



CRI COLETA E INDUSTRIALIZAÇÃO DE RESÍDUOS

PROCEDIMENTO DE MANIFESTAÇÃO DE INTERESSE (PMI)

ESTUDOS TÉCNICOS

Estudos e Levantamentos – Resíduos Sólidos – Concessão



CHAMAMENTO PÚBLICO Nº 001/2022
CADERNO II – IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E INFRAESTRUTURA
VARGEM GRANDE/MA - 2022





SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. APRESENTAÇÃO..... | 4 |
| 2. PRE IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO..... | 4 |
| 2.1 Definição da Área..... | 5 |
| 2.2 Modelo do Aterro Sanitário..... | 6 |
| 3. IMPLANTAÇÃO..... | 7 |
| 3.1 Dimensionamento do Aterro Sanitário..... | 7 |
| 3.2 Descrição da Implantação do Aterro Sanitário..... | 8 |
| 3.2.1 Guarita/Recepção..... | 9 |
| 3.2.2 Balança Rodoviária..... | 9 |
| 3.2.3 Sinalização..... | 10 |
| 3.2.4 Sistema de iluminação e força..... | 11 |
| 3.2.5 Comunicação..... | 11 |
| 3.2.6 Sistema de abastecimento de água..... | 11 |
| 3.2.7 Área de disposição de resíduos | 11 |
| 3.2.8 Serviços de impermeabilização..... | 12 |
| 3.2.9 Sistema de tratamento de chorume..... | 12 |
| 3.2.10 Instrumentos de Monitoramento..... | 13 |
| 3.2.11 Equipamentos e veículos para atendimento interno..... | 14 |
| 3.2.12 Instalações de apoio operacional..... | 14 |
| 3.2.13 Mão de Obra..... | 14 |
| 4. OPERAÇÃO | 14 |
| 4.1 Recebimento dos resíduos..... | 15 |
| 4.2 Disposição dos Resíduos..... | 15 |
| 4.3 Descarga dos resíduos..... | 16 |
| 4.4 Espalhamento e compactação dos resíduos..... | 16 |
| 4.5 Recobrimento dos Resíduos..... | 16 |
| 4.6 Drenagem e tratamento de líquidos percolados..... | 17 |
| 4.7 Drenagem de gases..... | 18 |
| 4.8 Drenagem Superficial..... | 19 |
| 4.9 Monitoramento..... | 20 |
| 4.9.1 Monitoramento Geotécnico..... | 20 |
| 4.9.2 Monitoramento de Águas Subterrâneas..... | 21 |
| 4.9.3 Mão de Obra | 21 |
| 5. ENCERRAMENTO..... | 23 |
| 5.1 ESPECIFICAÇÕES PARA INSTALAÇÕES E SERVIÇOS..... | 24 |
| 5.1.1 Equipamentos | 24 |
| 5.1.2 Infraestrutura..... | 24 |



| | | |
|--------|---|----|
| 5.1.3 | Diretrizes Construtivas..... | 24 |
| 5.1.4 | Canteiro de Obras..... | 24 |
| 5.1.5 | Limpeza do Terreno..... | 25 |
| 5.1.6 | Terraplanagem..... | 25 |
| 5.1.7 | Infraestrutura..... | 25 |
| 5.1.8 | Acessos Internos e externos..... | 27 |
| 5.1.9 | Sistema de Drenagem..... | 27 |
| 6. | MODULOS DO ATERRO SANITARIO..... | 27 |
| 6.1 | Sistema de Impermeabilização..... | 28 |
| 6.2 | Lagoa anaeróbica..... | 28 |
| 6.3 | Lagoa facultativa..... | 29 |
| 6.4 | Tratamento físico químico..... | 29 |
| 6.5 | Recirculação de chorume..... | 30 |
| 7. | IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DE AREAS DE IMPLANTAÇÃO DO PROJETO..... | 31 |
| 8. | ESPECIFICAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DAS INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS..... | 31 |
| 9. | ESTIMATIVA DE CUSTO INDIVIDUAL DAS OBRAS..... | 31 |
| 10. | MODELO OPERACIONAL DA MANUTENÇÃO DA INFRAESTRUTURA..... | 32 |
| 10.1 | Regras de Operação..... | 32 |
| 11. | MODELO DE NEGÓCIOS E DE SERVIÇOS PARA ATERRO SANITARIO..... | 33 |
| 11.1 | Caracterização do modelo de negócio..... | 34 |
| 12. | DESCRIÇÃO DAS TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS | 35 |
| 12.1 | Principais formas do Tratamento dos Resíduos Sólidos..... | 36 |
| 12.1.1 | Usina de Triagem dos Resíduos Sólidos..... | 36 |
| 12.1.2 | Destinação dos resíduos recicláveis..... | 38 |
| 12.1.3 | Compostagem..... | 38 |
| 12.1.4 | Aterro Sanitario..... | 40 |
| 12.1.5 | Unidades de Transbordo..... | 40 |
| 13. | PROGRAMAS SOCIOAMBIENTAIS..... | 43 |
| 13.1 | Programa de educação Ambiental..... | 43 |
| 13.2 | Projeção de demanda para utilização das estruturas de operação..... | 44 |
| 13.2.1 | Dimensionamento do Estudo Demográfico..... | 44 |
| 13.2.2 | Definição do Horizonte do Projeto..... | 45 |
| 13.2.3 | Análise de Projeções Populacionais..... | 46 |
| 13.3 | Evolução Populacional | 47 |
| 13.4 | Análise de Dados..... | 47 |
| 13.5 | Seleção da Taxa de Crescimento Populacional..... | 48 |
| 14. | IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE RISCO DO PROJETO..... | 51 |
| 15. | DESCRITIVO DE POSSÍVEIS RECEITAS ACESSORIAS..... | 60 |
| 16. | INDICADORES DE DESEMPENHO..... | 61 |
| 17. | ESTRUTURAÇÃO DE PLANO DE OPERAÇÃO..... | 66 |



1. APRESENTAÇÃO

O presente relatório técnico tem por finalidade a formulação de um modelo para viabilidade técnico econômico, visando a realização de investimentos e operação de estrutura de transbordo, tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos gerados no município de Vargem Grande – MA.

O caderno denominado **Caderno II – Estudos de Infraestrutura e Operação**, apresenta descritivo conceitual do projeto com infraestrutura necessária e especificidades da capacidade total contemplando pré-implantação, implantação, operação e encerramento de um aterro sanitário, como também, descrição das tecnologias para a prestação de serviços considerando a demanda para utilização das estruturas de operação para os serviços concessionados. Além, da identificação e análise de riscos do projeto e estruturação de plano de operação, conservação e manutenção da infraestrutura.

O projeto conceitual a ser implantado em um aterro depende da quantidade de resíduos a ser tratado e a localização, sendo a topografia do terreno um dos fatores primordiais para a escolha do modelo de operação do aterro sanitário.

A infraestrutura para a implantação e operação do aterro serão detalhadas neste estudo obedecendo a seguinte ordem de grandezas:

- Pré-implantação
- Implantação
- Operação
- Encerramento

2. PRÉ IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITARIO

Os estudos para a viabilidade compreendem uma sequência de atividades para identificação e a análise da aptidão das áreas para instalação de aterros sanitários.

A seguir será apresentado os critérios necessários para definir uma área de aterro sanitário e se a área existente hoje atende os parâmetros exigidos.



2.1 Definição da Área

Segundo a NBR 13896 (ABNT, 1997) são considerados alguns critérios para escolha da área onde será implantado o aterro sanitário, são eles:

- 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 o início da operação;

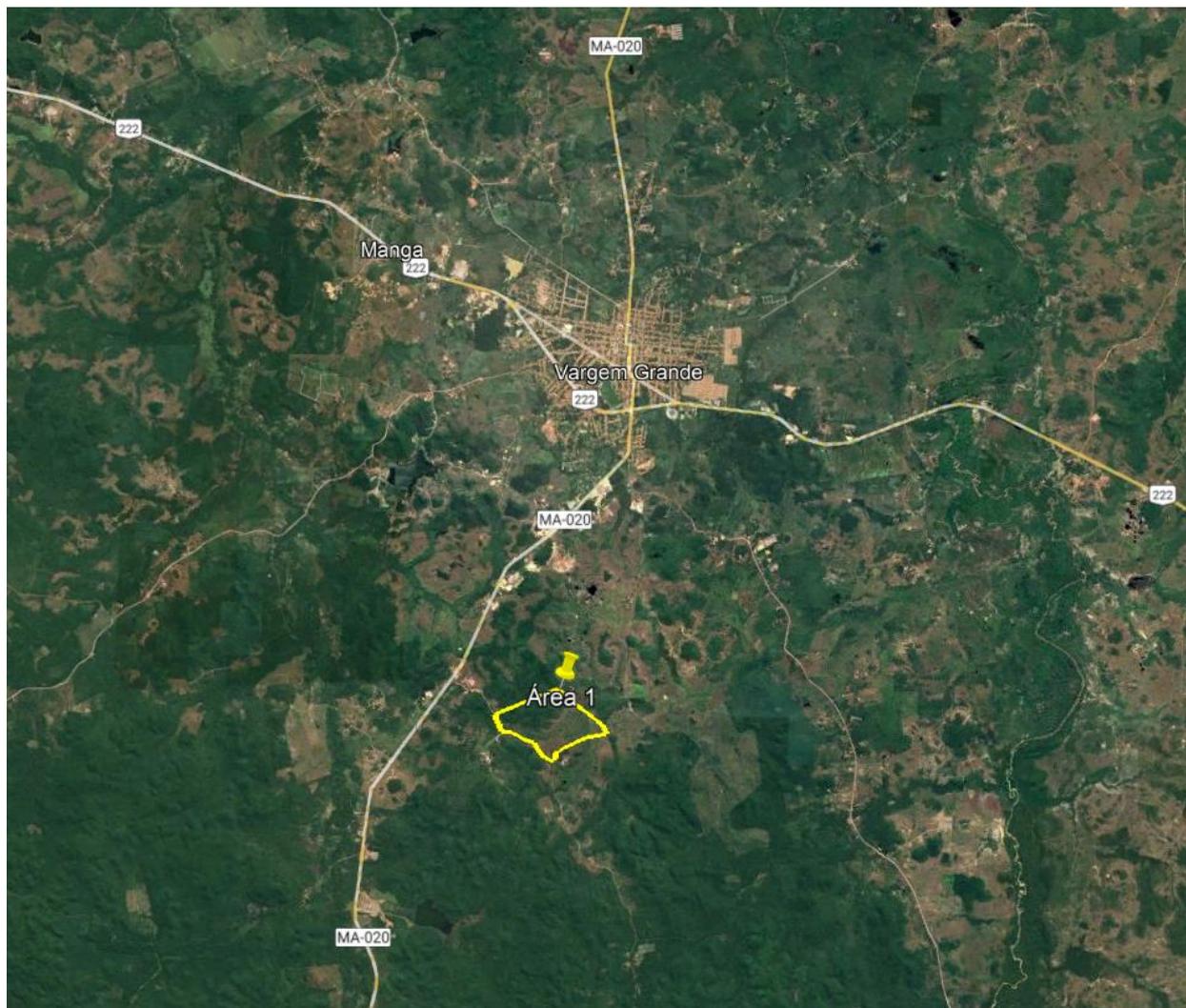
2.1.1 Diversas considerações técnicas devem ser feitas:

- a) Topografia: recomendam-se locais com declividade superior a 1% e inferior a 30%.
- b) Geologia e tipos de solos existentes: tais indicações são importantes na determinação da capacidade de depuração do solo e da velocidade de infiltração. Considera-se desejável a existência no local, de um depósito natural extenso e homogêneo de materiais.
- c) Recursos hídricos: deve ser avaliada a possível influência do aterro na qualidade e no uso das águas superficiais e subterrâneas próximas. O aterro deve ser localizado a uma distância mínima de 200m de qualquer coleção hídrica ou curso d'água;
- d) Vegetação: o estudo macroscópico da vegetação é importante, uma vez que ela pode atuar favoravelmente na escolha de uma área quanto aos aspectos de redução do fenômeno de erosão, da formação de poeira e transporte de odores;
- e) Acessos: fator de evidente importância em um projeto de aterro uma vez que são utilizados durante toda a sua operação;
- f) Tamanho disponível e vida útil: recomenda-se construção de aterros com vida útil mínima de 10 anos e com área disponível para ampliações para atender a demanda de mais 20 anos;



- g) Custos: A elaboração de um cronograma físico financeiro é necessária para permitir a análise de viabilidade econômica do empreendimento.
- h) Distância mínima a núcleos populacionais: deve ser avaliada a distância limite da área útil do aterro a núcleos populacionais, recomendando-se que esta distância seja superior a 500m.

Imagem 01: Área para implantação Aterro Sanitário



Fonte: Google Earth, 2022.

2.2 Modelo do Aterro Sanitário

Os aterros são diferenciados pelas formas construtivas e operacionais adotadas, definidas como:



- **Método de Rampa:** é indicado quando a área a ser aterrada é plana, seca e um com tipo de solo adequado para a cobertura, a operação é realizada acima do terreno.
- **Método de Área:** é usado em locais de topografia plana. Os resíduos são dispostos em células com forma de tronco de pirâmide, é necessário construir uma primeira célula para que se possa ter apoio para a compactação dos resíduos nas demais, a operação também é realizada acima do terreno. Também é conhecido como método convencional.
- **Método de Valas ou trincheiras:** A operação do método de valas ou trincheiras são realizadas abaixo do nível original do terreno, onde são abertas valas, depositados os resíduos, compactados e cobertos com solo. É o ideal para pequenas comunidades onde a produção de RSU (resíduos sólidos urbanos) não ultrapasse 30 ton./dia. O espalhamento dos resíduos é manual e não há entrada de operadores na vala. No caso de trincheiras de grande porte a operação pode ser feita com tratores e as células devem receber uma cobertura de argila compactada.

No estudo em caso o melhor método a ser adotado será o método de área, sendo o aterro construído formando uma pirâmide, devido as características da área. O aterro sanitário deverá ter sua capacidade operacional instalada para atender a 88 ton./dia.

3. IMPLANTAÇÃO

3.1 Dimensionamento do Aterro Sanitário

Após a definição da área que poderá ser utilizada para ampliação e operação do aterro sanitário por 30 anos, inicia-se a fase de dimensionamento, considerando que o aterro de Vargem Grande vai atender 06 (seis) municípios com capacidade total para destinação de aproximadamente 1.600.000 toneladas.



Tabela 01: Projeção populacional Aterro Sanitário

| Municípios Regional de Vargem Grande - MA | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|-----------|--------|------------|-----------|--------|------------|-----------|--------|------------|-----------|--------|--------|
| ANO | 1991 | | | 2000 | | | 2010 | | | 2022 | | | |
| SITUAÇÃO | Pop.Urbana | Pop.Rural | Total | Pop.Urbana | Pop.Rural | Total | Pop.Urbana | Pop.Rural | Total | Pop.Urbana | Pop.Rural | Total | |
| M U N I C Í P I O S | Vargem Grande | 12.194 | 20.703 | 32.897 | 17.116 | 17.591 | 34.707 | 26.687 | 22.725 | 49.412 | 26.157 | 22.273 | 48.430 |
| | Nina Rodrigues | 1.949 | 5.549 | 7.498 | 3.363 | 4.926 | 8.289 | 4.439 | 8.025 | 12.464 | 4.444 | 8.033 | 12.477 |
| | Presidente Vargas | 3.024 | 4.831 | 7.855 | 3.744 | 6.739 | 10.483 | 4.581 | 6.136 | 10.717 | 4.110 | 5.506 | 9.616 |
| | Itapecuru Mirim | 20.073 | 22.780 | 42.853 | 27.661 | 15.111 | 42.772 | 34.668 | 27.442 | 62.110 | 36.683 | 29.038 | 65.721 |
| | Chapadinha | 28.694 | 28.168 | 56.862 | 37.231 | 24.091 | 61.322 | 52.882 | 20.468 | 73.350 | 58.564 | 22.775 | 81.339 |
| | Corotá | 28.768 | 41.592 | 70.360 | 33.419 | 22.257 | 55.676 | 43.057 | 18.668 | 61.725 | 41.098 | 18.465 | 59.563 |

Fonte: Dados do autor, 2022.

3.2 Descrição da Implantação do Aterro Sanitário

Após dimensionamento do projeto, inicia-se a fase de implantação do aterro sanitário compreendendo a remoção da vegetação natural (desmatamento e destocamento) através da raspagem da camada de solo vegetal nas áreas operacionais, onde deverão ser implantadas as estruturas que compõe o aterro.

A área será composta por:

- Guarita/Recepção;
- Balança Rodoviária;
- Sinalização;
- Sistema de iluminação interna;
- Comunicação;
- Sistema de abastecimento de água;
- Área de disposição de resíduos;
- Sistema de tratamento de chorume;
- Instrumentos de monitoramento;
- Equipamentos e veículos de atendimento interno.



3.2.1 Guarita/Recepção

A guarita será o local de recepção, inspeção e controle dos caminhões e veículos que chegam na área do aterro.

Todo caminhão, caçamba, carreta ou qualquer caminhão de carga ao chegar nas dependências do aterro deverá ser identificado por pessoa responsável, sendo realizado controle de placa, motorista, peso do caminhão ao entrar e sair, e carga, como também local (município) de geração dos resíduos.

Nos veículos de visitantes deverão ser identificados motorista e placa, informar a pessoa que vai recebê-lo para ser informado através da portaria, autorizando assim sua entrada na propriedade do aterro.

3.2.2 Balança Rodoviária

Após identificação na guarita, os veículos transportadores de resíduos obrigatoriamente deverão se direcionar para a balança rodoviária, com o objetivo de controle da quantidade de resíduos enviados para o tratamento e destinação final.

Toda pesagem será registrada de forma eletrônica através de sistema específico de controle de pesagem, desta forma haverá controle dos volumes diários e mensais dispostos no aterro. As placas dos veículos serão cadastradas e o sistema possui controle por câmeras.

Todo controle da balança e acompanhamento será realizado por funcionários do aterro.



Figura 1: Modelos de balança rodoviária



Fonte: Google Imagens, 2022.

3.2.3 Sinalização

O sistema de sinalização é composto por placas de alerta e indicativas das unidades. As placas serão estrategicamente distribuídas, alertando sobre restrição de acesso, perigo, uso de EPI's, velocidade máxima para o tráfego no interior do aterro e horários de funcionamento. Possibilitando assim não só os colaboradores, mas também os visitantes de circularem de forma segura atendendo todas as regras do aterro sanitário.

Figura 2: Modelos de placa de segurança.



Fonte: Google Imagens, 2022.



3.2.4 Sistema de iluminação e força

Será realizada a instalação de rede de iluminação e força para uso dos equipamentos e ações de emergência no período noturno, caso necessário.

3.2.5 Comunicação

Visando facilitar a comunicação interna dentro do aterro e também externa, será instalada uma rede de telefonia fixa, celular e rádio, principalmente em casos de emergência.

3.2.6 Sistema de abastecimento de água

Além do abastecimento de água do município de Vargem Grande/PR, será analisada a possibilidade de construção de poços artesianos para abastecimento no aterro sanitário, uso nas instalações de apoio para a operação, lavação e umedecimento das vias de acesso.

3.2.7 Área de disposição de resíduos

A área destinada para disposição de resíduos será previamente preparada em conformidade com as normas técnicas e ambientais vigentes com sistemas de impermeabilização de base e das laterais e de drenagens de chorume, de águas pluviais e de gases.

O método utilizado para construção e operação conforme definido é o método de área. Será indicado um local para “frente de trabalho” onde todos os caminhões após passarem pela balança, vão seguir por meio de vias internas para descarregamento. A demarcação da frente de operação permite uma melhor manipulação do lixo, tornando o processo prático e eficiente.

Nos períodos de chuvas ou quando houver imprevistos que impeçam os veículos de realizar o descarregamento no local determinado, recomenda-se manter uma área para descarga emergencial, previamente preparada e estabelecida no projeto do aterro sanitário.



3.2.8 Serviços de impermeabilização

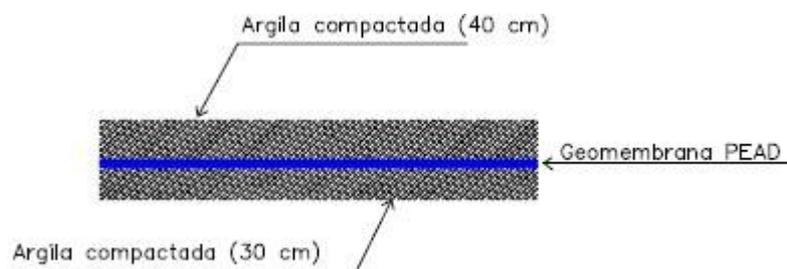
A camada de impermeabilização da base deve garantir a separação segura dos resíduos do subsolo, impedindo a contaminação do lençol freático e do meio natural através de infiltrações de percolados ou substâncias tóxicas.

Para ser eficiente a camada de impermeabilização deve compor-se de solo argiloso de baixa permeabilidade ou geomembrana sintética com espessuras adequadas. No caso de uso de solo argiloso, o fator que determinará o desempenho do sistema é a compactação realizada em campo.

A impermeabilização do aterro deverá ser iniciada logo após a conclusão da remoção da camada de solo superficial da área operacional.

Assim sendo, a camada impermeabilizante é composta por camada de argila, de no mínimo 30 cm, geomembrana de PEAD 1,0 mm e camada de argila de no mínimo 40 cm. A argila é devidamente compactada com coeficiente de compactação $k=10^{-7}$ cm/s.

Desenho 1. Compactação da base do aterro sanitário



3.2.9 Sistema de tratamento de chorume

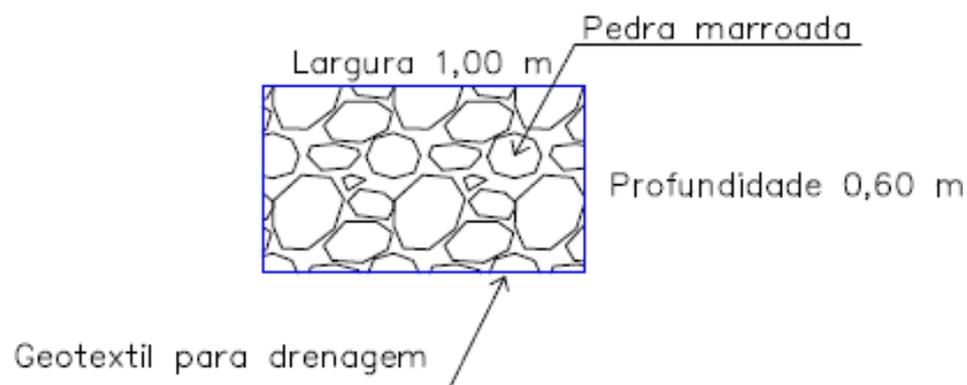
A vazão e as características físicas-químicas e biológicas do percolado (chorume) depende basicamente das características dos resíduos sólidos urbanos e das condições de operação do aterro sanitário, como também da quantidade de água incorporado ao chorume, em caso de chuvas.

O projeto do aterro deve necessariamente contemplar a instalação da rede de drenagem de percolados até o tratamento escolhido e que melhor atende a demanda do aterro sanitário.



Desenho 2. Sistemas de drenagem de gás e chorume

Dimensões dos drenos de chorume



3.2.10 Instrumentos de monitoramento

O monitoramento do aterro sanitário consiste em um sistema de medições de campo e análises de laboratório durante toda a operação do aterro sanitário, sendo realizado um cronograma de análises, como também após o seu encerramento.

O plano de monitoramento deve contemplar a eficácia sanitária e ambiental do sistema como um todo, possibilitando a verificação de eventuais falhas ou deficiências, implementando medidas corretivas para evitar os impactos ambientais.

Para eficácia do monitoramento será instalado equipamentos para o acompanhamento e controle ambiental do empreendimento como poços de monitoramento de águas subterrâneas, por meio da coleta de amostras em pontos a montante e jusante do local onde é lançado o efluente, e nos poços instalados a montante e jusante do aterro sanitário.

O monitoramento geotécnico consiste na implantação de instrumentos visando garantir a estabilidade da massa de resíduos aterrados, com o uso de piezômetros (medidor de pressão dos líquidos) e medidores de recalques horizontais e verticais.



3.2.11 Equipamentos e veículos para atendimento interno

Será realizada a aquisição de máquinas, como escavadeiras e tratores, caminhões, caçambas e veículos necessários para as atividades de implantação, devendo serem aproveitados durante a etapa de operação do aterro.

3.2.12 Instalações de apoio operacional

Para execução das atividades será construído um prédio administrativo, contendo, no mínimo, escritório, refeitório, copa, instalações sanitárias e vestiários, barracão destinado ao serviço de armazenamento e almoxarifado, todos atendendo as exigências sanitárias e as regras municipais referente a instalação e funcionamento. Visando assim zelar pelo bem-estar dos colaboradores.

3.2.13 Mão de Obra

A implantação do aterro deverá gerar fatores positivos, como a geração de empregos diretos e indiretos, das oportunidades para expansão e diversificação das atividades comerciais locais e regionais, repercutindo positivamente na arrecadação de impostos e seus efeitos multiplicadores.

Considerando que haverá necessidade de contratação de mão de obra durante a implantação, operação e após o encerramento do aterro sanitário.

4. OPERAÇÃO

Os procedimentos de operação do aterro sanitário, embora simples, devem ser sistematizados para que sua eficiência seja maximizada, assegurando seu funcionamento como destinação final sanitária e ambientalmente adequada dos resíduos sólidos urbanos gerados no município de Vargem Grande/MA e nos demais municípios estudados da região, ao longo de toda a sua vida útil.

Tais procedimentos devem ser registrados em relatórios diários, relatórios mensais de consolidação de dados, formulários e planilhas apropriadas, além de plantas de reconstituição das obras efetivamente executadas (*“as built”*).



Esses elementos devem ser adequadamente numerados, catalogados e arquivados, de modo a propiciar a avaliação periódica do empreendimento, assim como o desenvolvimento de estudos e pesquisas referentes ao desempenho das instalações que o compõem.

4.1 Recebimento dos resíduos

A recepção dos resíduos deve ser realizada na portaria/guarita do aterro sanitário e consiste na operação de inspeção preliminar, durante a qual os veículos coletores, previamente cadastrados e identificados, são vistoriados por fiscal/balanceteiro, treinado e instruído para o desempenho adequado dessa atividade.

Esse profissional deve verificar e registrar a origem, a natureza e a classe dos resíduos que chegam ao empreendimento; orientar os motoristas quanto à unidade na qual os resíduos devem ser descarregados; impedir que resíduos incompatíveis com as características do empreendimento ou provenientes de fontes não autorizadas sejam lançados no mesmo; e promover a pesagem dos veículos cuja entrada no empreendimento tenha sido por ele autorizada.

Na balança rodoviária será realizada a pesagem dos veículos coletores para se ter controle dos volumes diários e mensais dispostos no local.

O controle se torna de extrema importância considerando que os resíduos não serão apenas do município de Balsas, mas também de toda região, sendo transportado não apenas por veículos compactadores, mas também por carretas que vão realizar o transbordo desses municípios até o aterro sanitário. Dessa forma na recepção dos veículos e na pesagem teremos dados exatos das características e quantidades destinadas de cada local gerador.

4.2 Disposição dos resíduos

A área de disposição dos resíduos deve ser previamente delimitada por uma equipe técnica de topografia. No início de cada dia de trabalho, deverão ser demarcados com estacas facilmente visualizadas pelo tratorista os limites laterais, a altura projetada e o avanço previsto da frente de operação ao longo do dia.



A demarcação da frente de operação diária permite uma melhor manipulação do lixo, tornando o processo mais prático e eficiente.

Nos períodos de chuvas intensas ou quando, por qualquer motivo, a frente de operação estiver impedida de ser operada ou acessada, recomenda-se manter uma área para descarga emergencial, previamente preparada, de acordo com o projeto do aterro sanitário.

4.3 Descarga dos Resíduos

O caminhão após liberado na balança e direcionado para a descarga deve seguir até o local indicado para descarregamento na frente de operação, já definido pelo fiscal.

Após o desmonte das pilhas de resíduos deverá ser feito com auxílio de trator de esteira, procedendo com seu espalhamento e compactação.

4.4 Espalhamento e Compactação dos resíduos

Na frente de operação, o resíduo deve ser espalhado e compactado por um trator de esteira em rampas com inclinação aproximada de 1 na vertical para 3 na horizontal (1:3). O equipamento de compactação (trator de esteira) deve estar permanentemente à disposição na frente de operação do aterro sanitário.

A operação de compactação deve ser realizada com movimentos repetidos do equipamento de baixo para cima, procedendo-se, no mínimo, 6 passadas sucessivas em camadas sobrepostas, até que todo o material disposto em cada camada esteja adequadamente adensado, ou seja, até que se verifique por controle visual que o incremento do número de passadas não ocasiona redução do volume aparente dela. Periodicamente, deve ser feito um teste de densidade, de forma a verificar o controle da compactação.

4.5 Recobrimento dos resíduos

No final de cada jornada de trabalho, o resíduo compactado deve receber uma camada de terra, espalhada em movimentos de baixo para cima. No dia seguinte, antes do início da disposição dos resíduos, faz-se uma raspagem da camada de solo da face inclinada da frente de operação, para dar continuidade à formação do maciço de resíduos.



O solo raspado deve ser armazenado para aproveitamento nas camadas operacionais posteriores, tendo em vista possíveis dificuldades na obtenção de quantidades suficientes e adequadas de solo para recobrimento. O solo de cobertura pode provir de área de empréstimo ou do material excedente das operações de cortes/escavações executadas na implantação das plataformas.

A cobertura dos resíduos deve ser realizada diariamente, evitando assim não só o acúmulo na frente de trabalho como também os animais que são atraídos pelo odor.

4.6 Drenagem e tratamento de líquidos percolados

Os aterros sanitários devem tratar prioritariamente o chorume, uma vez que o risco que estes materiais oferecem ao meio ambiente e a saúde humana é maior que os oferecidos pelos resíduos sólidos.

A fim de recolher e afastar os líquidos percolados na área destinada a disposição dos resíduos, é implantado um sistema de drenagem constituídos por drenos horizontais. Este sistema é composto por drenos principais e secundários dispostos de forma que seja facilitado o recolhimento dos líquidos percolados até a estação de tratamento.

A drenagem principal é constituída de drenos com seção de escoamento igual a $0,48\text{m}^2$ e declividade igual a 1%. A medida que a área vai sendo ocupada com a disposição dos resíduos, procede-se a execução continua do sistema de drenagem, pois este acompanha a evolução e o desenvolvimento do aterro até sua fase de encerramento, geralmente são implantados com 25 (vinte e cinco) metros de distância.

Ao pé do talude da primeira célula de lixo são construídas caixas de passagem de alvenaria, que recebem o líquido percolado (chorume) captado pelos drenos. Desta, o chorume é encaminhado até o sistema de tratamento através de tubulações de diâmetro variável.

Nas demais camadas a execução dos drenos é constituída da escavação de uma vala na massa de resíduos da camada inferior e o preenchimento da mesma com pedra pulmão envolvida em geotêxtil.



Para o tratamento é implantado um sistema constituído por lagoas de estabilização, uma anaeróbia, uma facultativa e uma de maturação e havendo necessidade um sistema físico-químico para tratamento.

Imagem 03: Construção drenos de chorume



Fonte: Dados do autor, 2018.

4.7 Drenagem de gases

A decomposição dos resíduos gera gases constituídos basicamente por CO_2 (gás carbônico) e CH_4 (metano), estes são captados e queimados para evitar inconvenientes causados pela liberação de odores desagradáveis, intoxicação, acúmulo e risco de explosões. As pressões de gás são também elementos de instabilidade geotécnica, devendo o sistema drenar e diminuir seus valores, contribuindo para a segurança estrutural do aterro.

Para proporcionar esta condição, são implantados drenos verticais espaçados adequadamente constituindo um sistema de captação e queima que abrange toda área do aterro. O topo do poço deve possuir um queimador, geralmente são implantados a cada 30 metros.



Imagem 04 : Dreno de Gás



Fonte: Dados do autor, 2022.

4.8 Drenagem superficial

O sistema de drenagem ineficiente das águas de chuva pode provocar maior infiltração no maciço do aterro, aumentando o volume de chorume gerado e contribuindo para a instabilidade do maciço.

Além dos dispositivos de drenagens pluviais definitivos instalados nas plataformas - taludes e vias de acesso -, devem ser escavadas canaletas de drenagem provisórias no terreno a montante das frentes de operação, de forma a minimizar a infiltração das águas de chuva na massa de lixo aterrado. Os dispositivos de drenagem pluvial previstos no projeto do aterro sanitário, tais como canaletas, caixas de passagem e descidas d'água, devem ser mantidos desobstruídos para impedir a entrada de água no maciço do aterro.

O período que exigirá maior frequência de inspeção no sistema de drenagem pluvial coincidirá com as épocas de intensa pluviosidade. As águas de chuva devem ser drenadas diretamente para os cursos d'água ou bacias de infiltração localizadas a jusante da área do aterro.



4.9 Monitoramento

O plano de monitoramento deve contemplar a eficácia das medidas mitigadoras e a eficiência sanitária e ambiental do sistema como um todo, possibilitando a verificação de eventuais falhas e/ou deficiências e a implementação de medidas corretivas para evitar o agravamento dos impactos ambientais.

Toda operação do aterro será monitorada por profissional competente, da área de engenharia capaz de emitir relatórios e corrigir possíveis falhas.

4.9.1 Monitoramento Geotécnico

O monitoramento proposto prevê o acompanhamento do comportamento e estabilidade das células de resíduos já depositados para avaliação da redução volumétrica proporcionada pela degradação da matéria orgânica, eliminação de água e acomodação física dos resíduos, bem como eventuais anomalias e recalques diferenciais.

Esse programa contará com a utilização de instrumentos e técnicas de avaliação, se estendendo durante todo o tempo de utilização do aterro para depósito de resíduos até após sua desativação, dando continuidade no controle da estabilidade dos maciços residuais depositados.

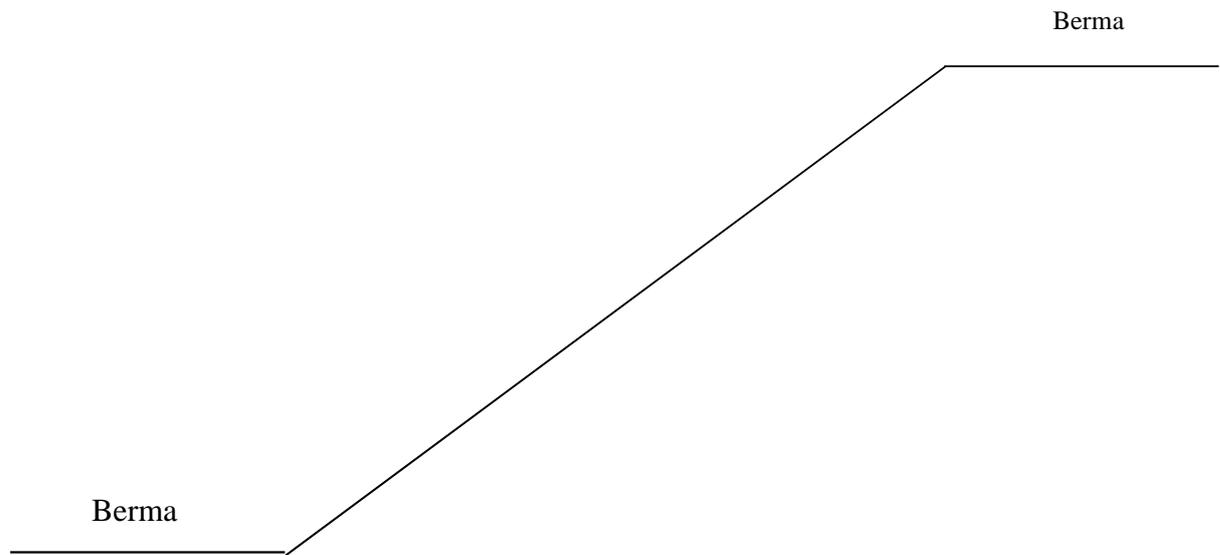
O objetivo é desenvolver atividades que permitam acompanhar e avaliar o comportamento e a estabilidade do maciço de resíduos.

Destacamos que esse monitoramento contribui para entender o comportamento geotécnico das células, fornece informações para projetos mais seguros e econômicos além de elementos para uma melhor estimativa de vida útil do aterro.

Essas medidas de avaliação são todas a partir da berma de cada talude. A berma serve como orientador do deslocamento a qual a massa de resíduos está sujeita. A medição é feita utilizando equipamentos topográficos que indicam possíveis movimentações dos mesmos.



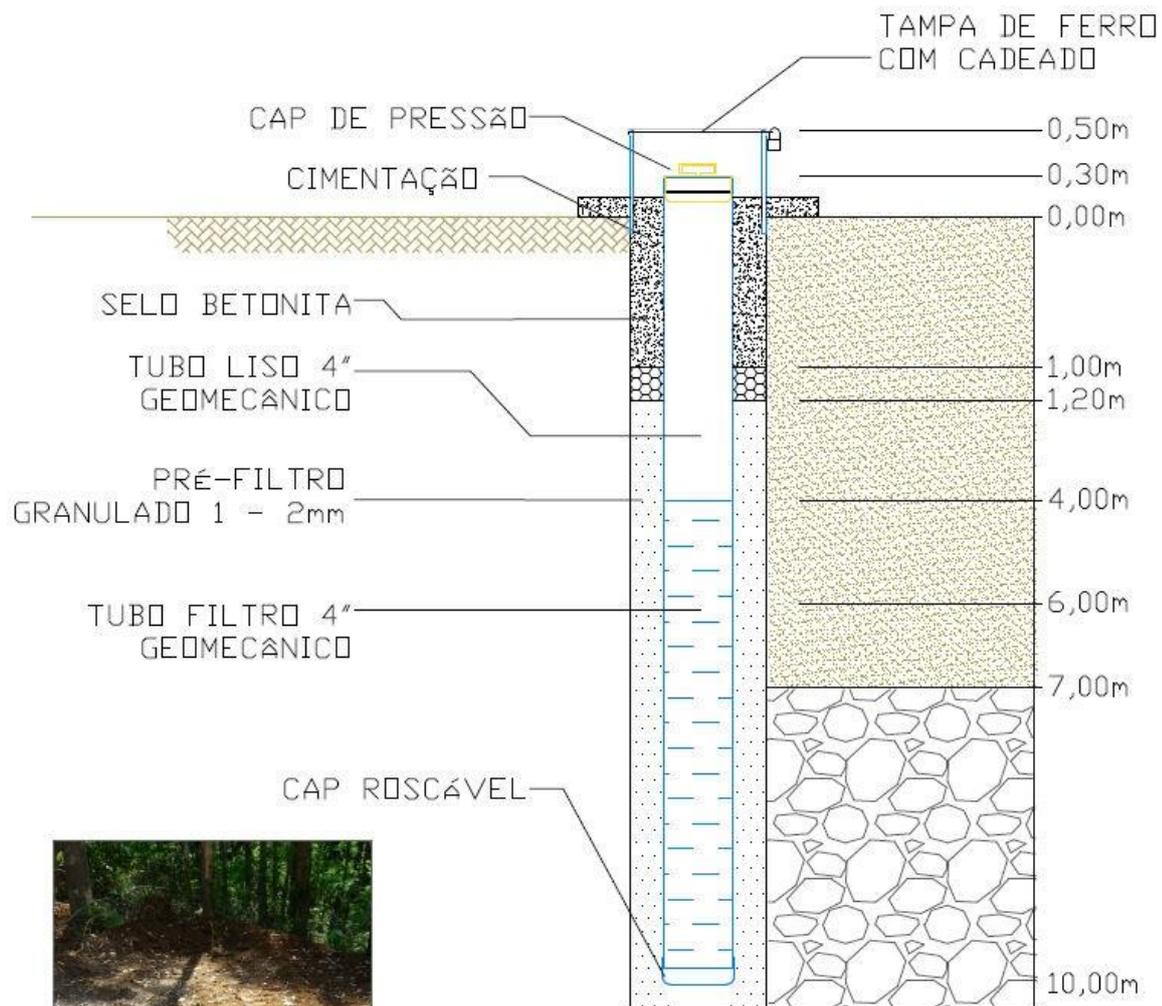
Desenho 3: Locais de medição



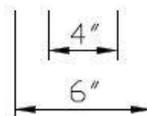
4.9.2 Monitoramento de Águas Subterrâneas

A principal razão para a instalação dos poços de monitoramento é fornecer um aviso precoce da contaminação dessas águas.

Assim sendo, o monitoramento da qualidade das águas subterrâneas nessa área revela-se de fundamental importância, constitui em uma ferramenta de tomada de decisão na gestão de recursos hídricos, além de auxiliar na tomada de decisões de gerenciamento no caso de suspeita de contaminação e degradação da qualidade hídrica.



RESPONSÁVEL TÉCNICO



SEM ESCALA



SELO BENTONITA



PRÉ-FILTRO



PROTEÇÃO SANITÁRIA



SOLO



BASALTO CINZA ESCURO, TEXTURA AFANÍTICA



4.9.3 Mão de obra

A operação do aterro sanitário deverá contratar colaboradores de forma direta nesta fase, em comparação a fase de implantação. Esta mão de obra deverá ser essencialmente qualificada, tendo em vista a complexidade da operação do aterro. A composição da equipe abrangerá profissionais de nível superior e nível médio, dentro das atividades diárias do aterro sanitário.

5. ENCERRAMENTO ATERRO SANITARIO

Após o término da vida útil de um Aterro Sanitário, deve-se executar o plano de encerramento das atividades e o fechamento do aterro, assim como previsto no projeto do empreendimento.

Conforme estabelecido nas normas técnicas ABNT NBR 13.896/1997 e NBR 10.157/1987, com o encerramento do aterro, deve-se adotar medidas que minimizem as manutenções futuras da área e reduzam ou evitem a liberação de chorume ou gases que possam causar contaminação do solo, água superficial, água subterrânea ou poluição atmosférica.

No plano de encerramento devem constar os métodos e as etapas a serem seguidas no fechamento total ou parcial do aterro; projeto e construção da cobertura final, de forma a minimizar a infiltração da água na célula; a data aproximada para início das atividades de encerramento; uma estimativa dos tipos e da quantidade de resíduos que devem estar presentes no aterro quando encerrado; monitoramento das águas após o término das operações por um período de 20 anos, atividades de manutenção da área, provisão de recursos financeiros e uso programado para a área do aterro após o encerramento.

O plano de manutenção de aterros sanitários, consiste em estabelecer baseado nas normas técnicas o monitoramento e a manutenção das atividades realizadas no encerramento do aterro, como manutenção da cobertura, dos sistemas de drenagem, manutenção do sistema de tratamento de líquido percolado, manutenção do sistema de coleta de gases e isolamento do local, caso exista risco de acidentes e acesso de pessoas e animais.



5.1 ESPECIFICAÇÕES PARA INSTALAÇÕES E SERVIÇOS

As especificações mínimas para a execução dos serviços de implantação, operação e encerramento deverão ser prestados com as seguintes infraestruturas e equipamentos:

5.1.1 Equipamentos

- Dois (02) Trator de esteira
- Uma (01) Escavadeira hidráulica
- Uma (01) Retroescavadeira
- Três (03) Caçambas basculante capacidade 16m³
- Um (01) Caminhão tanque pipa capacidade 6m³
- Um (01) Utilitário leve, carro de apoio.

5.1.2 Infraestrutura

- Uma (01) Balança Rodoviária capacidade 80 ton.;
- Uma (01) Guarita com 50m²;
- Um (01) Barracão de serviços e oficina mecânica 400m²;
- Um (01) Prédio administrativo 170m².

5.1.3 Diretrizes construtivas

Para a implantação, operação e encerramento do aterro as diretrizes construtivas deverão seguir as normas para obras civis, ambientais e da legislação trabalhista, inclusive as subcontratadas e fornecedores.

5.1.4 Canteiro de Obras

Para garantir a fiscalização, segurança e organização das instalações e mão de obra envolvidas na construção do aterro sanitário, o primeiro passo após aprovada construção, será determinar o espaço onde será instalado o canteiro de obras que será específico para o período de implantação da obra.

Garantindo assim a organização de máquinas, veículos, pessoas envolvidas, atendendo todas as normas de segurança.



5.1.5 Limpeza do Terreno

Após a instalação do canteiro de obras com todos os equipamentos necessários, iniciará a limpeza do terreno. As atividades deverão remover toda a vegetação existente, através da raspagem do solo, para eliminação da matéria orgânica e outros materiais inadequados para a fundação do aterro. Todo material removido deverá ser transportado para fora do local da obra.

5.1.6 Terraplanagem

Os serviços de terraplanagem consistem na execução dos cortes e aterros necessários para a implantação de todas as unidades dos sistemas, sistema viário, células, sistema de drenagem e áreas de empréstimos.

Devem ser mobilizados equipamentos e máquinas apropriados aos serviços de escavação, carga, transporte, detonação de rocha, espalhamento e compactação de solos.

A preparação da área tem como objetivo o seu melhor aproveitamento e facilidade de execução, bem como o material removido será utilizado posteriormente para a cobertura das camadas.

5.1.7 Infraestrutura

Para a correta operação de aterro sanitário, é necessária a implantação de instalações fixas de apoio que permitam alojar trabalhadores e locação de máquinas e equipamentos, assim como sua manutenção.

As instalações fixas (guarita, escritório, oficina, sanitários) deverão ter manutenção, tanto preventivamente quanto corretivamente. Os sistemas de instalação elétrica, hidráulica, serão alvos desse procedimento, com vistas a manter todas as edificações adequadas.



► **Isolamento:** O isolamento da área do aterro é imprescindível para a manutenção da ordem e do bom andamento das obras. Com a função de limitar a ação de catadores, animais e outros elementos estranhos que possam vir a prejudicar a operação, tal isolamento deverá ser executados através da construção de cercas constituídas de mourões de concreto e fios de arame farpado. Também pode ser utilizado o isolamento através de uma cortina vegetal, composta por arbustos e árvores que impedem a visualização do aterro. Esse isolamento tem como função evitar impactos visuais e a ação dos ventos predominantes, evitando a dissipação de odores e o espalhamento de materiais.

► **Guarita (sistema de controle e vigilância):** Destina-se ao monitoramento da entrada e saída de veículos do aterro e controle dos resíduos que ali serão dispostos. A guarita existente no local deverá ser construída em alvenaria.

► **Balança rodoviária:** Destina-se o controle e quantificação dos resíduos destinados ao aterro sanitário, bem como o controle de entrada e saída de materiais.

► **Prédio administrativo:** Sede administrativa, voltado para centralizar o gerenciamento administrativo e técnico do empreendimento, que contará também com auditório com capacidade de receber aproximadamente 40 pessoas, preparado para atender especialmente as demandas do Projeto de Educação Ambiental.

► **Oficina/Almoxarifado:** Área destinada a reparos dos equipamentos utilizados na operação do aterro (escavadeira hidráulica, retroescavadeira, caminhões basculantes e demais equipamentos), bem como estocagem de materiais de uso corrente no aterro. O prédio construído em alvenaria e possuirá 400 m².

► **Iluminação:** Como o aterro funcionará no período matutino e vespertino, podendo entender-se até o anoitecer, é indispensável um sistema de iluminação nos acessos e, principalmente na frente da descarga. Essa medida visa garantir condições de operacionalidade e segurança tanto ao pessoal quanto aos equipamentos que trabalharão no aterro. A iluminação deverá ser realizada com implantação de postes nas vias internas, entrada das células e estação de tratamento.



5.1.8 Acessos internos e externos

Deverão ser implantadas estradas para deslocamento dos veículos de transporte dos resíduos nas estradas vicinais até o aterro, esta ação poderá ser em conjunto com o município. Na área internas do aterro deverão ser construídas estradas sobre o terreno natural contendo 8 metros de largura.

5.1.9 Sistema de Drenagem

O sistema de drenagem composto pelo dreno profundo, dreno de chorume, dreno de gás e dreno de águas superficiais serão construídos desde a preparação do solo para implantação da primeira célula. Dreno profundo (abaixo da impermeabilização) e o dreno de chorume (dentro do maciço de resíduos) terão suas linhas verticais e horizontais construídas a uma distância de 30 (trinta) metros cada. Já os drenos de gases serão construídos nas intersecções das linhas verticais e horizontais do dreno de chorume. Por sua vez, os drenos de águas superficiais serão construídos nas extremidades de cada célula.

6. MÓDULOS DO ATERRO SANITÁRIO

Deverá ser construídos seis módulos também denominados de células, no total de 5 níveis associados a topográfica do terreno. Conforme tabela abaixo.

Tabela 02: Módulos do Aterro sanitário

| VISÃO GERAL DA ÁREA UTILIZADA PARA IMPLANTANÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO | | | | |
|---|------------------------------------|---|---------------------------------------|----------------------------|
| PROJEÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO | | | | |
| CAMADA | ÁREA DE DEPÓSITO (M ²) | VOLUME DE RESÍDUOS COMPACTADO (M ³) | QUANTIDADE DE RESÍDUOS ESTIMADA (TON) | VIDA ÚTIL DA CAMADA (ANOS) |
| 1 | 129.150 | 555.345 | 377.635 | 10 |
| 2 | 113.050 | 486.115 | 330.558 | 7 |
| 3 | 97.750 | 420.325 | 285.821 | 6 |
| 4 | 83.250 | 357.975 | 243.423 | 4 |
| 5 | 69.550 | 299.065 | 203.364 | 3 |
| TOTAL: | 492.750 | 2.118.825 | 1.440.801 | 30 |

Fonte: Dados do autor, 2022.



6.1 Sistema de Impermeabilização

Após a retirada do solo será executado os serviços de impermeabilização da base do aterro. Além da compactação deverá ser executada a impermeabilização com aplicação de geomembrana PEAD, espessura de 2mm, em toda a base do aterro que será depósito dos resíduos. Sobre essa manta será executada camada de solo devidamente compactada, com espessura de 0,5 m para a proteção mecânica da geomembrana.

O sistema de impermeabilização será executado conforme a ampliação do aterro sanitário e a necessidade para depositar os resíduos.

6.2 Lagoa anaeróbia

O objetivo da lagoa anaeróbia é o mesmo, porém é utilizada quando a carga de DBO (demanda bioquímica de oxigênio) é relativamente alta. A eficiência da remoção de DBO, na lagoa anaeróbia, pode chegar aos 70%, sendo necessária uma segunda unidade para completar o tratamento, na qual, geralmente, é utilizada uma lagoa facultativa. Esse arranjo formado por lagoa anaeróbia e facultativa é chamado de sistema australiano.

A lagoa anaeróbia é caracterizada por utilizar uma área pequena, se comparada à lagoa facultativa, e por todo processo de digestão de matéria orgânica ocorrer em ambiente anaeróbio, ou seja, na ausência de oxigênio.

Esse estado é alcançado devido ao consumo de oxigênio ter taxa superior ao de produção dentro da lagoa. A reaeração atmosférica e fenômenos de fotossíntese exercem pouca influência nesse balanço.

Como as reações anaeróbias geram energia em taxas menores do que as reações aeróbias, o processo de remoção da matéria orgânica se torna mais lento nesse ambiente.

A estrutura de uma lagoa anaeróbia é geralmente simples, sendo mais profunda do que a lagoa facultativa, na ordem de 3 a 5 metros, dependendo dos critérios de dimensionamento, e ocupando área menor. A profundidade da lagoa é que garante a ausência de fotossíntese, impedindo que a luz solar adentre completamente na lagoa.



6.3 Lagoa Facultativa

A lagoa facultativa tem uma configuração simples e de fácil gestão, pois se utiliza apenas de fenômenos naturais de degradação microbiológica, porém precisa de constante monitoramento, por existirem padrões ambientais específicos para que o tratamento possa ocorrer de forma eficiente e que não inutilize a lagoa.

Esta lagoa precisa ficar exposta ao ar livre para que os processos de oxidação ocorram em uma faixa de sua superfície e ao mesmo tempo ter profundidade para que não seja comprometida a degradação anaeróbia. A lagoa facultativa pode ser primária, quando recebe diretamente o esgoto bruto após o tratamento preliminar, ou secundária, quando, por exemplo, for seguida por uma lagoa anaeróbia.

6.4 Tratamento físico-químico

O lixiviado de aterro sanitário representa um dos principais fatores de riscos ambiental, tanto por suas altas concentrações de matéria orgânica quanto pela quantidade considerável de metais pesados. A cor em lixiviados de aterros sanitários está relacionada à concentração de substâncias orgânicas em decomposição, estima-se que o percolado de aterro sanitário apresenta Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO equivalente a 200 vezes a do esgoto doméstico.

O tratamento de lixiviados por processos físicos – químicos constitui-se em uma etapa primordial na busca de diminuição da carga poluente destes efluentes. A degradação ou separação dos componentes orgânicos no lixiviado depende da composição química dos compostos orgânicos presentes (estrutura e peso molecular) e das condições ambientais que podem modificá-los.

Os tratamentos físico-químicos mais comuns ocorrem por meio de flotação, adsorção, oxidação química e coagulação/floculação, na qual se busca reduzir a quantidade de sólidos totais, coloides, matéria flutuante, cor e componentes tóxicos e outras características físico-químicas que prejudicam a qualidade do efluente, na qual não pode ser disposto no ambiente sem esse tratamento.



6.5 Recirculação de chorume

A adoção de técnicas de tratamento de RSU que incluam a recirculação de chorume pode representar uma aceleração do processo de estabilização da matéria biodegradável dos resíduos e tornar-se bastante atrativa tendo em vista os aspectos:

- Ambiental: uma vez que poderá ser aplicada na melhoria do tratamento dos RSU, revertendo-se em benefícios diretos para a proteção do solo e dos corpos de água receptores dos efluentes gerados no processo de decomposição de resíduos;
- Operacional e financeiro: uma vez que poderá reduzir os custos das unidades de destinação final de RSU, além de disponibilizar critérios e parâmetros de projeto, obtidos para a realidade brasileira, possibilitando que as empresas de limpeza pública desenvolvam projetos mais otimizados.

O método adequado para aplicação da técnica de recirculação, independentemente do local onde será aplicada, deverá ser estabelecido em função de vários fatores, tais como:

- Condição atual do aterro sanitário (novo, em operação ou hibernado);

- As fontes de chorume;
- Metas do proprietário (biogás, recalques ou redução de matéria orgânica);
- Recurso financeiro e equipamento disponível;
- Interferência com operações de aterros sanitários;
- Atendimento a legislação vigente aplicável.



7. IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DE ÁREAS DE IMPLANTAÇÃO DO PROJETO, ALÉM DOS CUSTOS E ANÁLISE DE REGULARIDADE DA IMPLANTAÇÃO DESTE TIPO DE EMPREENDIMENTO PERANTE AS AUTORIDADES COMPETENTES.

O aterro sanitário possui sua área determinada dentro dos estudos e projetos apresentados ao órgão concedente. Não foi apresentado neste estudo a implantação do aterro sanitário em outra área, visto os custos que demandariam desta etapa já vencida para implantação desta atividade.

Deverão ser realizadas estudos e projetos técnicos para a ampliação da capacidade do aterro. Estes estudos deverão envolver a elaboração Estudos de Impacto Ambiental – EIA e o seu relatório, e apresentados ao Órgão ambiental para sua aprovação e emissão das licenças ambientais.

8. ESPECIFICAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DAS INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS A SEREM EMPREGADOS

As especificações da infraestrutura e equipamentos para a implantação, operação e encerramento do Aterro Sanitário encontram-se detalhado na planilha de Anexos ao Caderno III com a descrição dos mesmos e sua empregabilidade.

9. ESTIMATIVAS DE CUSTO INDIVIDUAL DAS OBRAS DE ARQUITETURA, COMPLEMENTARES DE ENGENHARIA, PAISAGISMO E COMUNICAÇÃO VISUAL, MOBILIÁRIO E EQUIPAMENTOS PREVISTOS INCLUINDO A REFERÊNCIA UTILIZADA

As especificações das obras de arquiteturas e demais custos complementares, encontram-se detalhado na planilha de Anexos ao Caderno III com a descrição dos mesmos e sua empregabilidade.

A implantação do aterro sanitário deverá ser construída para operação pelo método por área, devendo ser aplicada toda a tecnologia ambiental sua aplicação e para obras de infraestrutura para estas atividades voltadas a prestação e serviços para a destinação final dos resíduos.



10. MODELO OPERACIONAL DA MANUTENÇÃO DA INFRAESTRUTURA E DOS EQUIPAMENTOS

O modelo operacional a ser desenvolvido neste trabalho segue as prioridades instituídas na política de gestão de resíduos adotado pela PNRS, segundo a qual todo e qualquer resíduo deve passar por tratamentos sendo encaminhado para o aterro, apenas o rejeito. Sendo assim, propomos planos operacionais para todas as etapas compreendidas desde a geração até a disposição final dos resíduos.

De acordo com Série de Publicações Temáticas do CREA-PR, Vol. II (2009), na operação de um aterro de disposição de resíduos devem ser observados aspectos relacionados:

- Plano de segregação de resíduos;
- Efetuar um controle da operação do aterro;
- Monitoramento do aterro.

10.1 Regras de operação

Na operação de um aterro sanitário, além dos cuidados já mencionados, deve-se:

- Aplicar diariamente sobre os resíduos depositados uma camada de, no mínimo, 0,20m de material inerte compactado;
- Cobrir o resíduo depositado, com uma camada de material inerte, com, no mínimo, 0,30m de espessura, se o mesmo permanecer por mais de uma semana sem a superposição de uma nova camada de resíduo;
- Taludes finais do aterro devem apresentar uma inclinação de 1 (V):3 (H).
- Existência de um técnico capacitado, encarregado do controle e fiscalização da operação com pleno conhecimento dos resíduos a serem dispostos, bem como das áreas de disposição;
- Demarcação dos locais para recebimento, estocagem e disposição de cada resíduo;
- Sistema de registro e mapeamento de resíduos disposto, bem como dos locais de disposição.



- Controle das águas superficiais através de análises físico-químicas e bacteriológicas em pontos determinados tecnicamente, a montante e a jusante do aterro;
- Monitoramento das águas subterrâneas através de poços de monitoramento, construídos com base na NBR 15495-1/2007, a montante e a jusante no sentido do fluxo do escoamento preferencial do lençol freático, para verificar a eficiência dos dispositivos de impermeabilização;
- Controle da qualidade do chorume após o tratamento, através de análises físico-químicas para caracterização do chorume;
- Controle da descarga de líquidos lixiviados no sistema de tratamento.
- O monitoramento geotécnico com inspeção visual, ou por aparelhos, de indícios de erosão e trincas e fissuras na camada de cobertura ou qualquer outro sinal do movimento da massa de resíduos.
- Compactação das camadas de cobertura intermediária, com trator de esteiras de baixo para cima, realizando de três a cinco passadas sobre cada camada de resíduos

11. MODELO DE NEGÓCIOS E DE SERVIÇOS PARA ATERROS SANITÁRIOS

Os modelos para negócios de serviços de tratamento de aterro sanitários, não abstém da prestação de serviços públicos que envolvam a implantação da infraestrutura necessária para a prestação dos serviços.

Atualmente o mercado para a prestação de serviços e terceirização aplicadas pelos modelos de negócios BOT, BOO, AOT e O&M.

Cada projeto tem suas próprias características e especificidades, mas, no geral, o que atraem estas empresas são as vantagens oferecidas pelos modelos de negócio que as prestadoras de serviço oferecem que ajudam a viabilizar melhor seus negócios.



11.1 Caracterização do modelo de negócio

Os modelos de negócio atuais que praticados pelo mercado para os projetos de tratamento de água e efluentes são o EPC, BOT, BOO, AOT, AOO e O&M.

- **EPC – Engineering, Procurement and Construction** (Engenharia, projeto e construção): O município contrata o projeto de instalação adquirindo materiais e serviços para construir por conta própria ou por subcontratação de partes do trabalho. O cliente assume o orçamento e o risco do projeto.
- **BOT – Build, Operate and Transfer** (Construir, operar e transferir): Transfere para a empresa privada todo o risco no processo de prospecção e operação, excluindo o município de investir recursos próprios. Todos os investimentos necessários a implementação, operacionalização e manutenção do sistema de tratamento dos resíduos é assumido pelo prestador do serviço.
- **BOO – Build, Operate and Own** (Construir, operar e permanecer proprietário): A empresa privada financia, constrói e toma posse do empreendimento. A diferença entre BOT e BOO é que a planta ao final do contrato fica em definitivo ao contratado, ou seja, não há transferência da planta ao cliente. A principal vantagem é que neste modelo o valor cobrado pela prestação de serviço é um pouco menor que o BOT, porém, assim que o contrato acaba o município fica sem a unidade de tratamento.
- **AOT – Acquire, Operate and Transfer** (Adquirir, Operar e transferir): A empresa privada investe em uma unidade já existente, projeta e implanta melhorias neste sistema, opera e mantém. Após a amortização é transferida ao cliente. Neste caso, uma das vantagens para o município é que, por ele não ter o know-how de operação, o negócio se torna algo muito viável, porque ele pode focar mais em seu core business.
- **AOO – Acquire, Operate and Own** (Adquirir, Operar e Permanecer proprietário): A unidade de tratamento está em operação e a empresa privada realiza o trabalho como no AOT. A diferença é que no final a contratada permanece com a planta.



- **O&M – Operation and Maintenance** (Operação e manutenção do sistema): A empresa privada faz a operação de tratamento da unidade que já existe e
- é responsável pelo seu funcionamento. A vantagem é que a empresa que contrata este serviço foca em sua especialidade de negócio.

O modelo ideal para a formalização de um contrato visando a implantação do aterro sanitário, é o BOT - Build, Operate and Transfer (Construir, Operar e Transferir).

12. DESCRIÇÃO DAS TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS PARA A PRESTAÇÃO DOS SERVIÇOS

O tratamento de Resíduos Sólidos pode ser compreendido como uma série de procedimentos físicos, químicos e biológicos que têm por objetivo diminuir a carga poluidora no meio ambiente, reduzir os impactos sanitários negativos do homem e o beneficiamento econômico do resíduo.

Na atualidade existem diversos tipos de tratamentos para os diferentes resíduos, no Brasil a tecnologia mais aplicada para a destinação dos resíduos sólidos são os aterros sanitários. Apesar de ser apontado como local ambientalmente adequado para disposição final de rejeitos, um aterro sanitário, independente do porte, apresenta pontos positivos e negativos.

Em contrapartida, os países desenvolvidos tiveram evoluções e inovações tecnológicas bastante significativas que acompanharam as necessidades energéticas, materiais e ambientais em resposta às demandas da população, seu crescimento, suas culturas e economias e tendo como base legislações claras e objetivas, implantadas progressivamente ao avanço das tecnologias, sensibilização social e educação de suas sociedades. Assim sendo, a Europa, os Estados Unidos e o Japão desenvolveram várias tecnologias para tratamento de resíduos sólidos urbanos.



12.1 Principais formas de tratamento dos Resíduos Sólidos

12.1.1 Usina de Triagem de Resíduos Sólidos

A usina de triagem ou então unidade de triagem é o conjunto de edificações destinadas ao manejo dos materiais provenientes da coleta de resíduos domiciliares ou a eles assemelhados (papeis, plásticos, metais). O processo de segregação e triagem sucede as operações de coleta e transporte. O objetivo final de instalação é a preparação dos materiais para encaminhamento as indústrias de reciclagem.

A coleta dos resíduos pode ser feita de forma convencional e descarregada na usina para separação, ou então, o município já possui a coleta seletiva, onde o próprio gerador faz a separação do que é reciclável, passando pela triagem a separação dos materiais por suas características específicas. No Brasil os programas de coleta seletiva são geralmente subsidiados pelo poder público, e se faz necessário no mínimo, o programa apresentar escala de produção, regularidade na entrega e na coleta, e um mercado de aproveitamento desses materiais recicláveis.

Após a coleta, os materiais são transportados para as unidades de triagem, onde ocorrerá a separação, a limpeza e enfardamento dos materiais que possam ser comercializados. Essas unidades são equipadas com esteiras, prensas e uma equipe de colaboradores.

A correta concepção dessas unidades, principalmente no que diz respeito ao adequado dimensionamento dos espaços a serem utilizados, bem como dos equipamentos necessários para a pesagem, enfardamento e movimentação, são de fundamental importância para que os trabalhadores possam exercer essas atividades de maneira mais produtiva.

A unidade é dimensionada para atender uma parcela dos resíduos gerados pela população urbana nos municípios, tais como: papel, papelão, metais, vidros e plásticos. Na concepção do projeto arquitetônico as instalações e os espaços que definem suas interrelações, são consideradas as etapas básicas do processamento desses materiais:

- Recebimento e estocagem dos materiais a triar;
- Triagem primária dos recicláveis e descarte dos rejeitos inaproveitáveis;



- Transporte interno dos materiais;
- Triagem secundária de alguns materiais
- Acondicionamento temporário de materiais triados;
- Prensagem e enfiamento dos recicláveis triados;
- Estocagem final dos fardos de recicláveis em pilhas
- Setor de expedição.

Entre os vários aspectos positivos da reciclagem destacam-se a preservação de recursos naturais, economia de energia, geração de trabalho e renda, e conscientização da população para as questões ambientais.

Imagem 05: Modelo usina de triagem.



Fonte: Dados do autor, 2022.



12.1.2 Destinação resíduos recicláveis no município de Vargem Grande/MA.

Os resíduos sólidos gerados no município de Vargem Grande/MA, serão destinados para a usina de triagem, quando após a segregação dos resíduos, serão, posteriormente, comercializados.

A reciclagem é uma alternativa de renda para diversas pessoas no país, em que os catadores encontram possibilidades de trabalho através da coleta desses materiais recicláveis.

Por fim, recomenda-se que a empresa vencedora da concorrência organize os catadores em cooperativas. Os sistemas de cooperativas não têm apenas função econômica e ambiental, mas também social com a inclusão e resgate da cidadania.

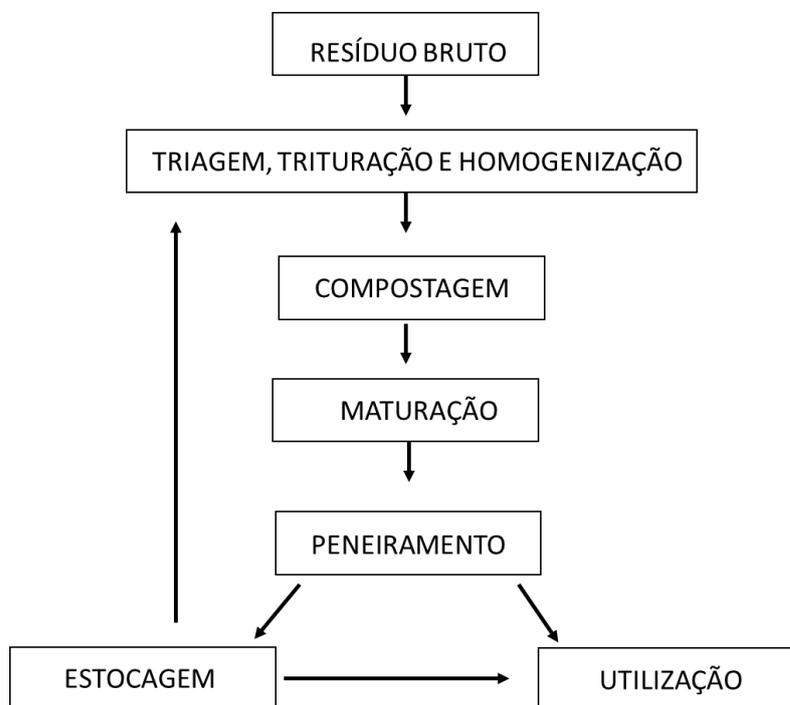
12.1.3 Compostagem

A compostagem é um processo natural de decomposição biológica de materiais orgânicos, aqueles que possuem carbono em sua estrutura, de origem animal e vegetal, pela ação de microrganismos. Para que ele ocorra não é imprescindível a adição de qualquer componente físico ou químico a massa do lixo.

O lixo destinado a compostagem é aquele proveniente da coleta domiciliar, rico em cascas de frutas, de verduras e restos de alimentos, podendo conter também folhagens, podas de arvores que são importantes na produção de compostos orgânicos.



Figura 3: Fluxograma típico de um processo de compostagem



Fonte: Shaub e Leonard, 1996, p.263)

A NBR 13591/2010 da ABNT define Usina ou Unidade de Compostagem como uma instalação dotada de pátio de compostagem e conjunto de equipamentos eletromecânicos destinados a promover e/ou auxiliar o tratamento das frações orgânicas dos resíduos domiciliares. Adicionalmente, na unidade de compostagem é necessário também implantar a instalação da drenagem de líquidos bem como a canalização do lixiviado produzido pelas leiras, ao longo do processo de degradação, para um sistema de tratamento.

Os principais parâmetros a serem observados durante a compostagem são a aeração e a umidade. A aeração é necessária para a atividade biológica e, em níveis adequados, possibilita a decomposição da matéria orgânica de forma mais rápida, sem odores ruins, em virtude da granulometria e da umidade dos resíduos. Já o teor de umidade dos resíduos depende da sua granulometria, porosidade e grau de compactação.

Os principais tipos de compostagem são:

- Compostagem artesanal;
- Compostagem com reviramento mecânico;



- Compostagem em pilhas estáticas com aeração forçada;
- Compostagem em recintos fechados com aeração forçada.

O processo de compostagem resulta em adubo que pode ser usado em plantações, gerando lucro para a associação, empresa ou município que será responsável pela comercialização.

Alguns fatores devem ser avaliados quando se pretender instalar uma unidade de compostagem, elencados da seguinte forma:

- Existência de mercado consumidor para o composto orgânico;
- Existência de um serviço de coleta eficiente para orgânico e reciclável;
- Disponibilidade de recursos para fazer frente aos investimentos iniciais;
- Disponibilidade de área suficiente para instalar a usina de reciclagem e o pátio de compostagem;
- Economia do processo deve ser avaliada;
- Disponibilidade de pessoal em nível técnico para operar o empreendimento.

12.1.4 Aterro Sanitário

De acordo com a ABNT NBR 8.419/92, o aterro sanitário é uma forma de disposição de resíduos no solo sem causar danos a saúde pública e a sua segurança, reduzindo impactos ambientais. Este método confina os resíduos sólidos na menor área possível, cobrindo – os com uma camada de terra.

Segundo a NBR 15.849/2010, os aterros sanitários consistem em uma instalação para a disposição de resíduos sólidos no solo, localizada, concebida, implantada e monitorada segundo princípios de engenharia e prescrições normalizadas, de modo a maximizar a quantidade de resíduos disposta e minimizar impactos ao meio ambiente e à saúde pública.

Assim, o aterro sanitário, cuja utilização vem se expandindo no Brasil, é a tecnologia universal de disposição final de resíduos sólidos urbanos, imprescindível, mesmo nos países onde existem outras tecnologias de tratamento, como incineração, compostagem, reciclagem são utilizadas.



Atualmente, para se cumprir o que determina a PNRS, antes de encaminhar os resíduos sólidos ao aterro sanitário, deve-se primeiramente reciclá-los, tratá-los e/ou reutilizá-los, visando prolongar sua vida útil. Assim, devem ser enviados para o aterro sanitário apenas rejeitos, que são os resíduos que não podem ser mais recuperados sob nenhuma forma, ou ainda, aqueles para os quais não existe mercado.

Em um aterro sanitário, existem diversos elementos que devem ser projetados e planejados com base em critérios de engenharia, tais como sistema de impermeabilização de base, sistema de drenagem de águas superficiais, drenagem de líquidos e gases gerados na decomposição da massa de resíduos, sistema de cobertura dos resíduos, unidades de tratamento de lixiviados e outros. Esse conjunto de sistemas e unidades visa garantir a segurança do aterro, o controle de efluentes líquidos, a redução das emissões gasosas, bem como a redução de riscos à saúde da população, garantindo assim o correto recebimento e tratamento dos resíduos, com menor impacto ambiental e proteção da saúde pública. A concepção de cada um desses elementos depende do tipo de aterro, das características dos resíduos, do terreno, etc.

A disposição dos resíduos em aterros obedece à classificação regulamentada pelas normas brasileiras. Os resíduos que podem ser dispostos nos aterros sanitários são aqueles considerados não perigosos, ou seja, resíduos Classe IIA e Classe IIB. Os resíduos de Classe IIA são aqueles considerados não inertes e que podem possuir as propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água (por exemplo: matéria orgânica e papel), enquanto os resíduos de Classe IIB são considerados inertes, e correspondem àqueles que quando amostrados de forma representativa e submetidos ao contato 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 (exemplo: vidros, plásticos e borrachas) regulamentados pela NBR nº 10.004/04. Embora seja resíduos Classe IIB, os Resíduos da Construção Civil não podem ser dispostos em aterros sanitários.



De acordo com as normas brasileiras, para atender a Política Nacional de Resíduos Sólidos, podem ser empregados aterros sanitários com ou sem geração de energia e aterros sanitários de pequeno porte. Os aterros sanitários são normatizados pela NBR 8419/1984 e têm como finalidade prevenir danos à saúde pública, minimizando ainda os impactos ambientais decorrentes da disposição dos resíduos. Para tanto, são utilizadas técnicas de confinamento de modo a reduzir os resíduos ao menor volume permissível, ocupando a menor área possível, executadas segundo critérios específicos de engenharia. Diariamente, a área das células de resíduos é coberta na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário.

12.1.5 Unidades de Transbordo

Estação de transferência ou unidades de transbordo é uma instalação destinada a receber resíduos de forma temporária. É utilizada para armazenar o material da coleta antes de transferi-lo definitivamente para o seu destino final, que usualmente são os aterros sanitários. Portanto, a estação de transferência funciona como uma espécie de entreposto entre a fonte geradora e a disposição final dos resíduos.

Existem dois tipos de estações de transferência de resíduos:

- Estação com transbordo direto: A carga dos caminhões utilizados nos serviços de coleta é despejada diretamente na caçamba do veículo utilizado para o transporte até o aterro sanitário. Para permitir essa operação, a estação de transferência é construída em dois níveis.

O nível mais elevado é destinado aos caminhões de coleta e o nível mais baixo aos veículos maiores, responsáveis pelo transporte final.

- Estação com armazenamento: Permite que o resíduo seja armazenado para posterior transporte até o aterro sanitário. Quando utilizada de forma estratégica, a estação de transferências ajuda a tornar o transporte de resíduos mais rápido, seguro e econômico.



Figura 04: Estação de Transbordo



Fonte: Google Imagens.

Uma das principais vantagens da unidade de transbordo é otimizar e reduzir o tempo de deslocamento dos caminhões compactadores que realizam a coleta até o ponto de destinação final. No caso da regional de Vargem Grande é permitir que o transporte dos municípios mais distantes seja até a estação de transbordo, sendo a concessionária responsável pelo transporte até a destinação final.

13. PROGRAMAS SOCIOAMBIENTAIS

13.1 Programa de Educação Ambiental

A Educação Ambiental compreende os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente. É um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada em todos os níveis e modalidades do processo educativo. A Política Nacional de Educação Ambiental é regida pela lei n.º 9795, de 27 de abril de 1999.

São objetivos da Educação Ambiental:

- O desenvolvimento de uma compreensão integrada do meio ambiente em suas múltiplas e complexas relações, envolvendo aspectos ecológicos, psicológicos, legais, políticos, sociais, econômicos, científicos, culturais e éticos;
- A garantia de democratização das informações ambientais;
- O estímulo e o fortalecimento de uma consciência crítica sobre a problemática ambiental e social;



- O incentivo a participação individual e coletiva, permanente e responsável, na preservação do equilíbrio do meio ambiente;
- O estímulo a cooperação entre as diversas regiões do país, com vistas a construção de uma sociedade ambientalmente equilibrada, fundada nos princípios da liberdade, igualdade, solidariedade, democracia, justiça social, responsabilidade e sustentabilidade;
- O fortalecimento da cidadania, autodeterminação da integração com a ciência e a tecnologia.

A concessionária deverá executar Programa de Educação Ambiental, durante todo o período da Concessão e com cronograma pré-definido.

O principal objetivo do programa é promover ações educativas que visem capacitar e habilitar setores sociais diretamente afetados pelo Aterro Municipal, como da comunidade como um todo, visando a melhoria na qualidade socioambiental e de vida da população.

Para atender o objetivo a concessionária vai atingir as seguintes metas a curto e longo prazo:

- Elaborar programa para execução até o fim da concessão;
- Desenvolver nas escolas projetos de educação ambiental em conjunto com professores e alunos;
- Produzir e divulgar materiais educativos;
- Receber visitas de alunos, professores e comunidade em geral no aterro sanitário;
- Participação em eventos, workshops, exposições sobre meio ambiente.

13.2 Projeção de demanda para utilização das estruturas de operação para os serviços a serem concessionados.

13.2.1 Dimensionamento do Estudo Demográfico

O Estudo Demográfico do Município de Vargem Grande no Estado do Maranhão tem por objetivo subsidiar o projetista em relação a população a ser atendida que deverá ser considerada no programa de resíduos sólidos.



Consiste basicamente na projeção da população do município ao longo do período de projeto, efetuada com base nos seguintes dados: dados históricos do Datapédia.info do ano de 1991, dados históricos obtidos dos censos efetuados pelo IBGE em 2000 e 2010, e na estimativa populacional do IBGE para o município no ano de 2021.

13.2.2 Definição do Horizonte de Projeto

O Horizonte de Projeto adotado foi de 30 anos – período de 2023 a 2052.

13.2.3 Análise das Projeções Populacionais

Para a análise das projeções populacionais foram realizados estudos através de dados históricos do IBGE. Através dos dados pesquisados analisou-se o comportamento da evolução do crescimento populacional nos últimos anos, bem como a tendência de crescimento para o horizonte de projeto.

13.3 Evolução Populacional Urbana de Acordo com os Censos do IBGE

A Tabela a seguir apresenta a evolução populacional do município de Vargem Grande para os anos de 1991, 2000, 2010, e a estimativa da população para 2021, de acordo com os censos efetuados, pelo IBGE e dados históricos do Datapédia.info.

Tabela 03: Dados de população urbana e ano para Vargem Grande/MA

| Ano | População |
|------|-----------|
| 1991 | 12.194 |
| 2000 | 17.116 |
| 2010 | 26.687 |
| 2022 | 26.157 |

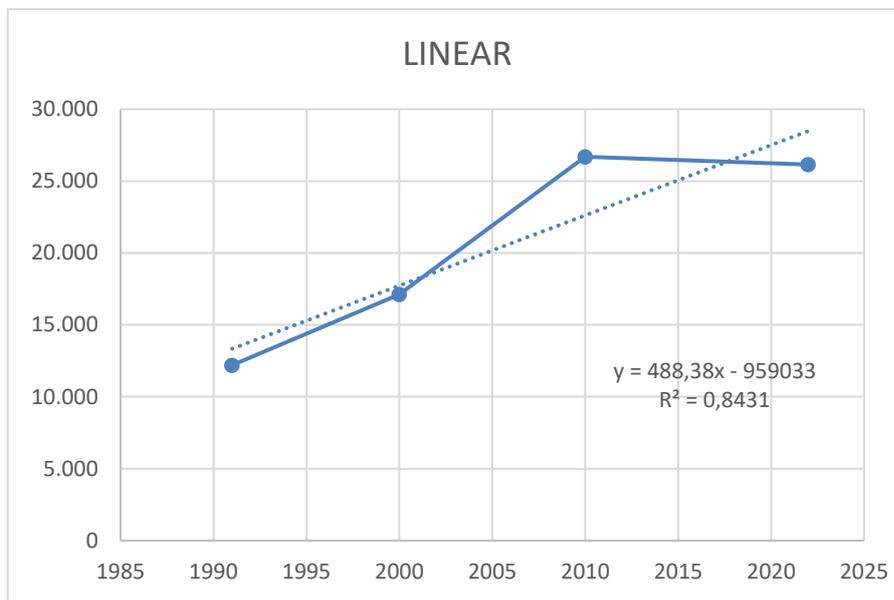
Fonte: IBGE. Censo Demográfico, 2010 e Datapédia.info



13.4 Análise de Dados

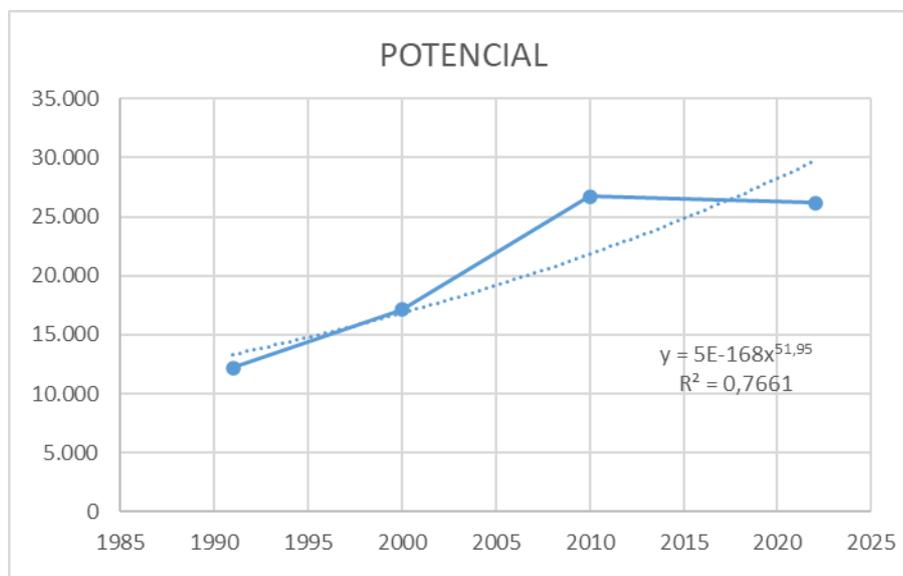
A partir de dados extraídos do datapédia.info para o ano de 1991 e dos censos do IBGE (períodos de 2000, 2010 e da estimativa feita pelo IBGE para o ano de 2022), buscou-se encontrar a equação da curva que melhor representasse a tendência de crescimento populacional verificada no município.

Gráfico 01: Curva Linear



Fonte: Elaborado pelo autor.

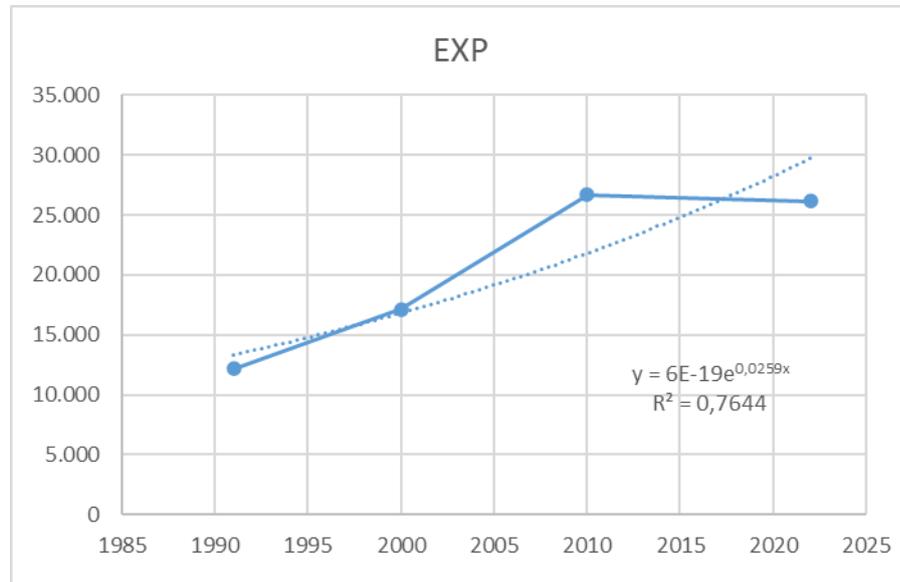
Gráfico 02: Curva Potencial





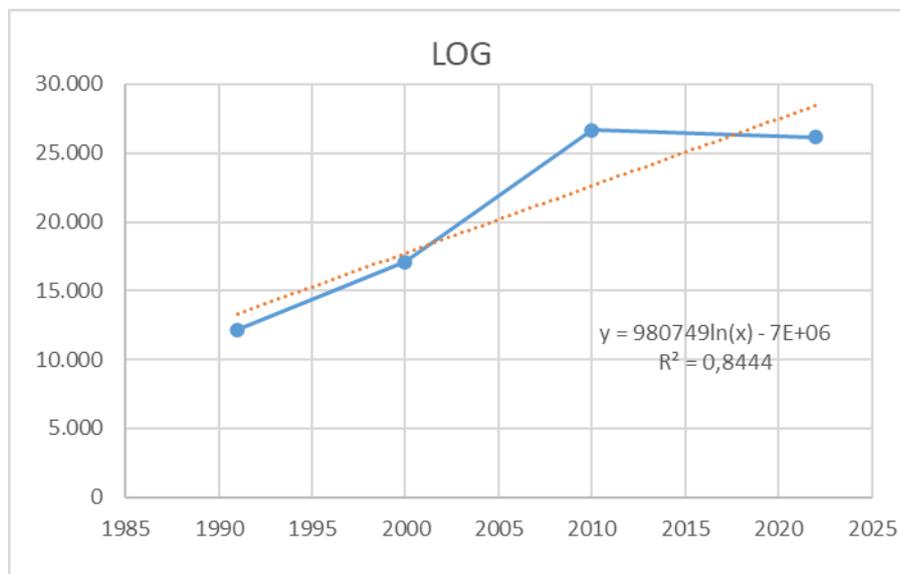
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 03: Curva Exponencial



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 04: Curva Logarítmica



Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir das equações obtidas faz-se a projeção populacional para o período de projeto.



Tabela 04: Dados populacionais no período de projeto

| População Urbana | | | | |
|------------------|--------|-----------|-------------|-------------|
| Ano | linear | potencial | exponencial | logarítmica |
| 2022 | 28.471 | 27.183 | 33.271 | 465.307 |
| 2023 | 28.960 | 27.890 | 34.144 | 465.792 |
| 2024 | 29.448 | 28.616 | 35.040 | 466.276 |
| 2025 | 29.937 | 29.360 | 35.959 | 466.761 |
| 2026 | 30.425 | 30.122 | 36.903 | 467.245 |
| 2027 | 30.913 | 30.905 | 37.871 | 467.729 |
| 2028 | 31.402 | 31.707 | 38.865 | 468.213 |
| 2029 | 31.890 | 32.529 | 39.884 | 468.696 |
| 2030 | 32.378 | 33.373 | 40.931 | 469.179 |
| 2031 | 32.867 | 34.237 | 42.005 | 469.662 |
| 2032 | 33.355 | 35.124 | 43.107 | 470.145 |
| 2033 | 33.844 | 36.034 | 44.238 | 470.628 |
| 2034 | 34.332 | 36.966 | 45.399 | 471.110 |
| 2035 | 34.820 | 37.922 | 46.590 | 471.592 |
| 2036 | 35.309 | 38.902 | 47.813 | 472.074 |
| 2037 | 35.797 | 39.907 | 49.067 | 472.556 |
| 2038 | 36.285 | 40.938 | 50.354 | 473.037 |
| 2039 | 36.774 | 41.995 | 51.676 | 473.518 |
| 2040 | 37.262 | 43.078 | 53.032 | 473.999 |
| 2041 | 37.751 | 44.189 | 54.423 | 474.480 |
| 2042 | 38.239 | 45.328 | 55.851 | 474.960 |
| 2043 | 38.727 | 46.496 | 57.316 | 475.440 |
| 2044 | 39.216 | 47.693 | 58.820 | 475.920 |
| 2045 | 39.704 | 48.920 | 60.364 | 476.400 |
| 2046 | 40.192 | 50.178 | 61.948 | 476.879 |
| 2047 | 40.681 | 51.469 | 63.573 | 477.358 |
| 2048 | 41.169 | 52.791 | 65.241 | 477.837 |
| 2049 | 41.658 | 54.147 | 66.953 | 478.316 |
| 2050 | 42.146 | 55.537 | 68.709 | 478.795 |
| 2051 | 42.634 | 56.962 | 70.512 | 479.273 |
| 2052 | 43.123 | 58.423 | 72.362 | 479.751 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

13.5 Seleção da Taxa de Crescimento Populacional

Na análise do crescimento populacional do município avaliou-se a evolução populacional ao longo do período de projeto, considerando-se as tendências de crescimento de cada uma das curvas de projeção.



Para se ter uma melhor ideia de qual tendência de crescimento populacional a ser escolhida, apresenta-se a seguir um quadro resumo que reúne todas as tendências de crescimento, encontrados através da avaliação de dados históricos. Desta forma, pode-se comparar e analisar os resultados obtidos e escolher a tendência que melhor represente o crescimento populacional para o município dentre aquelas estudadas.

Tabela 05: Resumo das tendências populacionais

| Dados | Curva | População Urbana Projetada | | R ² |
|--------------------|-------------|----------------------------|---------|----------------|
| | | 2022 | 2052 | |
| Vargem Grande - MA | Linear | 28.471 | 43.123 | 0,8431 |
| | Potencial | 27.183 | 58.423 | 0,7661 |
| | Exponencial | 33.271 | 72.362 | 0,7644 |
| | Logarítmica | 465.307 | 479.751 | 0,8444 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando o resultado da aplicação das respectivas taxas de crescimento tem-se um indicativo de que as taxas Exponencial e Potencial são as que melhor se assemelham a taxa real de crescimento do Município.

Para a escolha da curva que melhor representa o crescimento do município, analisamos o percentual de crescimento da população dos 30 anos anteriores em que a população cresceu 114,5% entre o período de (1991 e 2022), sendo que a curva potencial é que apresenta o crescimento populacional semelhante para o período dos próximos 30 anos (2022 a 2052).

A definição de uso da taxa Potencial vem ao se verificar as projeções para as outras taxas (linear, potencial e logarítmica), onde as mesmas não refletem de forma satisfatória o crescimento populacional do município, embora possuam R² alto. Portanto, a taxa de crescimento escolhida será a Potencial.



CRI COLETA E INDUSTRIALIZAÇÃO DE RESÍDUOS

| ANO | | POPULAÇÃO URBANA | % CRESCIMENTO POP. | POPULAÇÃO PROJETADA | Kg/hab/dia 0,51 | PROJEÇÃO TONELADAS RESÍDUOS MENSAL | PROJEÇÃO TONELADAS ANUAL | PROJEÇÃO TONELADAS RESÍDUOS ANUAL ACUMULADA | ton/m ³ 0,68 | PROJEÇÃO VOLUME RESÍDUOS ANUAL | PROJEÇÃO VOLUME RESÍDUOS ANUAL ACUMULADA |
|---|------|------------------|--------------------|---------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------|---|----------------------------|--------------------------------|--|
| BASE | 2022 | 180343 | | | 2.797,58 | | | | | | |
| ano 1 | 2023 | 183922 | 1,98% | 3.579 | | 2.853,09 | 34.237,09 | 34.237,09 | | 50.348,66 | 50.348,66 |
| ano 2 | 2024 | 187576 | 1,99% | 3.654 | | 2.909,77 | 34.917,29 | 69.154,38 | | 51.348,96 | 101.697,62 |
| ano 3 | 2025 | 191307 | 1,99% | 3.731 | | 2.975,78 | 35.709,40 | 104.863,78 | | 52.513,82 | 154.211,44 |
| ano 4 | 2026 | 195117 | 1,99% | 3.810 | | 3.026,75 | 36.321,05 | 141.184,83 | | 53.413,31 | 207.624,75 |
| ano 5 | 2027 | 199008 | 1,99% | 3.891 | | 3.087,11 | 37.045,27 | 178.230,10 | | 54.478,34 | 262.103,09 |
| ano 6 | 2028 | 202981 | 2,00% | 3.973 | | 3.148,74 | 37.784,83 | 216.014,93 | | 55.565,93 | 317.669,02 |
| ano 7 | 2029 | 207038 | 2,00% | 4.057 | | 3.220,47 | 38.645,67 | 254.660,60 | | 56.831,87 | 374.500,89 |
| ano 8 | 2030 | 211181 | 2,00% | 4.143 | | 3.275,95 | 39.311,39 | 293.971,99 | | 57.810,86 | 432.311,75 |
| ano 9 | 2031 | 215413 | 2,00% | 4.232 | | 3.341,59 | 40.099,10 | 334.071,09 | | 58.969,27 | 491.281,02 |
| ano 10 | 2032 | 219735 | 2,01% | 4.322 | | 3.408,63 | 40.903,60 | 374.974,69 | | 60.152,36 | 551.433,37 |
| ano 11 | 2033 | 224149 | 2,01% | 4.414 | | 3.486,63 | 41.839,59 | 416.814,28 | | 61.528,80 | 612.962,18 |
| ano 12 | 2034 | 228657 | 2,01% | 4.508 | | 3.547,04 | 42.564,50 | 459.378,78 | | 62.594,85 | 675.557,02 |
| ano 13 | 2035 | 233262 | 2,01% | 4.605 | | 3.618,47 | 43.421,68 | 502.800,45 | | 63.855,41 | 739.412,43 |
| ano 14 | 2036 | 237965 | 2,02% | 4.703 | | 3.691,44 | 44.297,23 | 547.097,69 | | 65.142,99 | 804.555,42 |
| ano 15 | 2037 | 242770 | 2,02% | 4.804 | | 3.776,28 | 45.315,38 | 592.413,07 | | 66.640,27 | 871.195,69 |
| ano 16 | 2038 | 247677 | 2,02% | 4.908 | | 3.842,09 | 46.105,12 | 638.518,19 | | 67.801,65 | 938.997,34 |
| ano 17 | 2039 | 252690 | 2,02% | 5.013 | | 3.919,86 | 47.038,33 | 685.556,52 | | 69.174,02 | 1.008.171,36 |
| ano 18 | 2040 | 257812 | 2,03% | 5.121 | | 3.999,30 | 47.991,64 | 733.548,16 | | 70.575,95 | 1.078.747,30 |
| ano 19 | 2041 | 263043 | 2,03% | 5.232 | | 4.091,64 | 49.099,67 | 782.647,83 | | 72.205,40 | 1.150.952,70 |
| ano 20 | 2042 | 268388 | 2,03% | 5.345 | | 4.163,37 | 49.960,43 | 832.608,26 | | 73.471,22 | 1.224.423,91 |
| ano 21 | 2043 | 273848 | 2,03% | 5.460 | | 4.248,07 | 50.976,85 | 883.585,11 | | 74.965,96 | 1.299.389,87 |
| ano 22 | 2044 | 279427 | 2,04% | 5.578 | | 4.334,61 | 52.015,29 | 935.600,40 | | 76.493,07 | 1.375.882,94 |
| ano 23 | 2045 | 285126 | 2,04% | 5.699 | | 4.435,14 | 53.221,65 | 988.822,05 | | 78.267,13 | 1.454.150,07 |
| ano 24 | 2046 | 290949 | 2,04% | 5.823 | | 4.513,35 | 54.160,21 | 1.042.982,25 | | 79.647,37 | 1.533.797,43 |
| ano 25 | 2047 | 296899 | 2,04% | 5.950 | | 4.605,65 | 55.267,74 | 1.098.250,00 | | 81.276,09 | 1.615.073,53 |
| ano 26 | 2048 | 302978 | 2,05% | 6.079 | | 4.699,95 | 56.399,38 | 1.154.649,38 | | 82.940,26 | 1.698.013,79 |
| ano 27 | 2049 | 309190 | 2,05% | 6.212 | | 4.809,45 | 57.713,36 | 1.212.362,74 | | 84.872,58 | 1.782.886,38 |
| ano 28 | 2050 | 315537 | 2,05% | 6.347 | | 4.894,77 | 58.737,18 | 1.271.099,92 | | 86.378,21 | 1.869.264,58 |
| ano 29 | 2051 | 322023 | 2,06% | 6.486 | | 4.995,37 | 59.944,49 | 1.331.044,41 | | 88.153,67 | 1.957.418,25 |
| ano 30 | 2052 | 328650 | 2,06% | 6.627 | | 5.098,18 | 61.178,20 | 1.392.222,61 | | 89.967,94 | 2.047.386,19 |
| MÉDIA PROJETADA MENSAL | | | | | | 3.867,29 | | | | | |
| TONELADAS PROJETADA PARA 30 ANOS | | | | | | | 1.392.222,61 | | | | |

NOTA: População Urbana, IBGE 2010
 Resíduos, Prefeitura Vargem Grande e região - Maranhão
 Implantação no Ano 1
 Operação Ano 2 ao Ano 30 (TOTAL 30 anos)
 Densidade resíduo aterrado = 0,68 ton/m³



14. IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS RISCOS DO PROJETO: ANALISAR OS POSSÍVEIS RISCOS, INCLUSIVE DE DEMANDA, INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E AMBIENTAIS

A terceirização dos serviços públicos, em forma de concessão ou Parcerias Público – Privadas, envolve uma multiplicidade de fatores que contribuem nos desequilíbrios econômico-financeiros das concessões de serviços públicos, dos quais, a título de exemplo, podemos citar a ausência de regulação do serviço prestado, interferência de interesses políticos na execução do Contrato ou na fixação das tarifas e deficiências na elaboração do planejamento da concessão, entre outros.

Estes riscos podem ser diminuídos dentro da concessão a ser executada, com ações que visem criar incentivos para as partes protegerem o cerne da concessão, maximizando as chances de ocorrência dos eventos que são benéficos ao seu cumprimento e minorando as chances de ocorrência dos eventos que o perturbam. Esses incentivos são criados pela alocação às partes dos riscos relativos aos eventos, de forma mais equânime. A seguir é apresentada a matriz de risco para a prestação de serviço.



CRI COLETA E INDUSTRIALIZAÇÃO DE RESÍDUOS

| Alocação de Riscos | Autoridade fiscalizadora do contrato | Prefeitura Municipal de Vargem Grande/MA | Operador privado |
|--|---|---|-------------------------|
| Risco pelo descasamento entre os índices de REAJUSTE e a perda inflacionária anual: A Prefeitura Municipal é responsável pelas diferenças apuradas entre os índices que compõem a fórmula de REAJUSTE e a inflação apurada no período de 12 (doze) meses. | | X | |
| Risco pelos custos ocorridos na fase PRÉ-OPERACIONAL: O Operador é responsável integralmente por quaisquer custos ocorridos na FASE PRÉ-OPERACIONAL, relativos à prestação dos SERVIÇOS, bem como pelas compras, entradas e saídas de materiais, físicas ou contábeis, relativos aos serviços na FASE PRÉ-OPERACIONAL. | | | X |
| Risco de disponibilidade dos recursos financeiros próprios e de terceiros: O Operador é responsável pela obtenção dos recursos financeiros necessários à prestação dos serviços públicos objeto da CONCESSÃO. | | | X |
| Risco pelo descumprimento do cronograma de investimentos: O operador é responsável pela realização dos investimentos para implantação e operação dos SERVIÇOS, após a disponibilização das autorizações de acesso e de uso de áreas públicas, dentro e fora do território do município. | | | X |



CRI COLETA E INDUSTRIALIZAÇÃO DE RESÍDUOS

| | | | |
|---|----------|----------|----------|
| Risco de demanda: O Operador é responsável pelas variações ordinárias, para mais ou para menos, das receitas da concessão. Não é responsabilidade da Operadora as variações extraordinárias de receitas, especialmente decorrentes de CASO FORTUITO ou FORÇA MAIOR e, ainda, de FATOS IMPREVISTOS. | | | X |
| Risco pela inadimplência do pagamento das TARIFAS e/ou dos preços dos SERVIÇOS COMPLEMENTARES: A Prefeitura responsável integralmente pelo não pagamento, por parte dos USUÁRIOS, das TARIFAS e dos preços dos SERVIÇOS COMPLEMENTARES, competindo-lhe adotar as providências para cobrança e/ou suspensão dos SERVIÇOS. | | X | |
| Risco de execução das obras: A execução, manutenção e conformidade das obras necessárias à prestação dos SERVIÇOS, incluindo os custos de mão de obra, de aluguel de máquinas e equipamentos, e de outros insumos, serão de inteira responsabilidade do Operador, exceto se a variação de custos for relevante e decorrer de CASO FORTUITO OU FORÇA MAIOR ou FATOS IMPREVISTOS, onde deverão ser revistas as tarifas referentes a prestação de serviço. | | | X |
| Risco de inadequação na prestação dos serviços: O Operador é responsável pela prestação dos SERVIÇOS em conformidade com o disposto no CONTRATO e, cumprimento avaliado através dos Indicadores de Desempenho. | X | | |



CRI COLETA E INDUSTRIALIZAÇÃO DE RESÍDUOS

| | | | |
|---|--|----------|----------|
| Risco por efeitos de atos e fatos ocorridos antes da DATA DE ASSUNÇÃO. A Prefeitura Municipal responderá, integral e exclusivamente, por quaisquer questões relativas a atos ou fatos anteriores à DATA DE ASSUNÇÃO, ainda que verificados após a referida data. | | X | |
| Risco relativo a não obtenção das licenças ambientais prévias: O operador é responsável pela obtenção das licenças ambientais prévias, nos prazos estipulados. | | | X |
| Risco relativo a não obtenção das licenças de instalação e operação: O Operador será a única responsável pela obtenção das licenças de instalação e de operação, tendo a Prefeitura sua vez, a obrigação de contribuir com todos os documentos, informações e providências necessárias ao seu alcance para o licenciamento. | | | X |
| Risco relativo a passivos ambientais originados antes da DATA DE ASSUNÇÃO: A Prefeitura será o único responsável pelo passivo ambiental originado previamente à DATA DE ASSUNÇÃO, devendo manter o Operador isento de qualquer responsabilidade. | | X | |
| Risco relativo a passivos ambientais originados após a DATA DE ASSUNÇÃO que precisem ser solucionados em prazos ou condições diferentes daqueles fixados no CONTRATO: A Prefeitura Municipal responde por eventual determinação de autoridade ambiental e/ou de outros órgãos de fiscalização ou do Poder Judiciário que determinem a | | X | |



CRI COLETA E INDUSTRIALIZAÇÃO DE RESÍDUOS

| | | | |
|---|----------|----------|----------|
| solução de passivos ambientais em prazos ou condições diferentes daqueles fixados no contrato. | | | |
| Risco relativo a passivos ambientais originados após a DATA DE ASSUNÇÃO decorrentes de ações ou omissões dolosas ou com culpa grave do Operador: O Operador é responsável por reparar integralmente o dano ambiental que tenha causado de forma dolosa ou com culpa grave. | | | X |
| Risco de descobertas arqueológicas: Eventuais atrasos na execução das obras em vista das exigências do órgão competente relativas às descobertas arqueológicas, bem como os custos adicionais incorridos para o atendimento dessas exigências e/ou a perda de receitas correspondente, serão objeto de reequilíbrio econômico-financeiro em favor do Operador. | | X | |
| Risco de modificação das especificações nos serviços: Na hipótese do CONCEDENTE, ou qualquer outra entidade pública ou privada a que os SERVIÇOS estejam ou venham a estar submetidos, determinar modificações nas especificações técnicas da prestação dos SERVIÇOS, ou exigir Indicadores de Desempenho mais rigorosos para prestação e manutenção dos SERVIÇOS, em relação ao previsto no CONTRATO e seus Anexos, que acarretem encargos adicionais para o Operador, as modificações financeiras e de cronograma decorrentes de tais | X | | |



CRI COLETA E INDUSTRIALIZAÇÃO DE RESÍDUOS

| | | | |
|--|--|----------|--|
| alterações serão objeto de reequilíbrio econômico-financeiro do CONTRATO. | | | |
| Risco de decisão judicial ou arbitral que impeça ou suspenda a execução das obras e/ou a prestação dos serviços, ou que imponha novas especificações para a prestação dos serviços: Na hipótese de decisão judicial ou arbitral que impeça ou suspenda a execução das obras e/ou a prestação dos SERVIÇOS pelo operador, ou que imponha novas especificações para a prestação dos SERVIÇOS, A Prefeitura Municipal será responsável pelo atraso e eventual sobrecusto, por meio do procedimento de reequilíbrio econômico-financeiro do CONTRATO, salvo nos casos de responsabilidade exclusiva do Operador. | | X | |
| Risco de comoções sociais ou protestos públicos: Na ocorrência de comoções sociais ou protestos públicos que causem aumento de custos, perda de receitas, ou atrasem o cronograma de realização das obras e/ou a prestação dos SERVIÇOS. | | X | |



CRI COLETA E INDUSTRIALIZAÇÃO DE RESÍDUOS

| | | | |
|---|--|----------|----------|
| Risco de greve dos trabalhadores do Operador, e/ou de seus subcontratados: ocorrência de greves dos trabalhadores do Operador e/ou de seus subcontratados que impeçam a prestação dos SERVIÇOS, ou que causem atrasos e aumento de custos das obras, exceto se a greve for considerada ilegal por decisão judicial, caso em que Operador terá direito ao reequilíbrio econômico-financeiro. | | | X |
| Risco de alteração ou criação de novos encargos tributários: Na hipótese de o Poder Público alterar ou criar novos tributos, encargos legais ou isenções não existentes na data de publicação do Contrato, de maneira a aumentar ou reduzir os custos do Operador. Com exceção do Imposto de Renda e da Contribuição Social sobre o Lucro Líquido, em que o risco fica alocado ao Operador. | | X | |
| Risco de alteração legislativa ou regulatória: ocorrência de alterações legislativas ou regulatórias após a publicação do Contrato, no âmbito de qualquer ente federativo, que afetem diretamente os encargos e custos para a realização das obras e/ou prestação dos SERVIÇOS pelo Operador. | | X | |
| Risco de Caso Fortuito ou Força Maior ou Fatos Imprevistos: ocorrência de eventos de CASO FORTUITO ou FORÇA MAIOR ou FATOS IMPREVISTOS que causem perdas ou danos aos ativos do Operador, perda de receitas, atrasos na realização das obras e/ou descontinuidade da prestação dos SERVIÇOS. | | | X |



CRI COLETA E INDUSTRIALIZAÇÃO DE RESÍDUOS

| | | | |
|---|----------|----------|----------|
| Risco de remanejamento de interferência: execução e custeio dos remanejamentos de interferências necessários à execução das obras e/ou à prestação dos SERVIÇOS. | | | X |
| Riscos relativos a desapropriações, servidões administrativas, acesso a áreas públicas e desocupação de áreas invadidas. Caberá a Prefeitura Municipal declarar de utilidade pública e promover desapropriações, mediante pagamento de indenização, instituir servidões administrativas, propor limitações administrativas e permitir ao Operador, providenciando as respectivas autorizações, a ocupação provisória de bens imóveis necessários à execução e conservação de obras e SERVIÇOS vinculados ao Contrato. | | X | |
| Risco de alteração unilateral das obrigações contratuais Operador: quaisquer alterações unilaterais determinadas pela Prefeitura Municipal em relação às obrigações da CONCESSIONÁRIA previstas CONTRATO. | X | | |
| Risco de responsabilidade excedente às coberturas securitárias exigidas no contrato: caso o Operador seja obrigado a responder perante terceiros, para pagar indenizações que ultrapassem os limites de cobertura dos seguros, terá direito a reequilíbrio econômico-financeiro do CONTRATO para recompor o custo adicional não previsto, exceto na hipótese em que a indenização incorrida decorra de dolo do Operador, por ação ou omissão. | | X | |



CRI COLETA E INDUSTRIALIZAÇÃO DE RESÍDUOS

| | | | |
|---|--|----------|--|
| <p>Risco de alteração do Plano Municipal de Saneamento Básico ou Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, com efeitos sobre as receitas e/ou custos do Operador: O Planos são partes integrantes do CONTRATO, de maneira que suas eventuais alterações, que causem perda de receitas e/ou aumentos de custos, serão objeto de reequilíbrio econômico-financeiro.</p> | | X | |
| <p>Risco de sobrecustos ou atrasos na execução das obras em virtude da presença de populações indígenas, quilombolas ou outros povos e comunidades tradicionais: A Prefeitura Municipal será responsável por eventuais atrasos e custos adicionais não previstos na execução das obras, decorrentes de exigências do órgão competente relativas à presença de populações indígenas, quilombos ou outros povos e comunidades tradicionais, caso em que o Operador terá direito ao reequilíbrio econômico-financeiro.</p> | | X | |



15. DESCRITIVO DE POSSÍVEIS RECEITAS ACESSÓRIAS QUE PODERÃO SER GERADAS POR MEIO DE ATIVIDADES COMPLEMENTARES AQUELAS OBJETO DESTE CONTRATO

O funcionamento do Aterro Sanitário envolve altos investimentos na fase de implantação, mas a fase de operação é considerada a de maior investimento. As empresas no cenário atual, ampliam o portfólio de prestação de serviços com as chamadas receitas acessórias ou derivadas de projetos associados, que são reguladas, no Brasil, por muitos diplomas legais, mas, principalmente pelos Arts. 11 e 18, da Lei 8.987/1995. São um elemento típico dos contratos de concessão.

Essas receitas correspondem a um conjunto de valores cujo recebimento decorre da realização de atividades econômicas relacionadas tangencialmente ao objeto de um contrato de concessão.

As possíveis receitas acessórias que podem ser implantadas para um aterro sanitário são:

- Receitas oriundas do tratamento de resíduos Classe I (Indústrias e Comércios).
- Receitas oriundas de tratamento de resíduos Classe I (Serviços de Saúde).
- Receitas oriundas de serviços de reciclagem de materiais.
- Receitas oriundas de serviços de compostagem.
- Receitas oriundas de Tratamentos de Efluentes.



16. INDICADORES DE DESEMPENHO

O gerenciamento dos indicadores de desempenho compreendendo a geração dos resultados e respectiva divulgação deverá ser de responsabilidade compartilhada entre o operador do aterro e a Prefeitura Municipal, instrumentos definidos dentro do Contrato.

Tabela 6 - Índice de atendimento urbano de coleta de resíduos sólidos

| Nome do Indicador | Fórmula de Cálculo | Sentido  | Periodicidade |
|--|---|---|----------------------|
| Índice de atendimento urbano de coleta de resíduos sólidos | $(Va07/Va08) \times 100$ | | Anual |
| Variáveis | Discriminação | Fonte | |
| Va07 | População atendida declarada (atendida com serviço de coleta de resíduos domiciliares). | (SINIR) | |
| Va08 | População urbana total do município operado, com coleta de resíduos sólidos urbanos. | (SINIR) | |



Tabela 7 - Tempo médio de execução dos serviços

| Nome do Indicador | Fórmula de Cálculo | Sentido  | Periodicidade |
|--------------------------------------|---|---|----------------------|
| Tempo médio de execução dos serviços | $Va41/Va42$ | | Anual |
| Variáveis | Discriminação | Fonte | |
| Va41 | Tempo de execução dos serviços. | | (SNIS/SINISA) |
| Va42 | Quantidade de serviços executados, para serviços de tratamento de resíduos sólidos. | | (SNIS/SINISA) |

Tabela 8 - Índice de tratamento do resíduo gerado no processo de gerenciamento dos RSU

| Nome do Indicador | Fórmula de Cálculo | Sentido  | Periodicidade |
|---|-------------------------------|---|----------------------|
| Índice de tratamento do resíduo gerado no processo de gerenciamento dos RSU | $(Va47/Va48)x100$ | | Anual |
| Variáveis | Discriminação | Fonte | |
| Va47 | Quantidade de resíduo tratado | | (SINIR) |
| Va48 | Quantidade de sem tratamento | | (SINIR) |

**Tabela 9 - Eficiência no tratamento do chorume**

| Nome do Indicador | Fórmula de Cálculo | Sentido  | Periodicidade |
|-------------------------------------|---|---|----------------------|
| Eficiência no tratamento do chorume | $[1-(Va51/Va52)]x100$ | | Anual |
| Variáveis | Discriminação | Fonte | |
| Va51 | Valor médio da DBO efluente (chorume tratado disposto na natureza). | | (SINIR) |
| Va52 | Valor médio da DBO afluenta (chorume bruto recebido na ETE). | | (SINIR) |

Tabela 10 - Taxa de execução do orçamento previsto no Contrato por prazos

| Nome do Indicador | Fórmula de Cálculo | Sentido  | Periodicidade |
|--|---|---|--------------------------|
| Taxa de execução do orçamento previsto Contrato por prazos | $(Va59/Va60)x100$ | | Anual |
| Variáveis | Discriminação | Fonte | |
| Va59 | Investimento em R\$ - liquidado no prazo em análise | | Prestadores de serviços. |
| Va60 | Investimento em R\$ - previsto no prazo em análise | | Prestadores de serviços. |



Tabela 11 - Taxa de manutenção voluntária

| Nome do Indicador | Fórmula de Cálculo | Sentido  | Periodicidade |
|-------------------------------|---|---|----------------------|
| Taxa de manutenção voluntária | $(Va01/Va02) \times 100$ | | Anual |
| Variáveis | Discriminação | Fonte | |
| Va01 | Investimento em R\$ - número de intervenções realizadas | Prestadores de serviços. | |
| Va02 | Investimento em R\$ - número de intervenções planejadas | Prestadores de serviços. | |

Tabela 12 - Taxa de eficiência da coleta seletiva

| Nome do Indicador | Fórmula de Cálculo | Sentido  | Periodicidade |
|---------------------------------------|---|---|----------------------|
| Taxa de eficiência da coleta seletiva | $(Va05/Va06) \times 100$ | | Mês |
| Variáveis | Discriminação | Fonte | |
| Va05 | Resíduos proveniente da recolha seletiva (Ton./dia) | Prestadores de serviços. | |
| Va06 | População Atendida (hab) | Prestadores de serviços. | |



Tabela 13 – Taxa de Operação e funcionamento do aterro

| Nome do Indicador | Fórmula de Cálculo | Sentido  | Periodicidade |
|--|--|---|--------------------------|
| Taxa de Operação e funcionamento do aterro | $(Va10/Va11)x100$ | | Mês |
| Variáveis | Discriminação | Fonte | |
| Va10 | Investimento em R\$: Custos fixos + custos variáveis | | Prestadores de serviços. |
| Va11 | Quantidades depositadas (Ton.)/mês | | Prestadores de serviços. |

Tabela 14 – Taxa de compactação dos resíduos

| Nome do Indicador | Fórmula de Cálculo | Sentido  | Periodicidade |
|----------------------------------|---|---|--------------------------|
| Taxa de compactação dos resíduos | $(Va20/Va21)x100$ | | Mês |
| Variáveis | Discriminação | Fonte | |
| Va20 | Quantidade de resíduos Depositado (Ton) | | Prestadores de serviços. |
| Va21 | Volume ocupado (m ³) | | Prestadores de serviços. |



Tabela 15 – Taxa de avaliação Plano de Monitoramento

| Nome do Indicador | Fórmula de Cálculo | Sentido | Periodicidade |
|--|--|----------------|--------------------------|
| Taxa de avaliação Plano de Monitoramento | $(Va20/Va21) \times 100$ | | Mês |
| Variáveis | Discriminação | Fonte | |
| Va22 | Quantidade de avaliações (relatórios) elaborados (Unid.) | | Prestadores de serviços. |
| Va23 | Inconformidade identificadas (Unid.) | | Prestadores de serviços. |

17. ESTRUTURAÇÃO DE PLANO DE OPERAÇÃO E CONSERVAÇÃO MANUTENÇÃO DA INFRAESTRUTURA

O Plano de operação e manutenção da infraestrutura deverão prever em seus respectivos programas as suas justificativas e objetivos, objetivando as três premissas para o perfeito funcionamento do aterro sanitário.

a) Programas que deverão compor o Plano de Operação

- Programa de Comunicação e Participação Social;
- Programas de Monitoramento das Águas Superficiais e Subterrâneas;
- Programa de Monitoramento da Emissão de Gases;
- Programa de Controle Ambiental das Obras (incluindo fase de operação);
- Programa de Controle de Prevenção de Acidentes;
- Programa de Gerenciamento de Recebimento da Disposição de Resíduos no Aterro;
- Programa de Educação Ambiental;
- Programa de Encerramento (Sendo as etapas desenvolvidas durante toda a fase de operação);
- Programa de Contingência e Emergência;



- Programa de Monitoramento dos recursos hídricos;
- Plano de Prevenção e Combate a Incêndio;
- Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional;
- Programa de Prevenção de Riscos Ambientais;
- Programa de Monitoramento da Estabilidade do Aterro.

b) Plano de manutenção Infraestrutura

- Programa de Manutenção da infraestrutura;
- Programa manutenção Corretiva da infraestrutura;
- Programa de manutenção de equipamentos;
- Programa de manutenção Corretiva de equipamentos;
- Programa de Indicadores de Manutenção.

A descrição e especificações dos custos que envolvem a operação e a manutenção dos equipamentos do Aterro Sanitário encontram-se detalhado na planilha de Anexos ao Caderno III com a descrição dos mesmos.

Vargem Grande/MA, 04 de janeiro de 2022.

CRI – Coleta e Industrialização de Resíduos Ltda

CNPJ -00.239.339/0001-45

Macaulay Culkin Vanolli Gonçalves

CPF no 092.409.539-30

Daniel Grossi Sociedade Individual de Advocacia

(Consultoria Contratada-anuente)

CNPJ – 30.257.134/0001-53



REFERENCIAS

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. (2013). Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2013. São Paulo: Grappa Editora e Comunicação. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2013.pdf> >.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1992). NBR 8.419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos, Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2010). NBR 15.849: Resíduos sólidos urbanos: aterros sanitários de pequeno porte – diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. Rio de Janeiro.

BAIG, S.; COULOMB, I; COURANT, P.; LIECHTI, P. Treatment of landfill leachates: lapeyrouse and satrod case studies”, Ozone Science & Engineering, vol. 21, pp. 1–22, 1999.

DERNADIN, G. P. (2013). Estudo dos Recalques do Aterro Sanitário da Central de Resíduos do Recreio – Minas do Leão/ RS. (Dissertação de Mestrado). Santa Maria/ RS. 92 p.

FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. (2006). Orientações Básicas para a Operação de Aterro Sanitário / Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte.

FERREIRA, O. M. (2008). Disciplina Tratamento de Resíduos Sólidos. (Notas de aulas). Escola de Engenharia, Engenharia Ambiental. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Goiânia, GO.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. (2000). Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. 2º Edição. São Paulo: IPT/CEMPRE, 370 p.

KROETZ, C. E. (2003). Desenvolvimento de um Sistema de Apoio ao Dimensionamento e Estimativa de Custos de Aterros Sanitários em Trincheiras para Municípios de Pequeno Porte. (Dissertação de Mestrado). Florianópolis/ SC, 159 p.

LUZ, F. X. R. (1981). Aterro sanitário: características, limitações, tecnologia para a implantação e operação. São Paulo: CETESB, 30 p.



MANSOR, M. T. C.; CAMARÃO, T. C. R. C.; CAPELINI, M.; KOVAKS, A.; FILET, M.; SANTOS, G. A.; SILVA, A. B.. (2010). Resíduos Sólidos. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, Coordenadoria de Planejamento ambiental. 147p. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/publicacoes/sma/6-ResiduosSolidos.pdf>.

PAIVA, I. E. P. de. (2004). Aterro Sanitário em Municípios de Pequeno Porte: Estudo do Potencial de Aplicação de Tecnologias Simplificadas na Região do Semi-Árido Baiano. (Dissertação de Mestrado). Salvador: UFPBA, 149 p.

PROSAB – PROGRAMA DE SANEAMENTO BÁSICO. (1999). Metodologias e Técnicas de Minimização, Reciclagem e Reutilização de Resíduos Sólidos Urbanos. Rio de Janeiro – RJ, 65 p.

SCHALCH, V.; LEITE, W. C. A.; FERNANDES JÚNIOR, J. L.; CASTRO, M. C. A. A. (2002). Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos. Tese (Livre Docência). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.

TOZETTO, C. M. (2008). Modelagem Matemática de Aterros Sanitários com a Simulação Hidrológica da Geração de Lixiviado: Estudo de Caso do Aterro Sanitário de Curitiba. (Dissertação de Mestrado). Curitiba: UFPR – PR, 156p.