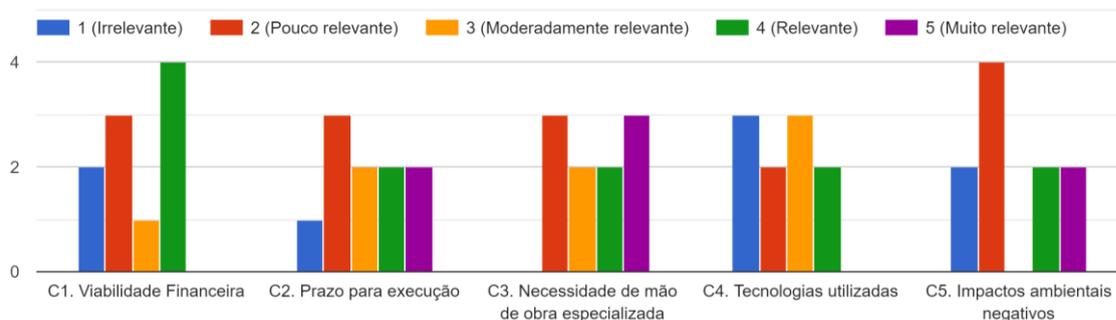
Para a terceira alternativa desta fase denominada de “Realizar reparos necessários e operações de limpeza nas estações de transbordo para mantê-los totalmente funcionais”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para Viabilidade Financeira (C1) as relevâncias de graus “moderadamente relevante” e “relevante” com 3 marcações cada. Para o Prazo para execução (C2), as relevâncias selecionadas pela maioria foram “moderadamente relevante” e “relevante”. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou os graus de relevâncias “irrelevante”, “moderadamente relevante” e “muito relevante” com 3 seleções cada. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), a maioria dos (as) especialistas selecionaram a relevância “moderadamente relevante” com 4 seleções. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, os (as) especialistas selecionaram em

sua maioria o grau de relevância “moderadamente relevante” com 5 seleções.

O Gráfico 38 apresenta os resultados referentes da quarta alternativa desta fase.

Gráfico 38 - Preparar relatórios abrangentes a cada 6 (seis) meses contendo informações ambientais, técnicas e socioeconômicas sobre uma investigação envolvendo avaliação de risco

Preparar relatórios abrangentes a cada 6 (seis) meses contendo informações ambientais, técnicas e socioeconômicas sobre uma investigação envolvendo avaliação de risco



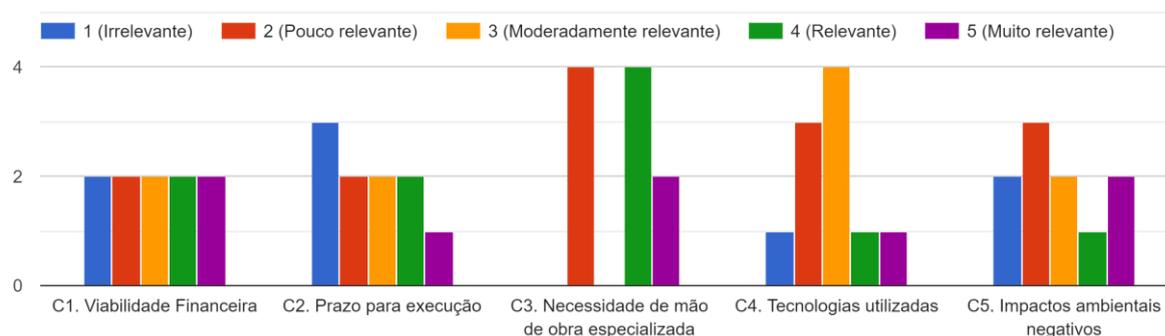
Fonte: Autoria própria (2024).

Para a quarta alternativa desta fase denominada de “Preparar relatórios abrangentes a cada 6 (seis) meses contendo informações ambientais, técnicas e socioeconômicas sobre uma investigação envolvendo avaliação de risco”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para Viabilidade Financeira (C1) a relevância de grau “relevante” com 4 marcações. Para o Prazo para execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “pouco relevante”. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou os graus de relevâncias “pouco relevante” e “muito relevante” com 3 seleções cada. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), a maioria dos (as) especialistas selecionaram as relevâncias “irrelevante” e “moderadamente relevante” com 3 seleções cada. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, os (as) especialistas selecionaram em sua maioria o grau de relevância “pouco relevante” com 4 seleções.

O Gráfico 39 apresenta os resultados referentes da quinta alternativa desta fase.

Gráfico 39 - Inspeções semanais regulares

Inspeções semanais regulares



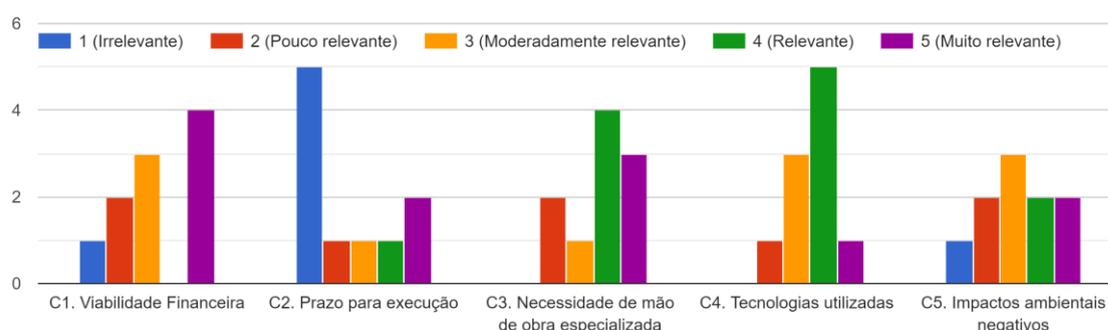
Fonte: Autoria própria (2024).

Para a quinta alternativa desta fase denominada de “Inspeções semanais regulares”, os (as) especialistas atribuíram de forma igualitária, sem predominância de alguma relevância para a maioria no critério Viabilidade Financeira (C1) com 2 marcações para cada grau de relevância. Para o Prazo para execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “irrelevante”. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou os graus de relevâncias “pouco relevante” e “relevante” com 4 seleções cada. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), a maioria dos (as) especialistas selecionaram a relevância “moderadamente relevante” com 4 seleções. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, os (as) especialistas selecionaram em sua maioria o grau de relevância “pouco relevante” com 3 seleções.

O Gráfico 40 apresenta os resultados referentes da sexta alternativa desta fase.

Gráfico 40 - Manutenção das estruturas

Manutenção das estruturas



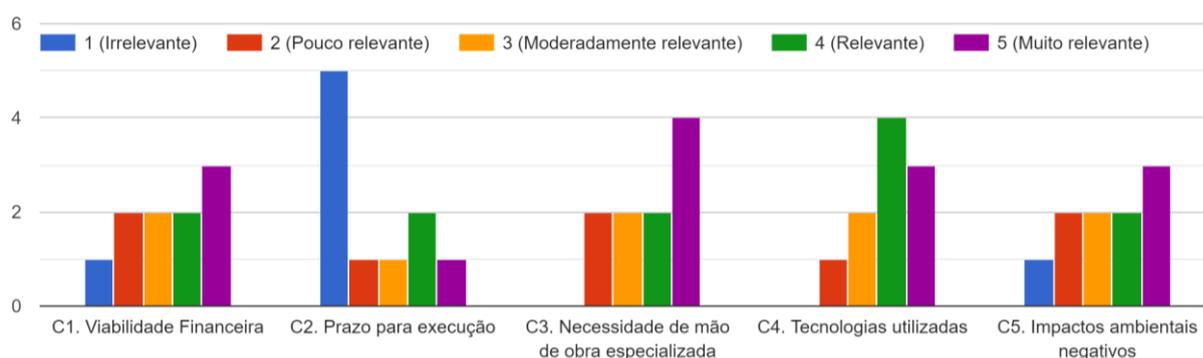
Fonte: Autoria própria (2024).

Em relação a sexta alternativa desta fase denominada de “Manutenção das estruturas”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para o critério Viabilidade Financeira (C1) com 4 marcações, o grau de relevância “muito relevante”. Para o Prazo para execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “irrelevante”. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou o grau de relevância “relevante” 4 seleções. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), a maioria dos (as) especialistas selecionaram a relevância “relevante” com 5 seleções. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, os (as) especialistas selecionaram em sua maioria o grau de relevância “moderadamente relevante” com 3 seleções.

O Gráfico 41 apresenta os resultados referentes da sétima alternativa desta fase.

Gráfico 41 - Gerenciamento de Percolados

Gerenciamento de Percolados



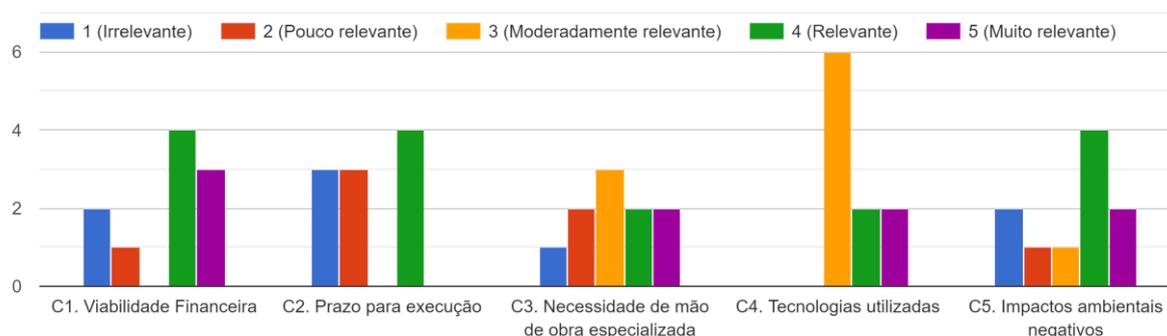
Fonte: Autoria própria (2024).

Para a sétima alternativa desta fase denominada de “Gerenciamento de Percolados”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para o critério Viabilidade Financeira (C1) com 3 marcações, o grau de relevância “muito relevante”. Para o Prazo para execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “irrelevante”. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou o grau de relevância “muito relevante” com 4 seleções. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), a maioria dos (as) especialistas selecionaram a relevância “relevante” com 4 seleções. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, os (as) especialistas selecionaram em sua maioria o grau de relevância “muito relevante” com 3 seleções.

O Gráfico 42 apresenta os resultados referentes da oitava alternativa desta fase.

Gráfico 42 - Manutenção da cobertura final

Manutenção da cobertura final



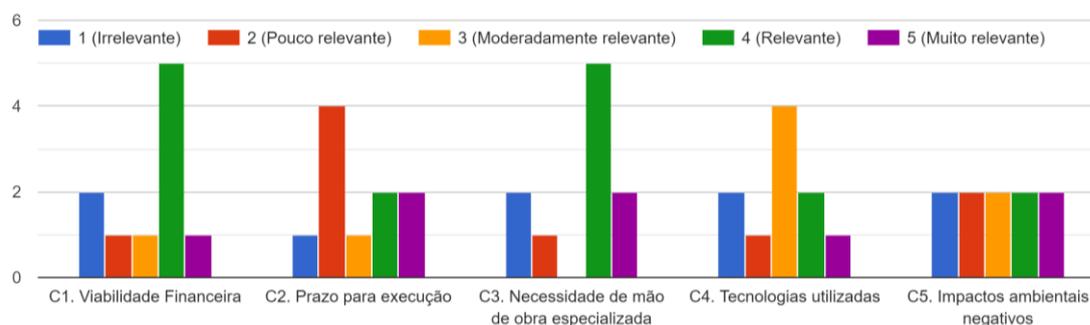
Fonte: Autoria própria (2024).

Para a oitava e penúltima alternativa desta fase denominada de “Manutenção da cobertura final”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para o critério Viabilidade Financeira (C1) com 4 marcações, o grau de relevância “relevante”. Para o Prazo para execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “relevante”. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou o grau de relevância “moderadamente relevante” com 3 seleções. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), a maioria dos (as) especialistas selecionaram a relevância “moderadamente relevante” com 6 seleções. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, os (as) especialistas selecionaram em sua maioria o grau de relevância “relevante” com 4 seleções.

O Gráfico 43 apresenta os resultados referentes da nona alternativa desta fase.

Gráfico 43 - Atualização do plano de monitoramento

Atualização do plano de monitoramento



Fonte: Autoria própria (2024).

Para a nona e última alternativa desta fase denominada de “Atualização do plano de monitoramento”, os (as) especialistas atribuíram em sua maioria para o critério Viabilidade Financeira (C1) com 5 marcações, o grau de relevância “relevante”. Para o Prazo para execução (C2), a relevância selecionada pela maioria foi “pouco relevante”. Para Necessidade de mão de obra especializada (C3) a maioria selecionou o grau de relevância “relevante” com 5 seleções. Em relação ao critério Tecnologias utilizadas (C4), a maioria dos (as) especialistas selecionaram a relevância “moderadamente relevante” com 4 seleções. Para os impactos ambientais negativos (C5) desta alternativa, os (as) especialistas atribuíram de forma igualitária, sem predominância de alguma relevância para a maioria com 2 marcações para cada grau de relevância.

5.2 Resultados da utilização do método PROMETHEE

Como descrito nos procedimentos metodológicos deste trabalho, após a etapa de coleta de dados aos especialistas, os mesmos foram aplicados ao método PROMETHEE através do software *Visual Promethee Academic*. O software bem como o método possuem análises tanto quantitativa, com a utilização numérica quanto também qualitativa com a utilização de escalas compreendidas em muito baixo, baixo, mediano, alto e muito alto. Para aplicação no software foi feito, portanto, uma correlação entre as escalas presentes no software e as escalas médias dos pesos definidos pelos especialistas.

Para tanto, inicialmente foi feita uma média dos pesos indicados pelos 10 especialistas, para cada alternativa em cada fase. Após a obtenção das médias de cada alternativa para cada critério, para posterior aplicação qualitativa no software, foi aplicado, como já descrito anteriormente neste trabalho, utilizar a seguinte escala de interpretação:

- 1 a 1.9 – Irrelevante – Muito baixo
- 2 a 2.9 - Pouco Relevante – Baixo
- 3 a 3.9 - Moderadamente Relevante – Mediano
- 4 a 4.9 – Relevante – Alto
- 5 - Muito Relevante - Muito Alto

Com as médias obtidas com sua respectiva escala definida, foi criado um tipo de arquivo para cada fase no software selecionado.

O resultado da aplicação pode ser observado na Figura 09 que trata do Layout obtido na aplicação da Fase 1 – Diagnóstico de Condição. Nela, é possível identificar todas as alternativas inseridas com suas classificações qualitativas devidamente preenchidas.

Figura 6 - Layout da aplicação da Fase 1 – Diagnóstico de Condição, no software *Visual Promethee Academic*

Visual PROMETHEE Academic - Fase 1 - Diagnóstico de Condição - Finalizada.vpg (guardado)

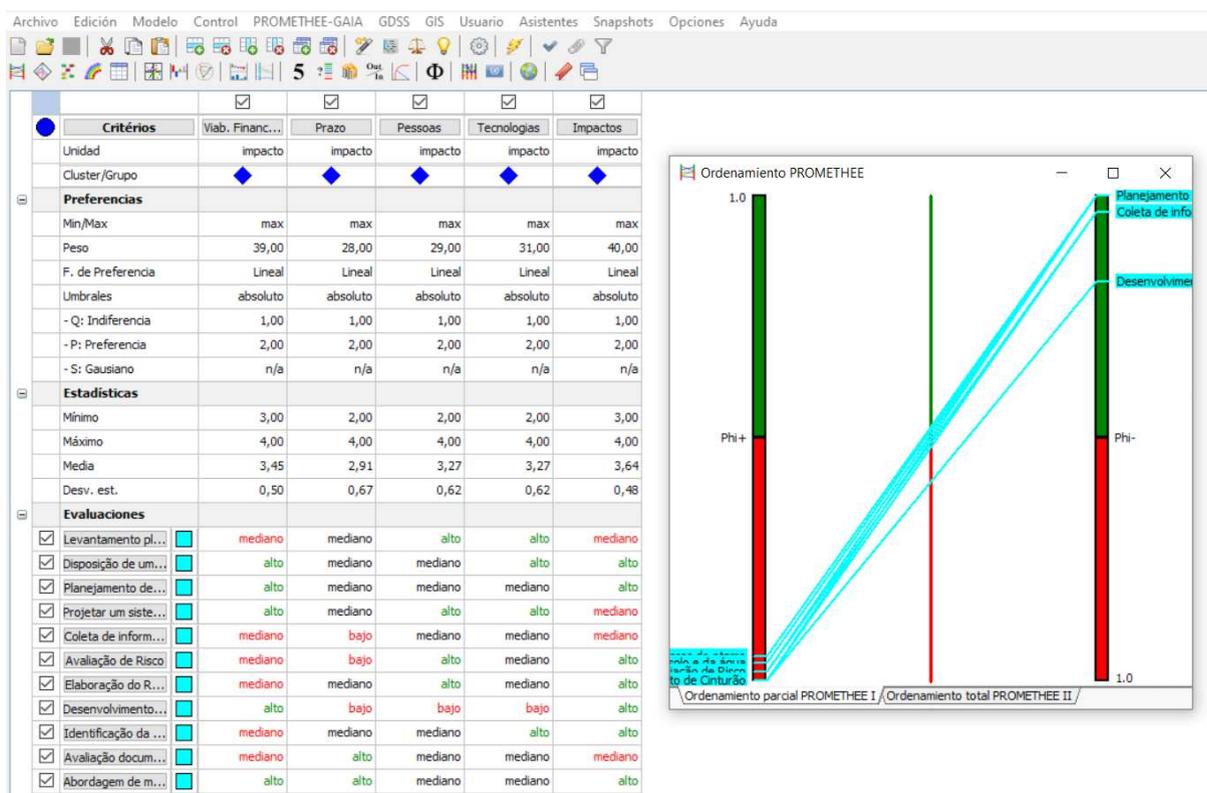
Archivo Edición Modelo Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Usuario Asistentes Snapshots Opciones Ayuda

	<input checked="" type="checkbox"/>				
Critérios	Viab. Financ...	Prazo	Pessoas	Tecnologias	Impactos
Unidad	impacto	impacto	impacto	impacto	impacto
Cluster/Grupo	◆	◆	◆	◆	◆
Preferencias					
Min/Max	max	max	max	max	max
Peso	39,00	28,00	29,00	31,00	40,00
F. de Preferencia	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal
Umbrales	absoluto	absoluto	absoluto	absoluto	absoluto
- Q: Indiferencia	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
- P: Preferencia	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
- S: Gaussiano	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Estadísticas					
Mínimo	3,00	2,00	2,00	2,00	3,00
Máximo	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Media	3,45	2,91	3,27	3,27	3,64
Desv. est.	0,50	0,67	0,62	0,62	0,48
Evaluaciones					
<input checked="" type="checkbox"/> Levantamento pl...	<input type="checkbox"/> mediano	mediano	alto	alto	mediano
<input checked="" type="checkbox"/> Disposição de um...	<input type="checkbox"/> alto	mediano	mediano	alto	alto
<input checked="" type="checkbox"/> Planejamento de...	<input type="checkbox"/> alto	mediano	mediano	mediano	alto
<input checked="" type="checkbox"/> Projetar um siste...	<input type="checkbox"/> alto	mediano	alto	alto	mediano
<input checked="" type="checkbox"/> Coleta de inform...	<input type="checkbox"/> mediano	bajo	mediano	mediano	mediano
<input checked="" type="checkbox"/> Avaliação de Risco	<input type="checkbox"/> mediano	bajo	alto	mediano	alto
<input checked="" type="checkbox"/> Elaboração do R...	<input type="checkbox"/> mediano	mediano	alto	mediano	alto
<input checked="" type="checkbox"/> Desenvolvimento...	<input type="checkbox"/> alto	bajo	bajo	bajo	alto
<input checked="" type="checkbox"/> Identificação da ...	<input type="checkbox"/> mediano	mediano	mediano	alto	alto
<input checked="" type="checkbox"/> Avaliação docum...	<input type="checkbox"/> mediano	alto	mediano	mediano	mediano
<input checked="" type="checkbox"/> Abordagem de m...	<input type="checkbox"/> alto	alto	mediano	mediano	alto

Fonte: Software *Visual Promethee Academic*. (2024)

A Figura 07 mostra já o resultado obtido com o ordenamento das alternativas em forma de gráfico.

Figura 7 - Ordenamento da aplicação da Fase 1 – Diagnóstico de Condição, no software *Visual Promethee Academic*



Fonte: Software *Visual Promethee Academic* (2024).

Para melhor clareza da ordem obtida, o software apresenta uma tabela do ranqueamento obtido que está apresentado na Figura 08.

Figura 8 - Ranqueamento em tabela da aplicação da Fase 1 – Diagnóstico de Condição, no software *Visual Promethee Academic*

alternativa	
Avaliação documental	■
Abordagem de	■
Levantamento	■
Projetar um sistema de	■
Disposição de um	■
Identificação da	■
Elaboração do Relatório	■
Planejamento de um	■
Avaliação de Risco	■
Coleta de informações	■
Desenvolvimento do	■

Fonte: Software *Visual Promethee Academic* .(2024).

Portanto, a ordem mais indicada de ação das alternativas pelo método PROMETHEE para esta fase é a seguinte:

1. Avaliação documental relacionados ao aterro sanitário.
2. Abordagem de mitigação e compensação para comunidade do entorno do aterro e para os trabalhadores do aterro.
3. Levantamento plano-altimétrico do local.
4. Projetar um sistema de monitoramento para análise visual, química e ambiental do solo e da água.
5. Disposição de um sistema de drenagem para gases e líquidos.
6. Identificação da sequência de encerramento das operações estruturais instáveis utilizadas no local.
7. Elaboração do Relatório Ambiental Preliminar - RAP, com base nas informações coletadas anteriormente.
8. Planejamento de um sistema de drenagem de água para evitar motins de água (minas de água) na área circundante.
9. Avaliação de risco.
10. Coleta de informações básicas sobre o tipo, composição, consistência, volume da liberação e caracterização dos resíduos existentes.
11. Desenvolvimento do projeto de cinturão verde na área, na faixa de 20% de descarte de resíduos.

O resultado da aplicação da Fase 2 – Iniciação da ação, pode ser observado na Figura 09 que trata do Layout obtido na aplicação ao software. Nela, é possível identificar todas as alternativas inseridas com suas classificações qualitativas devidamente preenchidas.

Figura 9 - Layout da aplicação da Fase 2 – Iniciação da ação, no software *Visual Promethee Academic*

Visual PROMETHEE Academic - Fase 2 - Iniciação da Ação - Finalizada.vpg (guardado)

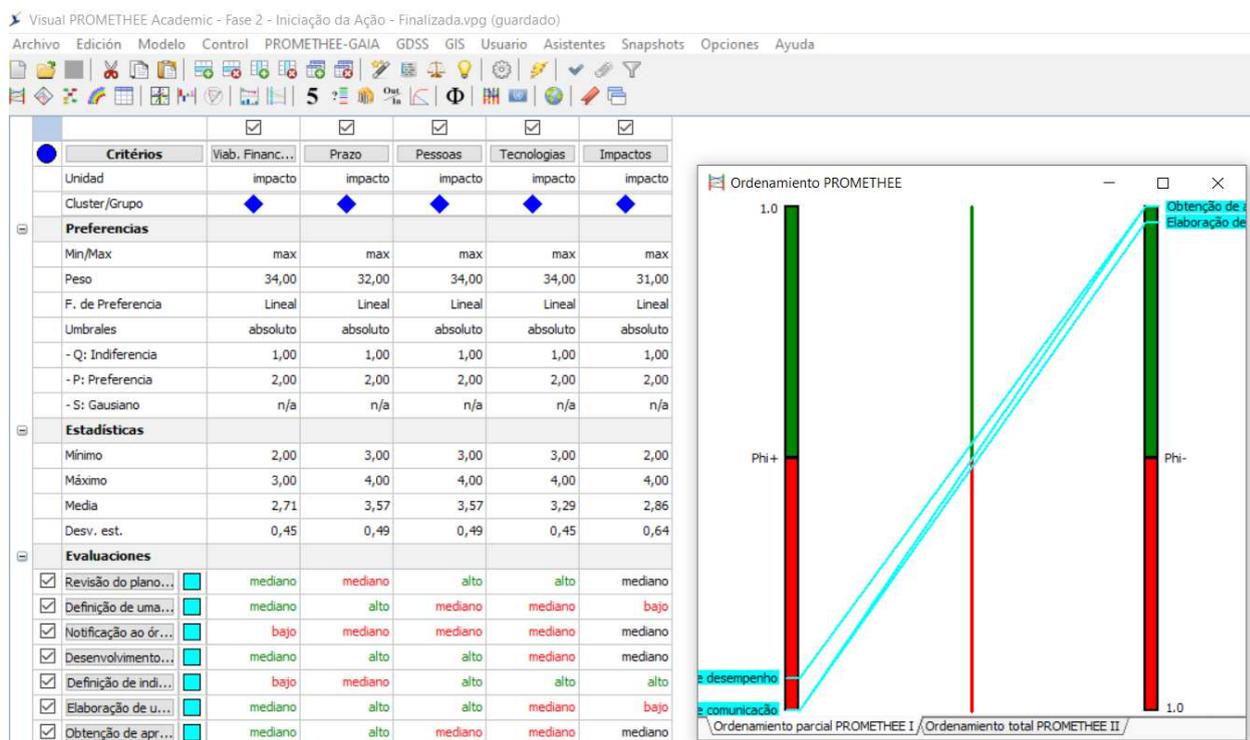
Archivo Edición Modelo Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Usuario Asistentes Snapshots Opciones Ayuda

	<input checked="" type="checkbox"/>				
Critérios	Viab. Financ...	Prazo	Pessoas	Tecnologias	Impactos
Unidad	impacto	impacto	impacto	impacto	impacto
Cluster/Grupo	◆	◆	◆	◆	◆
Preferencias					
Min/Max	max	max	max	max	max
Peso	34,00	32,00	34,00	34,00	31,00
F. de Preferencia	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal
Umbrales	absoluto	absoluto	absoluto	absoluto	absoluto
- Q: Indiferencia	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
- P: Preferencia	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
- S: Gaussiano	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Estadísticas					
Mínimo	2,00	3,00	3,00	3,00	2,00
Máximo	3,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Media	2,71	3,57	3,57	3,29	2,86
Desv. est.	0,45	0,49	0,49	0,45	0,64
Evaluaciones					
<input checked="" type="checkbox"/> Revisão do plano...	<input type="checkbox"/> mediano	<input type="checkbox"/> mediano	<input type="checkbox"/> alto	<input type="checkbox"/> alto	<input type="checkbox"/> mediano
<input checked="" type="checkbox"/> Definição de uma...	<input type="checkbox"/> mediano	<input type="checkbox"/> alto	<input type="checkbox"/> mediano	<input type="checkbox"/> mediano	<input type="checkbox"/> bajo
<input checked="" type="checkbox"/> Notificação ao ór...	<input type="checkbox"/> bajo	<input type="checkbox"/> mediano	<input type="checkbox"/> mediano	<input type="checkbox"/> mediano	<input type="checkbox"/> mediano
<input checked="" type="checkbox"/> Desenvolvimento...	<input type="checkbox"/> mediano	<input type="checkbox"/> alto	<input type="checkbox"/> alto	<input type="checkbox"/> mediano	<input type="checkbox"/> mediano
<input checked="" type="checkbox"/> Definição de indi...	<input type="checkbox"/> bajo	<input type="checkbox"/> mediano	<input type="checkbox"/> alto	<input type="checkbox"/> alto	<input type="checkbox"/> alto
<input checked="" type="checkbox"/> Elaboração de u...	<input type="checkbox"/> mediano	<input type="checkbox"/> alto	<input type="checkbox"/> alto	<input type="checkbox"/> mediano	<input type="checkbox"/> bajo
<input checked="" type="checkbox"/> Obtenção de apr...	<input type="checkbox"/> mediano	<input type="checkbox"/> alto	<input type="checkbox"/> mediano	<input type="checkbox"/> mediano	<input type="checkbox"/> mediano

Fonte: Software *Visual Promethee Academic* (2024).

A Figura 10 mostra já o resultado obtido com o ordenamento das alternativas em forma de gráfico.

Figura 10 - Ordenamento da aplicação da Fase 2 – Iniciação da Ação, no software *Visual Promethee Academic*



Fonte: Software *Visual Promethee Academic* (2024).

Para melhor clareza da ordem obtida, o software apresenta uma tabela do ranqueamento obtido que está apresentado na Figura 11.

Figura 11 - Ranqueamento em tabela da aplicação da Fase 2 – Iniciação da Ação, no software *Visual Promethee Academic*

alternativa	
Definição de	<input type="checkbox"/>
Revisão do plano de	<input type="checkbox"/>
Notificação ao órgão	<input type="checkbox"/>
Desenvolvimento de um	<input type="checkbox"/>
Obtenção de	<input type="checkbox"/>
Definição de uma data	<input type="checkbox"/>
Elaboração de um plano	<input type="checkbox"/>

Fonte: Software *Visual Promethee Academic* (2024).

Portanto, a ordem mais indicada de ação das alternativas pelo método PROMETHEE para esta fase é a seguinte:

1. Definição de indicadores de desempenho da parte técnica e dos processos.
2. Revisão do plano de fechamento com enfoque na eliminação de possíveis falhas.
3. Notificação ao órgão regulador sobre os procedimentos adotados.

4. Desenvolvimento de um plano de ação referente ao encerramento das atividades.
5. Obtenção de aprovações e autorizações necessárias.
6. Definição de uma data de fechamento específica.
7. Elaboração de um plano de comunicação.

O resultado da aplicação da Fase 3 – Encerramento do aterro, pode ser observado na Figura 12 que trata do Layout obtido na aplicação ao software. Nela, é possível identificar todas as alternativas inseridas com suas classificações qualitativas devidamente preenchidas.

Figura 12 - Layout da aplicação da Fase 3 – Encerramento do aterro, no software *Visual Promethee Academic*

Visual PROMETHEE Academic - Fase 3 - Encerramento de Atividades do Aterro - Finalizada.vpg (guardado)

Archivo Edición Modelo Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Usuario Asistentes Snapshots Opciones Ayuda

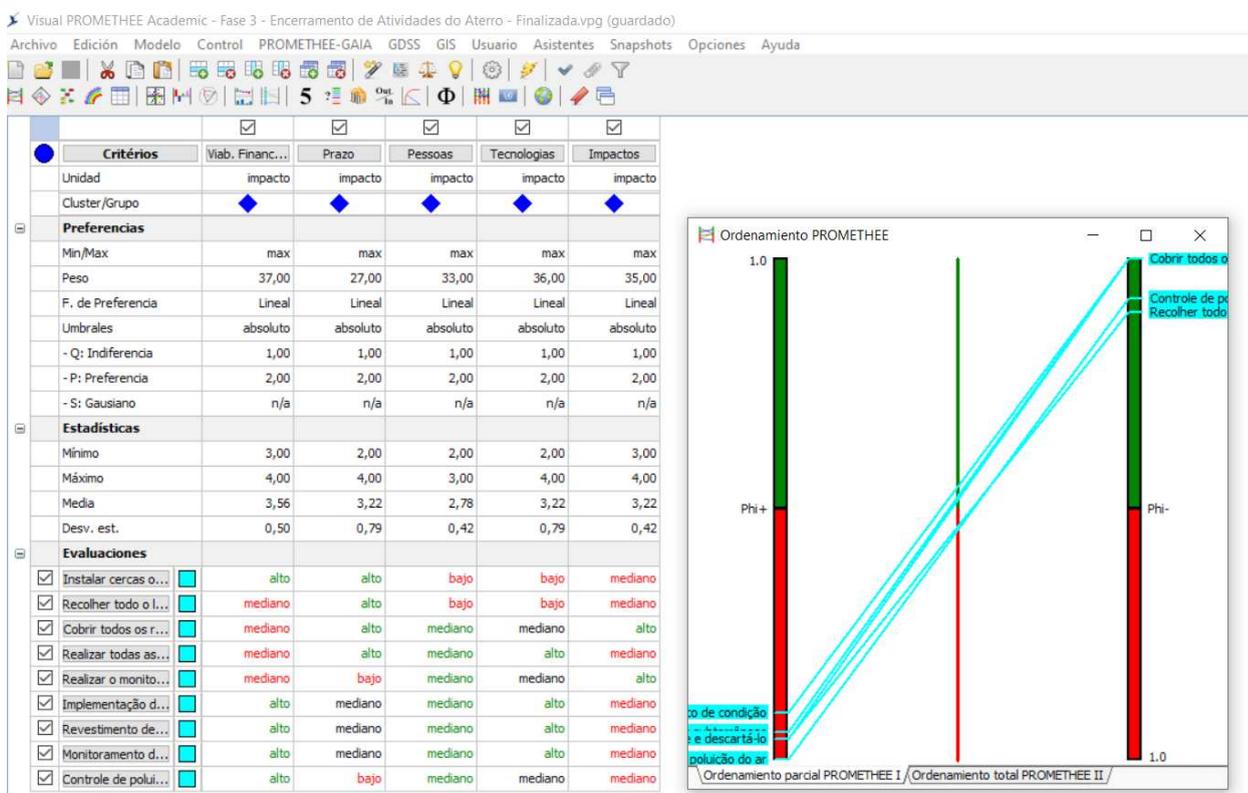
	<input checked="" type="checkbox"/>				
Crítérios	Viab. Financ...	Prazo	Pessoas	Tecnologias	Impactos
Unidad	impacto	impacto	impacto	impacto	impacto
Cluster/Grupo	◆	◆	◆	◆	◆
Preferencias					
Min/Max	max	max	max	max	max
Peso	37,00	27,00	33,00	36,00	35,00
F. de Preferencia	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal
Umbrales	absoluto	absoluto	absoluto	absoluto	absoluto
- Q: Indiferencia	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
- P: Preferencia	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
- S: Gausiano	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Estadísticas					
Mínimo	3,00	2,00	2,00	2,00	3,00
Máximo	4,00	4,00	3,00	4,00	4,00
Media	3,56	3,22	2,78	3,22	3,22
Desv. est.	0,50	0,79	0,42	0,79	0,42
Evaluaciones					
<input checked="" type="checkbox"/> Instalar cercas o o...	alto	alto	bajo	bajo	mediano
<input checked="" type="checkbox"/> Recolher todo o l...	mediano	alto	bajo	bajo	mediano
<input checked="" type="checkbox"/> Cobrir todos os r...	mediano	alto	mediano	mediano	alto
<input checked="" type="checkbox"/> Realizar todas as...	mediano	alto	mediano	alto	mediano
<input checked="" type="checkbox"/> Realizar o monito...	mediano	bajo	mediano	mediano	alto
<input checked="" type="checkbox"/> Implementação d...	alto	mediano	mediano	alto	mediano
<input checked="" type="checkbox"/> Revestimento de...	alto	mediano	mediano	alto	mediano
<input checked="" type="checkbox"/> Monitoramento d...	alto	mediano	mediano	alto	mediano
<input checked="" type="checkbox"/> Controle de polui...	alto	bajo	mediano	mediano	mediano

Fonte: Software *Visual Promethee Academic* (2024).

A Figura 13 mostra o resultado obtido com o ordenamento das alternativas em forma

de gráfico.

Figura 13 - Ordenamento da aplicação da Fase 3 – Encerramento do aterro, no software *Visual Promethee Academic*



Fonte: Software *Visual Promethee Academic* (2024).

Para melhor clareza da ordem obtida, o software apresenta uma tabela do ranqueamento obtido que está apresentado na Figura 14.

Figura 14 - Ranqueamento em tabela da aplicação da Fase 3 – Encerramento do aterro, no software *Visual Promethee Academic*

alternativa	
Realizar todas as metas	■
Implementação de	■
Revestimento de	■
Monitoramento de	■
Cobrir todos os	■
Instalar cercas ou	■
Recolher todo o lixo	■
Realizar o	■
Controle de poluição do	■

Fonte: Software *Visual Promethee Academic* (2024).

Desta forma, a ordem mais indicada de ação das alternativas pelo método

PROMETHEE para esta fase é a seguinte:

1. Verificar se todas as metas e ações estabelecidas na fase de diagnóstico de condição foram executadas.
2. Implementação de sistemas de drenagem adequados para evitar o acúmulo de água no aterro sanitário.
3. Revestimento de taludes.
4. Monitoramento de águas subterrâneas.
5. Cobrir todos os resíduos que possam estar expostos.
6. Instalar cercas ou outras estruturas adequadas para impedir a entrada de pessoas não-autorizadas.
7. Recolher todo o lixo restante ou entulho e colocá-lo na área de descarte e descartá-lo.
8. Realizar o monitoramento de gases.
9. Controle de poluição do ar.

O resultado da aplicação da Fase 4 – Pós-Encerramento do aterro, pode ser observado na Figura 15 que trata do Layout obtido na aplicação ao software. Nela, é possível identificar todas as alternativas inseridas com suas classificações qualitativas devidamente preenchidas.

Figura 15 - Layout da aplicação da Fase 4 – Pós-Encerramento, no software *Visual Promethee Academic*

Visual PROMETHEE Academic - Fase 4 - Pós Encerramento - Finalizada.vpg (guardado)

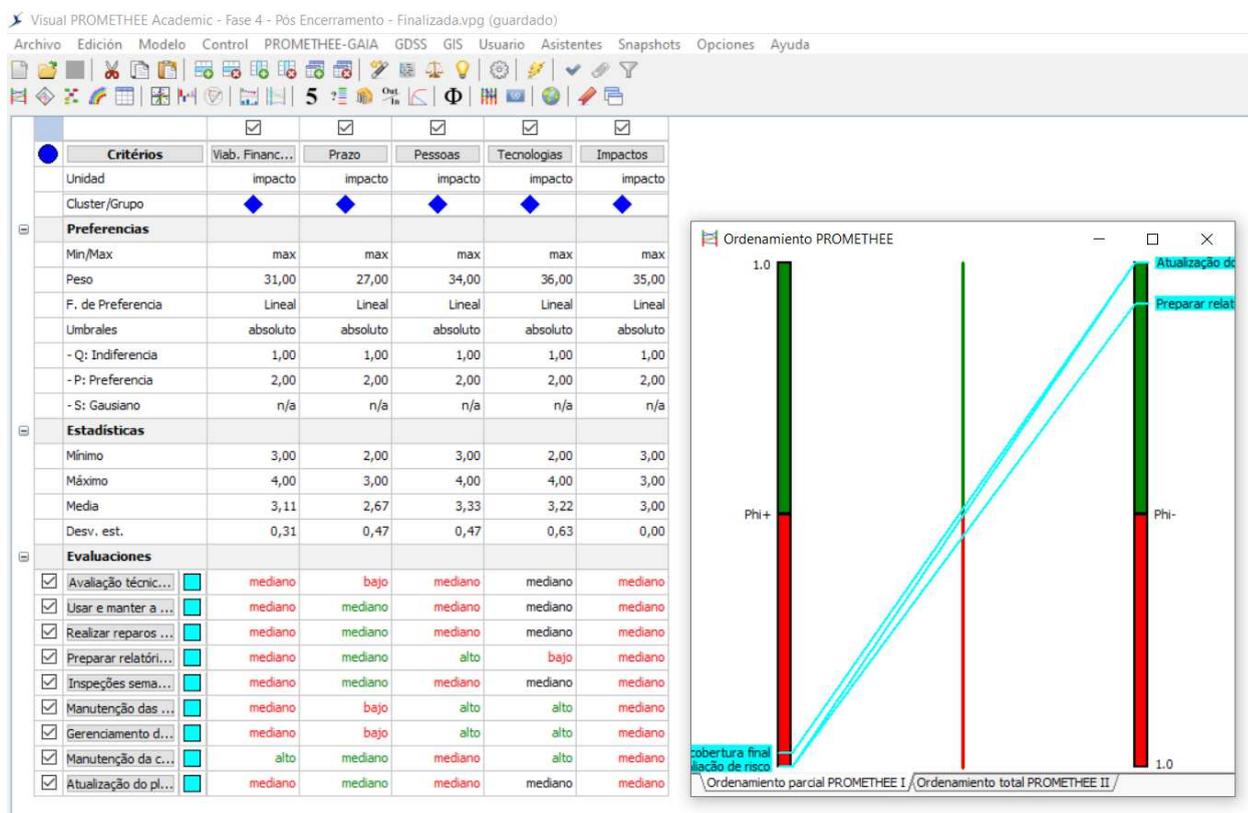
Archivo Edición Modelo Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Usuario Asistentes Snapshots Opciones Ayuda

	<input checked="" type="checkbox"/>					
Critérios	Viab. Financ...	Prazo	Pessoas	Tecnologias	Impactos	
Unidad	impacto	impacto	impacto	impacto	impacto	
Cluster/Grupo	◆	◆	◆	◆	◆	
Preferencias						
Min/Max	max	max	max	max	max	
Peso	31,00	27,00	34,00	36,00	35,00	
F. de Preferencia	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	
Umbrales	absoluto	absoluto	absoluto	absoluto	absoluto	
- Q: Indiferencia	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
- P: Preferencia	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	
- S: Gaussiano	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Estadísticas						
Mínimo	3,00	2,00	3,00	2,00	3,00	
Máximo	4,00	3,00	4,00	4,00	3,00	
Media	3,11	2,67	3,33	3,22	3,00	
Desv. est.	0,31	0,47	0,47	0,63	0,00	
Evaluaciones						
<input checked="" type="checkbox"/> Avaliação técnica...	<input type="checkbox"/>	mediano	bajo	mediano	mediano	mediano
<input checked="" type="checkbox"/> Usar e manter a ...	<input type="checkbox"/>	mediano	mediano	mediano	mediano	mediano
<input checked="" type="checkbox"/> Realizar reparos ...	<input type="checkbox"/>	mediano	mediano	mediano	mediano	mediano
<input checked="" type="checkbox"/> Preparar relatóri...	<input type="checkbox"/>	mediano	mediano	alto	bajo	mediano
<input checked="" type="checkbox"/> Inspeções sema...	<input type="checkbox"/>	mediano	mediano	mediano	mediano	mediano
<input checked="" type="checkbox"/> Manutenção das ...	<input type="checkbox"/>	mediano	bajo	alto	alto	mediano
<input checked="" type="checkbox"/> Gerenciamento d...	<input type="checkbox"/>	mediano	bajo	alto	alto	mediano
<input checked="" type="checkbox"/> Manutenção da c...	<input type="checkbox"/>	alto	mediano	mediano	alto	mediano
<input checked="" type="checkbox"/> Atualização do pl...	<input type="checkbox"/>	mediano	mediano	mediano	mediano	mediano

Fonte: Software *Visual Promethee Academic* (2024).

A Figura 16 mostra o resultado obtido com o ordenamento das alternativas em forma de gráfico.

Figura 16 - Ordenamento da aplicação da Fase 4 – Pós-Encerramento, no software *Visual Promethee Academic*



Fonte: Software *Visual Promethee Academic* (2024).

Para melhor clareza da ordem obtida, o software apresenta uma tabela do ranqueamento obtido que está apresentado na Figura 17.

Figura 17 - Ranqueamento em tabela da aplicação da Fase 4 – Pós-Encerramento, no software *Visual Promethee Academic*

alternativa	
Manutenção das	<input checked="" type="checkbox"/>
Gerenciamento de	<input checked="" type="checkbox"/>
Manutenção da	<input checked="" type="checkbox"/>
Avaliação técnica das	<input checked="" type="checkbox"/>
Usar e manter a	<input checked="" type="checkbox"/>
Realizar reparos	<input checked="" type="checkbox"/>
Inspeções semanais	<input checked="" type="checkbox"/>
Atualização do plano de	<input checked="" type="checkbox"/>
Preparar relatórios	<input checked="" type="checkbox"/>

Fonte: Software *Visual Promethee Academic* (2024).

Assim, a ordem mais indicada de ação das alternativas pelo método PROMETHEE para esta fase é a seguinte:

1. Manutenção das estruturas.

2. Gerenciamento de Percolados.
3. Manutenção da cobertura final.
4. Avaliação técnica das condições das camadas de fundo.
5. Usar e manter a cobertura vegetal ao longo do tempo.
6. Realizar reparos necessários e operações de limpeza nas estações de transbordo para mantê-los totalmente funcionais.
7. Inspeções semanais regulares.
8. Atualização do plano de monitoramento.
9. Preparar relatórios abrangentes a cada 6 (seis) meses contendo informações ambientais, técnicas e socioeconômicas sobre uma investigação envolvendo avaliação de risco.

5.3 Modelo do Plano de Encerramento de Aterro Sanitário

No cenário desafiador da gestão ambiental, onde a preservação e a sustentabilidade são imperativos incontestáveis, emerge um guia estratégico destinado a mitigar os impactos negativos decorrentes do encerramento de aterros sanitários. Um modelo de Plano de Encerramento de Aterros Sanitários representa um marco na busca por soluções ambientalmente responsáveis e socialmente conscientes.

A partir do resultado das etapas anteriores então foi desenvolvido um modelo de Plano de Encerramento de Aterros sanitários que incorpora resultados fundamentados sobretudo obedecendo na sequência obtida pelo software que utilizou o método PROMETHEE. O plano é uma resposta à crescente necessidade de diretrizes eficazes e práticas na conclusão adequada de aterros sanitários, alinhando-se às normativas.

O foco recaiu sobre as quatro fases definidas neste trabalho para o encerramento de aterros sanitários, delineando passos estratégicos para assegurar uma finalização ambientalmente responsável. O modelo, portanto, não é apenas uma compilação de ações; é uma visão abrangente, abraçando o desafio de minimizar o impacto ambiental e social associado ao encerramento dessas estruturas essenciais.

A introdução do modelo explora os objetivos, o escopo e a importância intrínseca do encerramento de aterros sanitários, apontando os benefícios resultantes dessa abordagem metódica. Este é um convite para adentrar em um terreno de inovação, onde cada fase é cuidadosamente planejada para garantir a eficácia do encerramento, contribuindo para uma transição sustentável e segura para o futuro.

O modelo visou não apenas cumprir normativas e regulamentações, mas transcender essas expectativas, abraçando uma abordagem holística que respeita o ambiente, a comunidade circundante e as futuras gerações. A jornada através deste plano é uma exploração ativa de estratégias práticas e sustentáveis, uma resposta ousada à necessidade urgente de enfrentar os desafios ambientais de nossa época.

O modelo desta forma propôs excelência ambiental, onde a engenharia se encontra com a sustentabilidade, e onde o encerramento de aterros sanitários se torna não apenas uma obrigação regulatória, mas uma oportunidade para um legado ambiental duradouro.

Com base na análise realizada, definiram-se as seguintes recomendações para o plano de encerramento do aterro sanitário:

- Antes de qualquer decisão de encerramento, realizar uma avaliação ambiental completa da área do aterro, levando em consideração fatores como qualidade do solo, contaminação do lençol freático, emissões de gases de efeito estufa e potenciais impactos na biodiversidade local. Essa avaliação servirá como base para desenvolver estratégias de encerramento que minimizem os impactos ambientais negativos.
- É essencial envolver as partes interessadas, incluindo comunidades locais, órgãos reguladores, empresas privadas e ONGs ambientais, no processo de tomada de decisão. O diálogo aberto e transparente com essas partes interessadas ajudará a garantir que suas preocupações e perspectivas sejam consideradas no desenvolvimento do plano de encerramento.
- Durante o encerramento do aterro, é importante explorar oportunidades para o aproveitamento de recursos, como a recuperação de materiais recicláveis e a produção de energia a partir do biogás gerado pelos resíduos orgânicos. Isso não só reduzirá os custos de encerramento, mas também contribuirá para a economia circular e a redução do consumo de recursos naturais.
- Após o encerramento do aterro, deve-se estabelecer um programa de monitoramento contínuo para acompanhar a qualidade do ar, da água e do solo na área afetada. Isso garantirá que quaisquer impactos ambientais adversos sejam detectados e mitigados precocemente, garantindo a proteção da saúde humana e do meio ambiente a longo prazo.
- Regularmente, o plano de encerramento deve passar por uma avaliação de desempenho para verificar se os objetivos estabelecidos estão sendo alcançados e se há necessidade de ajustes ou melhorias. Isso garantirá a eficácia contínua do plano e a

adaptação às mudanças nas condições ambientais, sociais e econômicas ao longo do tempo.

MODELO DE PLANO DE ENCERRAMENTO PARA ATERROS SANITÁRIOS



Universidade Federal do Ceará

**Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Área de concentração: Saneamento Ambiental**

Autoras:

Karina Albuquerque da Silva
Ana Bárbara de Araújo Nunes

FORTALEZA, 2024

APRESENTAÇÃO

O presente modelo de Plano de Encerramento de Aterros Sanitários, apresenta o detalhamento das ações conforme resultados obtidos na Dissertação que teve por título: “Proposta de um Plano de Encerramento de Aterro Sanitário utilizando a ferramenta de apoio multicritério à decisão” apresentada ao Departamento de Engenharia Ambiental Hidráulica e Ambiental do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, em março de 2024, como requisito de título de Mestrado. O Plano obedece às diretrizes contidas na NBR 8419 de 1992 onde dispõe que para que haja um correto encerramento de aterros sanitários, é necessário que faça um documento em forma de plano de encerramento para o mesmo.

O mesmo tem como enfoque as fases necessárias ao encerramento com os passos a serem realizados em cada uma delas objetivando a correta finalização das atividades de um aterro sanitário de pequeno porte afim de minimizar os impactos ambientais negativos decorrentes do processo de encerramento como um todo.

O Plano está dividido nos seguintes tópicos:

- Introdução, onde é apresentado o objetivo e o escopo do plano, o contexto e a importância do encerramento de aterros sanitários, os benefícios com o encerramento dos mesmos e a estrutura do plano em si;
- Justificativa para encerrar aterros sanitários, onde estão as razões e fundamentos que embasam a necessidade de encerrar adequadamente o aterro;
- Procedimentos de encerramentos de aterros sanitários contendo as quatro fases estabelecidas com sua ordem de passos em sequência definida em cada fase;
- Conclusão; e
- Referências.

1 INTRODUÇÃO

No cenário desafiador da gestão ambiental, onde a preservação e a sustentabilidade são imperativos incontestáveis, emerge um guia estratégico destinado a mitigar os impactos negativos decorrentes do encerramento de aterros sanitários. Este modelo de Plano de Encerramento de Aterros Sanitários representa um marco na busca por soluções ambientalmente responsáveis e socialmente conscientes.

Este plano é uma resposta à crescente necessidade de diretrizes eficazes e práticas na conclusão adequada de aterros sanitários, alinhando-se às normativas da NBR 8419 de 1992.

Nosso foco recai sobre as quatro fases críticas para o encerramento de aterros sanitários, delineando passos estratégicos para assegurar uma finalização ambientalmente responsável. Este documento não é apenas uma compilação de ações; é uma visão abrangente, abraçando o desafio de minimizar o impacto ambiental e social associado ao encerramento dessas estruturas essenciais.

A introdução deste modelo explora os objetivos, o escopo e a importância intrínseca do encerramento de aterros sanitários, apontando os benefícios resultantes dessa abordagem metódica. Este é um convite para adentrar em um terreno de inovação, onde cada fase é cuidadosamente planejada para garantir a eficácia do encerramento, contribuindo para uma transição sustentável e segura para o futuro.

Este modelo visa não apenas cumprir normativas e regulamentações, mas transcender essas expectativas, abraçando uma abordagem holística que respeita o ambiente, a comunidade circundante e as futuras gerações. A jornada através deste plano é uma exploração ativa de estratégias práticas e sustentáveis, uma resposta ousada e fictícia à necessidade urgente de enfrentar os desafios ambientais de nossa época.

Adentremos, assim, neste modelo de excelência ambiental, onde a engenharia se encontra com a sustentabilidade, e onde o encerramento de aterros sanitários se torna não apenas uma obrigação regulatória, mas uma oportunidade para um legado ambiental duradouro.

2 JUSTIFICATIVA PARA ENCERRAR ATERROS SANITÁRIOS

Uma das justificativas para o Modelo de Plano de Encerramento de Aterros Sanitários dá se através da crescente urgência em abordar os desafios ambientais e promover a sustentabilidade exige uma resposta integral ao encerramento de aterros sanitários, fundamentada em práticas inovadoras e comprometidas com a preservação do meio ambiente.

Este modelo de Plano de Encerramento de Aterros Sanitários também se justifica pela necessidade premente de orientações robustas, alinhadas com princípios ambientais e sociais, que não apenas atendam às regulamentações, mas transcendam essas exigências, buscando a excelência em cada fase do processo.

Sabe-se que a redução dos impactos ambientais é crucial, especialmente no encerramento de aterros sanitários, pois uma abordagem inadequada pode acarretar impactos significativos no meio ambiente. Este modelo tem como objetivo minimizar tais impactos, implementando estratégias destinadas a preservar a qualidade do solo, água e ar, contribuindo assim para a promoção de ecossistemas saudáveis.

Dessa forma, a responsabilidade social e comunitária se manifesta ao reconhecer a importância dos aterros na comunidade. O plano se fundamenta ao dar prioridade à mitigação dos impactos sociais, incorporando estratégias de comunicação, participação comunitária e medidas específicas. O objetivo é assegurar que o encerramento beneficie positivamente a comunidade local.

Já para o atendimento às Normativas e Regulamentações, este modelo se justifica por sua conformidade rigorosa com as normas e regulamentações vigentes, como a NBR 8419 de 1992. Além de atender aos requisitos obrigatórios, busca ir além, incorporando as melhores práticas e inovações recentes.

Para o Foco na Sustentabilidade a Longo Prazo, tem se a justificado este plano, onde reside na visão de longo prazo, o encerramento não é apenas uma conclusão operacional, mas uma transição para a sustentabilidade. O modelo busca garantir que o legado ambiental seja positivo, com áreas reabilitadas e reintegradas à natureza.

Na questão da Gestão Eficiente de Resíduo, o plano se destaca pela abordagem eficiente na gestão de resíduos, considerando não apenas a disposição final, mas também a revisão crítica dos processos operacionais e de gestão adotados ao longo da vida útil do aterro.

Ao justificar-se, este modelo Contribuição para a Pesquisa e Desenvolvimento reforça seu compromisso com a pesquisa e desenvolvimento, incorporando descobertas e inovações de estudos anteriores, como a fictícia dissertação.

No que tange a Adaptação a Realidades Locais, cada localidade apresenta desafios únicos, ao ser adaptável a diferentes contextos, reconhecendo a diversidade de condições geográficas, sociais e ambientais que podem influenciar o encerramento de aterros sanitários, assim gerando efetividade na comunicação e engajamento, para este plano é fortalecida pela ênfase na comunicação transparente e no engajamento de todas as partes interessadas. Procura estabelecer um diálogo aberto, construtivo e participativo para garantir a eficácia das ações propostas.

Este modelo não apenas busca atender às necessidades práticas do encerramento de aterros sanitários, mas também contribui para a construção contínua de conhecimento na área, oferecendo uma abordagem integrada e inovadora.

A última justificativa para este modelo reside em sua missão de promover a responsabilidade ambiental. Busca ir além das expectativas normativas, incentivando uma abordagem proativa para a preservação do meio ambiente, assegurando que a conclusão de aterros sanitários seja uma contribuição positiva para o futuro sustentável, como uma resposta completa e inovadora aos desafios ambientais, integrando princípios de sustentabilidade, responsabilidade social e conformidade regulatória. Ao estabelecer diretrizes claras, busca ir além da obrigação, almejando um legado ambiental duradouro e positivo.

2 METODOLOGIA UTILIZADA

Este plano resulta de uma pesquisa abordada na dissertação intitulada "Proposta de um modelo de plano de encerramento de aterro sanitário utilizando a ferramenta de apoio multicritério à decisão", apresentada em março de 2024 no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará. A metodologia empregada foi estruturada para desenvolver os passos delineados no item 3 deste documento.

A primeira fase da pesquisa envolveu um levantamento detalhado das etapas envolvidas no encerramento de aterros sanitários. Este processo foi fundamentado

em revisões bibliográficas e análises de casos práticos. O objetivo principal era compreender a complexidade do encerramento de aterros sanitários e identificar as etapas que constituiriam um correto encerramento de aterros sanitários tanto ambientalmente como socialmente falando.

A segunda fase da pesquisa se deu pela seleção criteriosa de especialistas para assegurar a qualidade e a validade das informações obtidas. Um grupo multidisciplinar de profissionais, compreendendo especialistas em engenharia ambiental, gestão de resíduos, legislação ambiental e outros campos relacionados, foi escolhido. A diversidade de perspectivas contribuiu para uma abordagem holística na identificação e avaliação das etapas do encerramento de aterros sanitários caracterizando-as em níveis de relevância para posterior aplicação ao método de análise multicritério selecionado.

A fase central da pesquisa envolveu a aplicação do método PROMETHEE como ferramenta de apoio à decisão. Este método multicritério foi selecionado devido à sua flexibilidade, capacidade de lidar com preferências humanas e habilidade para comparar alternativas em termos de critérios específicos.

As etapas específicas da aplicação do PROMETHEE incluíram a definição e ponderação de critérios relevantes para o encerramento de aterros sanitários, a normalização de dados para permitir comparações significativas, a comparação par a par de alternativas em relação a cada critério e a agregação das preferências para obtenção de uma classificação global.

Este método proporcionou uma base robusta para a análise comparativa das etapas do encerramento de aterros sanitários, considerando diversos aspectos e preferências dos especialistas envolvidos.

3 PROCEDIMENTOS PARA O ENCERRAMENTO DE ATERROS SANITÁRIOS

Propõe-se que o encerramento dos aterros sanitários siga os passos a seguir.

3.1 Fase 1 – Fase de diagnóstico de condição

Na Etapa 1, denominada como Fase de Diagnóstico da Condição, tem um papel fundamental no encerramento de aterros sanitários. Durante esse estágio, especialistas ambientais e engenheiros realizam uma avaliação minuciosa das

condições atuais do aterro sanitário, identificando possíveis impactos ambientais, riscos operacionais e quaisquer aspectos que necessitem de atenção durante o fechamento. Isso inclui a análise da integridade estrutural das células de resíduos, a verificação da eficácia das barreiras impermeáveis e a avaliação da qualidade do lençol freático adjacente.

Além disso, a Fase de Diagnóstico da Condição envolve a caracterização dos resíduos presentes no aterro sanitário, incluindo sua composição, volume e características químicas. Essa caracterização é crucial para desenvolver estratégias eficientes de gerenciamento de resíduos durante o encerramento. A obtenção de dados precisos nessa fase é essencial para orientar as próximas etapas do processo de encerramento, fornecendo uma compreensão abrangente do estado atual do aterro sanitário e estabelecendo as bases para um plano eficaz e ecologicamente responsável para o fechamento.

As alternativas recomendadas para esta fase estão descritas a seguir.

1º. Avaliação documental relacionados ao aterro sanitário.

Esta etapa irá envolver a análise crítica e sistemática de documentos relacionados às atividades, operações e impactos ambientais do aterro sanitário. Dentro deste primeiro passo, recomenda-se seguir os seguintes outros passos:

- **Levantamento de documentos:** Realize um levantamento abrangente de todos os documentos relacionados ao aterro sanitário, desde licenças ambientais, autorizações operacionais, até relatórios de monitoramento e inspeções.
- **Análise de conformidade:** Avalie cada documento em relação às normas ambientais, regulamentações locais e condições estabelecidas nas licenças. Identifique possíveis não conformidades e áreas que demandam atenção específica.
- **Verificação de prazos e renovações:** Certifique-se de que todas as licenças e autorizações estão dentro de seus prazos de validade. Caso necessário, inicie procedimentos para renovação, assegurando a continuidade da conformidade legal.
- **Identificação de pendências:** Caso sejam identificadas pendências ou não conformidades, registre-as de forma clara e detalhada. Isso servirá como base para o desenvolvimento de planos de ação corretivos.

- **Comprovação de monitoramento ambiental:** Verifique os registros de monitoramento ambiental, assegurando que os impactos ambientais foram controlados conforme especificado nas normativas vigentes.
- **Documentação operacional completa:** Certifique-se de que todos os registros operacionais, como planos de operação e manutenção, estão atualizados e em conformidade.
- **Transparência e comunicação:** Mantenha uma comunicação transparente com as autoridades ambientais e demais partes interessadas, compartilhando informações sobre a avaliação documental e eventuais medidas corretivas em andamento.
- **Planejamento de encaminhamentos:** Com base na avaliação, elabore um plano de encaminhamentos para as próximas fases do encerramento, considerando a correção de não conformidades, a renovação de licenças e outros procedimentos necessários.
- **Registro e arquivamento:** Mantenha registros precisos de toda a avaliação documental realizada, arquivando os documentos de forma organizada para referências futuras e auditorias.

2º. Abordagem de mitigação e compensação para comunidade do entorno do aterro e para os trabalhadores do aterro.

No segundo passo, que envolve a abordagem de mitigação e compensação para a comunidade do entorno do aterro e os trabalhadores envolvidos, é fundamental adotar estratégias que minimizem os impactos negativos e promovam uma transição suave. Recomenda-se seguir os seguintes passos, referentes a esta etapa:

- **Diálogo aberto:** Estabeleça canais de comunicação abertos e transparentes com a comunidade local. Realize reuniões públicas, sessões informativas e forneça informações detalhadas sobre o processo de encerramento, seus impactos previstos e as medidas planejadas para mitigação.
- **Avaliação de impactos sociais:** Realize uma avaliação aprofundada dos impactos sociais na comunidade e entre os trabalhadores do aterro. Identifique áreas específicas de preocupação, como emprego, qualidade de

vida e acesso a serviços essenciais.

- Programas de capacitação: Desenvolva programas de capacitação e treinamento para os trabalhadores do aterro, visando habilidades transferíveis que facilitem a transição para novas oportunidades de emprego.
- Compensação financeira: Considere programas de compensação financeira para os trabalhadores afetados, levando em conta fatores como tempo de serviço e contribuições para a comunidade.
- Projetos sociais sustentáveis: Implemente projetos sociais sustentáveis que beneficiem a comunidade, como iniciativas ambientais, culturais ou educacionais. Isso pode contribuir para criar um legado positivo após o encerramento do aterro.
- Avaliação contínua: Realize avaliações regulares dos impactos das medidas de mitigação e ajuste-as conforme necessário. Mantenha o diálogo com a comunidade e os trabalhadores para garantir que suas preocupações sejam abordadas de maneira eficaz.
- Acompanhamento psicossocial: Ofereça suporte psicossocial para os trabalhadores do aterro e membros da comunidade que possam enfrentar desafios emocionais devido às mudanças. Isso pode incluir serviços de aconselhamento e assistência psicológica.
- Transparência nas ações: Assegure-se de que todas as ações de mitigação e compensação sejam transparentes e compreensíveis para a comunidade. Isso contribuirá para construir confiança e aceitação durante o processo de encerramento.

3º. Levantamento plano-altimétrico do local.

Na terceira etapa, que envolve o levantamento plano-altimétrico do local, é crucial realizar uma análise detalhada das características topográficas da área. Aqui estão algumas orientações sobre o que deve ser feito nessa fase:

- Contratação de profissionais Especializados: Engaje profissionais especializados em topografia e georreferenciamento para realizar o levantamento plano-altimétrico. Certifique-se de que a equipe tenha experiência na análise de áreas utilizadas como aterros sanitários.

- Utilização de tecnologias avançadas: Empregue tecnologias avançadas, como estação total, drones ou sistemas de mapeamento aéreo, para garantir precisão e abrangência no levantamento. A escolha da tecnologia deve ser adaptada às características específicas da área.
- Delimitação de áreas críticas: Identifique e delimite áreas críticas que exigem atenção especial durante o processo de encerramento. Isso pode incluir áreas de risco geotécnico, presença de recursos hídricos ou locais que demandam medidas específicas de reabilitação.
- Mapeamento de Estruturas Existentes: Mapeie as estruturas existentes no local, como sistemas de drenagem, edificações e demais infraestruturas. Isso proporcionará uma compreensão completa da configuração atual da área.
- Avaliação de Contaminação e Vulnerabilidades: Realize uma análise integrada, considerando não apenas as características topográficas, mas também a presença de contaminantes no solo e a vulnerabilidade a fenômenos naturais. Isso é crucial para a definição de estratégias de encerramento.
- Elaboração de mapas detalhados: Produza mapas detalhados que representem as variações altimétricas do terreno. Esses mapas serão fundamentais para o planejamento de ações futuras, como reabilitação de áreas degradadas e implantação de medidas de controle ambiental.
- Considerações ambientais e geotécnicas: Integre dados ambientais e geotécnicos aos resultados do levantamento, proporcionando uma visão abrangente das condições do local. Isso é crucial para garantir a segurança e a sustentabilidade das intervenções.
- Avaliação de riscos e oportunidades: Avalie os riscos associados à topografia e identifique oportunidades para otimizar o encerramento, como a criação de áreas verdes ou o estabelecimento de sistemas de drenagem sustentáveis.

4º. Projetar um sistema de monitoramento para análise visual, química e ambiental do solo e da água.

Na quarta etapa, que envolve o projeto de um sistema de monitoramento abrangente para análise visual, química e ambiental do solo e da água, é

fundamental seguir diretrizes específicas para garantir a eficácia e a precisão do sistema. Aqui estão orientações sobre o que deve ser feito nessa fase:

- **Identificação de Parâmetros de Monitoramento:** Defina claramente os parâmetros que serão monitorados, considerando aspectos visuais, químicos e ambientais. Isso pode incluir a presença de contaminantes, qualidade da água, características do solo e indicadores visuais de degradação.
- **Seleção de Pontos Estratégicos de Monitoramento:** Identifique pontos estratégicos no aterro sanitário para a instalação de dispositivos de monitoramento. Esses pontos devem abranger áreas críticas, locais com histórico de contaminação e regiões ambientalmente sensíveis.
- **Escolha de Tecnologias Adequadas:** Selecione tecnologias apropriadas para a análise visual, química e ambiental. Isso pode envolver a instalação de câmeras de monitoramento, sensores de qualidade da água, equipamentos para coleta de amostras e instrumentos de análise laboratorial.
- **Integração de Sistemas Automatizados:** Projete o sistema de monitoramento de forma a permitir a coleta de dados automatizada e em tempo real, sempre que possível. Isso facilitará a detecção precoce de anomalias e a resposta imediata a eventos críticos.
- **Estabelecimento de Frequência de Monitoramento:** Defina uma frequência adequada para as análises, levando em consideração a dinâmica do ambiente. Em áreas mais críticas, pode ser necessário um monitoramento mais frequente.
- **Implementação de Protocolos de Amostragem:** Desenvolva protocolos específicos para a coleta de amostras de solo e água, assegurando representatividade e consistência nos resultados. Armazene e transporte as amostras de acordo com as boas práticas laboratoriais.
- **Análise Visual:** Integre câmeras de monitoramento para análise visual do local. Isso permitirá uma observação contínua das condições visuais, identificando potenciais problemas, como erosão, vazamentos ou alterações na cobertura do solo.
- **Monitoramento Químico e Ambiental:** Utilize sensores e equipamentos adequados para monitorar parâmetros químicos e ambientais, incluindo níveis de contaminantes, pH da água, temperatura do solo e outros indicadores

relevantes.

- Estabelecimento de Indicadores de Alerta: Estabeleça indicadores de alerta que acionem ações corretivas quando valores críticos forem detectados. Isso é crucial para a prevenção de impactos ambientais adversos.
- Desenvolvimento de Relatórios Periódicos: Implemente a geração de relatórios periódicos com base nos dados coletados. Esses relatórios devem ser claros e compreensíveis, auxiliando na tomada de decisões e na comunicação com as partes interessadas.

5º. Disposição de um sistema de drenagem para gases e líquidos.

Na quinta etapa, que envolve a disposição de um sistema de drenagem para gases e líquidos, é essencial seguir uma abordagem cuidadosa e eficiente para garantir a gestão adequada desses componentes. Aqui estão diretrizes sobre o que deve ser feito nessa fase:

- Avaliação do Tipo de Gases Gerados: Identifique os tipos de gases gerados no aterro sanitário, como metano e dióxido de carbono. Compreenda suas características, volumes produzidos e potencial impacto ambiental.
- Seleção de Materiais para Sistema de Drenagem: Escolha materiais adequados para a construção do sistema de drenagem, considerando a resistência química e física necessária para lidar com gases e líquidos presentes no aterro.
- Projetar Rede de Drenagem: Elabore um projeto detalhado para a rede de drenagem, incluindo a disposição de canais para líquidos e tubulações para gases. Considere a topografia do local para garantir uma drenagem eficiente.
- Instalação de Pontos de Coleta: Instale pontos de coleta estrategicamente ao longo do sistema de drenagem para gases e líquidos. Isso facilitará a amostragem e monitoramento regular da composição e quantidade desses elementos.
- Integração de Dispositivos de Medição: Integre dispositivos de medição, como sensores de gás, em pontos-chave do sistema de drenagem. Isso permitirá o monitoramento contínuo dos níveis de gases, possibilitando a detecção precoce de variações significativas.
- Consideração de Medidas de Segurança: Adote medidas de segurança para

evitar vazamentos e emissões não controladas de gases. Isso pode incluir a implementação de válvulas de alívio de pressão e dispositivos de contenção.

- **Monitoramento de Líquidos Percolados:** Estabeleça procedimentos para o monitoramento de líquidos percolados, verificando sua qualidade e volume. Isso é crucial para evitar a contaminação do solo e das águas subterrâneas.
- **Implementação de Sistemas de Captura de Gases:** Considere a instalação de sistemas de captura de gases, como sistemas de extração de biogás, para reduzir emissões atmosféricas e promover a utilização sustentável desses gases.
- **Manutenção Preventiva:** Desenvolva um plano de manutenção preventiva para o sistema de drenagem, assegurando que esteja sempre operando eficientemente. Isso inclui inspeções regulares, reparo de vazamentos e substituição de componentes desgastados.
- **Registro de Dados e Relatórios:** Implemente um sistema para registrar dados relacionados ao desempenho do sistema de drenagem. Esses dados devem ser utilizados na geração de relatórios regulares, contribuindo para a tomada de decisões informadas (Neves, 2022).

6.º Identificação da sequência de encerramento das operações estruturais instáveis utilizadas no local.

Na sexta etapa, que abrange a identificação da sequência de encerramento das operações estruturais instáveis utilizadas no local, é fundamental seguir uma abordagem sistemática para garantir a estabilidade e segurança durante o processo de encerramento. Aqui estão as diretrizes sobre o que deve ser feito nessa fase:

- **Avaliação das Estruturas Instáveis:** Realize uma avaliação completa das operações estruturais instáveis utilizadas no local. Isso pode incluir taludes, áreas de escavação ou quaisquer outras estruturas que possam apresentar instabilidade.
- **Análise Geotécnica:** Conduza uma análise geotécnica para compreender as características do solo, a inclinação das superfícies e outros fatores que podem influenciar a estabilidade das estruturas. Isso ajudará na formulação de estratégias adequadas de encerramento.

- Engenharia Reversa: Adote uma abordagem de engenharia reversa para entender como as estruturas foram originalmente construídas. Isso é crucial para determinar a melhor maneira de desativar ou estabilizar essas operações.
- Desativação Gradual: Planeje a desativação gradual das operações estruturais instáveis, considerando a sequência mais segura. Isso pode envolver a redução controlada de taludes ou a implementação de suportes temporários.
- Implementação de Medidas de Contenção: Introduza medidas de contenção, como estruturas de suporte temporárias, para garantir a estabilidade durante o processo de encerramento. Isso pode incluir a instalação de estruturas de reforço ou a compactação de áreas específicas.
- Remoção de Materiais Instáveis: Remova cuidadosamente materiais instáveis, garantindo a disposição adequada e a minimização de riscos durante a execução dessa tarefa. Isso pode incluir a remoção controlada de solo ou outros elementos estruturais.
- Monitoramento Contínuo: Implemente um sistema de monitoramento contínuo para acompanhar qualquer mudança nas condições de estabilidade durante e após o encerramento das operações estruturais. Isso permite respostas rápidas a possíveis problemas.
- Restauração Ambiental: Durante o processo de encerramento, considere ações para restaurar a área afetada, como revegetação de taludes ou outras práticas de recuperação ambiental. Isso ajuda a minimizar os impactos ecológicos.
- Registro e Documentação: Mantenha registros detalhados de todas as etapas do processo, incluindo avaliações, estratégias adotadas e resultados de monitoramento. Isso é valioso para futuras referências e conformidade regulatória.

7º. Elaboração do Relatório Ambiental Preliminar - RAP, com base nas informações coletadas anteriormente.

Na sétima etapa, que abrange a elaboração do Relatório Ambiental Preliminar

(RAP), é essencial consolidar as informações coletadas anteriormente de maneira clara e abrangente. Aqui estão as diretrizes sobre o que deve ser feito nessa fase:

- **Compilação de Dados:** Reúna todas as informações coletadas nas etapas anteriores, incluindo avaliações documentais, abordagens de mitigação, levantamento plano-altimétrico, projetos de monitoramento, disposição de sistemas de drenagem, e identificação da sequência de encerramento das operações estruturais instáveis.
- **Análise Ambiental:** Realize uma análise ambiental detalhada, considerando os dados do levantamento plano-altimétrico, informações sobre mitigação e compensação, e os sistemas de monitoramento propostos. Identifique impactos ambientais potenciais e propostas de minimização.
- **Avaliação de Riscos:** Avalie os riscos associados às operações de encerramento, destacando áreas críticas que demandam atenção especial. Considere fatores como segurança dos trabalhadores, impactos na comunidade local e possíveis consequências ambientais.
- **Formulação de Recomendações:** Com base na análise realizada, formule recomendações específicas para o encerramento, mitigação de impactos e monitoramento contínuo. Inclua estratégias para lidar com possíveis imprevistos.
- **Estruturação do RAP:** Organize o RAP de maneira estruturada, incluindo seções como introdução, descrição do local, metodologia utilizada, resultados das análises, recomendações e conclusões. Adote uma linguagem técnica acessível para diversos públicos.
- **Inclusão de Documentação Gráfica:** Integre mapas, gráficos e outras representações visuais que auxiliem na compreensão do contexto ambiental e das propostas apresentadas. Isso contribui para uma comunicação mais eficaz.
- **Revisão Técnica:** Submeta o RAP a uma revisão técnica por profissionais especializados. Certifique-se de que todas as informações estão precisas, consistentes e alinhadas às melhores práticas ambientais.
- **Versão Final do RAP:** Após considerar as contribuições recebidas, elabore a versão final do RAP. Certifique-se de que todas as correções foram incorporadas e que o relatório está pronto para submissão às autoridades

competentes.

- Arquivamento e Publicação: Arquive o RAP de acordo com os requisitos legais e proceda à sua publicação, tornando-o acessível ao público. Isso promove a transparência e possibilita o acompanhamento por parte da comunidade e demais interessados.

8º. Planejamento de um sistema de drenagem de água para evitar motins de água (minas de água) na área circundante.

Na oitava etapa, que envolve o planejamento de um sistema de drenagem de água para evitar motins de água (minas de água) na área circundante do aterro sanitário, é crucial seguir as diretrizes apropriadas. Aqui estão as orientações sobre o que deve ser feito nessa fase:

- Avaliação Hidrológica: Realize uma avaliação detalhada das condições hidrológicas na área circundante do aterro sanitário. Considere a topografia, os padrões de precipitação e os corpos d'água existentes.
- Identificação de Áreas Vulneráveis: Identifique as áreas vulneráveis a motins de água, como depressões no terreno, áreas com baixa permeabilidade do solo e locais propensos a acúmulo de água.
- Planejamento do Sistema de Drenagem: Desenvolva um plano abrangente para o sistema de drenagem, levando em consideração a minimização do acúmulo de água. Isso pode envolver a instalação de canais, valas de drenagem ou outros dispositivos apropriados.
- Uso de Tecnologias Adequadas: Escolha tecnologias de drenagem apropriadas para a situação específica, levando em consideração fatores como taxa de escoamento, capacidade de drenagem do solo e características locais.
- Integração com o Projeto Geral: Integre o plano de drenagem com o projeto geral de encerramento do aterro sanitário. Certifique-se de que o sistema de drenagem não comprometa outras medidas de mitigação ambiental.
- Considerações Ambientais: Avalie os possíveis impactos ambientais do sistema de drenagem proposto. Isso pode incluir a proteção de ecossistemas locais, prevenção da contaminação da água e preservação da qualidade

ambiental.

- **Dimensionamento Adequado:** Dimensione o sistema de drenagem de acordo com a capacidade necessária para lidar com as condições hidrológicas da região. Isso garante a eficácia contínua ao longo do tempo.
- **Detalhamento Técnico:** Desenvolva documentação técnica detalhada, incluindo desenhos, especificações e cálculos relacionados ao sistema de drenagem. Isso será fundamental para a implementação adequada.
- **Implementação Gradual:** Caso seja viável, planeje a implementação do sistema de drenagem de forma gradual, de acordo com as necessidades do processo de encerramento e as condições específicas do local.
- **Monitoramento Contínuo:** Estabeleça um programa de monitoramento contínuo para avaliar a eficácia do sistema de drenagem ao longo do tempo. Isso permitirá ajustes conforme necessário e a mitigação proativa de problemas potenciais.

9º. Avaliação dos riscos do local.

Na nona etapa, que envolve a avaliação dos riscos do local, é crucial conduzir uma análise abrangente e detalhada para identificar potenciais ameaças e vulnerabilidades associadas ao aterro sanitário. Aqui estão as orientações para esta fase:

- **Inspeção de Campo:** Realize uma inspeção detalhada no local, identificando características do terreno, proximidade a corpos d'água, presença de fauna e flora, entre outros.
- **Identificação de Fontes de Risco:** Identifique as fontes potenciais de riscos, como possíveis vazamentos de resíduos, contaminação do solo, emissões gasosas, instabilidades geotécnicas, entre outros.
- **Avaliação da História do Local:** Considere a história operacional do aterro, incluindo práticas anteriores de disposição de resíduos, incidentes passados e atividades que possam ter contribuído para impactos ambientais.
- **Análise de Mapas e Documentos:** Utilize mapas topográficos, documentos geotécnicos e outras informações disponíveis para compreender a geologia, hidrologia e outras características físicas do local.

- Engajamento de Especialistas: Se necessário, envolva especialistas em geologia, geotecnia, hidrologia, química ambiental e outras disciplinas relevantes para uma avaliação técnica mais aprofundada.
- Matriz de Riscos: Desenvolva uma matriz de riscos, classificando e categorizando os riscos identificados com base em sua probabilidade de ocorrência e no impacto potencial.
- Avaliação de Vulnerabilidades: Analise as vulnerabilidades do local, considerando fatores climáticos, características do solo, presença de aquíferos e outros elementos que possam amplificar os riscos.
- Impactos Sociais e Econômicos: Além dos impactos ambientais, avalie os possíveis efeitos sociais e econômicos decorrentes de eventos adversos, como desastres ambientais ou liberação de substâncias tóxicas.
- Estabelecimento de Cenários: Desenvolva cenários hipotéticos para eventos de risco, permitindo uma compreensão mais clara das possíveis consequências e facilitando o planejamento de respostas.
- Plano de Contingência: Com base nos riscos identificados, elabore um plano de contingência que inclua procedimentos para resposta a emergências, comunicação com a comunidade e medidas de mitigação.

10º. Coleta de informações básicas sobre o tipo, composição, consistência, volume da liberação e caracterização.

Na décima etapa, que envolve a coleta de informações básicas sobre a liberação no local do aterro sanitário, é fundamental conduzir uma abordagem sistemática para caracterizar as características da liberação de resíduos. Aqui estão as orientações para esta fase:

- Identificação da Fonte de Liberação: Determine as fontes específicas de liberação, incluindo áreas de disposição de resíduos, pontos de descarga de efluentes, entre outros.
- Caracterização do Tipo de Resíduo: Classifique os resíduos depositados no aterro sanitário, levando em consideração categorias como resíduos sólidos urbanos, resíduos perigosos, materiais recicláveis, entre outros.
- Análise da Composição: Realize uma análise detalhada da composição dos

resíduos, identificando os principais componentes químicos, físicos e biológicos presentes.

- **Avaliação da Consistência:** Avalie a consistência dos resíduos, considerando aspectos como a compactação, umidade, presença de materiais orgânicos e características que possam influenciar na estabilidade do depósito.
- **Quantificação do Volume de Liberação:** Meça o volume total de resíduos depositados, levando em consideração as dimensões espaciais e a profundidade das camadas de resíduos.
- **Caracterização da Liberação:** Caracterize a liberação em termos de padrões de dispersão, movimentação de poluentes, potencial de infiltração no solo e outros fatores que afetam a distribuição dos resíduos.
- **Avaliação de Parâmetros Ambientais:** Avalie parâmetros ambientais relacionados à liberação, como pH do solo, presença de metais pesados, substâncias orgânicas, e outros indicadores de contaminação.
- **Monitoramento da Água Subterrânea:** Se houver risco de contaminação da água subterrânea, implemente programas de monitoramento para avaliar a qualidade da água em poços próximos.
- **Avaliação do Potencial de Migração:** Avalie o potencial de migração de substâncias contaminantes para áreas adjacentes, considerando a topografia, padrões de fluxo de água subterrânea e outros fatores relevantes.
- **Documentação Fotográfica:** Documente visualmente as condições das áreas de liberação por meio de fotografias, garantindo um registro preciso das condições existentes.
- **Análise de Riscos Associados:** Avalie os riscos associados à liberação, considerando impactos na saúde humana, ecossistemas locais e comunidades circunvizinhas.
- **Relatório Técnico:** Compile todas as informações coletadas em um relatório técnico abrangente, que sirva como base para decisões futuras e planejamento de ações corretivas.

11º. Desenvolvimento de projeto de cinturão verde na área.

Na décima primeira etapa, referente ao desenvolvimento de um projeto de

cinturão verde na área, destinando 20% da área para descarte de resíduos, depois da análise foi dado este número pra delimitar o espaço, é crucial seguir um planejamento sustentável e eficaz (Adriano, 2022). Aqui estão as orientações para essa fase:

- **Levantamento Topográfico Detalhado:** Realize um levantamento topográfico detalhado da área destinada ao cinturão verde para compreender a topologia do terreno.
- **Seleção de Espécies Vegetais Adequadas:** Consulte especialistas em botânica para selecionar espécies vegetais adequadas às condições do solo e clima local, visando a eficiência na absorção de nutrientes e na estabilização do solo.
- **Zoneamento da Área:** Divida a área destinada ao cinturão verde em zonas específicas, considerando fatores como tipos de plantas, áreas de descanso do solo e possíveis cursos de água.
- **Planejamento da Drenagem:** Desenvolva um sistema de drenagem eficiente para evitar acúmulo excessivo de água na área, garantindo condições adequadas para o crescimento das plantas.
- **Implementação de Técnicas de Controle de Erosão:** Adote técnicas de controle de erosão, como a utilização de cobertura morta, barreiras naturais e estruturas de retenção de solo, para preservar a integridade do cinturão verde.
- **Integração de Elementos Paisagísticos:** Integre elementos paisagísticos, como caminhos pedestres, áreas de lazer e espaços de contemplação, para promover a interação positiva entre a comunidade local e o cinturão verde.
- **Estratégias de Irrigação Sustentável:** Implemente sistemas de irrigação sustentáveis, como o uso de água de reuso ou captação de água da chuva, para garantir a sobrevivência das plantas sem causar impactos ambientais adicionais.
- **Monitoramento Contínuo:** Estabeleça um programa de monitoramento contínuo para avaliar o desenvolvimento do cinturão verde, identificando eventuais desafios e ajustando estratégias conforme necessário.
- **Registro Fotográfico e Documentação:** Mantenha um registro fotográfico regular do progresso do projeto, complementado por documentação

detalhada, para permitir uma avaliação abrangente ao longo do tempo.

- **Envolvimento Comunitário:** Promova o envolvimento ativo da comunidade local no projeto, incentivando a participação em atividades de plantio, manutenção e aproveitamento dos benefícios proporcionados pelo cinturão verde.
- **Relatórios Periódicos:** Elabore relatórios periódicos sobre o estado do cinturão verde, destacando conquistas, desafios enfrentados e medidas tomadas para melhorias.

3.2 Fase 2 – Fase de iniciação da ação

A Fase 2, denominada Fase de Iniciação da Ação, marca o início das ações efetivas para o processo de encerramento de aterros sanitários. Nesta etapa, com base nas conclusões obtidas na Fase de Diagnóstico de Condição, são estabelecidos os objetivos específicos e as metas para o encerramento, delineando as ações necessárias para alcançá-los. Isso envolve a definição de estratégias de encerramento, alocação de recursos, e o desenvolvimento de um plano detalhado que abranja aspectos técnicos, financeiros e operacionais.

Durante a Fase de Iniciação da Ação, as partes interessadas, incluindo órgãos reguladores, comunidades locais e demais envolvidos, são informadas sobre o início do processo de encerramento. Esse é também o momento para a obtenção de aprovações e autorizações necessárias, garantindo conformidade com as normativas ambientais e regulamentações pertinentes. A implementação de medidas de segurança e monitoramento ambiental é iniciada, visando mitigar riscos potenciais durante o encerramento. Em resumo, a Fase de Iniciação da Ação estabelece as bases para a execução do plano de encerramento, assegurando que as atividades subsequentes ocorram de maneira coordenada e eficaz.

As alternativas recomendadas para esta fase estão descritas a seguir.

1º. Definição de indicadores de desempenho da parte técnica e dos processos.

- Estabeleça indicadores claros que avaliem o desempenho técnico e os processos relacionados ao encerramento do aterro sanitário. Esses indicadores serão fundamentais para monitorar e melhorar continuamente as

atividades.

2º. Revisão do plano de fechamento com enfoque na eliminação de possíveis falhas.

- Realize uma revisão minuciosa do plano de fechamento, focalizando na identificação e eliminação de possíveis falhas. Garanta que o plano esteja alinhado com as regulamentações ambientais e de segurança.

3º. Notificação ao órgão regulador sobre os procedimentos adotados.

- Comunique formalmente o órgão regulador sobre os procedimentos adotados para o encerramento. Isso assegura transparência e conformidade com as normativas vigentes.

4º. Desenvolvimento de um plano de ação referente ao encerramento das atividades.

- Crie um plano de ação detalhado, delineando passos específicos para a conclusão das atividades. Este plano deve incluir cronogramas, recursos necessários e responsabilidades designadas.

5º. Obtenção de aprovações e autorizações necessárias.

- Busque as aprovações e autorizações necessárias dos órgãos competentes. Certifique-se de cumprir todos os requisitos legais antes de prosseguir com as etapas seguintes.

6º. Definição de indicadores de desempenho da parte técnica e dos processos.

- Refine e complemente os indicadores de desempenho da parte técnica e dos processos, garantindo que capturem aspectos cruciais do encerramento, como segurança, impacto ambiental e conformidade regulatória.

7º. Elaboração de um plano de comunicação.

- Desenvolva um plano de comunicação abrangente, considerando todas as partes interessadas. Isso inclui a comunidade local, funcionários, órgãos reguladores e outras partes envolvidas. A transparência na comunicação é vital.

3.3 Fase 3 – Fase do encerramento do aterro

Esta fase envolve o encerramento progressivo das células de resíduos, implementação de sistemas de controle ambiental e a instalação de estruturas finais de cobertura.

Durante a Fase do Encerramento, as operações de deposição de resíduos cessam gradualmente, permitindo que as células ativas sejam fechadas de acordo com o plano previamente elaborado. As barreiras finais, como geomembranas e camadas de solo, são instaladas para prevenir a infiltração de água e a liberação de gases. Sistemas de drenagem são implementados para controlar a lixiviação de substâncias contaminantes.

Além disso, programas de monitoramento ambiental são intensificados para avaliar a eficácia das medidas adotadas e detectar eventuais impactos adversos. Durante esta fase, a estabilização das áreas encerradas é realizada, e a recuperação paisagística pode ser iniciada, visando a integração do local ao ambiente circundante. A conclusão bem-sucedida da Fase do Encerramento é crucial para garantir a segurança ambiental a longo prazo e cumprir as obrigações regulatórias estabelecidas para o encerramento de aterros sanitários.

As alternativas recomendadas para esta fase estão descritas a seguir.

1º. Verificar se todas as metas e ações estabelecidas na fase de diagnóstico de condição foram executadas.

- Avaliar minuciosamente se todas as metas e ações estabelecidas na fase de diagnóstico de condição foram executadas conforme planejado. Isso inclui verificar se todas as etapas de mitigação e preparação foram concluídas satisfatoriamente.

2º. Implementação de sistemas de drenagem adequados para evitar o acúmulo

de água no aterro sanitário.

- Instalar sistemas de drenagem adequados para prevenir o acúmulo de água no aterro sanitário. Isso é crucial para evitar problemas como a formação de lixiviados e garantir a estabilidade do local.

3º. Revestimento de taludes.

- Realizar o revestimento adequado dos taludes para prevenir a erosão e manter a estabilidade estrutural do aterro. Isso envolve a aplicação de materiais apropriados para evitar deslizamentos de terra.

4º. Monitoramento de águas subterrâneas.

- Implementar um sistema contínuo de monitoramento de águas subterrâneas para garantir que não haja contaminação da água devido aos resíduos do aterro. Essa etapa é essencial para proteger os recursos hídricos locais.

5º. Cobrir todos os resíduos que possam estar expostos.

- Cobrir todos os resíduos que possam estar expostos, garantindo uma camada adequada de cobertura para evitar a exposição ambiental e potenciais riscos à saúde.

6º. Instalar cercas ou outras estruturas adequadas para impedir a entrada de pessoas não-autorizadas.

- Instalar cercas ou outras estruturas apropriadas para impedir a entrada de pessoas não-autorizadas no local. Isso é essencial para garantir a segurança e prevenir possíveis impactos negativos na área do aterro.

7º. Recolher todo o lixo restante ou entulho e colocá-lo na área de descarte e descartá-lo.

- Recolher todo o lixo restante ou entulho presente no local e encaminhá-lo para a área de descarte designada, assegurando uma disposição final adequada.

8º. Realizar o monitoramento de gases.

- Estabelecer um sistema eficaz de monitoramento de gases para avaliar e controlar possíveis emissões gasosas provenientes dos resíduos. Isso é vital para prevenir impactos negativos na qualidade do ar.

9º. Controle de poluição do ar.

- Implementar medidas específicas para controlar a poluição do ar decorrente do aterro sanitário. Isso pode envolver a aplicação de tecnologias de controle de emissões e ações para minimizar impactos na qualidade do ar na região.

3.4 Fase 4 – Fase de manutenção pós-encerramento

A Fase 4, denominada Fase de Manutenção Pós-Encerramento, ocorre após a conclusão efetiva do encerramento do aterro sanitário. Neste estágio, o foco principal é monitorar continuamente o local para garantir a eficácia das medidas de encerramento e prevenir possíveis impactos ambientais a longo prazo. Durante esta fase, são realizadas atividades de manutenção e monitoramento de rotina, em conformidade com os planos estabelecidos durante as fases anteriores.

A manutenção pós-encerramento envolve a inspeção regular das coberturas finais, sistemas de drenagem, e estruturas de controle de gases, assegurando sua integridade ao longo do tempo. Programas de monitoramento ambiental são mantidos para avaliar a qualidade da água subterrânea, a emissão de gases e outros indicadores ambientais relevantes. Caso sejam identificados problemas durante o monitoramento, medidas corretivas podem ser implementadas para garantir a estabilidade ambiental contínua do local.

Além disso, a Fase de Manutenção Pós-Encerramento pode envolver atividades de reabilitação adicional, como a promoção da revegetação e a restauração da área para um estado mais natural. A duração dessa fase pode variar

dependendo das regulamentações locais e das características específicas do aterro sanitário, visando assegurar que o local encerrado permaneça em conformidade com os padrões ambientais estabelecidos a longo prazo.

As alternativas recomendadas para esta fase estão descritas a seguir.

1º. Manutenção das estruturas existentes.

- Realizar a manutenção regular das estruturas remanescentes, como sistemas de drenagem, cercas e outras infraestruturas, para garantir sua durabilidade e eficácia ao longo do tempo.

2º. Gerenciamento de percolados.

- Implementar um sistema eficiente de gerenciamento de percolados, controlando e tratando os líquidos que se formam durante o processo de decomposição dos resíduos. Isso evita a contaminação do solo e das águas subterrâneas.

3º. Manutenção da cobertura final.

- Manter a cobertura final sobre os resíduos para garantir a estabilidade do solo e evitar a exposição dos materiais, contribuindo para a prevenção de impactos ambientais.

4º. Avaliação técnica das condições das camadas de fundo.

- Realizar avaliações técnicas periódicas das camadas de fundo para garantir sua integridade e eficácia na contenção de resíduos.

5º. Usar e manter a cobertura vegetal ao longo do tempo.

- Manter a cobertura vegetal ao longo do tempo, promovendo o crescimento e a sustentabilidade da vegetação na área do antigo aterro sanitário.

6º. Realizar reparos necessários e operações de limpeza nas estações de transbordo para mantê-los totalmente funcionais.

- Realizar reparos necessários e operações de limpeza nas estações de transbordo para garantir seu funcionamento contínuo e apropriado.

7º. Inspeções semanais regulares.

- Conduzir inspeções semanais regulares para monitorar as condições gerais do local, identificar potenciais problemas e tomar medidas preventivas.

8º. Atualização do plano de monitoramento.

- Atualizar periodicamente o plano de monitoramento, considerando as condições em evolução do local e incorporando melhorias com base nas avaliações realizadas.

9º. Preparar relatórios abrangentes a cada 6 (seis) meses contendo informações ambientais, técnicas e socioeconômicas sobre uma investigação envolvendo avaliação de risco.

- Preparar relatórios abrangentes a cada seis meses, abordando informações ambientais, técnicas e socioeconômicas. Esses relatórios devem incluir resultados de investigações de avaliação de risco e fornecer uma visão detalhada do estado do local.

4 CONCLUSÕES

O presente modelo de Plano de Encerramento de Aterros Sanitários oferece uma abordagem abrangente e estratégica para enfrentar os desafios complexos associados ao encerramento dessas instalações. Desenvolvido com base nos resultados da Dissertação "Proposta de um Plano de Encerramento de Aterro Sanitário utilizando a ferramenta de apoio multicritério à decisão," o plano segue as

diretrizes da NBR 8419 de 1992, destacando-se como uma ferramenta essencial na gestão ambiental. A Fase de Diagnóstico de Condição, devidamente ranqueada por critérios definidos, enfatiza a importância da avaliação documental, abordagem de mitigação, levantamento altimétrico, sistema de monitoramento, e demais procedimentos essenciais, fundamentados na legislação e práticas sustentáveis.

As fases com seus passos definidos, apresentam um aspecto distintivo deste modelo, destaca-se como um componente crucial para minimizar impactos ambientais e promover a integração harmoniosa do espaço à comunidade. A ênfase na avaliação detalhada, tratamento do solo, cinturão verde, e infraestrutura de lazer evidencia a preocupação com a revitalização efetiva do ambiente circundante.

O monitoramento ambiental, implementado de forma contínua, reforça o compromisso com a responsabilidade ambiental, permitindo a adaptação das estratégias conforme as condições evoluem ao longo do tempo. O modelo preconiza a importância de avaliações regulares, indicadores de desempenho, e relatórios abrangentes, garantindo transparência e efetividade na gestão pós-encerramento.

Em conclusão, este modelo representa um marco na busca por práticas ambientais mais conscientes e na construção de um legado positivo para as futuras gerações. A análise detalhada das fases do projeto, o destaque à gestão eficiente e sustentável pós-encerramento, e a consideração cuidadosa dos critérios relevantes em cada etapa, contribuem para a tomada de decisões informada e bem-sucedida, promovendo a sustentabilidade ambiental e a segurança da população.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A pesquisa em questão teve como objetivo primordial o desenvolvimento de um modelo abrangente de Plano de Encerramento de Aterro Sanitário, recorrendo à ferramenta de apoio multicritério à decisão, para enfrentar os desafios persistentes na gestão dos resíduos sólidos urbanos no contexto brasileiro. Por meio de uma abordagem metódica e criteriosa, cada objetivo específico delineado foi cuidadosamente abordado, contribuindo para a construção de um arcabouço robusto e holístico.

No âmbito do objetivo geral, além de elaborar um modelo de plano, foi possível integrar uma ampla gama de critérios e variáveis essenciais para a gestão eficiente e sustentável dos aterros sanitários em processo de encerramento. Essa abordagem permitiu considerar não apenas aspectos técnicos, mas também socioeconômicos e ambientais, garantindo uma visão abrangente e equilibrada.

Os diagnósticos realizados sobre a disposição final dos resíduos sólidos urbanos e os encerramentos de aterros já conduzidos no país ofereceram uma compreensão aprofundada das práticas atuais, identificando sucessos, desafios e lacunas. Essa análise crítica proporcionou insights valiosos para a formulação de estratégias e diretrizes futuras.

A análise panorâmica da quantidade de aterros sanitários no Brasil, com foco específico na região nordeste e no estado do Ceará, revelou nuances importantes sobre a distribuição geográfica dessas instalações e suas necessidades de encerramento. Esse contexto regionalizado permitiu uma abordagem mais precisa e contextualizada na formulação do modelo proposto.

A seleção criteriosa dos processos mais utilizados de encerramento de aterros sanitários, por meio de uma metodologia de tomada de decisão multicritério, conferiu solidez e confiabilidade ao modelo. Ao priorizar critérios relevantes e adaptáveis, essa abordagem garantiu que as escolhas fossem fundamentadas em dados objetivos e alinhadas com as necessidades específicas de cada contexto.

Portanto, o modelo resultante deste estudo representa uma contribuição significativa para o avanço da gestão de resíduos sólidos no Brasil, oferecendo uma estrutura sólida e abrangente para o encerramento responsável e sustentável dos aterros sanitários. A sua implementação pode desempenhar um papel fundamental na mitigação dos impactos ambientais, na promoção da saúde pública e no cumprimento das metas de desenvolvimento sustentável.

Espera-se que essa proposta possa orientar políticas e práticas futuras, impulsionando a adoção de soluções mais eficazes e adaptáveis às necessidades dinâmicas do cenário nacional e global. Além disso, destaca-se a importância do envolvimento de todas as partes interessadas e da colaboração interdisciplinar para garantir a eficácia e a aceitação do modelo proposto.

REFERÊNCIAS

Abubakar, I. R. *et al.* Environmental Sustainability Impacts of Solid Waste Management Practices in the Global South. **Int J Environ Res Public Health**, [S.l.], v. 19, n. 9, p. 12717, 2022. DOI: 10.3390/ijerph191912717 Disponível em:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9566108/> Acesso em: 14 jun. 2024.

Almeida, M. R. R.; Montano, M. A EFETIVIDADE DOS SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL NOS ESTADOS DE SÃO PAULO E MINAS GERAIS. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 79-106, 2017. Doi: 10.1590/1809-4422ASOC235R2V2022017 Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/asoc/a/g3dnKcQqyV3BqnZs9kyVVCVh/?lang=pt> Acesso em: 14 jun. 2024.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13.896: 1997**. Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.004: 2004**. Resíduos sólidos – Classificação.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8.419: 1992**. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.849: 2010**. Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13.896: 1997**. Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8849: 2015**. Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8849: 2015**. Aterros de resíduos perigosos – Critérios para projeto, construção e operação.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13.896: 1997**. Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação.

Brasil. Saiba mais sobre o Novo Marco Legal do Saneamento Básico. **Ministério da Economia**, [S. l.; s. n.], 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/noticias/2022/setembro/novo-marco-legal-do-saneamento-basico> Acesso em: 16 jun. 2024

Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Estabelece critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0001-230186.PDF> Acesso em: 14 jun. 2024.

Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 404, de 11 de novembro de 2008.** Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. Disponível em: https://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/cao_urbanismo_e_meio_ambiente/legislacao/leg_federal/leg_fed_resolucoes/leg_fed_res_conama/Resolu%C3%A7%C3%A3o-CONAMA-404-08-Aterros-Sanit%C3%A1rios.pdf Acesso em: 14 jun. 2024.

Brasil. Presidência da República. Casa Civil. **Lei n 12.305 de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm Acesso em: 14 jun. 2024.

Brasil. Presidência da República. Casa Civil. **Lei n 11.445 de 5 de Janeiro de 2007.-** Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm Acesso em: 14 jun. 2024.

Brasil. Presidência da República. Casa Civil. **Lei n 14.026 de 15 de julho de 2020.** Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L14026.htm#:~:text=%E2%80%9CEstabelece%20as%20diretrizes%20nacionais%20para,Art. Acesso em: 14 jun. 2024.

Brans, J. P.; Vincke, P. H. A preference ranking organisation method: (the PROMETHEE method for multiple criteria decision-making). **Management Science**, [S. l.], v. 31, n. 6, p. 647-656, 1985. DOI: 10.1287/mnsc.31.6.647 Disponível em: <https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.31.6.647> Acesso em: 10 jun. 2024.

Brans, J. P.; Mareschal, B. PROMETHEE methods. In: FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. **Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys**. [S. l.]: Springer, 2005.

El-Deir, S. G. **Resíduos sólidos: perspectivas e desafios para a gestão integrada**. Recife: EDUFRPE, 2014.

Ferreira, J. G.; Gomes, M. F. B.; Dantas, M. W. A. Desafios e controvérsias do novo marco legal do saneamento básico no Brasil. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 7, p. 65449–65468, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n7-019. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/32258>. Acesso em: 14 jun. 2024.

Figueira, J.; Greco, S.; Ehrgott, M. **Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys**. [S. l.]: Springer Science & Business Media, 2005.

Foster, A.; Roberto, S. S.; Igari, A. T. Economia circular e resíduos sólidos: uma revisão sistemática sobre a eficiência ambiental e econômica. In: **Encontro Internacional sobre**

Gestão Empresarial e Meio Ambiente, XII, [S.l. s. n.], 2016, Anais ENGEMA. Disponível em: https://engemausp.submissao.com.br/18/anais/resumo.php?cod_trabalho=115 Acesso em: 14 jun. 2024.

Hannah, M. A. *et al.* A review on technologies and their usage in solid waste monitoring and management systems: Issues and challenges. **Waste Management**, [S. l.; s. n], v. 43, p. 509-523, 2015. DOI: 10.1016/j.wasman.2015.05.033 Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X15004080?via%3Dihub> Acesso em: 14 jun. 2024.

Hwang, C. L.; Yoon, K. **Multiple attribute decision making: methods and applications: a state-of-the-art survey**. [S. l.]: Springer Science & Business Media, 1981.

Junior, F. M. A. **Estudo Comparativo Entre As Legislações De Aneamento Básico No Brasil: Lei 11.445 De 2007 E Lei 14.026 De 2020**. 27 F. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, 2023.

Leite, C. H. P.; Neto, J. M. M.; Bezerra, A. K. L. Novo marco legal do saneamento básico: alterações e perspectivas. **Eng. Sanit. Ambient.**, [S. l.], v. 27, n. 5, p. 1041–7, 2022. Doi: 10.1590/S1413-415220210311 Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/c9q3cL4bMT4L4KP7zCMxzCP/#> Acesso em: 14 jun. 2024.

Lira, R. A.; Soares, L. R. B. O novo marco regulatório do saneamento básico: análise das principais mudanças – Lei n.o 14.026. **Boletim Petróleo, Royalties e Região**, [S. l.], v. 19, n. 70, p. 23-29, 2021. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://royaltiesdopetroleo.ucam-campos.br/wp-content/uploads/2022/07/artigo-3.pdf> Acesso em: 14 jun. 2024.

Lourenço, D. B. **A lei do saneamento (lei nº 11.445): reflexões sobre sua efetividade e contribuição para o direito à saúde**. 2018. 50 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Direito) - Faculdade Nacional de Direito, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

Lovelock, J. **The Revenge of Gaia: Why the Earth Is Fighting Back – and How We Can Still Save Humanity**. [S. l.], Basic Books, 2006.

Meadows, D. H. *et al.* **The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind**. [S. l.]: Universe Books, 1972.

Macharis, C.; Springael, J.; De Brucker, K. PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis. **European Journal of Operational Research**, [S. l.], v. 153, n. 2, p. 307-317, 2004. DOI: 10.1016/S0377-2217(03)00153-X Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00153-X](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00153-X) Acesso em: 10 jun. 2024

Neto, J. M. R. The challenge of Brazilian federalism in the basic sanitation. *Interações*, Campo Grande, v. 23, n. 2, p. 441–456, 2022. DOI: 10.20435/inter.v23i2.2998 Disponível em: <https://doi.org/10.20435/inter.v23i2.2998> Acesso em: 10 jun. 2024

Ozbay, G. *et al.* Design and Operation of Effective Landfills with Minimal Effects on the

Environment and Human Health. **J Environ Public Health**, [S.l.; s. n.], p. 6921607, 2021. DOI: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8440080/> Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8440080/> Acesso em: 10 jun. 2024

Rodrigues, G. S. **Ferramentas de Avaliação de Impactos Ambientais e Indicadores de Sustentabilidade na Embrapa**. Jaguariúna, SP: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2016.

Roy, B. Classement et choix en présence de vue multiples. Revue française d'informatique et de recherche opérationnelle. **Série verte**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 57-75, 1968. Disponível em: http://www.numdam.org/item/RO_1968__2_1_57_0/ Acesso em: 10 jun. 2024.

Sánchez, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 2 ed. São Paulo: Oficina de texto, 2013.

Santos, M. R. R. A IMPORTANCIA DA AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL INDEPENDENTE DO LICENCIAMENTO. In: **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, XII, Salvador, 2021. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2021/V-011.pdf> Acesso em: 14 jun. 2024.

Santos, A. C. S.; Pontes, A. N. EDUCAÇÃO AMBIENTAL E GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS: os 5 Rs da sustentabilidade. **Revista científica da FAEX**, [S. l.]v. 10, n. 20, p. 531-548, 2021. Disponível em: <https://periodicos.faex.edu.br/index.php/e-Locucacao/article/download/407/278> Acesso em: 14 jun. 2024.

Szigethy, L.; Antenor, S. Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos. **IPEA: Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade**, [S. l.; s. n.], 2020.

Vinti, G. *et al.* Municipal Solid Waste Management and Adverse Health Outcomes: A Systematic Review. **Int J Environ Res Public Health**, [S. l.], v. 18, n. 8, p. 4331, 2021. Doi: 10.3390/ijerph18084331 Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8072713/> Acesso em: 14 jun. 2024.

APÊNDICE A – FORMULÁRIO APLICADO AOS ESPECIALISTAS

Consulta aos especialistas - Pesquisa de mestrado

Você foi indicado a fazer parte desta pesquisa cujo objetivo é coletar opinião técnica, a respeito dos processos necessários para encerramento das atividades de aterros sanitários.

Você será questionado (a) sobre as relevâncias de alternativas de atividades de encerramento contidas no processo, tendo como base critérios.

Os critérios definidos para sua orientação nas escolhas das relevâncias são:

- C1. Viabilidade financeira do processo à organização e ao órgão ambiental
- C2. Prazo para execução do processo
- C3. Necessidade de mão de obra especializada
- C4. Tecnologias utilizadas
- C5. Impactos ambientais negativos

Com base nos critérios apresentados, avalie as alternativas contidas nas seguintes fases:

- 1. Fase de diagnóstico de condição
- 2. Fase de iniciação da ação
- 3. Fase do encerramento de atividades do aterro
- 4. Fase de pós-encerramento

Em cada uma delas, usando de sua experiência em Gestão de Resíduos Sólidos, indique sua opinião à respeito da relevância de cada critério, para cada alternativa apresentada, onde quanto maior o peso selecionado, mais relevante.

Ressalto que o maior valor do peso selecionado, indicará maior relevância.

Para as respostas, considere que o encerramento será de um aterro característico do Brasil.

** Indica uma pergunta obrigatória*

1.

Nome*

Email*

Profissão / Instituição na qual está vinculado (a) [✖]

1. Fase de Diagnóstico de Condição

Fase que se caracteriza pela avaliação da condição atual do aterro sanitário para posterior encerramento.

A partir de agora, você deverá atribuir um valor de peso (de 1 a 5) para cada critério com base na sua própria avaliação e considerações. Esses pesos serão utilizados para quantificar a importância relativa de cada critério durante a análise das alternativas em cada fase.

Ao atribuir os pesos, é importante levar em conta o impacto que cada critério tem na decisão final. Um critério com um peso maior terá um impacto mais significativo na avaliação do que um critério com um peso menor. Portanto, você deve considerar cuidadosamente a importância de cada critério em relação aos outros.

Para a fase de Diagnóstico de Condição, qual o critério de maior importância? Para esse atribua o valor 5. Dentre os restantes, qual tem menos importância? Para esse atribua um valor menor que 5 não podendo haver repetição de valores de pesos. Cada critério deve ser atribuído com diferentes valores de pesos. Siga esse procedimento até que todos os critérios tenham valores atribuídos.



Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1- Viabilidade financeira do processo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2- Prazo para execução do processo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3- Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4- Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5- Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

A partir de agora, você deverá atribuir um valor de peso para cada alternativa tendo com base os critérios apresentados. Esses pesos serão usados para avaliar e comparar as alternativas em relação a cada critério específico.

Ao atribuir os pesos para as alternativas, você deve considerar a importância de cada critério em relação aos outros. Os pesos indicam a relevância relativa de cada critério na tomada de decisão.

Os valores de peso a serem atribuídos foram definidos da seguinte forma:

1: Irrelevante

2: Pouco relevante

3: Moderadamente relevante

4: Relevante

5: Muito relevante

Esses pesos serão utilizados para avaliar e comparar as alternativas em relação a cada critério específico, refletindo a importância relativa de cada critério na tomada de decisão.

Levantamento plano-altimétrico do local^{**}

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Disposição de um sistema de drenagem para gases e líquidos⁴

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Planejamento de um sistema de drenagem de água para evitar motins de água (minas de água) na área circundante

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Projetar um sistema de monitoramento para análise visual, química e ambiental do solo e da água ✖

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Coleta de informações básicas sobre o tipo, composição, consistência, volume da liberação e caracterização dos resíduos existentes ✖

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Avaliação dos riscos do local[✖]

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Elaboração do Relatório Ambiental Preliminar - RAP, com base nas informações coletadas anteriormente ✖

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Desenvolvimento de projeto de cinturão verde na área, na faixa de 20% de descarte de resíduos



Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Identificação da sequência de encerramento das operações estruturais instáveis utilizadas no local [✖]

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Avaliação documental relacionados ao aterro sanitário[✖]

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abordagem de mitigação e compensação para comunidade do entorno do aterro e para os trabalhadores do aterro ✖

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Indica mais alguma ação não listada acima para a fase de Diagnóstico de Condição?

2. Fase de Iniciação da Ação

Estágio inicial do processo de encerramento, em que são tomadas as primeiras medidas para planejar e preparar a finalização das operações do aterro sanitário

A partir de agora, você deverá atribuir um valor de peso (de 1 a 5) para cada critério com base na sua própria avaliação e considerações. Esses pesos serão utilizados para quantificar a importância relativa de cada critério durante a análise das alternativas em cada fase.

Ao atribuir os pesos, é importante levar em conta o impacto que cada critério tem na decisão final. Um critério com um peso maior terá um impacto mais significativo na avaliação do que um critério com um peso menor. Portanto, você deve considerar cuidadosamente a importância de cada critério em relação aos outros.

Para a fase de Iniciação da Ação, qual o critério de maior importância? Para esse atribua o valor 5. Dentre os restantes, qual tem menos importância? Para esse atribua um valor menor que 5 não podendo haver repetição de valores de pesos. Cada critério deve ser atribuído com diferentes valores de pesos. Siga esse procedimento até que todos os critérios tenham valores atribuídos.



Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1- Viabilidade financeira do processo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2- Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4- Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5- Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

A partir de agora, você deverá atribuir um valor de peso para cada alternativa tendo com base os critérios apresentados. Esses pesos serão usados para avaliar e comparar as alternativas em relação a cada critério específico.

Ao atribuir os pesos para as alternativas, você deve considerar a importância de cada critério em relação aos outros. Os pesos indicam a relevância relativa de cada critério na tomada de decisão.

Os valores de peso a serem atribuídos foram definidos da seguinte forma:

1: Irrelevante

2: Pouco relevante

3: Moderadamente relevante

4: Relevante

5: Muito relevante

Esses pesos serão utilizados para avaliar e comparar as alternativas em relação a cada critério específico, refletindo a importância relativa de cada critério na tomada de decisão.

Revisão do plano de fechamento com enfoque na eliminação de possíveis falhas⁴

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Definição de uma data de fechamento específica*

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Notificação ao órgão regulador sobre os procedimentos adotados*

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Desenvolvimento de um plano de ação referente ao encerramento das atividades*

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Definição de indicadores de desempenho da parte técnica e dos processos^{xx}

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Elaboração de um plano de comunicação [✖]

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Obtenção de aprovações e autorizações necessárias*

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
25. C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Indica mais alguma ação não listada acima para a fase de Iniciação da Ação?

3. Fase do Encerramento do Aterro

Estágio em que ocorre a finalização das operações de disposição de resíduos sólidos no local.

A partir de agora, você deverá atribuir um valor de peso (de 1 a 5) para cada critério com base na sua própria avaliação e considerações. Esses pesos serão utilizados para quantificar a importância relativa de cada critério durante a análise das alternativas em cada fase.

Ao atribuir os pesos, é importante levar em conta o impacto que cada critério tem na decisão final. Um critério com um peso maior terá um impacto mais significativo na avaliação do que um critério com um peso menor. Portanto, você deve considerar cuidadosamente a importância de cada critério em relação aos outros.

Para a fase do Encerramento do Aterro, qual o critério de maior importância? Para esse atribua o valor 5. Dentre os restantes, qual tem menos importância? Para esse atribua um valor menor que 5 não podendo haver repetição de valores de pesos. Cada critério deve ser atribuído com diferentes valores de pesos. Siga esse procedimento até que todos os critérios tenham valores atribuídos.



Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1- Viabilidade financeira do processo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2- Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4- Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5- Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

A partir de agora, você deverá atribuir um valor de peso para cada alternativa tendo com base os critérios apresentados. Esses pesos serão usados para avaliar e comparar as alternativas em relação a cada critério específico.

Ao atribuir os pesos para as alternativas, você deve considerar a importância de cada critério em relação aos outros. Os pesos indicam a relevância relativa de cada critério na tomada de decisão.

Os valores de peso a serem atribuídos foram definidos da seguinte forma:

1: Irrelevante

2: Pouco relevante

3: Moderadamente relevante

4: Relevante

5: Muito relevante

Esses pesos serão utilizados para avaliar e comparar as alternativas em relação a cada critério específico, refletindo a importância relativa de cada critério na tomada de decisão.

Instalar cercas ou outras estruturas adequadas para impedir a entrada de pessoas não-autorizadas

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Recolher todo o lixo restante ou entulho e colocá-lo na área de descarte e descartá-lo



Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Cobrir todos os resíduos que possam estar expostos^{**}

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Verificar se todas as metas e ações estabelecidas na fase de diagnóstico de condição foram executadas ✖

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Quantidade de pessoas envolvidas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ferramentas e tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Realizar o monitoramento de gases^{xx}

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Implementação de sistemas de drenagem adequados para evitar o acúmulo de água no aterro sanitário ✖

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Revestimento de taludes[✖]

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Monitoramento de águas subterrâneas[✖]

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Controle de poluição do ar⁴⁴

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

36. Indica mais alguma ação não listada acima para a fase de Encerramento em si do aterro? _____

4. Fase do pós-encerramento

Refere-se às atividades realizadas após o encerramento das operações de disposição de resíduos sólidos no aterro

A partir de agora, você deverá atribuir um valor de peso (de 1 a 5) para cada critério com base na sua própria avaliação e considerações. Esses pesos serão utilizados para quantificar a importância relativa de cada critério durante a análise das alternativas em cada fase.

Ao atribuir os pesos, é importante levar em conta o impacto que cada critério tem na decisão final. Um critério com um peso maior terá um impacto mais significativo na avaliação do que um critério com um peso menor. Portanto, você deve considerar cuidadosamente a importância de cada critério em relação aos outros.

Para a fase de Manutenção Pós-Encerramento, qual o critério de maior importância? Para esse atribua o valor 5. Dentre os restantes, qual tem menos importância? Para esse atribua um valor menor que 5 não podendo haver repetição de valores de pesos. Cada critério deve ser atribuído com diferentes valores de pesos. Siga esse procedimento até que todos os critérios tenham valores atribuídos.



Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1- Viabilidade financeira do processo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2- Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4- Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5- Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

A partir de agora, você deverá atribuir um valor de peso para cada alternativa tendo com base os critérios apresentados. Esses pesos serão usados para avaliar e comparar as alternativas em relação a cada critério específico.

Ao atribuir os pesos para as alternativas, você deve considerar a importância de cada critério em relação aos outros. Os pesos indicam a relevância relativa de cada critério na tomada de decisão.

Os valores de peso a serem atribuídos foram definidos da seguinte forma:

1: Irrelevante

2: Pouco relevante

3: Moderadamente relevante

4: Relevante

5: Muito relevante

Esses pesos serão utilizados para avaliar e comparar as alternativas em relação a cada critério específico, refletindo a importância relativa de cada critério na tomada de decisão.

Avaliação técnica das condições das camadas de fundo ✖

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Usar e manter a cobertura vegetal ao longo do tempo^{**}

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Realizar reparos necessários e operações de limpeza nas estações de transbordo*
para mantê-los totalmente funcionais**

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Preparar relatórios abrangentes a cada 6 (seis) meses contendo informações ambientais, técnicas e socioeconômicas sobre uma investigação envolvendo avaliação de risco

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Quantidade de pessoas envolvidas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ferramentas e tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Inspecções semanais regulares*

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Manutenção das estruturas[✖]

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Gerenciamento de Percolados[✖]

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

48. **Indique os contatos (e-mails) de mais 3 especialistas de seu conhecimento para também contribuírem para esta pesquisa.**

Manutenção da cobertura final[✖]

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
49. C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
50. C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
47. C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

1^o contato (nome/e-mail)^{**}

Atualização do plano de monitoramento^{**}

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Irrelevante)	2 (Pouco relevante)	3 (Moderadamente relevante)	4 (Relevante)	5 (Muito relevante)
C1. Viabilidade Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C2. Prazo para execução	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C3. Necessidade de mão de obra especializada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C4. Tecnologias utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C5. Impactos ambientais negativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2º contato (nome/e-mail)*

3º contato (nome/e-mail)*

Indica mais alguma ação não listada acima para a fase de manutenção pós encerramento do aterro?

Compartilhando a pesquisa

Momento do compartilhamento!