

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

SEVERINO RICARDO SILVA FILHO

**PROPOSTA DE MODELO DE ATERRO SANITÁRIO SIMPLIFICADO PARA
MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE**

JOÃO PESSOA

2017

SEVERINO RICARDO SILVA FILHO

Trabalho de Conclusão de Curso, como requisito parcial para a obtenção da graduação em Engenharia Civil do curso correspondente ofertado pela Universidade Federal da Paraíba. Orientador: Prof^ª. Aline Flávia Nunes Remígio Antunes.

JOÃO PESSOA

2017

S586p Silva Filho, Severino Ricardo

Proposta de modelo de aterro sanitário simplificado para municípios de pequeno porte./ Severino Ricardo Silva Filho. – João Pessoa, 2017.

92 fl. il.:

Orientadora: Profa. Dra. Aline Flavia Nunes Remigio Antunes

Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Civil) Campus I - UFPB / Universidade Federal da Paraíba.

1.Gestão de Resíduos 2. Lixo, Lei nº 12.305 3. Consórcios 4. Municípios 5. Aterro I. Título.

BS/CT/UFPB

CDU: 2.ed. 624:504(043)

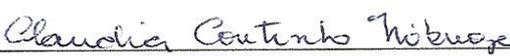
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Trabalho de Conclusão de Curso de autoria de Severino Ricardo Silva Filho, intitulado “PROPOSTA DE MODELO DE ATERRO SANITÁRIO SIMPLIFICADO PARA MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE”, apresentado como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Civil pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal da Paraíba, junho de 2017, defendida e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:



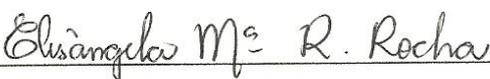
Orientadora. Prof.^a Dra. Aline Flávia Nunes Remígio Antunes
Engenharia Civil – Universidade Federal da Paraíba

APROVADO



Banca. Prof.^a Dra. Cláudia Coutinho Nóbrega
Engenharia Civil - Universidade Federal da Paraíba

APROVADO



Banca. Prof. Dra. Elisângela Maria Rodrigues Rocha
Engenharia Civil – Universidade Federal da Paraíba

APROVADO


Prof.^a Ana Cláudia F. Medeiros Braga
Coordenadora - CCGEC
SIAPE 1668619
Paraíba

2017

Dedicamos este trabalho a todas as pessoas que buscam mudanças e almejam fazer a diferença.

Agradeço primeiramente a Deus por me proporcionar vida, e através dela posso traçar meus objetivos e ir em busca da concretização de meus sonhos.

Aos meus pais, pelo amor e carinho com que me criaram e por incentivar meus estudos, dando seu exemplo de perseverança digno de admiração.

A Ivanise Pontes que esteve sempre ao meu lado, dando seu apoio incondicional.

A esta instituição de ensino, seu corpo docente, direção e administração que me possibilitaram a idealização de um futuro promissor.

A minha orientadora Prof.^a Dra. Aline Flávia Nunes Remígio Antunes pelo suporte e correções, no tempo que lhe coube.

Sou grato pela coordenação do curso de Engenharia Civil, que hoje está sob coordenação da Prof.^a Dra. Ana Cláudia, pelo exemplo e apoio dado na realização de todas as atividades acadêmicas.

Agradeço ao amigo Marcos, que compartilhou comigo todos os momentos de estudos.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

José de Alencar

RESUMO

O crescimento da populacional associado ao desenvolvimento urbano resultou em aumento na taxa de geração de resíduos, tanto nos grandes centros quanto nos pequenos municípios. Para combater os males atrelados ao lixo, bem como seu manejo adequado, os governos precisam investir altas somas na construção de aterros sanitários. Para forçar o comprometimento dos gestores com a gestão de resíduos sólidos e extinguir em definitivo os lixões, o Governo Federal criou a Lei 12.305/2012, estabelecendo prazos, metas e alternativas (criação de consórcios) para adequação de cada município aos ditames legais.

Em teoria, para os municípios mais pobres, a adesão ao consórcio parece a alternativa mais viável, pois permite que os pequenos municípios unam forças e recursos e, através de contrato com prestadoras de serviços, estas possam elaborar políticas de gestão e tratamento adequado dos seus resíduos e, por fim, a disposição final correta do rejeito. Entretanto, para aderir aos consórcios e, posteriormente, usufruir dos seus serviços, os municípios precisam estar adimplentes, junto aos credores oficiais e as administradoras do consórcio. Essa condição faz com que a grande maioria dos pequenos municípios não possam constituir consórcios por estarem negativados e não possam usufruir dos seus serviços por estarem em dívida junto às administradoras. Sendo assim, este trabalho propõe um modelo de aterro sanitário simplificado de custo inferior, por fazer uso de materiais alternativos em substituição aos convencionais, por estar fundamentado nas prioridades do PNRS e principalmente, por se adequar à realidade de cada município.

Palavras chaves: Gestão de Resíduos; Lixo; Consórcios; Municípios; Aterro Simplificado.

ABSTRACT

Population growth associated with urban development resulted in an increase in the rate of waste generation, both in large centers and in small municipalities. To combat waste evils, as well as their proper management, governments need to invest large sums in the construction of landfills. In order to force the managers to commit to solid waste management and permanently extinguish the dumps, the Federal Government created Law 12,305 / 2012, establishing deadlines, targets and alternatives (creation of consortia) to adapt each municipality to the legal dictates.

In theory, for the poorest municipalities, joining the consortium seems the most viable alternative, since it allows small municipalities to join forces and resources and, through a contract with service providers, to elaborate their politic for the management and proper treatment of their waste and, finally, the correct final disposal of the tailings. However, in order to join the consortia and subsequently enjoy their services, the municipalities must comply with the official creditors and the consortium administrators. This condition means that the great majority of small municipalities cannot constitute consortiums because they are negative and cannot enjoy their services because they are in debt with the administrators. Thus, this paper proposes a simplified landfill model with a lower cost, because it makes use of alternative materials instead of conventional ones, because it is based on PNRS priorities and mainly, because it is appropriate to the reality of each municipality

Keywords: Waste Management; Garbage; Consortia; Counties; Landfill Simplified.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 01: Resíduos Sólidos Domiciliar.	23
FIGURA 02: Impactos Ambientais Causados por Lixões.....	32
FIGURA 03: Lixão da Estrutural.	33
FIGURA 04:Aterro Sanitário.	34
FIGURA 05: Impactos Ambientais de um Aterro Sanitário.	35
FIGURA 06: Etapas de Vida de um Aterro Sanitário.	36
FIGURA 07: Aterro Sanitário Simplificado de Pequeno Porte.....	38
Figura 08: Etapas de um Licenciamento Ambiental.....	40
Figura 09: Ações para Gestão de RSU.	41
FIGURA 10: Hierarquia de Prioridades do PNRS.	42
FIGURA 11: Etapas da Gestão Integrada.....	46
FIGURA 12: Gestão Integrada.	47
Figura 13: Esquema Simplificado da Logística Reversa.....	48
FIGURA 14: Projeto de urbanização de aterro sanitário simplificado.....	58
FIGURA 15:Sistema de Drenagem de Chorume e Gás.....	63
FIGURA 16: Modelos de Seção de Dreno Cegos.	64
FIGURA 17: Espaçamento entre drenos.	65
FIGURA 18: Disposição dos drenos na trincheira.	65
FIGURA 19: Esquema da recirculação.	66
FIGURA 20: Sistema de Drenagem de Gás.	67
FIGURA 21: Exigência legal para camadas de impermeabilização de aterros.	68
FIGURA 22: Ancoragem do revestimento sintético na canaleta de drenagem.	69

FIGURA 23: Tratamentos conforme os tipos resíduos.	71
FIGURA 24: Metodologias de disposição de aterros.	73
FIGURA 25: Detalhe da camada de cobertura intermediária.	74
FIGURA 26: Metodologia de compactação das camadas intermediárias.	74
FIGURA 27: Detalhe da cobertura final e camada vegetal.	76
FIGURA 28: Seções transversal e longitudinal da trincheira modelo.	85
FIGURA 29: Detalhe da impermeabilização da trincheira.	86
FIGURA 30: Drenagem superficial da trincheira.	87

LISTA DE TABELAS

TABELA 01: Estimativa da composição gravimétrica dos RSUs coletados em 2008	25
TABELA 02: Índice de Geração no Brasil e suas Regiões	26
TABELA 03: Índice de Coleta no Brasil e suas Regiões	26
TABELA 04: Taxas de geração de RSU	26
TABELA 05: Disposição final de RSU	31
TABELA 06: Quantidade de municípios por tipo de disposição final adotada-2015	31
TABELA 07: Custo da disposição de RSU em aterro sanitário (2004-2008)	37
TABELA 08: Metas de redução de resíduos sólidos secos em aterros sanitários	44
TABELA 09: Metas de redução de resíduos sólidos úmidos em aterros sanitários	44
TABELA 10: Valor de K para uso do Método Suíço	63
TABELA 11: Característica do solo usado na impermeabilização de aterros	67
TABELA 12: Custos de implementação de aterros sanitários por etapa (em R\$)	78
Tabela 13: Considerações para exemplo modelo	83

LISTA DE QUADROS

QUADRO 01: Classificação de resíduos sólidos quanto a periculosidade.	24
QUADRO 02: Classificação dos resíduos sólidos segundo a PNRS.	24
QUADRO 03: Vantagens e Desvantagens da Compostagem.	29
QUADRO 04: Vantagens e Desvantagens da Reciclagem de RSU.	30
QUADRO 05: Problemas Causados por Lixões.	32
QUADRO 06: Prazos para o fim dos lixões segundo o Projeto de Lei 2.289/2015.	33
QUADRO 07: Investimentos para extinção de lixões no Brasil (2015-2019)	33
QUADRO 08: Fases de Estabilização dos Resíduos nos Aterros Sanitários.	35
QUADRO 09: Vantagens e desvantagens de aterros sanitários.	36
QUADRO 10: Licenciamentos Ambientais	40
QUADRO 11: Critérios para escolhas da localização do aterro sanitário.	56
QUADRO 12: Metodologias de execução de aterros sanitários	73
QUADRO 13: Equipamentos necessários a operação de um aterro sanitário.	77
QUADRO 14: Premissas para a implantação de um aterro.	78
QUADRO 15: Custos de pré-implantação de um aterro sanitário.	79
QUADRO 16: Principais custos de implantação de um aterro sanitário.	80
QUADRO 17: Principais custos operacionais	80
QUADRO 18: Custos de encerramento das trincheiras.	81
QUADRO 19: Simplificações construtivas para aterros de pequeno porte.	81
QUADRO 20: Etapas operacionais de um aterro sanitário	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

5Rs: Reduzir, Repensar, Reaproveitar, Reciclar e Recusar consumir produtos agressivos ao meio ambiente.

A: área de bacia contribuinte (m^2)

ABAL: Associação Brasileira de Alumínio;

ABETRE : Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos.

ABIPET: Associação Brasileira da Indústria de PET,

ABIPLAST: Associação Brasileira da Indústria de Plástico.

ABRELPE: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

A: área do aterro (m^2);

BRACELPA: Associação Brasileira de Celulose e PAPEL;

c = q/k (adimensional);

C: coeficiente de escoamento superficial da bacia;

C_A: cobertura atual da coleta ou nível de atendimento dos serviços de coleta (%);

C_F: nível de cobertura da coleta no tempo t considerado (%);

CAUC: Cadastro Único de Convênios ou Serviço Auxiliar de Informações para Transferências Voluntárias

CEMPRE: Compromisso Empresarial para Reciclagem

CH: solo argiloso de alta plasticidade;

CL: solo argiloso de baixa plasticidade;

E: evapotranspiração;

EIA: Estudo de Impacto Ambiental

GIRS: Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

GISR: Gestão Integrada Sustentável de Resíduos

G_{PA} : geração per capita atual (kg/hab.d), obtida por amostragem ou literatura;

G_A: geração atual de resíduos (kg/d);

G_F : geração futura de resíduos, após t anos (kg/d);

h_{max}: altura máxima da lâmina de lixiviado entre drenos adjacentes;

Im: intensidade da chuva crítica que varia de local para local (mm/h).

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ic: declividade do canal (m/m);

INPEV: Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias.

IPEA: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IRMP: Índice de Reciclagem Mecânica de Plásticos

K: coeficiente de permeabilidade do meio drenante;

Kc: coeficiente cinético (0,1 a 0,35).

k_x: taxa de crescimento populacional (% a.a.);

k_{xy}: taxa de incremento anual da geração per capita (% a.a.);

L: espaçamento entre drenos de lixiviados;

LL: limite de liquidez;

LP: limite de plasticidade;

MMA: Ministério do Meio Ambiente.

n: coeficiente de rugosidade;

Ø: ângulo de declividade entre drenos;

P: precipitação média anual (mm);

P_A: população do ano 1;

P_F: população do ano 2;

PEAD: Polietileno de Alta Densidade

PERS: Plano Estadual de resíduo Sólido;

PEV: Postos de Entrega Voluntária;

PGIRS: Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PNRS: Política Nacional de Resíduos Sólidos;

PROSAB: Programa de Pesquisas em Saneamento Básico;

PVC: Polivinil Clorado

Q: vazão média (L/s);

R: escoamento superficial;

R_h: raio hidráulico da seção;

RIMA: Relatório de Impacto Ambiental

S: área da seção transversal ocupada pelo líquido, (m²);

SC: solo areno-argiloso;

SISNAMA: Sistema Nacional do Meio Ambiente;

SNVS: Sistema Nacional de Vigilância Sanitária

SUASA: Sistema Unificado de Atenção a Sanidade Agropecuária

t: número de segundos em um ano (s);

t₁: ano 1;

t₂: ano 2;

SUMÁRIO

CAPÍTULO I- INTRODUÇÃO	19
1-CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	19
1.1. PROBLEMA	20
1.2. OBJETIVOS.....	20
1.2.1. Objetivo Geral	20
1.2.2. Objetivos Específicos	21
1.3. METODOLOGIA.....	21
CAPITULO II- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1. RESÍDUOS SÓLIDOS.....	23
2.2. CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	23
2.3. COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DO RSU	24
2.4. GERAÇÃO E COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS	25
2.4.1. Taxa de geração de resíduos sólidos.....	27
2.5 TRATAMENTO DE RSU	27
2.5.1. Compostagem.....	28
2.5.2. Reciclagem	29
2.6. DESTINAÇÃO FINAL E DISPOSIÇÃO FINAL	30
2.7. LIXÕES.....	31
2.8. ATERROS SANITÁRIOS.....	34
2.8.1. Fases de Estabilização de Resíduos em Aterros Sanitários	34
2.8.2. Ciclo de vida e evolução de um aterro sanitário.....	36
2.8.3. Vantagens e desvantagens de um aterro sanitário.....	36
2.8.4. Custo da tonelada de rsu em aterros sanitários.....	37
2.9. ATERRO SANITÁRIO DE PEQUENO PORTE.....	37
2.9.1. Licenciamento ambiental para aterro sanitário de pequeno porte	39
2.9.2. Vida Útil de um Aterro Sanitário de Pequeno Porte	41
2.10. GESTÃO DE RSU	41
2.10.1. Prioridades em Gestão de RSU	41
2.10.1.1. Não-geração.....	42
2.10.1.2. Redução	42
2.10.1.3. Reutilização	42
2.10.1.4. Reciclagem	43
2.10.1.5. Tratamento.....	43
2.10.1.6. Disposição final adequada.	43

2.10.2. Metas do PNRS	43
2.10.3. Princípios do PNRS	44
2.10.3.1. Prevenção e precaução	45
2.10.3.2. Poluidor-pagador protetor-recebedor	45
2.10.3.4. Responsabilidade conjunta na gestão de RSU.....	45
2.10.3.5. Responsabilidade compartilhada na gestão e gerenciamento de RSU.	45
2.10.4. Gestão integrada de RSU.....	46
2.10.4.1. Planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos.....	46
2.10.5. Logística reversa.....	47
CAPITULO III. POR QUE NÃO AO CONSÓRCIO	49
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	49
3.2 LIMITAÇÕES	50
3.2.1. Existência de interesses comuns entre os municípios	50
3.2.2. Disposição de cooperação por parte dos prefeitos.....	50
3.2.3. Busca da superação de conflitos político-partidários	50
3.2.4. Proximidade física das sedes municipais	50
3.2.5. Tomada de decisão política em se consorciar.....	51
3.2.6. Existência de uma Identidade Intermunicipal.	51
CAPÍTULO IV- PROPOSTA DE ATERRO SIMPLIFICADO	52
4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	52
4.2. ESTUDOS PRELIMINARES.	52
4.2.1. Caracterização do município.	52
4.2.2. Levantamento e triagem de áreas.	54
4.2.2.1. Serviços topográficos	54
4.2.2.2. Hidrografia e hidrologia	54
4.2.2.3. Geotecnia	54
4.2.2.4. Estudos climatológicos	55
4.2.3. Avaliação das áreas potenciais.....	56
4.2.4. Alternativas de concepção do aterro sanitário	56
4.2.5. Desapropriação do terreno.....	57
4.3. PROJETO BÁSICO	57
4.3.1. Urbanismo e paisagismo.....	57
4.3.2. Arquitetura das unidades administrativas	58
4.3.3. Terraplenagem	59

4.3.4. Geometria do aterro	59
4.3.5. Cercamento	59
4.3.6. Acesso	60
4.3.7. Galpão.....	60
4.4. PROJETOS COMPLEMENTARES	60
4.4.1. Projeto do sistema de drenagem superficial	60
4.4.1.1. Drenagem principal	61
4.4.1.2. Drenagem secundária	61
4.4.1.3. Bacia de detenção	61
4.4.2. Projeto do sistema de abastecimento	62
4.4.3. Projeto do sistema de esgoto	62
4.4.4. Projeto de coleta e tratamento de percolados	62
4.4.4.1. Sistema de coleta de percolado.....	62
4.4.4.2 Sistema de tratamento de percolado	65
4.4.5. Projeto do sistema de drenagem de gases.....	66
4.4.6. Projeto de impermeabilização da base do aterro	67
4.4.6.1. Impermeabilização com revestimento mineral.....	67
4.4.6.2. Impermeabilização com geossintéticos	68
4.4.7. Projeto elétrico e iluminação do aterro.....	69
4.5. MODELO OPERAÇÃO DO ATERRO	69
4.5.1. Regras de operação.....	70
4.5.2 Plano de segregação e tratamento de resíduos.....	71
4.5.3. Controle de operação	71
4.5.4. Monitoramentos.....	71
4.5.4.1. Monitoramento ambiental	72
4.5.4.2. Monitoramento geotécnico	72
13.5.4.3. Método de execução do aterro.....	72
4.6. COBERTURAS	73
4.6.1. Cobertura intermediária.....	73
4.6.2. Compactação da cobertura intermediárias.....	74
4.6.3. Camada final.....	75
CAPITULO V: ANALISE DE CUSTOS DE UM ATERRO SANITÁRIO.....	77
5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	77
5. 2 PREMISSAS	78
5.3. CUSTOS DE PRÉ-IMPLANTAÇÃO	79

5.4. CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO.....	79
5.5. CUSTOS OPERACIONAIS.....	80
5.6. CUSTOS DE ENCERRAMENTO.....	81
5.7. POSSIVEIS REDUÇÕES DE CUSTO EM ATERROS SIMPLIFICADOS	81
5.8. ROTINA OPERACIONAL DO ATERRO.	82
CAPÍTULO VI-DIMENSIONAMENTO DO ATERRO SIMPLIFICADO	83
6.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	83
6.2. DIMENSIONAMENTOS	84
6.2.1. Geração de rejeitos	84
14.2.3. Dimensões das trincheiras	85
15.2.2. Vida útil do aterro	86
15.2.3. Impermeabilização da trincheira	86
15.2.4. Drenagem superficial.....	87
15.2.5. Drenagem de percolado	88
15.2.6. Tanque de armazenamento de percolado	88
CAPITULO VI - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	89
REFERÊNCIAS BIBIOGRAFICAS	90

CAPÍTULO I- INTRODUÇÃO

1-CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A Política Nacional de Resíduos Sólidos-PNRS, regulamentada pela lei nº 12.305/2010, tinha como meta a extinção dos lixões até o ano de 2014, entretanto, segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2015) dos 5507 municípios brasileiros, 4026 (73,1%) tem população inferior a 20.000 habitantes e nesses municípios 68,5% dos resíduos gerados são depositados em lixões e em alagados.

Uma vez constatado que a maior parte dos municípios brasileiros, com lixões ativos, é de pequeno porte, com limitados recursos técnicos e orçamentários e, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE,2012), estão situados na região nordeste, é fácil concluir que a adoção das técnicas tradicionais de construção e gerenciamento de resíduos sólidos em aterros sanitários, nos moldes tradicionais, está totalmente fora da realidade de tais municípios, seja por demandar altos investimentos iniciais e recursos tecnológicos, seja pela maioria da população apresentar nenhuma consciência ambiental.

Brasil(2010) estabelece que os municípios, independente do seu porte, tem autonomia na gestão dos seus RSUs, entretanto, segundo Cruz(2001), apesar da autonomia concedida aos municípios, isso não significa que disponham de recursos financeiros, materiais e humanos para implementação de ações de proteção ao meio ambiente, isto significa que acabar com os lixões, tem se tornado uma tarefa complexa e cara, constituindo-se como um dos grandes desafios para os atuais e futuros gestores dos pequenos municípios brasileiros.

Prevendo dificuldades do tipo, Brasil(2010) aponta dois caminhos para que os municípios se enquadrem nos parâmetros legais e possam extingui, em definitivo, seus lixões. O primeiro, indicado para qualquer tipo de município, são as associações intermunicipais, constituídas por meio de consórcios. Nela os municípios se juntam e, através de obrigações contratuais e de leis específicas, estabelecem responsabilidades e atribuições na gestão dos seus respectivos resíduos. O segundo caminho é específico para municípios com população inferior a 20.000 habitantes, e conforme Brasil (2010), municípios deste porte podem adotar um modelo de aterro sanitário com metodologia simplificada.

De acordo com o Projeto de Lei 2.289/2015, há data pré definida para o enquadramento dos pequenos municípios nos parâmetros da lei nº 12.305/2010. Sendo assim, se faz necessárias

alternativas mais simples, que se não adequadas, ao menos aproximem-se da realidade de financeira e tecno-administrativas de tais municípios e permitam o tratamento dos Resíduos Sólidos Urbanos-RSU sem prejuízo para o meio ambiente e a saúde pública.

A técnica de aterros simplificados surge para atender à disposição adequada dos resíduos sólidos urbanos desses municípios de pequeno porte e reduzir os impactos ambientais produzidos pelos lixões. Suas principais características são: baixo custo de investimento e de operação, além da simplicidade da técnica de operação, sem necessidade de máquinas para sua manutenção, o que reduz os custos. (RESÍDUOS SÓLIDOS E SUA DESTINAÇÃO FINAL -Em pauta, ano I, CONDER,2011, p.164).

Além do que foi exposto anteriormente, observa-se que na literatura os dimensionamentos de aterros sanitários são feitos com base no montante per capto de resíduos gerados pelos municípios e de acordo com Brasil(2010) determina, em linhas gerais, que resíduos devem ser tratados e os rejeitos resultantes do tratamento, encaminhados para o aterro sanitário.

1.1. PROBLEMA

A grande maioria dos pequenos municípios depositam seus resíduos em lixões e a Lei nº 12.305/2010, determina metas e prazos para que tais municípios elaborem o seu Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos- PGIRS, acabando em definitivo os lixões, dando uma destinação final ambientalmente adequada a seus resíduos. Entretanto, nos moldes convencionais, um aterro sanitário é muito caro, demanda recursos indisponíveis nos municípios de pequeno porte, além disso, a maioria destes municípios está impedida de obter recursos federais e participar de consórcios, por inadimplência junto ao Serviço Auxiliar de Informações para Transferências Voluntárias ou Cadastro Único de Convênios-CAUC.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

O trabalho tem por objetivo de uma contribuição aos pequenos municípios brasileiros que não dispõem de um sistema adequado de destinação final dos seus resíduos sólidos, fornecendo as diretrizes e parâmetros necessários para a elaboração de projetos de aterros sanitários, a partir do desenvolvimento de um modelo padrão de aterro simplificado para municípios de pequeno porte.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Fazer um levantamento de dados sobre geração, coleta e disposição final de resíduos.
- Apontar os problemas causados pela destinação final inadequada dos resíduos sólidos.
- Analisar Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS,2010) e comparando-a com as experiências internacionais de sucesso na gestão de resíduos sólidos.
- Propor ações, específicas para municípios de pequeno porte, que resultem na minimização da geração de resíduos.
- Demonstrar a viabilidade do emprego do modelo construtivo simplificado de aterro sanitário proposto no trabalho.

1.3. METODOLOGIA

A metodologia adotada para a execução do trabalho “Proposta de Modelo de Aterro Sanitário Simplificado para Municípios de Pequeno Porte” foi de pesquisa exploratória sem estudo de caso.

A pesquisa assume como pesquisa bibliográfica, sendo exploratória, por sua vez, proporcionar maior familiaridade com o problema, tornando-o explícito ou construindo hipóteses sobre ele através de principalmente do levantamento bibliográfico. Por ser um tipo de pesquisa muito específica, quase sempre ela assume a forma de um estudo de caso (GIL, 2008).

Teve como fonte de informações e conhecimentos teóricos, pesquisas realizadas em fontes especializadas, consultas em livros, internet, órgãos do governo, a legislação, resoluções, normas técnicas, artigos científicos publicados e em levantamento documental de projetos de implantação de aterros simplificados já executados e em operação. Sendo assim, foi desenvolvido em quatro etapas.

Etapa 1: Revisão bibliográfica tendo como foco principal os Resíduos Sólidos Urbanos(RSU).

Etapa 2: Análise PNRS, dando ênfase especial aos Consórcios Intermunicipais.

Etapa 3: Tem caráter técnico e nela fez-se a sistematização das informações necessárias para definir critérios de escolha para o local, dimensões do empreendimento e toda infraestrutura que faz preciso para implantação de um aterro sanitário simplificado.

Etapa 4: Elaboração da proposta de modelo de aterro sanitário para municípios de pequeno porte.

CAPITULO II- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. RESÍDUOS SÓLIDOS

Os resíduos sólidos são restos de materiais resultantes das atividades humanas na sociedade, ou seja, tudo o que é gerado como consequência não desejada de uma atividade humana e, em geral, de qualquer ser vivo.

Resíduos nos estados sólido ou semissólido que, resultam de atividades de origem, industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como alguns líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004, p.04).

Por ser resultado direto das atividades desenvolvidas em áreas urbanas dos municípios, onde sua composição e volume podem variar de acordo com as características socioeconômicas e ambientais da respectiva cidade, cujo destino final, após esgotadas todas as possibilidades de tratamento, deve ser um aterro sanitário.



FIGURA 01: Resíduos Sólidos Domiciliar.

Fonte: Google Imagens

2.2. CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

As características ou propriedades apresentadas pelos resíduos sólidos é fator determinante para a escolha da estratégia de gerenciamento mais viável e eficiente para cada tipo resíduo.

A Lei da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) trata a duas classes de resíduos, perigosos e não perigosos. Além disto, a referida lei estabelece as características que tipificam resíduos perigosos, exigindo para estes um tratamento diferenciado, tendo em vista o significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental (SILVA FILHO; SOLER, 2012, p. 55).

Como base apenas nos critérios de classificação relacionados ao grau de periculosidade estabelecidos na NBR 10004/2004, organizou-se os dados apresentados no Quadro 01.

QUADRO 01: Classificação de resíduos sólidos quanto a periculosidade.

Classe I-Resíduos perigosos	São aqueles que apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogeneidade
Classe II-A: Resíduos não inertes	São aqueles com combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água
Classe II-B: Resíduos inertes	São aqueles que não oferecem risco a saúde ou ao meio ambiente
Fonte: NBR10004/2004	

Por outro lado, de acordo com o PNRS, os resíduos podem ser classificados quanto a origem e tal classificação encontra-se no Quadro 02. Dentre as categorias apresentadas, a de Resíduos Sólidos Urbanos(RSU) é a mais relevante para este trabalho, por ser o tipo de resíduo característico dos pequenos municípios brasileiros depositado nos lixões, sendo composto pelos resíduos sólidos domiciliares e pelos resíduos de limpeza urbana.

QUADRO 02: Classificação dos resíduos sólidos segundo a PNRS.

Resíduos domiciliares	Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços	Resíduos de serviço de saúde
Resíduos de limpeza urbana	Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico	Resíduos da construção civil
Resíduos sólidos urbanos	Resíduos industriais	Resíduos agrossilvipastoris
Fonte: BRASIL, 2012a. Elaboração GO Associados		

2.3. COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DO RSU

Conforme a PNRS (Lei nº 12.305/2010) a composição gravimétrica é um processo de caracterização qualitativa e quantitativa dos resíduos sólidos. Tem como objetivo de gerar dados sobre a realidade atual, servindo para criar um diagnóstico da situação dos resíduos sólidos para elaboração do PGIRS. A partir dela determina-se os percentuais de matéria orgânica putrescível, metais ferrosos, metais não ferrosos, papel, papelão, plásticos, trapos, vidro, borracha, couro, madeira, entre outros.

É realizada através de ensaios de pesagens com amostras coletadas. Faz-se a pesagem da amostra total, depois a pesagem da fração do material de interesse, de forma que a proporção em peso de um material “A” encontrado na amostra é dada pela fórmula (CEMPRE, 2010):

$$Material A(\%) = 100 * \left[\frac{Fração\ do\ material\ "A"(kg)}{Amostra\ total(kg)} \right]$$

Na Tabela 01 apresenta-se uma amostra da composição gravimétrica no Brasil segundo o IBGE(2008).

TABELA 01: Estimativa da composição gravimétrica dos RSUs coletados em 2008

Tipo de resíduo		Participação (%)			Quantidade (t/dia)		
Material reciclável	Metais	Aço	2,3	2,9	4213,70	5243,50	58527,40
		Alumínio	0,6		1079,90		
	Papel, papelão e tetrapak		13,1		23997,40		
	Plástico	Filme	8,9	13,5	16399,60	24847,90	
		Rígido	4,6		8448,30		
	Vidro		2,4		4388,60		
Matéria orgânica		51,4			94335,10		
Outros		16,7			30618,90		
Total		100			183481,50		

Fonte: Adaptado a partir de IBGE (2010b)

2.4. GERAÇÃO E COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A geração per capita relaciona a quantidade de resíduos urbanos (domiciliar + público + entulho, podendo até incluir os resíduos de serviços de saúde) gerada diariamente e o número de habitantes de determinada região.

Com a geração de resíduos a cada dia maior, variando em função do porte do município, da região do país, do crescimento populacional e dos avanços socioeconômicos da população, a tomada medidas de gestão de RSU e sua destinação final adequadas, exigem soluções urgentes, pois de acordo com a ABRELPE(2015), a população brasileira cresceu cerca de 0,8% entre 2013 e 2015, e a geração de resíduos, no mesmo período, cresceu 3,7%.

Por outro lado a coleta per capita de RSU, entre 2013 e 2015, apresentou crescimento de 5,04%. Apesar dos índices de coleta terem apresentado crescimento superior aos índices de geração, não há o que se comemorar, visto que o montante de resíduo gerado é muito superior ao coletado.

Nas Tabelas 02 e 03, observa-se o crescimento dos índices de geração e coleta de resíduos no período de tempo compreendido entre os anos de 2013 a 2015.

TABELA 02: Índice de Geração no Brasil e suas Regiões

Região	População	2013		2014		2015	
		RSU (t/dia)	Índice (kg/hab/dia)	RSU (t/dia)	Índice (kg/hab/dia)	RSU (t/dia)	Índice (kg/hab/dia)
Norte	17.261.983	15.169	0,892	15.413	0,893	15.745	0,901
Nordeste	56.186.190	53.465	0,958	55.177	0,982	55.862	0,988
Centro – oeste	15.219.608	16.636	1,110	16.948	1,114	17.306	1,121
Sudeste	85.115.623	102.088	1,209	105.431	1,239	107.375	1,252
Sul	29.016.114	21.922	0,761	22.328	0,770	22.586	0,773
Brasil	202.799.518	209.280	1,041	215.297	1,062	218.874	1,071

Fonte: ABRELPE 2014/2015

TABELA 03: Índice de Coleta no Brasil e suas Regiões

Região	População	2013		2014		2015	
		RSU (t/dia)	Índice (kg/hab/dia)	RSU (t/dia)	Índice (kg/hab/dia)	RSU (t/dia)	Índice (kg/hab/dia)
Norte	17.261.983	12.178	0,716	12.458	0,722	12.692	0,726
Nordeste	56.186.190	41.820	0,750	43.330	0,771	43.894	0,776
Centro – oeste	15.219.608	15.480	1,032	15.826	1,040	16.217	1,050
Sudeste	85.115.623	99.119	1,173	102.572	1,205	104.631	1,220
Sul	29.016.114	20.622	0,716	21.047	0,725	21.316	0,773
Brasil	202.799.518	189.219	0,941	195.233	0,963	198.750	0,972

Fonte: ABRELPE 2014/2015

Grande parte dos resíduos gerados no país não é regularmente coletada, permanecendo junto às habitações (principalmente nas áreas de baixa renda) ou sendo vazada em logradouros públicos, terrenos baldios, encostas e cursos d'água. Para cidades de pequeno porte acordo com o Ministério do Meio Ambiente-MMA(2009), na ausência de dados mais precisos, os índices de geração devem ser estimados com base na Tabela 04.

TABELA 04: Taxas de geração de RSU

População urbana da cidade (hab.)	Geração per capita domiciliar sugerida (kg/hab./dia)	Resíduos de varrição, limpeza de logradouros e entulhos
Até 30 mil	0,5	0,3kg/hab./dia*
De 30 a 500mil	0,5 a 0,8	
De 500mil a 5 milhões	0,8 a 1,00	
Acima de 5 milhões	Acima de 1,00	

Fonte: MMA(2009), *Manual de Gerenciamento Integrado de RSU, 2001. p.02

2.4.1. Taxa de geração de resíduos sólidos

De acordo com MMA (2013) o planejamento do setor de resíduos sólidos do município deve ter conhecimento da estimativa de geração da quantidade de resíduos sólidos para o horizonte do plano. A partir desta estimativa, pode-se dimensionar a quantidade de equipamentos que deverão ser adquiridos, a capacidade de processamento necessárias para galpões de triagem e pátios de compostagem e a vida útil de aterros sanitários. Para isso se faz necessário conhecer:

- A variação de população em estudos demográficos de planejamento da região, compete ao município avaliar qual a população futura a partir da população presente, que pode ser obtida pelo Método geométrico através da expressão:

$$P_F = P_A(1 + k_x)^{(t_2 - t_1)}$$

- A taxa de geração de resíduos estimada para a faixa populacional do município.

A projeção de geração de RSU, deve ser estimada, em massa, considerando o limite superior de cada faixa de população atendida e a sua respectiva taxa de geração per capita. Sendo assim, de acordo com a cartilha da Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental-ReCESA (2008, p. 35) a estimativa de geração de resíduos sólidos municipais pode ser feita pela seguinte equação:

$$G_A = P_A * G_{PA} * C_A$$

2.5 TRATAMENTO DE RSU

O Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM, 2001), define tratamento como uma série de procedimentos destinados a reduzir a quantidade ou o potencial poluidor dos resíduos sólidos, seja impedindo descarte de lixo em ambiente ou local inadequado, seja transformando-o em material inerte ou biologicamente estável.

O PNRS prever tratamento diferenciado para matéria orgânica e para os resíduos secos. Introduz a compostagem e o aproveitamento dos gases resultantes da digestão anaeróbia para produzir energia para resíduos orgânicos, e a reciclagem para os resíduos sólidos secos.

Por outro lado, de acordo com o IBAM (2001) o tratamento mais eficaz é o prestado pela própria população quando está empenhada em reduzir a quantidade de lixo, evitando o desperdício, reaproveitando os materiais, separando os recicláveis em casa ou na própria fonte e se desfazendo do lixo que produz de maneira correta.

2.5.1. Compostagem

Segundo o IBAM(2001), define-se compostagem como o processo natural de decomposição biológica de materiais orgânicos (aqueles que possuem carbono em sua estrutura), de origem animal e vegetal, pela ação de micro-organismos. Para que ele ocorra não é necessário a adição de qualquer componente físico ou químico à massa do lixo.

De acordo com MEIRA(2003), IBGE (2010b) e IPEA(2012) 51% do lixo gerado no Brasil é de origem orgânica, a compostagem seria uma das principais soluções técnicas para tratamento dos resíduos orgânicos, visto que, desse total 54% são transformados em composto(húmus), 40% são perdidos em transformações químicas e biológicas do processo (calor, água, CO₂) e apenas 6% ficam retidos na peneira (etapa final do processo de compostagem, antes da comercialização do produto).

Se tomarmos como base a gravimetria apresentada no Quadro 03, a compostagem é a metodologia de tratamento ideal para municípios de pequeno porte.

Municípios de pequeno porte devem considerar a implantação de unidades menores de compostagem, com sistema de reviramento manual, implicando baixos custos de implantação e operação, conferindo viabilidade ao sistema. Em unidades com capacidade de processamento superiores a 0,5 t/dia, deve ser considerado o uso de equipamentos mais modernos e eficientes para processamento de grandes volumes de resíduos (BNDES, 2014)

Por ser um processo biológico de reciclagem com base na decomposição da matéria orgânica animal ou vegetal, dá origem a um composto que contém nutrientes para o solo.

A compostagem de resíduos sólidos urbanos é uma alternativa viável do ponto de vista ambiental para o tratamento dos resíduos orgânicos. Todavia para evitar a contaminação do composto por metais, é necessário que a coleta seletiva do lixo seja realizada de maneira a evitar a presença de quaisquer materiais que possam comprometer a qualidade da matéria orgânica utilizada para a compostagem (BRAGA et al., 2002).

Para o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, apesar da massa de resíduos sólidos urbanos apresentar alto percentual de matéria orgânica, as experiências de compostagem, no Brasil, são ainda incipientes e por não ser coletado separadamente, o resíduo orgânico acaba sendo encaminhado para disposição final, juntamente com os resíduos domiciliares, gerando, para a maioria dos municípios, despesas que poderiam ser evitadas caso a matéria orgânica fosse separada na fonte e encaminhada para um tratamento específico. Apesar de ser um processo natural a compostagem apresenta vantagens e desvantagens conforme indicado no Quadro 05.

QUADRO 03: Vantagens e Desvantagens da Compostagem.

Vantagem	Desvantagem
Baixa complexidade na obtenção da licença ambiental.	Necessidade de investimentos em mecanismos de mitigação dos odores e efluentes gerados no processo.
Diminui em até 50% o lixo descartado por uma família.	
Facilidade de monitoramento.	
Diminuição da carga orgânica do rejeito a ser enviado ao aterro, minimizando os volumes a serem dispostos.	Requer pré-seleção da matéria orgânica na fonte.
Tecnologia conhecida e de fácil implantação.	Necessidade de desenvolvimento de mercado consumidor do composto gerado no processo.
Viabilidade comercial para venda do composto gerado.	
Fonte: ICLEI, 2011; BNDES, 2014. Elaboração GO Associados.	

2.5.2. Reciclagem

Para o IBAM(2001), reciclagem consiste na separação de materiais do lixo domiciliar, tais como papéis, plásticos, vidros e metais, com a finalidade de trazê-los de volta à indústria para serem beneficiados. Esses materiais são novamente transformados em produtos comercializáveis no mercado de consumo.

É uma atividade que pode ocorrer antes da coleta, usando técnicas de pré-seleção e coleta seletiva, visto que, o material reciclável encontra-se misturado no lixo, sujo e contaminado, tornando seu beneficiamento mais complicado, como também, pode se realizar após a operação de coleta, em locais apropriados. Entretanto, “a reciclagem ideal é aquela proporcionada pela população que separa os resíduos recicláveis em casa, jogando no lixo apenas o material orgânico” (IBAM,2001).

A reciclagem promove a economia de energia, de matérias-primas, a sustentabilidade e a geração de renda.

A reciclagem de todo lixo propiciaria às prefeituras brasileiras uma economia na ordem de 5% a 12% do seu orçamento anual, dinheiro que poderia ser mais bem aproveitado em políticas públicas direcionadas a escolas, merenda escolar, transporte, saúde etc. Mas o desperdício não para aí. Em nível nacional, estima-se que os brasileiros joguem no lixo, todo ano, R\$ 10 bilhões em material reciclável (MAGERA, 2005, p. 29).

Segundo CALDERONI(1996), reciclagem é, na sua essência, uma nova forma de viver em sociedade, porque educa e fortalece nas pessoas os vínculos afetivos com o meio ambiente, despertando o sentimento do poder de cada um para modificar o meio em que vivem.

No Quadro 04 estão representadas vantagens e desvantagens desta metodologia de tratamento prevista no PNRS.

QUADRO 04: Vantagens e Desvantagens da Reciclagem de RSU.

Vantagem	Desvantagem
Evita custos com coleta, transporte e disposição	Falta de incentivo dos gestores públicos
Reduz a quantidade de resíduos destinados aos Aterros Sanitários	Elevada tributação tanto na esfera Federal, Estadual e Municipal
Reduz o consumo de energia;	Alteração do processo tecnológico para o beneficiamento, quando da reutilização de materiais no processo industrial.
Proporcionar uma maior participação da sociedade.	
Geração de emprego e renda	Custo de uma coleta diferenciada.
Preservação de recursos naturais e insumos.	Falta de recipientes coletores específicos para disposição de RS recicláveis
Fonte: ICLEI, 2011. Elaboração GO Associados.	

2.6. DESTINAÇÃO FINAL E DISPOSIÇÃO FINAL

A primeira vista destinação final de resíduos e disposição final de rejeitos parecem sinônimas, entretanto as diferenças são conhecidas a partir das definições encontradas no art. 3º, incisos da VII e VIII da PNRS, in verbis:

Art. 3º (...)

VII -destinação final ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do SISNAMA, do SNVS e do SUASA, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;

VIII -disposição final ambientalmente adequada: distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;

No Brasil, as principais as formas de disposição final de resíduos sólidos são lixões, aterros controlados e aterros sanitários e aterros sanitários simplificados.

A comparação entre a quantidade de RSU gerada e o montante coletado em 2015, que foi de 72,5 milhões de toneladas, resulta em um índice de cobertura de coleta de 90,8% para o país, o que leva a cerca de 7,3 milhões de toneladas de resíduos sem coleta no país e, conseqüentemente, com destino impróprio. (ABRELPE-2015).

Apesar dos avanços quanto aos índices de coleta de RSU, há um longo caminho a ser trilhado, tendo em vista a taxa de geração de resíduos crescente, e a ausência de políticas efetivas de gestão e de conscientização ambiental, pouco contribuíram para a redução da quantidade de lixões ao longo dos últimos anos (ver Tabela 05). De acordo com a ABRELPE (2015) apenas 17,2% dos resíduos tenha ido para lixões, em 2015, podemos constatar, que isso representa 34.177 toneladas diárias.

TABELA 05: Disposição final de RSU

Ano	Aterro sanitário		Aterro controlado		Lixão	
	t/dia	%	t/dia	%	t/dia	%
2013	110.232	58,3	46.041	24,3	32.946	17,4
2014	113.975	58,4	47.272	24,2	33.986	17,3
2015	116.631	58,7	47.942	24,1	34.177	17,2

Fonte: ABRELPE 2014/2015

A partir dos dados apresentados na Tabela 06, é possível saber como estão distribuídos nas diversas regiões do país e quantos são os lixões brasileiros, como também, pode-se verificar que 59,8% dos municípios brasileiros, no ano de 2015, depositaram seus resíduos em local ambientalmente inadequado.

TABELA 06: Quantidade de municípios por tipo de disposição final adotada-2015

Disposição final	Regiões e Brasil-2015						Brasil-2014
	Norte	Nordeste	Centro-oeste	Sudeste	Sul	Brasil	
Aterro sanitário	97	456	165	820	706	2244	2236
Aterro controlado	110	504	143	646	366	1774	1775
Lixão	243	834	154	202	119	1552	1559
Brasil	450	1794	467	1668	1191	5570	5570

Fonte: ABRELPE-2015

2.7. LIXÕES

A disposição final de resíduos sólidos em lixões é a forma mais arcaica e condenável de gestão de resíduos, porque os resíduos são eliminados sem tratamento ou qualquer tipo de controle.

Lixões são locais onde são despejados resíduos sólidos diversos (orgânicos e inorgânicos) sem que haja o tratamento adequado do solo, ocasionando a poluição

do ar (pela emissão de gás metano proveniente da decomposição dos resíduos orgânicos), do solo e dos lençóis freáticos (fontes subterrâneas de água) (MILARÉ, 2004, p.188)

Nos lixões os resíduos são depositados misturados, sem nenhum controle ou tratamento quanto a periculosidade dos resíduos depositados (ver Quadro 01), nem quanto ao local de disposição dos mesmos (alagados), acarretam uma série de problemas sanitários, ambientais e sociais, representados na Figura 03 e descritos no Quadro 05.

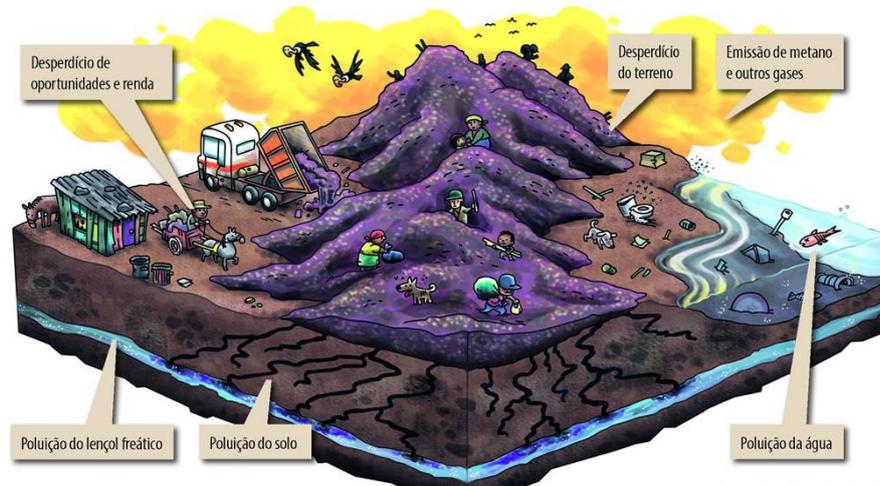


FIGURA 02: Impactos Ambientais Causados por Lixões.

Fonte: ABRELPE,2013, e elaboração própria.

QUADRO 05: Problemas Causados por Lixões.

Problemas Sanitários	De acordo com Barros et al(1995), várias doenças podem ser transmitidas quando não há coleta e disposição adequada do lixo. Os mecanismos de transmissão são complexos e ainda não totalmente compreendidos, embora saibamos que é no lixo que inúmeros vetores encontram abrigo e ambiente favorável à sua reprodução e proliferação dando início transmissão de doenças.
Problemas Ambientais	Contaminação dos mananciais, aquíferos e lençóis freáticos pelo chorume; Contaminação dos solos e das pessoas que mantêm contato com os detritos; Deslizamentos de encostas, assoreamento de mananciais, enchentes e estrago na paisagem.
Problemas Sociais	Nos lixões pode haver outros problemas sociais como a presença de animais, a presença de catadores (que na maioria dos casos reside no local) além dos riscos de incêndios causados pelos gases gerados pela decomposição dos resíduos e de escorregamento, quando da formação de pilhas muito íngremes sem critérios técnicos. (FORMAS..., 2010).
Fonte: Elaboração Própria	

Com a aprovação da Lei nº 12.305/2010, a extinção dos lixões estava prevista para 2014, entretanto, até hoje, os lixões ainda não foram erradicados, e seguem fazendo parte da paisagem de muitos municípios brasileiros.



FIGURA 03: Lixão da Estrutural.

Fonte: Estadão, 11/03/2013.

O prazo referente ao fim dos lixões, por sua vez, esgotou em agosto de 2014. A grande maioria dos municípios não tiveram condições, nem técnicas, nem financeiras, de fazer valer essa determinação legal, sendo assim o Senado Federal, por intermédio do Projeto de Lei 2.289/2015, estabeleceu novos prazos para extinção dos lixões, conforme indica o Quadro 06.

QUADRO 06: Prazos para o fim dos lixões segundo o Projeto de Lei 2.289/2015

Prazo limite	Porte da cidade
Até 31 de julho de 2018	Para capitais e regiões metropolitanas se adequarem.
Até 31 de julho de 2019	Para municípios com população superior a 100 mil habitantes.
Até 31 de julho de 2020	Para municípios com população entre 50 mil e 100 mil habitantes.
Até 31 de julho de 2021	Para aqueles com população inferior a 50 mil habitantes.
Fonte: SENADO, Projeto de Lei 2.289/2015	

Para o BNDES(2012), às estimativas de investimento na extinção de lixões, é da ordem de R\$ 2,5 bilhões a ser investidos em aterros sanitários de diferentes portes. A distribuição de investimentos por região está sumariada no Quadro 07.

QUADRO 07: Investimentos para extinção de lixões no Brasil (2015-2019)

Região	Investimentos necessários (em milhões de R\$)
Nordeste	1.056,68
Sudeste	652,31
Centro-Oeste	342,14

Norte	247,50
Sul	188,40
Total	2.487,04
Fonte: BNDES, com base em ABETRE e FGV (2009) e ABRELPE (2013).	

2.8. ATERROS SANITÁRIOS

Para a NBR 8419/1992 é uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais. Esta metodologia utiliza os princípios de engenharia (impermeabilização do solo, cercamento, ausência de catadores, sistema de drenagem de gases, águas pluviais e lixiviado) para confinar os resíduos e rejeitos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-o com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário.

São projetados para receber os resíduos sólidos de maneira adequada. Há coleta e tratamento de chorume e gases, mantas de proteção ao solo, recobrimento dos resíduos e posterior paisagismo da área utilizada. (EIGENHEER, 2009, p.132).

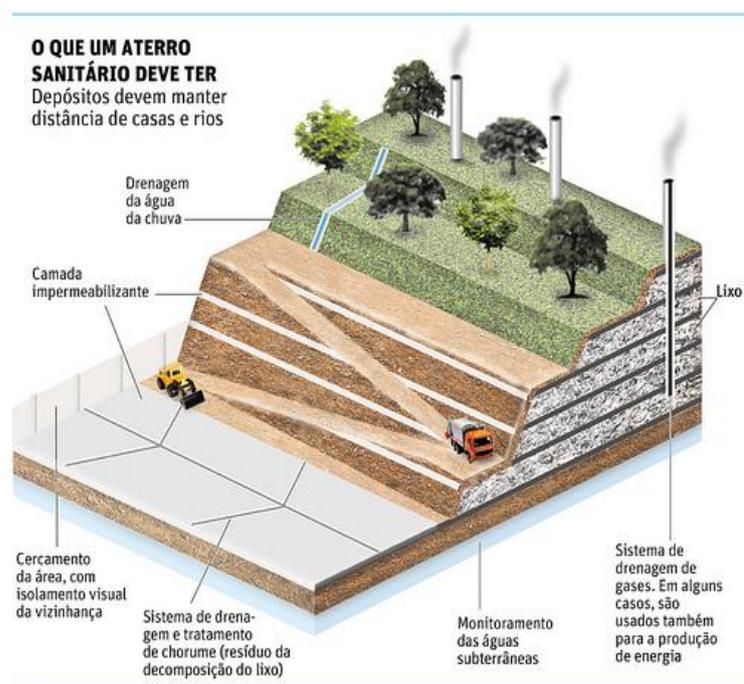


FIGURA 04: Aterro Sanitário.

Fonte: Google imagens

2.8.1. Fases de Estabilização de Resíduos em Aterros Sanitários

Segundo CASTILHOS JR(2003) a evolução dos resíduos sólidos urbanos em aterro sanitário é um fenômeno constituído pela superposição de mecanismos biológicos e físico-químicos, resultantes da degradação dos compostos orgânicos e inorgânicos, cujo impactos ao ambiente resultam da formação de lixiviados e de biogás (Ver Figura 05).

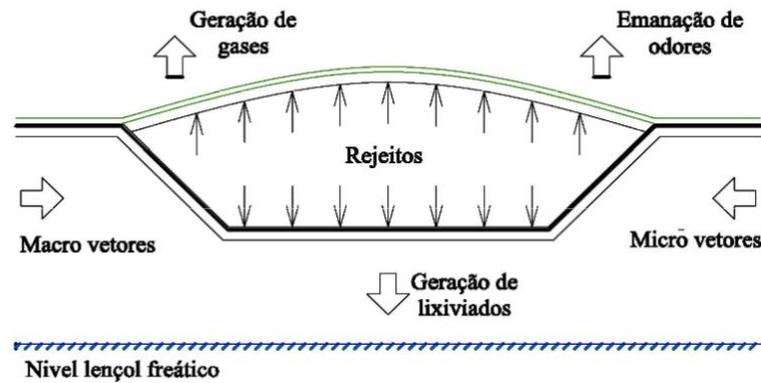


FIGURA 05: Impactos Ambientais de um Aterro Sanitário.

Fonte: CASTILHOS JR(2003)

Para Pohland & Harper (1985) que analisaram as manifestações da evolução dos rejeitos em aterro sanitários e propuseram cinco fases para avaliar a estabilização dos resíduos em aterro sanitários, representadas no Quadro 08.

QUADRO 08: Fases de Estabilização dos Resíduos nos Aterros Sanitários.

Fase I Fase inicial	Aterramento do resíduo na célula e início do acumulo de umidade.
	Compactação inicial dos resíduos e fechamento das células do aterro.
	Detecção das primeiras mudanças dos diferentes parâmetros de degradação dos resíduos.
	Capacidade de retenção dos resíduos é ultrapassada inicia-se a formação dos lixiviados.
	Passagem de condições aeróbias e anaeróbias.
Fase II Fase de transição	Concentrações importantes de metabólicos intermediários aparecem no lixiviado.
	Tendências perceptíveis de instalação de condições redutoras no meio.
	Os ácidos graxos voláteis se tornam preponderantes no lixiviados.
Fase III Formação ácida	Diminuição do pH se produz, com mobilização e possível complexação de espécies metálicas.
	Consumo de nitrogênio e fosforo para o crescimento dos micro-organismos.
	Detecção do hidrogênio e influencia na natureza dos produtos intermediários formados.
	Produtos intermediários que aparecem na fase acida são transformadas em metano e dióxido de carbono em excesso.
	Crescimento do pH a valores mais elevado, controlado pela capacidade tampão do sistema.
Fase IV Formação metanogênica	Potencial oxido-redução em valores baixos e consumo importante de nutrientes.
	Fenômenos de complexação e precipitação de metais continua a ocorrer.
	Carga orgânica dos lixiviados decresce e a produção de gases cresce proporcionalmente.
	Estabilização dos componentes orgânicos disponíveis nos resíduos e solubilizados nos lixiviados.

	Concentrações em nutrientes inicialmente elevadas se tornam limitantes.
Fase V Maturação final	Produção de gases entra em queda acentuada e, em seguida, cessa.
	O oxigênio e espécies oxidadas reaparecem lentamente e aumento do potencial redox é observado.
	Matérias orgânicas resistentes a biodegradação são convertidas em moléculas como ácidos húmicos.
Fonte: CASTILHOS JR(2003)	

2.8.2. Ciclo de vida e evolução de um aterro sanitário

Assim como toda obra de engenharia os aterros sanitários apresentam um ciclo de vida útil. Segundo a ABRELPE(2015) estima-se, em média, 42 anos de ciclo de vida, uma vez que a produção de gás apresenta pico de produção em 10 anos, podendo se estender por um período maior que 40 anos, embora eles recebam rejeitos apenas nos primeiros 20 anos. Para o CONDER(2011) a vida útil de um aterro é dividida em períodos (ver Figura 06) e, caso não haja uma criteriosa seleção dos rejeitos a serem dispostos nas trincheiras, sua vida útil pode sofrer redução.



FIGURA 06: Etapas de Vida de um Aterro Sanitário.

Fonte: DEL BEL, 2012.

2.8.3. Vantagens e desvantagens de um aterro sanitário

Apesar de ser apontado como local ambientalmente adequado para disposição final de rejeitos, um aterro sanitário, independente do porte, apresenta pontos positivos e negativos, conforme indicado no Quadro 09.

QUADRO 09: Vantagens e desvantagens de aterros sanitários.

Vantagens	Desvantagens
------------------	---------------------

Baixo custo operacional.	Alto custo construtivo.
	Geração de odores característicos.
Tecnologia amplamente conhecida.	Necessidade de grandes áreas para o empreendimento.
Possibilidade de aproveitamento do biogás, que pode ser aproveitado para geração de produtos como energia elétrica, calor e metano.	Exige captura e tratamento do “chorume”.
	Após a capacidade esgotada, ainda exige cuidados e manutenção, por anos.
Fonte: PARO et al., 2008; ICLEI, 2011. Elaboração GO Associados	

2.8.4. Custo da tonelada de rsu em aterros sanitários

De acordo com o relatório de pesquisa realizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada- IPEA, entre 2004 e 2008, há uma redução no custo por tonelada de resíduos aterrados, quanto maior a quantidade a ser aterrada, apontando o ganho de escala conforme o porte do município, conforme indicado na Tabela 07.

TABELA 07: Custo da disposição de RSU em aterro sanitário (2004-2008)

Unidade de análise	Evolução do valor contratual médio para disposição de resíduos sólidos domiciliares e/ou públicos em aterro sanitário em R\$/t				
	2004	2005	2006	2007	2008
Brasil	21,83	25,40	30,71	30,63	40,37
Municípios pequenos	38,63	36,08	61,22	54,08	54,2
Municípios médios	19,24	23,7	29,48	28,12	35,46
Municípios grandes	17,05	21,09	25,67	20,70	33,06

Fonte: Ministério das Cidades (Brasil, 2005; 2006; 2007; 2008; 2009; 2010)

2.9. ATERRO SANITÁRIO DE PEQUENO PORTE

Para a NBR 15.849/2010 o aterro sanitário de pequeno porte é definido como sendo o aterro sanitário para disposição máxima de 20 t por dia de resíduos sólidos urbanos, e quando definido por legislação local, em que, considerados os condicionantes físicos locais, a concepção do sistema possa ser simplificada, adequando-se aos sistemas de proteção ambiental, sem prejuízo da minimização dos impactos ao meio ambiente e à saúde pública



FIGURA 07: Aterro Sanitário Simplificado de Pequeno Porte.

Fonte: Google Imagens.

Os Aterros Sanitários de Pequeno Porte-ASPP foram introduzidos pela Resolução nº 404/2008 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA, que simplificou o licenciamento ambiental para este tipo de instalação, limitada à disposição final de, no máximo, 20 toneladas diárias de rejeitos. Criou-se, com isso, mais uma oportunidade para os pequenos municípios superarem o quadro de lixões, definitivamente condenados na PNRS (Lei 12.305/2010), substituindo-os por soluções seguras, eficientes e de baixo custo.

Para os municípios, a alternativa dos ASPP disputará espaço junto a alternativa de concentração dos rejeitos de vários municípios em um único aterro de maior porte, sob um processo de gestão regionalizada (associada) de resíduos, hoje propiciado pela Lei de Saneamento Básico (Lei 11.445/2007) e Lei de Consórcios Públicos (Lei 11.107/2005).

Após a normatização pela NBR 15849:2010 traçou-se diretrizes para sua localização, projeto, implantação, operação e encerramento de aterro sanitário de pequeno porte. Esta norma técnica se apoia no conceito básico de que, no aterramento de resíduos, o maior potencial de impactos ambientais é decorrente da junção de quesitos como:

- grande presença de resíduos orgânicos;
- baixa impermeabilidade do solo de base;
- elevado excedente hídrico, decorrente do clima local, e;
- pequena profundidade do freático.

A norma introduziu parâmetros para que, diante da diversidade continental brasileira, estes aspectos possam ser considerados tanto no projeto de engenharia quanto na análise para

licenciamento, evitando a produção de projetos custosos que não dialogam com as reais exigências ambientais locais e permitindo que os elementos de proteção ambiental passem a ser introduzidos quando realmente haja a possibilidade de impacto.

Sua principal vantagem é apresenta-se como uma alternativa de disposição final de resíduos em municípios pobres do ponto de vista técnico, econômico e ambiental. “São uma opção viável, tanto financeiramente quanto ecologicamente, para que cidades de pequeno porte encarem de frente os problemas causados pelo lixo”. (KENJI, 2012). Além disso, vale ressaltar que:

- Sua capacidade um pouco mais reduzida faz com que sejam ideais para os pequenos municípios.
- Os resíduos oriundos de municípios de pequeno porte são compostos por resíduos sólidos domiciliares e por resíduos de limpeza urbana, onde 50% dos resíduos domiciliares é orgânico.
- Eliminam algumas exigências construtivas, operacionais e de infraestrutura cobradas em projetos de aterros sanitários.

2.9.1. Licenciamento ambiental para aterro sanitário de pequeno porte

O Sistema de Licenciamento Ambiental está previsto na Lei Federal nº 6.938/1981. Por outro lado, a Resolução CONAMA nº 237/1997 define responsabilidades e critérios para avaliação de impacto ambiental e define as atividades que necessitam de Estudo de Impacto Ambiental-EIA e Relatório de Impacto Ambiental-RIMA, entre as quais se inclui a implantação de grandes aterros sanitários.

Para ASPP, de acordo com a Resolução CONAMA 237 de 1997 é obrigatório a licença ambiental para sua construção, mas não se exige EIA/RIMA, mas há etapas a serem seguidas (Ver Figura 08).

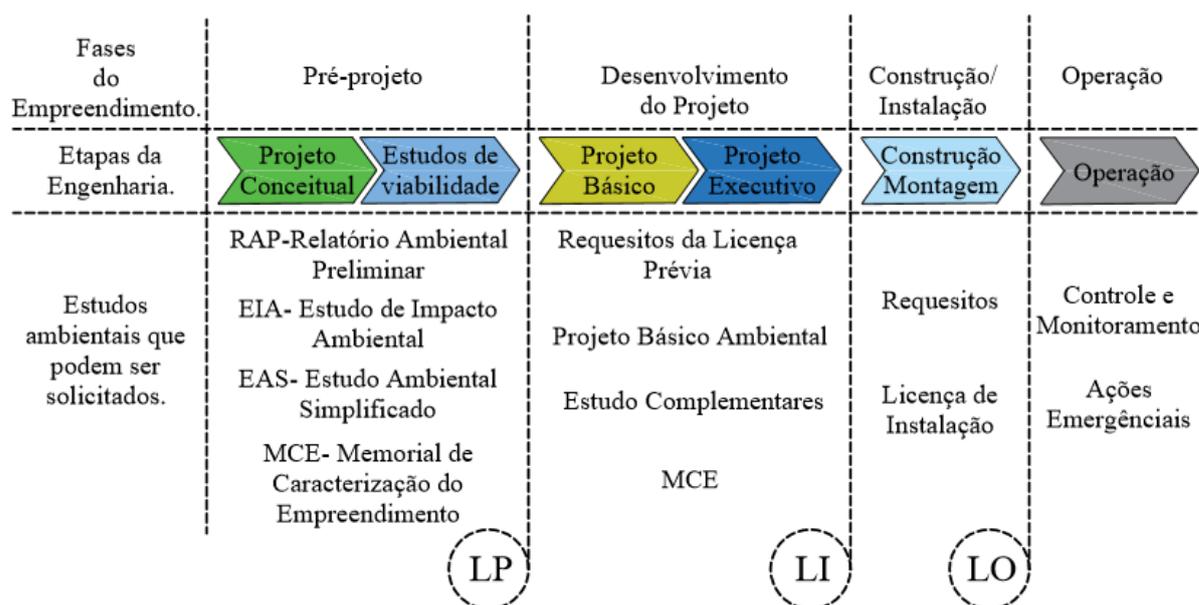


Figura 08: Etapas de um Licenciamento Ambiental.

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA 237/1997

Há três tipos de licença ambiental e cada uma representa uma etapa específica do licenciamento ambiental, representadas no Quadro 10.

QUADRO 10: Licenciamentos Ambientais

Licença Prévia (LP)	É a primeira etapa do licenciamento, com prazo de validade máximo de 05 anos, onde são definidos todos os aspectos referentes ao controle ambiental da empresa, em que o órgão licenciador avalia a localização e a concepção do empreendimento, atestando a sua viabilidade ambiental, determinando se a área sugerida para a instalação da empresa é tecnicamente adequada e estabelecendo os requisitos básicos para as próximas fases. Nesta etapa podem ser requeridos estudos ambientais complementares
Licença de Instalação (LI)	É a segunda etapa do licenciamento, com validade máxima de 06 anos e representa a autorização para o início da construção do empreendimento e a instalação dos equipamentos. A execução do projeto deve ser feita conforme o modelo apresentado. Qualquer alteração na planta ou nos sistemas instalados deve ser formalmente enviada ao órgão licenciador para avaliação.
Licença Operacional (LO)	É a última etapa do licenciamento, com validade mínima de 04 anos e máxima de 10 anos, onde se obtém autorização para o funcionamento do empreendimento. Essa deve ser requerida quando a empresa estiver edificada e após a verificação da eficácia das medidas de controle ambiental estabelecidas nas condicionantes das licenças anteriores.
Fonte: Resolução CONAMA 237,1997-modificado	

2.9.2. Vida Útil de um Aterro Sanitário de Pequeno Porte

De acordo com a Resolução CONAMA nº 404/2008, art. 4º, VI, aterros de pequeno porte devem ter vida útil mínima de 15 anos.

2.10. GESTÃO DE RSU

No desenvolvimento da gestão sustentável dos resíduos sólidos urbanos, o decreto Nº 7404 de 23 de setembro de 2010 regulamenta a PNRS cuja função é instituir ações de gestão e planejamento para manejo de resíduos sólidos urbanos. A Política de Gestão de Resíduos Sólidos-PGRS, envolve geração, coleta, tratamento e disposição em aterros sanitários (ver Figura 09)



Figura 09: Ações para Gestão de RSU.

Fonte: Adaptado do PNRS.

No Brasil, a responsabilidade de coletar, tratar e assegurar a correta destinação final dos RSU é de competência municipal. Para Jucá (2002) limitações financeiras, deficiência na capacitação técnica e profissional, além da descontinuidade política e administrativa dos governos fazem com que estas tarefas nem sempre sejam executadas de forma eficiente.

No país, a gestão de resíduos sólidos, além de atividades que compreendem todas as etapas de reaproveitamento e tratamento dos resíduos, engloba normas e leis relacionadas as políticas e programas existentes nas três escalas de poder, bem como, seu planejamento estratégico.

No setor público fica a necessidade de uma política de resíduos sólidos em todos os níveis, integrando Federação, Estado e Municípios definindo diretrizes técnicas e, principalmente, oferecendo linhas de financiamento para a recuperação das áreas degradadas com resíduos. Para o setor privado estaria reservada a parcela do desenvolvimento e aplicação de tecnologias adequadas para a recuperação das áreas impactadas com o objetivo de transformar o local em um espaço com condições de ser reutilizado pela população, após intervenção. O setor privado também teria a responsabilidade de buscar novas tecnologias tanto no momento da implantação dos serviços e obras de remediação como também no monitoramento da área ao longo do tempo, sobretudo após o encerramento do aterro sanitário transformado (BISORDI et al., 2004; JUCÁ, 2002).

2.10.1. Prioridades em Gestão de RSU

A PNRS estabelece que todos os municípios devem dar prioridade a ações de gestão envolvendo não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, cuja hierarquia de prioridades encontra-se na Figura 10.



FIGURA 10: Hierarquia de Prioridades do PNRS.

Fonte: ABRELPE, 2013

Trata-se de uma nova maneira de ver e pensar a produção e o consumo, promovendo-se um melhor aproveitamento de matérias-primas e materiais recicláveis no processo produtivo, contribuindo sobremaneira para atenuar as mudanças climáticas e para a conservação e preservação da biodiversidade e dos demais recursos naturais.

2.10.1.1. Não-geração

De acordo com Plano Nacional de Resíduos Sólidos(BRASIL,2012) tem por objetivo diminuir significativamente a quantidade de resíduos já durante a fase de concepção do produto ou a redução da contaminação biológica, por metais pesados e demais contaminantes químicos, que possam estar presentes nestes resíduos.

2.10.1.2. Redução

Segundo o Plano Nacional de Resíduos Sólidos(BRASIL,2012) a redução da geração dos rejeitos da indústria, com base no Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais de 2014, tem como finalidade a diminuição/eliminação da geração de resíduos nas unidades produtoras.

A redução na fonte pode ocorrer por meio de mudanças no produto, pelo uso de boas práticas operacionais e/ou pelas mudanças tecnológicas e/ou de insumos do processo. A estratégia de reaproveitamento engloba as ações de reutilização, a reciclagem e a recuperação (Valle, 2001)

2.10.1.3. Reutilização

“Processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa” (PNRS, 2010, art. 3º, XVIII). Tem a finalidade de prolongar a vida útil de um produto no mercado através de procedimentos de limpeza, lavagem e/ou esterilização.

2.10.1.4. Reciclagem

Processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa (PNRS, 2010, art. 3º, XIV).

A reciclagem pode e deve ocorrer em dois estágios:

- No primeiro a reciclagem pré-consumo que corresponde a reciclagem dos resíduos gerados nos processos produtivos e,
- No segundo, a reciclagem pós-consumo que, por sua vez, corresponde a reciclagem de resíduos decorrente da utilização de um bem. Serve para promover a transformação dos resíduos com a finalidade de reinseri-los como matéria-prima na cadeia produtiva.

2.10.1.5. Tratamento

Para o Plano Nacional de Resíduos Sólidos consiste no uso de tecnologias e metodologias economicamente viáveis e adequadas a cada tipo resíduo, com objetivo de neutralizar os impactos ambientais associados ao tipo de resíduo. O tratamento pode ser físico, químico ou biológico.

2.10.1.6. Disposição final adequada.

Segundo a PNRS(2010) é o acondicionamento ordenado rejeito em aterro sanitário observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais.

2.10.2. Metas do PNRS

A versão preliminar do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2012) determinava metas para redução de resíduos sólidos urbanos secos e para resíduos úmidos que não foram atingidas. Dentre as metas destacam-se:

- I - extinção dos lixões a céu aberto até 2014;
- II - redução em até 70% dos resíduos recicláveis ou reutilizáveis dispostos em aterros;
- III - redução na geração de lixo de 1,1 kg/hab./dia para 0,6 kg/hab./ dia; e
- IV - inserção de 600 mil catadores.

Para os resíduos sólidos urbanos secos o destino final é a reciclagem e as metas de apresentarse representadas na Tabela 08.

TABELA 08: Metas de redução de resíduos sólidos secos em aterros sanitários.

Meta	Região	Plano de Metas (%)				
		2015	2019	2023	2027	2031
Redução de resíduos recicláveis secos dispostos em aterro, com base na caracterização nacional em 2013	Norte	10	13	15	17	20
	Nordeste	12	16	19	22	25
	Sul	43	50	53	58	60
	Sudeste	30	37	42	45	50
	Centro-Oeste	13	15	18	21	25
	Brasil	22	28	34	40	45

Fonte: BRASIL, 2010.

Para a redução dos resíduos úmidos nos aterros sanitários e alcançar as metas indicadas na Tabela 09

TABELA 09: Metas de redução de resíduos sólidos úmidos em aterros sanitários

Meta	Região	Plano de Metas (%)				
		2015	2019	2023	2027	2031
Redução do percentual de resíduos úmidos dispostos em aterros, com base na caracterização nacional em 2013	Norte	10	20	30	40	50
	Nordeste	15	20	30	40	50
	Sul	30	40	50	55	60
	Sudeste	25	35	45	50	55
	Centro-Oeste	15	25	35	45	50
	Brasil	19	28	38	46	53

Fonte: BRASIL, 2010.

2.10.3. Princípios do PNRS

Vimos que o PNRS, é um conjunto de organizado de metas, e de acordo com o art. 6º, para elaboração deste projeto, consideramos como princípios mais importantes:

2.10.3.1. Prevenção e precaução

Os princípios de prevenção e precaução induzem o poder público e a coletividade a agir de modo a evitar ou prevenir a ocorrência de ações dolosas para a sociedade.

2.10.3.2. Poluidor-pagador protetor-recebedor

Este princípio tem como objetivos imputar penalidades aos poluidores do meio ambiente e incentivar, por meio prêmios e descontos em impostos, os agentes econômicos que atuam conservando e protegendo o ecossistema em que se insere.

2.10.3.3. Desenvolvimento sustentável

O princípio está em linha com as melhores práticas internacionais, mas seu êxito depende de mudanças significativas na cultura de como entender, tratar e relacionar-se com os resíduos.

2.10.3.4. Responsabilidade conjunta na gestão de RSU

O art. 25 do PNRS determina, in verbis:

Art.25.

O poder público, o setor empresarial e a coletividade são responsáveis pela efetividade das ações voltadas para assegurar a observância da Política Nacional de Resíduos Sólidos e das diretrizes e demais determinações estabelecidas nesta lei e em seu regulamento.

2.10.3.5. Responsabilidade compartilhada na gestão e gerenciamento de RSU.

Princípio que institui a Logística Reversa, e de acordo com o art. 30 a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, segundo a qual cada setor (fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos) tem um papel específico nas várias etapas que envolvem a existência do produto, da produção ao descarte final. Esses setores deverão empreender esforços integrados no planejamento e execução dos mandamentos do PNRS, sob pena de sanções cíveis, administrativas e criminais, nos termos do art. 51, in verbis:

“Art. 51. Sem prejuízo da obrigação de, independentemente da existência de culpa, reparar os danos causados, a ação ou omissão das pessoas físicas ou jurídicas que importe inobservância aos preceitos desta Lei ou de seu regulamento sujeita os infratores às sanções previstas em lei, em especial às fixadas na Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, que “dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências”, e em seu regulamento.”

2.10.4. Gestão integrada de RSU

De acordo com a cartilha da Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental(ReCESA,2008) a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos(GIRS) deve acontecer em etapas. Na Figura 11 representa-se as etapas de uma GIRS.

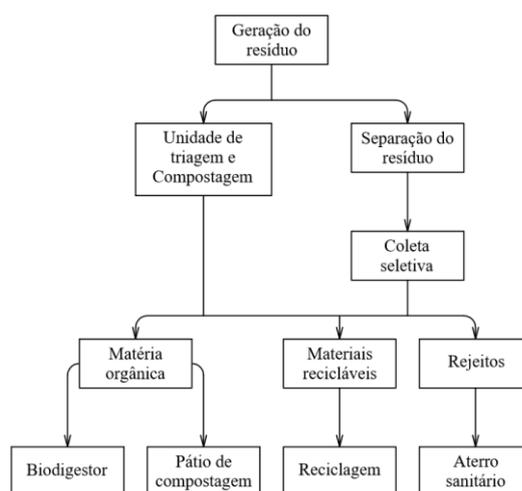


FIGURA 11: Etapas da Gestão Integrada.

Fonte: Adaptado Cartilha Fundação Estadual do Meio Ambiente (Feam,2006)

2.10.4.1. Planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos

A elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) de acordo com PNRS (2010, art.18) é condição necessária para o Distrito Federal e os municípios terem acesso aos recursos da União, destinados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos. É indicado para municípios isolados geograficamente ou que por questões desconhecidas preferem fazer seus planos de gestão individual.

Para o Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM,2001) para uma gestão integrada eficaz deve-se envolver:

- a população na separação e acondicionamento diferenciado dos materiais recicláveis em casa;
- os grandes geradores, responsabilizando-os pelos próprio rejeitos;
- os catadores, que organizados em cooperativas, são capazes de atender à coleta de recicláveis oferecidos pela população e comercializá-los junto às fontes de beneficiamento;
- os estabelecimentos que tratam da saúde, tornando seus resíduos inertes ou oferecendo-os à coleta diferenciada;

- a prefeitura, no papel protagonista no gerenciamento integrado de todo o sistema

Gerenciar o lixo de forma integrada demanda trabalhar integralmente os aspectos sociais, legais com o planejamento das ações técnicas e operacionais do sistema de limpeza urbana, ressaltando que para municípios com população total inferior a vinte mil habitantes, o PGIRS terá conteúdo mínimo (PNRS,2010. art.19).

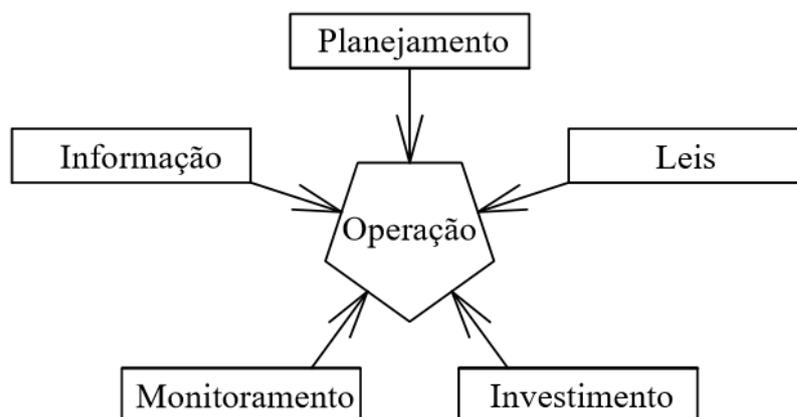


FIGURA 12: Gestão Integrada.

Fonte: Cartilha ReCESA,2008

2.10.5. Logística reversa

De acordo com o PNRS (2010, art.3º, XII) a logística reversa é um dos instrumentos de implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, capaz de promover ações de coleta e restituição dos produtos e resíduos sólidos remanescentes ao setor empresarial, encaminhando-os para reaproveitamento em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou a outra destinação final ambientalmente adequada.

Cada setor tem uma função no processo, onde:

- *Consumidores*: devolver os produtos que não são mais usados em postos (locais) específicos.
- *Comerciantes*: instalar locais específicos para a coleta (devolução) destes produtos.
- *Indústrias*: retirar estes produtos, através de um sistema de logística, reciclá-los ou reutilizá-los.
- *Governo*: criar campanhas de educação e conscientização para os consumidores, além de fiscalizar a execução das etapas da logística reversa.

Na Figura 13 está representado um esquema simplificado de logística reversa.

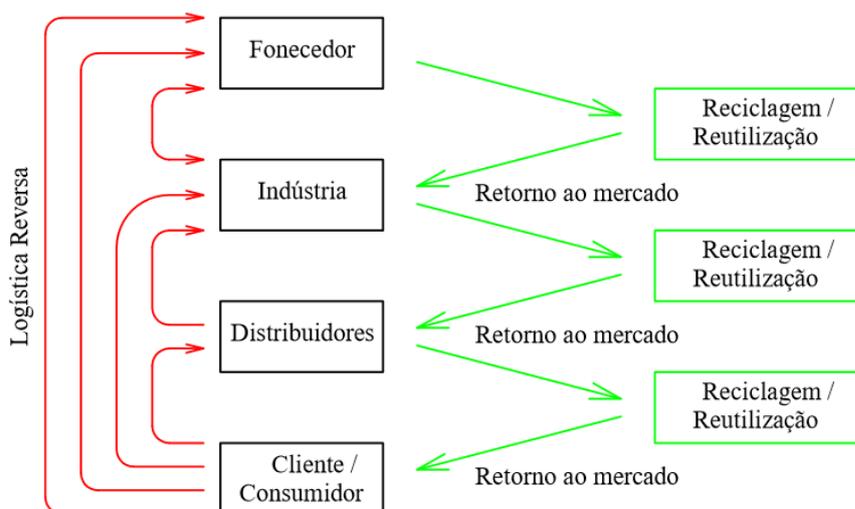


Figura 13: Esquema Simplificado da Logística Reversa

Fonte: Adaptado de Bandini, 2010

De acordo com PNRS (2010, art. 33), fica regulamentado que são obrigados a participar sistemas de logística reversa todos os resíduos associados a:

- agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso, observadas as regras de gerenciamento de resíduos perigosos previstas em lei ou regulamento, em normas estabelecidas pelos órgãos do Sistema Nacional do Meio Ambiente(Sisnama), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária(SNVS) e do Sistema Unificado de Atenção a Sanidade Agropecuária(Suasa), ou em normas técnicas;
- pilhas e baterias;
- pneus;
- óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;
- lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;
- produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

CAPITULO III. POR QUE NÃO AO CONSÓRCIO

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A PNRS (2010, art. 18) dá prioridade à formação de consórcios intermunicipais para a gestão do lixo, inclusive para obtenção de financiamento federal. São vistos como solução principalmente para os pequenos municípios, que ao se associarem entre si ou com municípios de maior porte, têm mais chances de superar a baixa capacidade técnica e de gestão e ampliar a escala de tratamento de resíduos sólidos, o que significa diminuição de custos

Vários argumentos apontavam para as vantagens do consorciamento entre os entes da Federação, valendo citar a título de exemplo (LOSADA, 2008):

- instrumentalizar os entes federados a operar as múltiplas escalas do projeto nacional de desenvolvimento;
- permitir a descentralização de recursos técnicos e financeiros e promover a regionalização e territorialização de políticas públicas;
- promover o fortalecimento gerencial e administrativo dos Municípios, dos Estados/Distrito Federal e do Governo Federal;
- agilizar a execução de projetos, baratear custos; dar maior transparência à aplicação de recursos públicos e
- ampliar a capacidade contratual dos Consórcios Públicos, inclusive na captação de recursos.

Apesar dos consórcios emergirem como uma alternativa de gestão do território metropolitano, seu processo de constituição e funcionamento não é isento de desafios e impasses, constituindo-se como limitações. Entre eles, de acordo com Cruz (2001, p.29) merecem destaque:

- Existência de interesses comuns entre os municípios.
- Disposição de cooperação por parte dos prefeitos.
- Busca da superação de conflitos político-partidários.
- Proximidade física das sedes municipais.
- Tomada de decisão política em se consorciar.
- Existência de uma identidade intermunicipal.

3.2 LIMITAÇÕES

Apesar de representar fatores que possam ser trabalhados e transformados em potencialidades, eles também podem constituir limitações ao sucesso do consórcio.

3.2.1. Existência de interesses comuns entre os municípios

Segundo Gutiérrez (2008) o plano estratégico elaborado nem sempre é de interesse imediato do município, pois ao não definir os benefícios individuais para além dos benefícios coletivos, este pode não se mostrar eleitoralmente atraente ou tecnicamente viável para o governo municipal, fazendo com que muitos municípios se afastassem do consórcio. “A falta de entrosamento do consórcio com a própria máquina administrativa dos municípios, resultaria em um descompasso entre os objetivos do consórcio e os interesses dos municípios isoladamente” (Krell, 2003.)

3.2.2. Disposição de cooperação por parte dos prefeitos

De acordo com Dieguez (2007) a cooperação entre os municípios que formam um consórcio não se concretiza porque não se constituiu um interesse comum entre eles compartilhar recursos, principalmente se forem de partidos adversários.

3.2.3. Busca da superação de conflitos político-partidários

A gestão dos Consórcios está vinculada aos Prefeitos dos Municípios, o que pode gerar conflitos de ideologias partidárias e problemas quando da mudança de governos após eleições refletindo na qualidade e continuidade da prestação dos serviços de RSU pelos Consórcios. “Qualquer alteração no quadro político estabelecido poderia pôr em risco a coalizão regional, tornando a atuação e a própria sobrevivência do consórcio dependente de suas lideranças” (Abrucio e Soares, p. 217).

3.2.4. Proximidade física das sedes municipais

É complexo encontrar uma localização ideal para sede do aterro consorciado que contemple, simultaneamente, a mínima distancia prevista pelo Licenciamento Ambiental e pelas Normas Técnicas, e a máxima distancia previstas por razões logísticas e de transporte.

3.2.5. Tomada de decisão política em se consorciar

A lei não obriga os municípios constituir consórcios, é um acordo de vontades, articulados com base no artigo 241 da Constituição Federal e na redação da Emenda Constitucional n.º 19/98, conforme segue:

A União, Estados, Distrito Federal e municípios disciplinarão por meio de lei os Consórcios públicos e os convênios de cooperação entre os entes federados, autorizando a gestão associada de serviços públicos, bem como, a transferência total, parcial de encargos, serviços, pessoal e bens essenciais à continuidade dos serviços transferidos.

3.2.6. Existência de uma Identidade Intermunicipal.

No Brasil se criou a cultura do individualismo em detrimento a do coletivo, e de acordo com Putnam (2006) há uma relação entre o padrão de associativismo de uma comunidade com o desenvolvimento das suas instituições, a partir da cultura cívica de confiança estabelecida entre os atores políticos e sociais presentes em uma determinada situação de interação.

CAPÍTULO IV- PROPOSTA DE ATERRO SIMPLIFICADO

4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para que esta proposta de ASS seja bem sucedida se faz necessária as seguintes considerações:

- Do ponto de vista da geração e gestão se faz necessário que o município que adotá-la siga as prioridades, princípios e metas do PNRS, bem como as ações previstas no seu respectivo Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS).
- Do ponto de vista construtivo e segurança ambiental que siga os parâmetros normativos da NBR 15.849/2010, e resolutivos das Resoluções do CONAMA nº 404/08.

Com base nas premissas acima, a esta proposta de aterro deve ser desenvolvida em quatro etapas, divididas em:

- Etapa 1: Estudos preliminares;
- Etapa 2: Projeto básico;
- Etapa 3: Projeto executivo;
- Etapa 4: Consolidação/síntese do projeto.

Entretanto, em virtude das individualidades e particularidades de cada município, dá-se ênfase apenas as etapas 1 e 2 porque constituem etapas comuns de um projeto de aterro sanitário.

4.2. ESTUDOS PRELIMINARES.

De acordo com AGUIAR et al (2011) a metodologia para projeto de aterros sanitários, convencional ou simplificado, obedece a seguinte sequência básica: caracterização do município, escolha do terreno em função de levantamentos topográficos, geotécnicos, logísticos e ambientais.

4.2.1. Caracterização do município.

Neste diagnóstico faz-se um levantamento da situação atual do município, nele deve constar informações gerais sobre os aspectos institucionais, legais, administrativos, financeiros, sociais, educacionais, operacionais, pluviométricos, ambientais e do sistema de limpeza pública. Tem a função de permitir avaliação mais realista das necessidades do município,

constituindo-se como etapa inicial de cadastro dos dados referentes aos aspectos demográficos e gerenciamento dos resíduos urbanos, tais como: serviço de coleta, quantificação e qualificação dos resíduos e disposição final.

No que diz respeito as informações relativas ao município devemos buscar dados a respeito dos aspectos geográficos, socioeconômicos, de infraestrutura urbana e da população atual e futura. Já em relação ao sistema de limpeza pública são informações de interesse:

- Características quantitativas e qualitativas dos resíduos sólidos urbanos;
- Identificação e análise das disposições legais existentes, incluindo contratos de execução de serviços de limpeza urbana municipal por terceiros;
- Identificação e descrição da estrutura administrativa (organização e alocação de recursos humanos);
- Identificação, levantamento e caracterização da estrutura operacional dos serviços prestados (infra estrutura física, procedimentos e rotinas de trabalho);
- Identificação dos aspectos sociais (presença de catadores na disposição final, coleta informal, existência de cooperativas ou associações);
- Identificação, levantamento e caracterização da estrutura financeira do serviço de limpeza urbana (remuneração e custeio, investimentos, controle de custos);
- Identificação e caracterização de ações ou programas de educação ambiental.

Tais informações são necessárias para diagnosticar os problemas, suas possíveis causas e soluções, dessa forma o plano de gerenciamento deve contemplar:

- O modelo tecnológico, sua estrutura operacional e estratégia de implantação com as devidas justificativas e com definição de metas e prazos;
- A estrutura financeira e estudos econômicos com a definição das fontes de captação dos recursos necessários à implantação e operacionalização do sistema previsto pelo plano (organograma, remuneração e custeio);

- A proposição de uma estrutura organizacional e jurídica necessária ou a adequação da estrutura existente, com a inserção da participação e do controle social;
- Planos que promovam a inserção social para os grupos sociais envolvidos;
- Programas e ações de atividades de educação ambiental;
- Monitoramento dos programas de gestão empregando-se como ferramentas indicadores que resumem de forma inteligível e comparável uma série de informações, como os de desempenho, os econômico financeiros e os socioeconômicos e ambientais.

4.2.2. Levantamento e triagem de áreas.

Após a caracterização do município, tem início a etapa de seleção de áreas propriamente dita onde devem ser realizadas: serviços topográficos, hidrografia e hidrologia, geotecnia e estudos hidrológicos.

4.2.2.1. Serviços topográficos

São realizados levantamentos planialtimétricos, em curvas de nível com diferenças de altitude de 1m, envolvendo a implantação de Referenciais de Níveis, transporte de cotas, especificando as distâncias dos divisores de água e indicação dos acessos, e georeferenciada de acordo com a lei federal nº 10.267/2001. A representação em planta geral será desenhada na escala 1:1.000 e a representação de detalhes será desenhada na escala 1:500.

4.2.2.2. Hidrografia e hidrologia

Realizar estudo referente ao ambiente hidrográfico, as bacias, as sub-bacias e aquíferos da área do futuro aterro, ao sistema de drenagem e de caracterização hidrogeológica da área e de seu entorno.

4.2.2.3. Geotecnia

No que se refere aos ensaios de caracterização das amostras de solo devem ser realizados ensaios de:

- Análise granulométrica;

- Limite de liquidez;
- Limite de plasticidade;
- Compactação.
- Sondagens com ensaio SPT para determinar o perfil das camadas de solo e a profundidade lençol freático, em número de pontos de sondagem deve ser suficiente para permitir uma adequada caracterização das camadas do subsolo.

Os ensaios acima indicados têm a função principal de:

- Caracterização geotécnica das formações presentes;
- Localização, caracterização e cubagem das jazidas;
- Cálculos de estabilidade dos taludes naturais em cortes ou aterros e nas valas ou trincheiras;
- Escolher entre o sistema de impermeabilização mineral e o sistema de impermeabilização por geomembrana, com base na permeabilidade do solo;
- Definição de linhas de fluxo e mapa esquemático da superfície do lençol freático.

4.2.2.4. *Estudos climatológicos*

Pesquisar dados relativos:

- Aos índices pluviométricos porque a água da chuva que cai sobre o aterro, percola através do mesmo carreando o chorume e a matéria orgânica transformada, dando origem a um volume líquido que pode causar problemas à operação do aterro, contaminar o solo e os recursos hídricos da região.
- A temperatura, a umidade relativa, a evaporação para que seja possível calcular o volume de água que percola no solo e determinar o volume de chorume produzido.
- Aos ventos para evitar ou minimizar os impactos que os odores resultantes da degradação dos compostos orgânicos e inorgânicos e da compostagem atinjam as cidades.

4.2.3. Avaliação das áreas potenciais

Nesta etapa são feitos cruzamentos das informações das áreas cadastradas com as referências contidas na base de conhecimentos técnicos e teóricos. Tudo isso se faz necessário avaliar a adequação da área ao fim pretendido de ou para classifica-la através de uma avaliação comparativa entre áreas. A escolha das áreas deverá ser feita em função do modelo proposto e a partir dos critérios propostos no Quadro 11

QUADRO 11: Critérios para escolhas da localização do aterro sanitário.

Critérios Ambientais	Serão avaliadas a capacidade natural das áreas em atenuar os possíveis impactos ambientais resultantes da implantação do aterro. De acordo com a norma brasileira NBR 10.157/1987, Resolução CONAMA 404/2008 e NBR15.849/2010, são estabelecidos critérios técnicos para que uma determinada área possa ser transformada em um aterro sanitário, destacando-se: Localização em área rural ou industrial; Distância mínima de 50 metros de corpos d'água e 200 metros de rios, lagos, lagoas e oceano; Permeabilidade natural do terreno com características argilosas Profundidade do lençol freático Fauna e flora local
Critérios de Uso e Ocupação do Solo	Depende de critérios estabelecidos pela legislação municipal específica, com destaque para: A distância mínima de vias públicas e de núcleos residenciais urbanos; Impactos resultantes de ruídos, odores e poluição visual.
Critérios Operacionais e Econômicos	Serão observadas a complexidade técnica envolvida e o tempo necessário para realizar todas as fases da construção do aterro sanitário, destacando-se: A distância do aterro da zona urbana, pois quanto mais distante, mais caro é o serviço de transporte; Facilidade de acesso a veículos coletores de resíduos; Disponibilidade de material de cobertura ou proximidade às jazidas.
Fonte: Modificado de Gomes et al., 2001.	

4.2.4. Alternativas de concepção do aterro sanitário

Se faz necessário o estudo de, no mínimo, três alternativas de locais para implantação do aterro, com a devida estimativa de custos, abordando soluções tecnológicas, disposição de células e as estruturas administrativas. Será selecionada a alternativa que minimize os custos

econômicos e os impactos ambientais do sistema de disposição de resíduos sólidos, levando em consideração a natureza das bases de assentamentos, suas características drenantes e de suporte, definindo-se, claramente, os mecanismos a serem utilizados e as técnicas de engenharia que viabilizam a implantação e operação do aterro.

4.2.5. Desapropriação do terreno

Definido o local econômica e ambientalmente mais viável, deverá ser levantada a sua situação fundiária, seu cadastro de benfeitorias e a poligonal da área com todos os elementos necessários a sua localização, definindo assim todos os pontos de amarração e planilhas de custo para fins de desapropriação.

4.3. PROJETO BÁSICO

Segundo AGUIAR et al (2011), conhecendo-se o montante de rejeito produzido, a vida útil do aterro, as condições climáticas, as recomendações estabelecidas nos licenciamentos ambientais, o detalhamento do modelo tecnológico, o método de operação do aterro e a proposta de utilização e urbanização da área, faz-se o dimensionamento do aterro, elaborando-se o projeto básico do aterro e outros projetos complementares se necessário, envolvendo:

- Urbanismo e paisagismo;
- Arquitetura das unidades administrativas;
- Terraplenagem;
- Geometria do aterro;
- Drenagem, abastecimento de água e esgotamento sanitário;
- Drenagem e tratamento de percolados e gases;
- Energia elétrica e iluminação pública.

4.3.1. Urbanismo e paisagismo

Nesta etapa faz-se uma proposta de urbanização do aterro, tendo em vista a ocupação gradual da área de forma ambientalmente correta, onde são definidas: o fechamento da área, o sistema viário, a portaria, a balança, as edificações, a área para poda, entulho e reciclagem, as valas ou

trincheiras, o sistema de tratamento e de drenagem superficial e subterrânea, etc. Também são feitas as especificações dos materiais, quantitativos e estimativa de custos.

Para melhor esclarecimento, a Figura 14 representa exemplo ilustrativo da urbanização e paisagismo de um aterro sanitário.



FIGURA 14: Projeto de urbanização de aterro sanitário simplificado.

Fonte: Google Imagens

4.3.2. Arquitetura das unidades administrativas

Etapa onde são feitos estudos para determinar quais edificações são necessárias para administração e operação do aterro, bem como suas respectivas áreas em função do número de funcionários. Compreende edificações tais como: escritório, balança, vestiário, pequeno laboratório e área para manutenção dos equipamentos.

A apresentação do Projeto de Arquitetura das edificações e dos projetos complementares deve conter:

- Texto descritivo sobre o projeto;
- Projeto de arquitetura, projetos estrutural e de fundações, de instalações elétrica, hidrossanitárias e telefônicas.

4.3.3. Terraplenagem

A partir da topografia do terreno pode se definir o modelo de execução do aterro (valas ou trincheiras, área ou superfície e rampa, encosta ou depressão), como também são definidas toda volumetria de movimentação de terra, seja a que constitui o sistema viário, as células, o sistema de tratamento dos líquidos, as edificações, seja a que deverá ser dimensionada e especificada para a camada impermeabilizante da base onde se apoiará o aterro. A apresentação constará de:

- Descrição da concepção do projeto;
- Perfil geotécnico indicando a constituição do terreno;
- Planilha com volumes de orientação de terraplenagem;
- Quadros de distribuição dos materiais;
- Planta com a situação dos empréstimos e bota fora.

4.3.4. Geometria do aterro

A geometria do aterro deve ser coerente a concepção adotada nos estudos de urbanização e deve conter:

- Definição e elaboração das seções transversais e tipo de todas as obras viárias;
- Definição e elaboração gráfica em planta e perfil de todas as características geométricas;
- Definição e elaboração gráfica de todas as características do perfil longitudinal;
- Elaboração de seções transversais;
- Memorial descritivo, especificações, quantitativos e estimativas de custos;
- Determinação dos tipos de revestimentos a serem empregados.

4.3.5. Cercamento

Toda a área que abrigará o aterro sanitário deverá ser cercada para definir, principalmente seus limites físicos e impedir o acesso de animais domésticos e pessoas estranhas à área de operação. O cercamento da área do empreendimento deve ser composto por estacas de concreto pré-moldado, com espaçamento médio de 3,0 m, e por fios de arame farpado espaçados 20cm um do outro.

Além do cercamento, em virtude de exigências ambientais, se faz necessário um cortinamento vegetal com largura de 10m e tem por objetivo reter poeiras resultante da operação do aterro, bem como reduzir o impacto visual e a propagação de odores nas áreas vizinhas ao aterro.

4.3.6. Acesso

Para ReCESA(2009), os acessos internos visam permitir interligação entre os diversos pontos do aterro, podendo se ser permanentes ou temporários. Os permanentes operam durante toda vida útil do aterro, por isso são mais largos ($L > 8m$) e tem pavimento reforçado. Por outro lado, os temporários se ligam à frente de serviço para descarga dos resíduos no local adequado, mudam constantemente de lugar, tem largura inferior a 6m.

Tais acessos devem resistir ao trânsito de veículos pesados, por isso devem ter inclinação longitudinal máxima de até 15%. Mesmo em dias de chuva, devem estar sempre em perfeitas condições e para sua manutenção pode-se utilizar saibro, brita ou até resíduos de construção civil.

4.3.7. Galpão

De acordo com o PROSAB(2003) além das edificações administrativas deve ser prevista a construção de galpões cobertos específicos para:

- Estocagem de matérias de uso diário na operação do aterro, para lubrificação, lavagem e pequenos reparos nos veículos e equipamentos podem ser realizados no próprio aterro, além de servir como abrigo desses equipamentos nos períodos de inatividade.
- Triagem e processamento dos materiais coletados no sistema de coleta seletiva descrito anteriormente.

4.4. PROJETOS COMPLEMENTARES

4.4.1. Projeto do sistema de drenagem superficial

É um sistema preventivo constituído por valas, canaletas e pelas caixas de distribuição, deve ser previsto em todos os projetos de aterro, e tem como objetivo principal desviar as águas que tenderiam a escoar para a área do aterro, evitando que se infiltrem nos resíduos, carreando poluentes para o aquífero, bem como para coletar e desviar as águas que precipitem diretamente sobre o aterro.

O dimensionamento da rede de drenagem das águas pluviais implica no conhecimento prévio da vazão contribuinte, que pode ser calculada pelo Método Racional dado pela seguinte expressão:

$$Q = 0,278 * C * I_m * A$$

A partir da vazão contribuinte, das características geométricas e materiais do dreno e considerando o período de retorno igual à vida útil do aterro, podemos calcular as dimensões dos drenos pela expressão:

$$Q = \frac{1000 * R_H^{\frac{2}{3}} * S * i^{1/2}}{n}$$

O sistema de drenagem das águas superficiais pode ser dividido em sistema principal e secundário.

4.4.1.1. Drenagem principal

Formado por sistema constituído por drenos em vala, construída em alvenaria, de seção quadrada ou triangular, por caixas de passagens(PVS) quadradas, em alvenaria, cuja função é coletar as contribuições da área externa das trincheiras e da drenagem secundária, direcionando-as para local adequado e ambientalmente correto.

4.4.1.2. Drenagem secundária

Constituída por um sistema de canaletas circulares de concreto simples, moldados in loco, em torno das trincheiras e interligada ao sistema de drenagem principal, tendo a função de efetuar o escoamento superficial da camada de cobertura das trincheiras.

4.4.1.3. Bacia de detenção

Estrutura necessária quando o sistema de drenagem principal não está interligado a um sistema de galerias públicas. Tem a finalidade de regular a vazão e velocidade das águas

coletadas pelo sistema de drenagem, bem como, evitar processos erosivos a jusante do aterro sanitário ou de terrenos próximos não pertencentes ao aterro.

4.4.2. Projeto do sistema de abastecimento

O empreendimento deverá contar com um sistema de abastecimento de água próprio, para isso se faz necessário a perfuração de um poço, com base nos requisitos da NBR 12212/2006 e da NBR 12244/2006, com vazão mínima de 20 m³/h e a instalação de um reservatório elevado, com capacidade para 30 m³ e altura suficiente para atender as solicitações da NBR 5626/1998.

Sua função é fornecer água para pequenas lavagens de veículos, uso dos funcionários do aterro e irrigação das cortinas vegetais e umedecimento da camada de cobertura das trincheiras, evitando o ressecamento da camada de argila.

4.4.3. Projeto do sistema de esgoto

Deve atender aos pré-requisitos da NBR 9649/1986, de forma que projeto de esgotamento sanitário deverá prever a coleta e destino final.

4.4.4. Projeto de coleta e tratamento de percolados

Com base nas Resoluções CONAMA, deverá ser previsto um sistema de coleta e tratamento de chorume, com a finalidade de preservar o lençol freático de qualquer contaminação ambiental causados pela emissão de gases e líquidos da massa de resíduos em decomposição.

4.4.4.1. Sistema de coleta de percolado

Segundo a cartilha ReCESA(2008) para permitir melhores condições de escoamento dos lixiviados, o sistema de coleta de percolado deve apresentar drenos com declividade entre 1% ou 2 % em todos os pontos e funcionar de tal forma que os líquidos percolados escoem por gravidade até os tanques de coleta, de onde serão removidos. A Figura 22 mostra uma ilustração do sistema de coleta de chorume e drenagem de gás no interior da trincheira.



FIGURA 15:Sistema de Drenagem de Chorume e Gás.

Fonte: Cartilha ReCESA,2008

No dimensionamento do sistema de drenagem de aterros sanitários se faz necessário estimar a vazão do lixiviado, a seção e o espaçamento entre os drenos.

4.4.4.1.1. Estimativa de vazão de percolado ou chorume

Para CHRISTENSEN, et al(2001) chorume é um líquido escuro de odor desagradável, produzido pela decomposição físico-química e biológica dos resíduos orgânicos depositados em um aterro. A água da chuva que cai sobre o aterro, percola através do mesmo carregando o chorume e a matéria orgânica transformada, dando origem a um volume líquido que pode causar problemas à operação do aterro, contaminar o solo e os recursos hídricos da região.

Carreado pela água de chuva e pela própria umidade contida nos resíduos, o chorume se transforma em uma matriz aquosa de extrema complexidade, apresentando em sua composição altos teores de compostos, cuja composição química varia com a idade do aterro e com os eventos que ocorreram antes da amostragem do mesmo e o seu volume depende de parâmetros hídricos tais como: precipitação, evaporação, escoamento superficial, infiltração e evapotranspiração.

Em aterros de pequeno porte a estimativa de vazão de percolado pode ser determinada pelo Método Suíço que, embora pouco quanto a precisão, apresenta relativa simplicidade de aplicação, sendo dado pela seguinte expressão:

$$Q = \frac{P * A * K}{t}$$

TABELA 10: Valor de K para uso do Método Suíço

Grau de Compactação da Camada de Coberturas	Peso Específico do Lixo	K
Fracamente Compactados	0,4 a 0,7 ton/m ³	0,25 a 0,50

Fortemente Compactados	Acima de 0,7 ton/m ³	0,15 a 0,25
Fonte: (Orth, 1981, apud Neto et al, 1999)		

4.4.4.1.2. Seção dos drenos

A drenagem pode ser feita por tubos drenantes de PVC DN 100 mm, perfurados manualmente ou por drenos cegos. De acordo com ReCESA(2008), no Brasil, dá-se preferência ao uso dos chamados drenos cegos, ou seja, drenos com seção sem tubo circular, que possui somente brita como meio drenante. *Para redução de custos, sugere-se a substituição da brita por pneu triturado.* Na Figura 16 tem-se uma esquematização de drenos cegos.

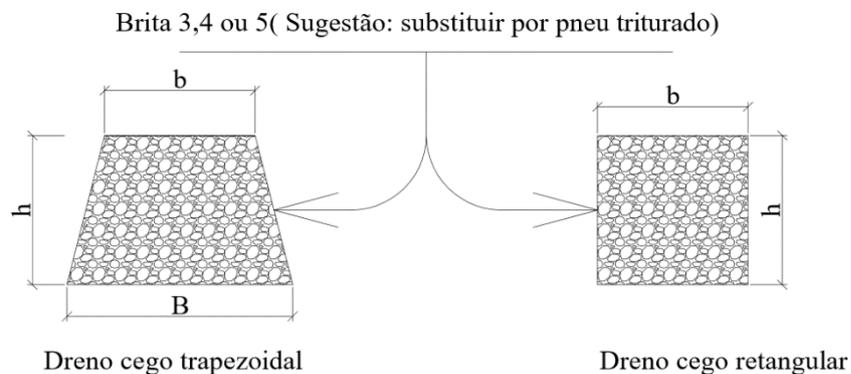


FIGURA 16: Modelos de Seção de Dreno Cegos.

Fonte: Cartilha ReCESA,2008

Para dimensionamento da seção drenante dos drenos secos deve-se verificar se o escoamento no dreno está dentro do previsto pelo cálculo do número de Reynolds ($Re = \rho * v * D / \mu$, sendo: $1 < Re < 3000$), aplicar a Lei de Darcy, considerando o gradiente hidráulico como sendo igual a declividade do dreno, cuja equação é dada por:

$$Q = K * i * A$$

4.4.4.1.3. Espaçamento entre drenos

Para ReCESA(2009) o espaçamento do dreno deve ser calculado em função da altura da lâmina líquida de lixiviados ($h < 30$ cm, segundo NBR 13896/1997) e do tipo de disposição dos drenos. Quando é utilizado o esquema de espinha de peixe podemos determinar o espaçamento pela equação a seguir:

$$L = \frac{2h_{max}}{\left\{ c^{1/2} * \left[\left(\frac{\tan^2 * \phi}{c} \right) + 1 - \left(\frac{\tan \phi}{c} \right) * (\tan^2 * \phi + c)^{1/2} \right] \right\}}$$

Na Figura 17 representamos esquemas indicando o espaçamento entre drenos e na Figura 18 a forma como podem ser dispostos dentro da trincheira.

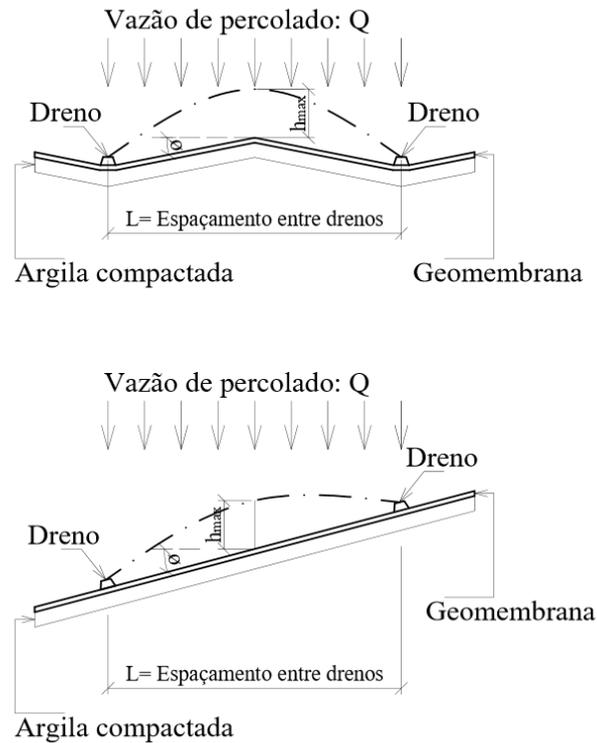


FIGURA 17: Espaçamento entre drenos.

Fonte: Cartilha ReCESA,2008

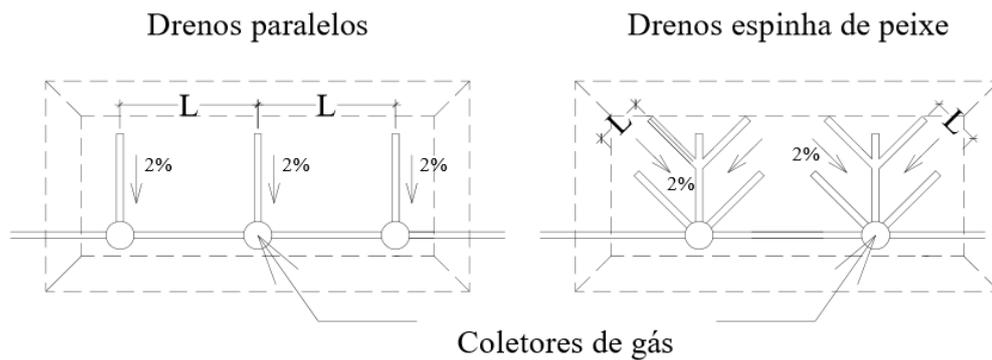


FIGURA 18: Disposição dos drenos na trincheira.

Fonte: Cartilha ReCESA,2008

4.4.4.2 Sistema de tratamento de percolado

Para tratamento do percolado aconselha-se a técnica da recirculação que consiste em fazer com que parte do volume de percolado produzido possa ser lançado no interior da massa de

rejeitos. É a metodologia ideal para reduzir os custos de tratamento de chorume em aterros de pequeno porte por dois motivos principais:

- a estimativa de produção de percolato neste tipo de aterro é pequena e ;
- não se faz necessário construir lagoas de estabilização.

Na Figura abaixo tem-se representado um esquema de recirculação.

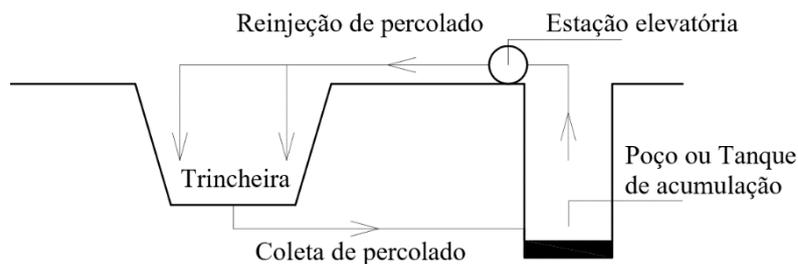


FIGURA 19: Esquema da recirculação.

Fonte: PESSIN et al, 2002

A taxa de recirculação deve basear-se na estimativa de balanço hídrico da região, com reinjeção de 20% do volume produzido em períodos secos e 5% em períodos chuvosos, tendo como objetivo manter o grau de umidade ótima, necessário ao processo de decomposição dos rejeitos orgânicos.

4.4.5. Projeto do sistema de drenagem de gases

De acordo com CASTILHOS JR(2003) a geração de gás (metano e dióxido de carbono) em aterro sanitário é afetada por diversas variáveis, tais como: a natureza dos resíduos, a umidade presente nos resíduos, o estado físico dos resíduos (tamanho das partículas), o potencial hidrogeniônico (pH), a taxa de oxigenação e a temperatura.

Por ser inflamável e passível de explosões, o gás necessita ser drenado antes que possa infiltrar-se no subsolo e atingir fossas, redes de esgoto e até edificações. Os drenos, por sua vez, podem ser confeccionados por colunas de tubos perfurados de concreto armado, com DN 300 mm, envoltos por uma camada de pneus triturados (substituto da brita nº 3 e 4 ou a pedra de mão de até 10cm), fixados à coluna de tubos através de uma tela metálica.

A altura de cada dreno depende da profundidade da vala ou trincheira, no entanto, deve-se prever 1,0m de tubo elevando-se acima da camada de proteção mecânica. Quanto ao número

de drenos vai variar de um aterro para outro, embora estimamos um raio de ação de 20m para cada um deles. Na Figura 20 temos uma ilustração representativa do sistema.



FIGURA 20: Sistema de Drenagem de Gás.

Fonte: Cartilha ReCESA,2008

4.4.6. Projeto de impermeabilização da base do aterro

Para Serie Publicações CREA-PR, vol. II (2009), a impermeabilização da fundação e das laterais do aterro tem a função de proteger e impedir a percolação do chorume para o subsolo e aquíferos existentes.

A construção da camada de base do aterro é uma das partes importantes e sensíveis de toda obra. É esta camada, se bem executada, que impede a contaminação das águas subterrâneas por lixiviados e gases. Além disso, em aterros de médio e grande porte, é praticamente impossível fazer qualquer reparo nesta camada se houver alguma ruptura. (ReCESA, 2009, p.66)

A camada de Impermeabilização pode ser confeccionada com revestimentos minerais ou com a aplicação de geomembranas sintéticas.

4.4.6.1. Impermeabilização com revestimento mineral

Para a ReCESA(2009) a impermeabilização com revestimento mineral pode ser feita com solos argilosos, que atenda as especificações da Tabela 11, em locais onde o lençol freático tenha profundidade superior a 1,5m do fundo do aterro.

TABELA 11: Característica do solo usado na impermeabilização de aterros.

Antes da compactação				Depois da compactação			
Classificação ASTM D2487-69	% passante na peneira 200	Limites de Attemberg		Espessura da camada	Densidade	Umidade	permeabilidade
		LL	LP				

CL,CH ou SC	>30%	≥ 30%	≥ 15%	< 20 cm	> 95% da densidade máxima obtida no ensaio de compactação com energia de Proctor normal	Umidade em torno da umidade ótima obtida no ensaio de compactação com energia de Proctor normal	$K < 10^{-7}$ cm/s
Fonte: ROCCA et al(1993)							

Segundo Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB, 2003) para aterros simplificados, no Brasil, o requisito mínimo consiste em uma camada simples de revestimento mineral, ou camada de solo compactado revestido com material sintético (Ver figura 21.)

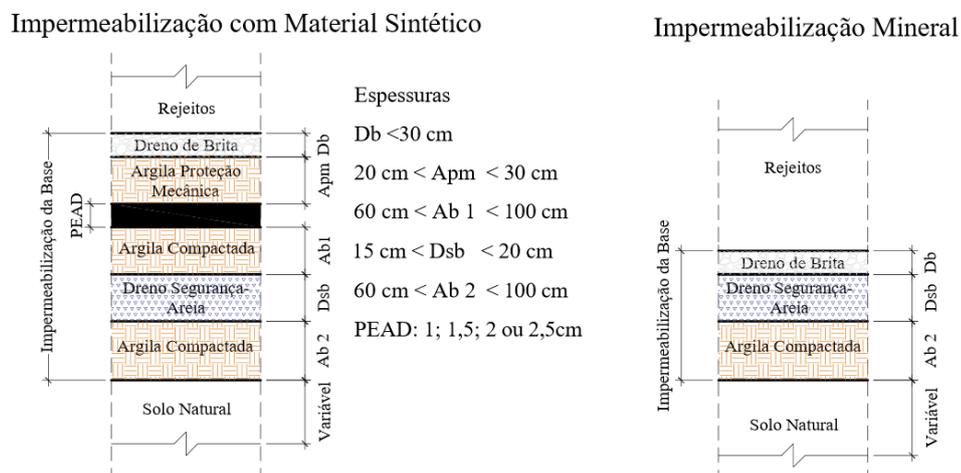


FIGURA 21: Exigência legal para camadas de impermeabilização de aterros.

Fonte: PROSAB, 2003.

De acordo com o ABES-PROSAB (2003) o revestimento mineral é a solução ideal para impermeabilizar aterros em municípios de pequeno porte, pois graças ao pequeno volume e a baixa periculosidade dos resíduos gerados, permitem adotar este tipo de simplificação, resultando em adequada segurança e redução de custos.

4.4.6.2. Impermeabilização com geossintéticos

Esta metodologia de impermeabilização deve ser adotada quando o aterro é de grande porte e tem potencial para geração de resíduos perigosos. Sendo assim, o projeto deverá prever a colocação de mantas plásticas

Caso o aterro tenha camada de impermeabilização composta, isto é, geomembrana sobreposta a uma camada de argila, a superfície sobre a qual a geomembrana vai ser disposta deve estar seca, lisa e livre de torrões de argila, pedras, raízes e qualquer outro material orgânico. Preferencialmente, a geomembrana deve ser instalada nas

horas do dia de temperaturas mais amenas, devendo-se evitar temperaturas muito extremas, devido às dilatações que causam nas membranas. (ReCESA,2009,p. 66)

A ReCESA(2009) recomenda que para evitar escorregamento ou ação do vento sobre a geomembrana, esta deve ser firmemente ancorada nas bordas superiores dos taludes do aterro sanitário pelas canaletas de drenagem secundária, dimensionadas e escavadas de acordo com as dimensões previstas no projeto, e o reaterro deverá ser feito cuidadosamente para evitar danos à geomembrana. Na Figura 22 temos uma representação esquemática da ancoragem do revestimento nas bordas das trincheiras



FIGURA 22: Ancoragem do revestimento sintético na canaleta de drenagem.

Fonte: REICHERT, 2007. (Modificado)

4.4.7. Projeto elétrico e iluminação do aterro

Para AGUIAR(2011) a elaboração dos projetos elétricos, além de obedecer a NBR 5410:2004 e atender aos padrões da concessionária de energia, devem apresentar soluções econômica e funcionais para o aterro, sendo assim, deverá ser instalado um posto de transformação com capacidade para pelo menos 300 KVA, e toda a malha de iluminação interna da área do empreendimento.

4.5. MODELO OPERAÇÃO DO ATERRO

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:

- As regras de operação com objetivo de minimizar os efeitos adversos que os resíduos possam causar;
- A um plano de segregação de resíduos;
- Efetuar um controle da operação do aterro;
- Aos monitoramentos do aterro.

4.5.1. 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;
- envolver todo o recipiente que contém resíduo líquido por uma quantidade suficiente de material inerte, capaz de absorver todo o seu conteúdo;
- 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;
- após concluído, o aterro deverá receber uma cobertura final com uma camada de, no mínimo, 0,60m de solo argiloso compactado, com um coeficiente de permeabilidade menor ou igual a 1×10^{-7} cm/s. Esta camada deverá ser superposta por outra camada de solo qualquer, com pelo menos 0,30m de espessura, para o plantio de vegetação. Deve ser evitado o plantio de vegetação de raízes profundas;

- os taludes finais do aterro devem apresentar uma inclinação de 1 (V):3 (H), devendo ser previstas bermas a cada 2,0 a 4,0 m de elevação do aterro nos casos específicos de aterros de adotaram o método da área.

4.5.2 Plano de segregação e tratamento de resíduos

No item 2.5.2 sugerimos que a separação de resíduos fosse feita nas residências, antes da fase de coleta, dessa forma o resíduo é dividido em secos e úmidos, para que posteriormente, no aterro, seja feita uma triagem, separando-os em resíduos recicláveis, resíduos orgânicos e resíduos contaminados e/ou rejeitos, dando a eles o tratamento adequado e evitando que materiais incompatíveis sejam colocados em uma mesma área do aterro ou possa provocar efeitos indesejáveis tais como fogo, liberação de fumaça ou gases tóxicos; etc (Ver Figura 23).

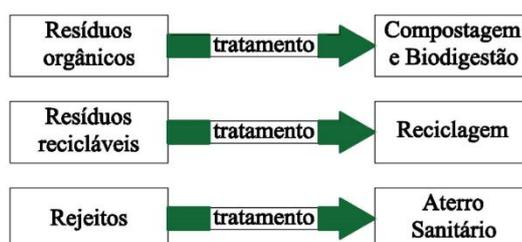


FIGURA 23: Tratamentos conforme os tipos resíduos.

Fonte: Santos(2013); elaboração GO e associados

4.5.3. Controle de operação

Deve ser efetuado um controle rigoroso da operação do aterro que, entre outro, está condicionado aos seguintes fatores:

- existência de um elemento 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.

4.5.4. Monitoramentos

De acordo com o MMA-PCA(2009) o aterro de ser constantemente monitorado, desde o momento que entra em operação até após o encerramento das atividades. Tais cuidados visam

garantir a segurança ambiental, a estabilidade do aterro e a integridade de todos os sistemas de drenagem de lixiviados e gases. Para isso são necessários monitoramentos ambientais e geotécnicos.

4.5.4.1. Monitoramento ambiental

Deve estar de acordo com o licenciamento ambiental e com a legislação vigente, onde são realizados:

- 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.

4.5.4.2. Monitoramento geotécnico

O monitoramento geotécnico deve dispensar atenção especial a aterros que adotam o método da encosta ou o da área e consiste basicamente na 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.

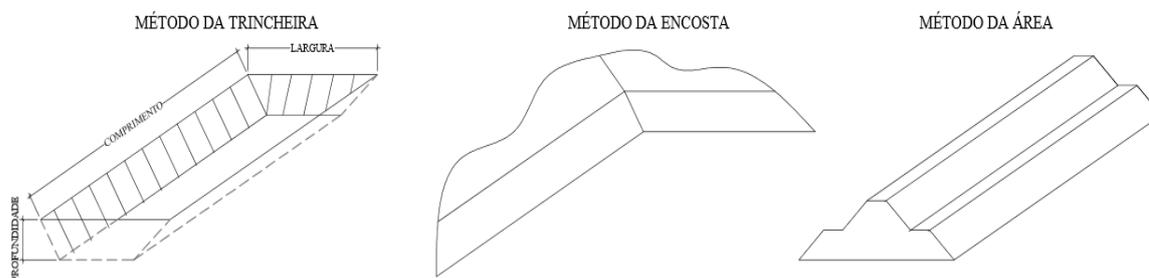
13.5.4.3. Método de execução do aterro

De acordo com a ReCESA(2008) o método de execução depende do porte do aterro, das características topográficas, do tipo de solo e da profundidade do lençol freático e do local escolhido para a disposição dos resíduos. Sendo assim, podemos ter as seguintes metodologias de execução para o aterro sanitário simplificado: o método das trincheiras, o método da área ou da superfície e o método da rampa, encosta ou depressão.

No Quadro 14 apresenta-se as principais características das metodologias de execução dos aterros sanitários e na Figura 24, temos suas representações.

QUADRO 12: Metodologias de execução de aterros sanitários

Método	Características
Método da Trincheira	O método da trincheira é indicado para terrenos planos de lençol freático profundo. É a metodologia mais indicada para aterros sanitários simplificados, onde são feitas escavações no solo, em seção trapezoidal, com largura variável entre 10m e 30m e profundidade aproximada de 3m. O material escavado deve ser estocado, para posterior utilização como material de cobertura.
Método da Área ou de Superfície	O método da área é utilizado em zonas baixas, em locais cuja topografia é apropriada ao recebimento do lixo sobre a superfície do terreno, sem alteração de sua configuração original, aonde não existe possibilidade de aproveitamento do solo local, para material de cobertura. Este método consiste na formação de camadas de resíduos compactados, em células, que são sobrepostas acima do nível original do terreno.
Método da Rampa, Encosta ou Depressão	O método da rampa consiste no aterro de meia encosta feito com o aproveitamento de um talude, natural ou construído. Nele o resíduo é compactado de encontro ao talude. O material de cobertura é retirado por escavação feita na própria frente de trabalho.
Fonte: ReCESA,2009	

**FIGURA 24:** Metodologias de disposição de aterros.

Fonte: Cetesb-Modificado

4.6. COBERTURAS

4.6.1. Cobertura intermediária

Para a ReCESA(2009), do ponto de vista operacional, a implantação da cobertura intermediária deve ter a menor espessura possível (de 20 a 40 cm), para não reduzir demasiadamente o volume útil da trincheira. Tem a função permitir o tráfego de veículos e equipamentos diretamente sobre a camada, e possibilitar o desvio de águas de chuva para o sistema de drenagem superficial (Ver Figura 25). “O processo diário de cobertura de terra é realizado ao final de cada jornada de trabalho e tem a função de eliminar a proliferação de

vetores, diminuir a taxa de formação de lixiviados, reduzir a exalação de odores e impedir a saída descontrolada do biogás” (PROSAB,2003, p.65).

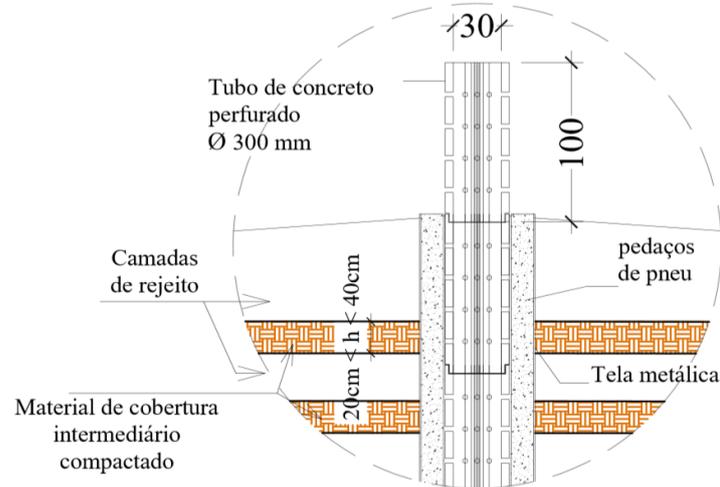


FIGURA 25: Detalhe da camada de cobertura intermediária.

Fonte: Própria

4.6.2. Compactação da cobertura intermediárias

De acordo com a ReCESA(2008), para se conseguir uma boa compactação das camadas de cobertura intermediária, o trator de esteiras deve trabalhar de baixo para cima, realizando de três a cinco passadas sobre cada camada de resíduos, dessa forma obtém-se uma redução de volume mais eficiente do que se o material fosse empurrado de cima para baixo, conforme mostra a Figura 26.



FIGURA 26: Metodologia de compactação das camadas intermediárias.

Fonte: <https://www.pmvc.ba.gov.br>

Ainda de acordo com a ReCESA As camadas não devem ser muito espessas de cada vez (30 cm a 50 cm), e a altura da célula deve ser de 2 a 3 metros para que seja propiciado um melhor aproveitamento do equipamento compactador.

4.6.3.Camada final

A cobertura final pode ser construída por camada inclinada ($i > 7\%$) e homogênea constituída por argila compactada, por mistura de argila e material granulado, por argila com diferentes geossintéticos, por solos orgânicos, por lamas e lodos de estação de tratamentos de água e esgotos, entre outros. Tem por objetivo evitar a infiltração de águas pluviais o vazamento dos gases gerados na degradação da matéria orgânica para a atmosfera e favorece a recuperação final da área e o crescimento de vegetação. Se o material escolhido para cobertura for a argila a ReCESA(2008) diz que:

A camada de argila deverá ter uma espessura recomendada de 60 cm e ser compactada até uma permeabilidade inferior a 1×10^{-5} cm/s. No entanto, mesmo com uma compactação, a camada de cobertura com argila estar suscetível a fissuramento devido a recalques diferenciais da massa de resíduos que está abaixo. Nesse caso, pode ser indicada a utilização de barreiras mais flexíveis, como as camadas compostas de argila e geomembranas. As geomembranas de PEMBD – polietileno de muito baixa densidade – e de PVC são as mais recomendáveis, pois apresentam boa flexibilidade a boa resistência à punção. A espessura mínima recomendada para a geomembrana de cobertura é de 0,5 mm.

Além da cobertura final deve ser prevista uma cobertura com solo vegetal. A vegetação é um elemento que deve sempre estar associado à superfície das camadas, independentemente do sistema adotado, para evitar problemas de erosão e contração do solo e para evitar o ressecamento e danos à camada de argila (Ver Figura 27).

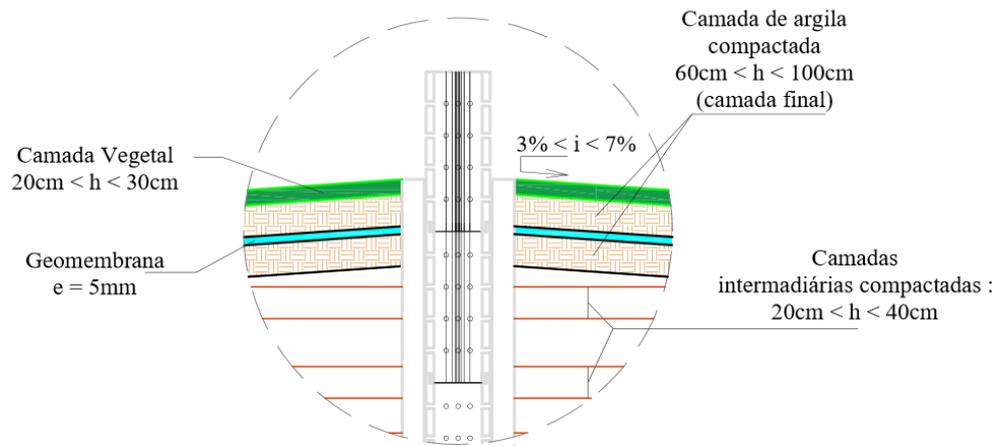


FIGURA 27: Detalhe da cobertura final e camada vegetal.

Fonte: Própria

CAPITULO V: ANALISE DE CUSTOS DE UM ATERRO SANITÁRIO

5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

De acordo com CASTILHOS Jr (2003), é complicado definir valores padrões para cada etapa do projeto por causa da extensa quantidade de variáveis envolvidas e da especificidade de cada município, mas que na avaliação econômica sejam incorporados os diversos custos envolvidos em todas as etapas do aterro (projeto, implantação, operação e monitoramento), contemplando serviços de terraplenagem, vias de acesso, obras de drenagem e infraestrutura, custo de materiais empregados, custos operacionais dos equipamentos mecânicos, mão-de-obra e custos de manutenção das instalações como um todo e que tais custos dependem muito do fato de o serviço ter sido contratado ou elaborado na própria prefeitura.

Jaramillo (1997), diz que na análise orçamentária de um aterro simplificado deve-se envolver custos com construção, operação e de finalização das valas ou trincheiras, onde os custos de construção são aqueles relacionados a elaboração do projeto, aquisição e preparação do terreno e obras complementares. Já os custos de operação envolvem as despesas com mão de obra, ferramentas, EPIs, manutenção e adequação periódica do terreno (caminhos, drenagens, escavações etc.).

Ainda em relação aos custos operacionais, também devem ser estimados os custos dos equipamentos necessários para operação do aterro sanitário, lembrando que o MDA, através do PAC2, doou aos municípios alguns dos equipamentos que podem facilitar a operação dos seus respectivos aterros.

O Quadro 13 aponta alguns equipamentos, indicando quais podem ser obtidos por doação e quais devem ser adquiridos por compra ou aluguel.

QUADRO 13: Equipamentos necessários a operação de um aterro sanitário

Doados via MDA	Adquiridos por compra ou aluguel
Caminhão basculante 6x4 (trucado e traçado), PBT de 23 toneladas	Trator de esteiras tipo D6 (ou similar) com peso acima de 15t, para realizar a compactação dos resíduos*
Caminhão cisterna 6x4 (trucado e traçado), PBT de 23 toneladas	
Máquina tipo Moto niveladora com chassi articulado	Caminhão com tanque cilíndrico em aço inox com capacidade de 9m ³ com bomba de vácuo, próprio para transporte de chorume.
Máquina tipo pá-carregadeira sobre pneus	
Máquina tipo retroescavadeira	Aquisição e instalação de bomba hidráulica para recirculação de lixiviado
Fonte:MDA,2013(Modificado)	

Conforme Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos (ABETRE,2009) e a Fundação Getúlio Vargas (FGV,2009), os investimentos em aterros sanitários podem ser divididos em pré-implantação, implantação, operação, encerramento e pós-operação e os custos de tais etapas estão discriminados na Tabela 12.

TABELA 12: Custos de implementação de aterros sanitários por etapa (em R\$)

	Grande 2.000 t/dia (1)	%	Médio I 1.000 t/dia (1)	%	Médio II 500 t/dia	%	Pequeno 100 t/dia	%
Pré-implantação	4.065.461	0,77	2.032.730	0,97	1.355.153	0,97	608.087	1,16
Implantação	18.169.781	3,46	9.084.890	3,88	6.056.593	3,88	2.669.178	5,09
Operação	461.494.052	87,77	230.747.026	87,3	153.831.350	87,3	45.468.163	86,7
Encerramento	6.488.889	1,23	3.244.444	1,37	2.162.963	1,37	486.667	0,93
Pós-encerramento	35.575.984	6,77	17.787.992	6,48	11.858.661	6,48	3.212.354	6,13
Total	525.794.167	100	262.897.083	100	175.264.722	100	52.444.449	100

Fonte: ABETRE e FGV (2009).

(1) ABETRE e FGV (2009) apresentam custos para três tamanhos de aterro (100 t/dia, 800 t/dia e 2.000 t/dia). Procedeu-se à construção de uma curva de economia de escala com esses três pontos da qual se puderam obter, por extrapolação, os custos dos aterros de 1.000 t/dia e 500 t/dia.

5. 2 PREMISSAS

Para definir os custos de um aterro é necessário estabelecer algumas premissas básicas cujos principais itens estão dispostos no Quadro 14.

QUADRO 14: Premissas para a implantação de um aterro

Premissas	Porte do aterro	Capacidade de recebimento
		Vida útil
		Monitoramentos
		Capacidade total
		Densidade do resíduo disposto
		Capacidade volumétrica do resíduo, Capacidade volumétrica solo de cobertura, Capacidade volumétrica total
	Terreno	Altura e número de camadas, altura total, taludes, largura base, largura topo
		Área de disposição, aproveitamento de área, área adicional, área de reserva legal, área total, perímetro total
		Volume de terraplenagem
	Fonte: ABETRE,2009	

5.3. CUSTOS DE PRÉ-IMPLANTAÇÃO

Castilhos Jr (2003), diz que o principal componente envolvido dentro de custos de pré-implantação é aquele referente à escolha da área, pois esta irá definir as intervenções e projetos desenvolvidos que do ponto de vista econômico, pode resultar em economia nas demais etapas de construção e operação do aterro. No Quadro 15 indica-se os principais custos de pré-implantação.

QUADRO 15: Custos de pré-implantação de um aterro sanitário

Custos de pré-implantação	Caracterização do município	
	Estudos de viabilidade	Técnico-econômico, legal e socioambiental
		Escolha de áreas
	Aquisição do terreno	Aquisição ou desapropriação
		Regularização de documentação
		Registro de imóveis, impostos e taxas (ITR)
	Projeto e Licenciamentos	Ensaio de geotécnicos e geofísicos
		Sondagens
		Levantamentos Planialtimétricos
		Projeto básico (implantação, operação e encerramento)
		Plano de trabalho, RAP ou EIA/RIMA
		Audiências públicas
	Fonte: ABETRE,2009	

5.4. CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO

São custos relacionados às atividades de limpeza da área, construção de estruturas de apoio (portaria, vestiários), melhoria e/ou implantação de vias de acesso, terraplanagem, construção de trincheiras, sistemas de drenagem superficial, de drenagem de lixiviados e gases, impermeabilização de fundo e laterais, poços de monitoramento e obras de infraestrutura para o sistema de tratamento de lixiviado. Deverão ser considerados os serviços de operação diária do sistema e de encerramento ou pós-finalização de uso da área. O Quadro 16 apresenta os principais custos de implantação.

QUADRO 16: Principais custos de implantação de um aterro sanitário

Custos de Implantação	Infraestrutura geral	Projeto executivo
		Implantação de canteiro
		Cercamento externo e interno
		Instalação de poços de monitoramento
		Análise de águas subterrâneas e superficial
		Acessos externos e internos
		Instalações de água, esgoto, elétrica e telefonia
		Reservatório de água e incêndio
	Movimentação de terra	Escavação de trincheiras
		Raspagem, carregamento e transporte e espalhamento
	Sistema de impermeabilização	
	Sistema de drenagem de percolado	Rede coletora
		Estação elevatória
		Reservatório de acumulação (lagoa ou poço)
	Sistema de drenagem superficial	Rede de captação
		Bacia de sedimentação
		Descidas em gabião
	Áreas verdes	Reflorestamento, cortina vegetal, paisagismo
	Instalações de apoio	Portaria, galpão de apoio ou operacional, banheiro
		Escritório
Fonte: ABETRE,2009		

5.5. CUSTOS OPERACIONAIS

Correspondem aos custos resultantes da trincheira em operação. No Quadro 17 listamos os principais custos operacionais.

QUADRO 17: Principais custos operacionais

Custos operacionais	Movimentação de terra	Limpeza e terraplenagem das trincheiras e vias de acesso
		Escavação de trincheiras
		Raspagem, carregamento e espalhamento
	Disposição de rejeitos	Espalhamento, compactação e cobertura
	Sistema de drenagem de percolados e gases	Drenos intermediários e verticais
	Tratamento de percolados	Transporte e tratamento
	Sistema de drenagem de água superficial	Construção e manutenção de redes de captação, bacia de sedimentação, descidas em gabião
	Áreas verdes	Manutenção e plantio de novas áreas
	Monitoramentos	Ambiental e geotécnico
	Equipe operacional	Funcionários
Administração	Controle operacional e despesas administrativas	
Fonte: ABETRE,2009		

5.6. CUSTOS DE ENCERRAMENTO

A etapa de encerramento ocorre ao se extinguir o volume útil e perdura até o ano 42 do aterro. No Quadro 18 indica-se os principais custos envolvidos na fase de encerramento.

QUADRO 18: Custos de encerramento das trincheiras

Custos de encerramento	Movimento de terra	Cobertura final argilosa sem geomembrana
	Tratamento de percolados	Transporte e tratamento de percolados
	Áreas verdes	Manutenção de áreas verdes
	Monitoramentos	Monitoramento ambiental e geotécnico
	Equipe operacional	Operários
Fonte: ABETRE,2009		

5.7. POSSÍVEIS REDUÇÕES DE CUSTO EM ATERROS SIMPLIFICADOS

O modelo de Aterros sanitários simplificados que se propõe neste trabalho, desde que consideradas particularidades de cada município, pode apresentar algumas simplificações que promovem reduções de custo. No Quadro 19 apresenta-se simplificações comuns a quase todos os municípios que podem reduzir custos.

QUADRO 19: Simplificações construtivas para aterros de pequeno porte.

Aquisição de áreas	Entre as áreas escolhidas dá prioridades as áreas de propriedade municipal, em caso negativo, optar pelas áreas de menor valor econômico.
Impermeabilização	É possível substituição de geomembrana por solos argilosos com coeficiente $k < 10^{-7}$ L/s desde que a profundidade do lençol freático seja maior que 1,5m em períodos de maior precipitação (Ver Tabela 09).
Drenagens	Podemos substituir a brita por pneus triturados nos drenos cegos e no sistema de drenagem de gases.
	A compostagem resultara em taxas de rejeitos orgânicos extremamente baixas, não sendo necessário um sistema de drenagem de gases.
Equipamentos	Tendo em vista as máquinas adquiridas por intermédio do MDA a prefeitura municipal por usá-las para efetuar etapas de construção do aterro (Ver Quadro 15).
Tratamentos de percolado	Baixas taxas de rejeitos orgânicos resultam em teores resumidos de percolados contaminantes. Adotando a recirculação como opção de tratamento para os líquidos percolados se faz necessária apenas a construção de tanques de armazenamento, dispensando a construção de lagoas de tratamento.
Mão de obra	Parte da mão de obra administrativa e operacional do aterro pode ser composta por funcionários municipais.
Instalações e infraestrutura	Em virtude do porte do aterro e das particularidades do município, pode-se implantar um sistema operacional mínimo.
Fonte: Própria	

5.8. ROTINA OPERACIONAL DO ATERRO.

Uma vez implantado o aterro e aberta a primeira célula a próxima só será aberta quando a primeira estiver em final de vida útil e para representar todo o processo operacional elaborou-se o Quadro 20.

QUADRO 20: Etapas operacionais de um aterro sanitário

Etapas		Rotinas
1ª	Escavação	Com o auxílio de uma retroescavadeira escava-se a trincheira, cujas dimensões dependem do volume de rejeito a ser lançado no aterro e do tempo de vida útil previsto para a trincheira.
2ª	Impermeabilização	Confecciona-se a camada de impermeabilização que dependendo das características do solo, pode ser uma camada compactada de solo argiloso ou geomembrana.
3ª	Lançamento do rejeito	Descarrega-se o rejeito dos caminhões para dentro da trincheira.
4ª	Espalhamento do rejeito	Utilizando-se ferramentas (pás, enxadas, etc.), espalha-se o rejeito em camadas horizontais de 20 a 40 cm de espessura, preenchendo por igual até se ter uma superfície relativamente plana.
5ª	Compactação do rejeito	Utilizando-se um trator de esteiras ou rolo compactador, compacta-se o resíduo em 4 passadas (ida e volta, sempre de baixo para cima).
6ª	Recobrimento com cobertura intermediária	Lança-se uma camada do material de cobertura solo com espessura mínima de 10 cm de espessura, e compacta-se o solo com o trator de esteiras ou rolo compactador em 2 passadas (ida e volta), fechando-se a célula ao final de cada jornada de trabalho.
7ª	Camada de cobertura final	A camada de cobertura final deve ter aproximadamente 60 cm, recoberta de terra fértil, sobre a qual se pode semear gramíneas, dependendo da utilização futura prevista para a área
Fonte: PROSAB,2003.		

CAPÍTULO VI-DIMENSIONAMENTO DO ATERRO SIMPLIFICADO

6.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para dimensionar um aterro sanitário simplificado temos que considerar os fatores gerais e específicos de cada município. Como o objetivo desse trabalho é desenvolver um modelo padrão de aterro sanitário simplificado, selecionamos apenas os fatores que julgamos ser essenciais para tal propósito e presentes na totalidade dos municípios, sendo assim foi elaborada a Tabela 13 contendo as principais considerações.

TABELA 13: Considerações para exemplo modelo

Dados do Município	População atual: P_A	20.000 habitantes			
	Região do país	Semiárido do Nordeste			
	Taxa de crescimento populacional: k_x		0,9% /aa(IBGE,2013)		
	Geração de resíduos: G_R	Taxa de geração		$G_P = 0,50$ kg/hab/dia	
		Taxa de resíduos de varrição, limpeza de logradouros e entulhos		$G_V = 0,30$ kg/hab/dia	
		Gravimetria		Tratamento	Rejeitos (kg/hab/dia)
		18% biológico	$G_B = 0,18.G_P$	Não tem	$G_B = 0,09$
		2% químico	$G_Q = 0,02.G_P$	Não tem	$G_Q = 0,01$
		51% resto de alimentos	$G_O = (0,51.G_P).0,2^*$	Compostagem	$G_O = 0,102^*$
	29% recicláveis	$G_R = (0,29.G_P).0,2^{**}$	Triagem	$G_R = 0,145^{**}$	
	Geração de rejeito per capta: $G_T = G_B + G_Q + G_O + G_V$			0,647	
	Incremento anual de geração per capta: I_G (Metas do PNRS Tabelas 08 e 09)	Resíduos secos recicláveis: $I_{GS} = -0,75\%$ aa			
		Resíduos orgânicos: $I_{GO} = -2,5\%$ aa			
	Taxa de cobertura de coleta 2017: C_A			80%	
Taxa de cobertura de coleta 2031: C_F			95%		
Dados geotécnicos, topográficos e pluviométricos	Limite de Liquidez			20	
	Limite de Plasticidade			20	
	% passante na #200			30	
	Coef. de perm. do solo local: k_s			10^{-6} L/s	
	Profundidade do lençol freático em época de maior precipitação			10,0m	
	Intensidade de chuva			250mm/h	
	Precipitação média			1000mm/ano	
Planos de gestão de RSU do município		Segregação domiciliar			
		Compostagem			
		Reciclagem			
Método de execução do aterro	Trincheiras trapezoidais 3(V):1(H) com profundidade de 5m (Ver Figura 28 e NBR 13896/1997)				

Tempo de vida útil da trincheira		04 meses
Funcionamento do aterro		5dias/semana (segunda a sexta)
Cobertura diária		25cm ou 25% do volume de rejeitos a serem aterrados
Densidade média do resíduo compactado Fonte:(Manual PNRS/2012)		$d = 600\text{kg/m}^3$
Tipo de tratamento de percolado		Recirculação
Drenagem	Superficial	Canaletas pré-moldadas circulares
		Canaletas retangulares
	Percolado	Drenos cegos, com uso de pneus triturados como substituto da brita, dispostos em espinha de peixe, com retiradas previstas a cada 02 meses
	Gás	Drenos verticais em tubo pré-moldado perfurado, envolvido por pneu triturado em substituição a brita
Impermeabilização	Base e laterais	Geomembrana sintética com 1,5mm
	Camada final	Geomembrana sintética com 0,5mm
Infraestrutura básica prevista		Galpão de triagem e separação
		Escritório
		Galpão para máquinas e equipamentos
		Poço artesiano profundo
		Tanque para armazenamento de percolado
Licenciamento Ambiental (EIA/RIMA)		Licença prévia-LP
		Licença de instalação-LI
		Licença operacional-LO
		Não precisa

Fonte: Própria

* Massa de rejeito equivale a 20% do total de resíduos orgânicos gerado

** Massa de rejeito equivalente a 20% do total de resíduos com potencial de reciclabilidade.

6.2. DIMENSIONAMENTOS

Todos os dimensionamentos a seguir foram concebidos para uma trincheira padrão de seção trapezoidal (Ver Figura 28), com capacidade para 04 meses de vida útil (duração de uma estação do ano), considerando que o aterro funcione de segunda a sexta.

6.2.1. Geração de rejeitos

Com base na taxa de geração per capita da Tabela 13, ($G_T = 0,647\text{kg/hab/dia}$), temos:

Geração em volume (m^3/dia)			$V_{RSU} = \frac{P * G_T * C_A}{d}$	
P_A	T_{GR}	C_A	d	V_{RSU}
20.000 hab	0,647kg/hab/d	80%	600kg/m^3	17,253 m^3/d

Vale ressaltar que com o plano de metas (Tabela 08 e 09) a taxa de geração tende a diminuir ao longo dos anos resultando em trincheiras com volumes menores. Na Figura 28 apresenta-se a trincheira padrão dimensionada para exemplificar a nossa proposta de modelo de aterro sanitário.

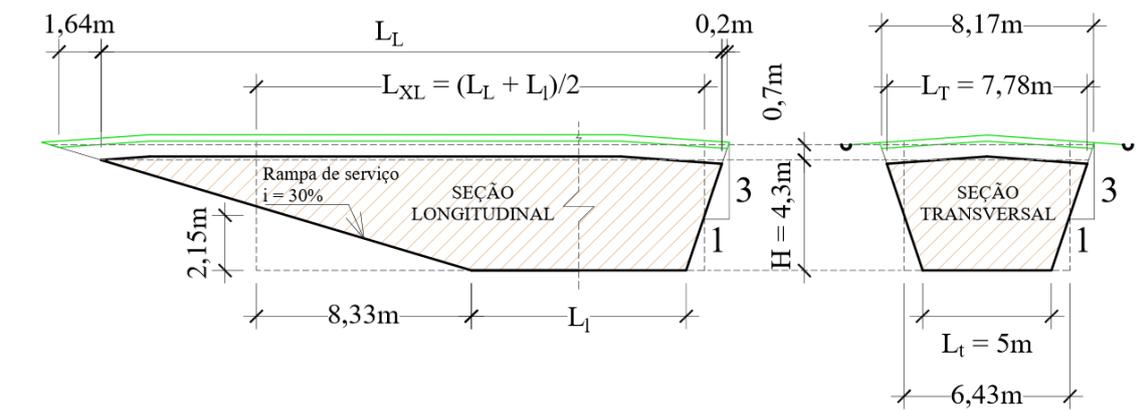


FIGURA 28: Seções transversal e longitudinal da trincheira modelo

Fonte: Própria

14.2.3. Dimensões das trincheiras

Para determinar as dimensões de cada trincheira é preciso calcular o volume total de rejeito e de material de cobertura para os 04 meses de vida útil ($\cong 95$ dias) estabelecido para a cada trincheira modelo, considerando que a espessura da camada final $e = 70\text{cm}$.

Volume total de rejeitos $V_{TR} = 95 * V_{RSU}$	Volume total do material de cobertura $V_{TC} = 0,25 * V_{TR}$	Volume da trincheira sem camada final $V_{RSF} = V_{TR} + V_{TC}$	Volume camada final $V_{CF} = L_T * L_L * e$
1639,07m ³	409,77m ³	2048,83m³	492,71m³

Com base na Figura 28, temos:

Volume da trincheira sem camada final $V_{SCF} = L_{XL} * L_T * H$	$L_{XL} = L_1 + 8,33$	$L_{XL} = \frac{L_L + L_1}{2}$	Volume total da trincheira $V_{TT} = V_{SCF} + V_{CF}$
L₁ = 73,81m	L _{XL} = 82,14m	L _L = 90,47m	2541,535m³

Obtendo-se todas as dimensão de uma trincheira e conhecendo-se as características de relevo local, pode-se localizar as demais trincheiras para o período de projeto estipulado, escavando uma por vez. Vale ressaltar, que para estimativa de volume de escavação, a relação entre

comprimento e largura de uma vala, não interferem no custo, desde que a profundidade de escavação e a inclinação dos taludes sejam mantidas.

15.2.2. Vida útil do aterro

O tempo de vida útil do aterro de nosso projeto corresponde ao tempo mínimo estimado pela NBR 10.157/1987, e corresponde ao tempo estimado para que o aterro tenha sua capacidade máxima de armazenamento esgotada, cujo valor mínimo é de 10 anos. Calcula-se este tempo dividindo-se o volume das trincheiras ou valas possíveis que o aterro comporta por 120 meses.

$$t_u = \frac{V_{Total\ produzido\ no\ período}}{Número\ de\ meses\ do\ período}$$

15.2.3. Impermeabilização da trincheira

As áreas de geomembrana foram estimadas considerando a área do fundo da vala somada às áreas dos quatro taludes e uma faixa de 1,50m de largura em torno da vala para a ancoragem da manta na canaleta de drenagem e, acréscimo de 10% a área calculada para compensar as perdas decorrentes da instalação.

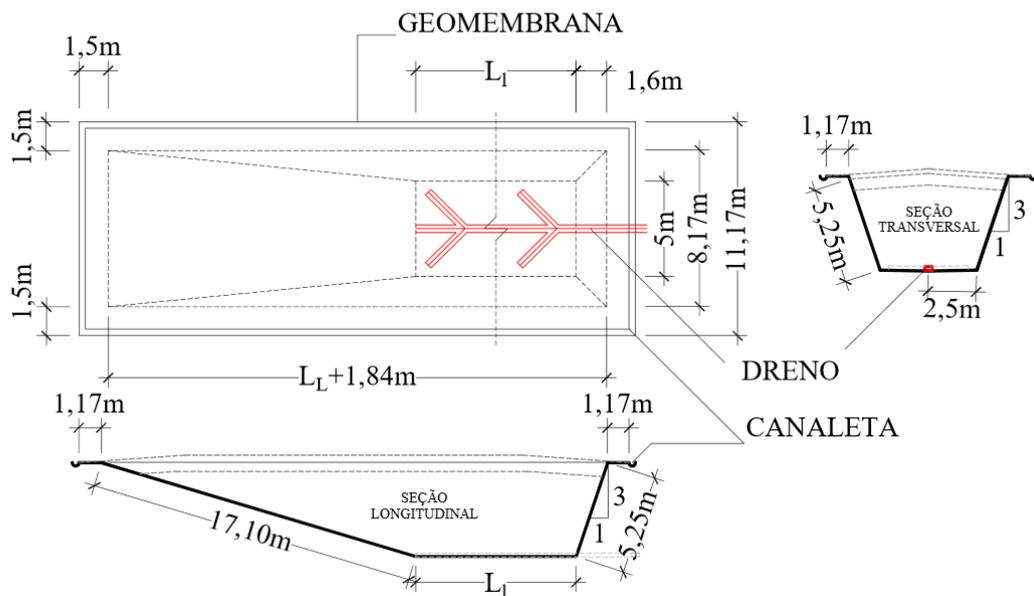


FIGURA 29: Detalhe da impermeabilização da trincheira

Fonte: Própria

Com base na Figura 38 e nos valores de L_L e L_T podemos calcular a área de impermeabilização de base e lateral

Fundos	$A_F = (L_t * L_1) + \left[\frac{(L_t + L_T) * 17,10}{2} \right]$	481,654m ²
Laterais	$A_{LT} = \left[2 * \left(\frac{L_L + 1,84 + L_1}{2} \right) * 5,25 \right] + \left(\frac{L_t + L_T}{2} \right) * 5,25$	909,33m ²
Bordas	$A_B = 2 * [(L_L + 3 + 1,84) * 1,5 + (L_T + 3) * 1,5]$	320,94m ²
Total	$A_T = 1,1 * (A_F + A_{LT} + A_B)$	1883,12m²

15.2.4. Drenagem superficial

Após o dimensionamento e locação das trincheiras e com base na topografia do local podemos dimensionar o sistema de drenagem superficial da área de trincheira. A partir do método Racional e para taludes gramados $C = 0,7$ (DNIT/2006) e de acordo com a Figura 39, calcula-se a vazão de pico na canaleta.

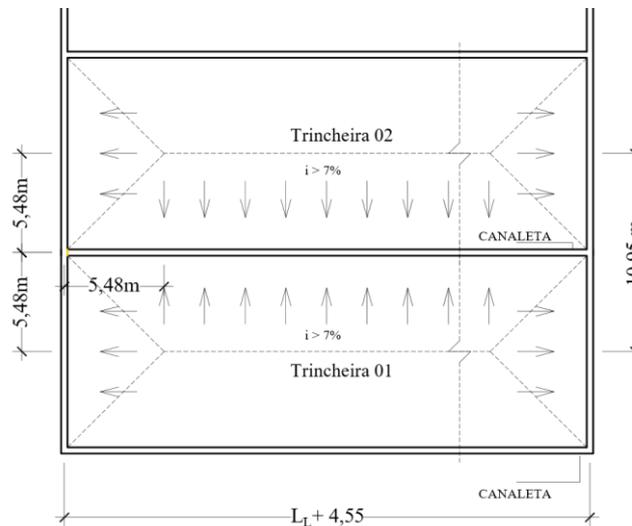


FIGURA 30: Drenagem superficial da trincheira.

Fonte: Própria

Coeficiente de escoamento superficial	Intensidade média de precipitação (mm/hora);	Área total da trincheira (km ²);	Vazão de pico em m ³ /s; $Q = 0,278 * C * I_m * A_S$
$C = 0,7$	$I_m = 250$	$[(L_L + 4,55) + (L_L - 10,96)]$	

			0,094 m³/s
--	--	--	------------------------------

Podemos dimensionar a canaletas de concreto para drenagem secundária.

$Q = \frac{1000 * R_H^{2/3} * S * i^{1/2}}{n}$	Inclinação	Coeficiente de Rugosidade Concreto: $n = 0,7$	Canaleta circular	
	$i = 2\%$		$S = \pi * d^2 / 8$	$R_H = d / 4$
0,094 m³/s			d=15 cm adotar d=30cm	

No que diz respeito ao dimensionamento das canaletas de drenagem principal se faz necessário saber a contribuição das demais canaletas secundárias.

15.2.5. Drenagem de percolado

De acordo com o PROSAB(2003) o sistema de drenagem de percolado deve ser dimensionado a partir da taxa de geração de percolado.

Precipitação média anual $P = 1500\text{mm/ano}$	Área da trincheira $A = 1045,944\text{m}^2$	K(ver Tabela 10)	Total de segundos em um ano	$Q = \frac{P * A * K}{t}$
		0,25	$t = 31536000\text{s}$	Q = 0,0124L/s

No final de cada dia teríamos um volume acumulado de $1,074\text{m}^3$ para ser drenado. A partir das equações da hidráulica podemos dimensionar a seção dos drenos cegos, confeccionado com pneu triturado, de seção retangular(2:1)

$Q = A * V$				
Q = 0,000124m³/s	Velocidade de escoamento $V = 0,25\text{m/s}$	Área da Seção	Altura calculada	Adotada
		$A = 2 * h^2$	$h = 1,0\text{cm}$	20cm

15.2.6. Tanque de armazenamento de percolado

Prevendo um período de coleta de percolado a cada dois meses temos um volume acumulado de $64,44\text{m}^3$, que deve ser bombeado e reinjetado na massa do aterro através da recirculação, cujo esquema está representado na Figura 19.

CAPITULO VI - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista a elevada quantidade de resíduos sólidos gerados no Brasil e a carência de recursos financeiros e tecnológicos, o problema da gestão de resíduos só será resolvido quando a sociedade passar a exigir produtos menos nocivos ao ambiente, quando forem implantadas políticas de geração mínima, além de programas de reaproveitamento, reciclagem e compostagem. Todavia, enquanto não alcançamos tal grau de desenvolvimento sócio ambiental, estamos propondo aterros sanitários simplificados como uma solução paliativa para que os municípios de pequeno porte resolvam os problemas dos seus resíduos e se adequem as exigências da Lei 12.305/2012.

Apesar da nossa proposta de trabalho ser uma obra de pequeno porte, é um projeto de engenharia e para que não se torne uma construção sem viabilidade técnica e econômica, malfadada ao fracasso, se faz necessário um bom planejamento de todas as etapas interdependentes, sempre embasadas nas realidades do município, pois são elas que determinam as possíveis variações de projeto, nunca esquecendo fatores regionais intervenientes, como população; características socioeconômicas e culturais; tecnologias e equipamentos disponíveis; condições climáticas; e características físicas da região.

De acordo com o PROSAB(2003) apesar de bons projetos, muitas experiências com aterros em pequenas comunidades falharam, principalmente por não apresentarem sustentabilidade técnica e econômica e por não serem adequados a realidade dos municípios, que após serem implementados, são deixados a cargo das autoridades municipais, que não dispõe de pessoal com conhecimento técnico para operar o aterro.

Embora a construção de aterro faça parte de uma estratégia voltada para a proteção ambiental, todas as precauções devem ser tomadas para que sua execução resulte no menor impacto possível para o meio ambiente e em uma alternativa viável, de custos construtivos e operacionais menores que os aterros convencionais, para comunidades de pequeno porte.

Em linhas gerais, além de propor um modelo de aterro sanitário esse trabalho tem a pretensão de analisar, a metodologia de dimensionamento de aterro sanitário no Brasil, pois ao que parece, não estão sendo consideradas diferenças explícitas de conceito entre resíduos e rejeitos, bem como, entre destinação final e disposição final, visto que, todos os dimensionamentos de aterros são feitos com base na produção de resíduos e não de rejeitos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABETRE – Associação brasileira de empresas de tratamento de resíduos; FGV – Fundação Getúlio Vargas. **Estudo sobre os aspectos econômicos e financeiros da implantação e operação de aterros sanitários**. Rio de Janeiro: FGV, 2009.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Públicas e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015. Disponível em <www.abrelpe.org.br>. Acesso em 27 fev. 2017.

ABRUCIO, F. L. & SOARES, Márcia M. **Redes federativas no Brasil: cooperação intermunicipal no Grande ABC**. São Paulo: Fundação Konrad Adenauer, 2001. 236 p.

APROVADA. **Política Nacional dos Resíduos Sólidos**. Disponível em: <<http://www.adjorisc.com.br/jornais/oriosulense/geral/aprovada-politica-nacionalderesiduo-solido-1.323699>>. Acesso em: 14 fev.2013

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Norma NBR 10.004: Resíduos Sólidos – Classificação. São Paulo, 2004. 71 p.

BAHIA. CONDER. Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia,2011.

BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi; CAIXETA-FILHO, José Vicente. **Logística ambiental de Resíduos Sólidos**. São Paulo: Atlas, p.22, 2011.

BENVENUTO, C. **Resíduos sólidos em pequenas comunidades: aspectos construtivos e ambientais, vantagens e desvantagens**. Seminário sobre Resíduos Sólidos - RESID 2004. ABGE. São Paulo, 2004

BORGES, M.E.(2001). **Dificuldades e soluções para o gerenciamento dos sistemas de limpeza urbana**. In: FORATTINI, G. D. A contribuição do IBAMA para questão ambiental municipal. Disponível em: <http://www.ecoambiental.com.br/gestao-ambiental-municipio.htm> Acesso em: 15 de fev. 2017.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 3. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 408 p.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em:<https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm >. Acesso em: 17 fev. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **CONAMA**. Resolução n. 308, de 21 de março de 2002. Licenciamento Ambiental de sistemas de disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados em municípios de pequeno porte. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30802.html> >. Acesso em: 21 fev. 2017.

CALDERONI, Sabetai. **Os bilhões perdidos no lixo**. São Paulo: Ed. Humanitas, 1997.

CASTILHOS JR., A.B. **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Rio de Janeiro: ABES (PROSAB), 2003.

CASTILHOS JR., A.B.; LANGE, L.C.; GOMES, L.P.; PESSIN, N. (Org.). **Alternativas de Disposição de Resíduos Sólidos para Pequenas Comunidades**. Rio de Janeiro, 2002.

CHRISTENSEN, T. H.; BJERG, P. P. L.; JENSEN, D. L.; J. B.; CHRISTENSEN, A.; BAUM, A.; ALBRECHTSEN, H-J.; HERON G. Biochemistry of landfill leachate plumes. *Applied Geochemistry*. V.16, p. 659-718, 2001.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO DO ESTADO DA BAHIA. **Projeto, concepção e manual de operação de aterros sanitários manuais - modelo CONDER**, Salvador, 2002.

CRUZ. M. C. M. T., org.(2001). **Consórcios intermunicipais: uma alternativa de integração regional ascendente**. Programa de gestão Pública e Cidadania /EAESP/FGV. São

Paulo, Polis 96p. Disponível em:<<

<http://www.polis.org.br/publicações/download/arquivos/cadbid5.pdf>> Acesso em: 06 fev. 2017

EIGENHEER, Emílio M (org.). Coleta seletiva de lixo. In: **Seminário de Avaliação de Experiências Brasileiras de coleta Seletiva de Lixo**, 2, 1998, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 1998. 207p.

DIEGUEZ, R. C. **Competição e Cooperação entre os municípios confrontantes com a Bacia de Campos no Estado do Rio de Janeiro**. 2007, 81 f. Monografia (Graduação em Ciências Sociais). Departamento de Sociologia e Política da PUC-Rio. Rio de Janeiro, 2007.

FORMAS de Disposição de Resíduos, Disposição de Resíduos. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/residuos/res12.html>>. Acesso em: 18 abr 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2009.

GOMES, L. P.; MARTINS, F. B. **Projeto, Implantação e Operação de Aterros Sustentáveis de Resíduos Sólidos para Municípios de Pequeno Porte**. In: Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para Município de Pequeno. 1ª ed. Rio de Janeiro: ABES RiMA, 2003. Capítulo 3, p. 51-105.

GONÇALVES, Pólita. **A reciclagem integradora dos Aspectos Ambientais, Sociais e Econômicos**. Rio de Janeiro: DP & A: Fase, 2003

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Censo de 2010 (Base de dados). Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 03 de abr. de 2017.

_____. Pesquisa nacional por amostra de domicílios 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2009/>>.

Acesso em: 05 abr. 2017.

_____. Sinopse do Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

1997.

JARAMILLO, Jorge. **Guia para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales**. Programa de Salud Ambiental. Série técnica, nº 18. Washington, DC, enero, 1991

JUCÁ, J.F.T. **Destinação Final dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil - Situação e Perspectivas**. RESID - Seminário sobre resíduos sólidos. ABGE. São Paulo, 2004.

JUCÁ, J.F.T.; MELO, V.L.A.; BELTRÃO, K.G.; PAES, R.F.C. **Sistema de Tratamento de Chorume proposto para o Aterro da Muribeca**, Pernambuco - Brasil. Relatório Técnico. Disponível em <http://www.ufpe.br/grs>. Acesso em 14 mar. 2005. UFPE, 2002.

KIEHL, Edmar José. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Edmar José Kiehl, 1998.

KRELL, Andreas Joachim. **O município no Brasil e na Alemanha**. São Paulo: Oficina Municipal, 2003

Lei n. 11.107, de 6 de abril de 2005. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Brasília: Planalto, 2005. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em 01 de fevereiro de 2014.

LIBÂNIO, P.A.C. **Avaliação da Eficiência e Aplicabilidade de um Sistema Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos e de Chorume**. Escola de Engenharia da UFMG, 2002a, 155p. (Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos).

LOSADA, Paula Ravanelli. **O fortalecimento dos consórcios intermunicipais** (Lei Federal 11.107, de 6 de abril de 2005). SEMINÁRIO “18 ANOS DE COOPERAÇÃO REGIONAL – CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL GRANDE ABC”. 4 de dezembro de 2008, São Caetano – SP.

MAGERA, M. C. **Os empresários do lixo: análise interdisciplinar das Cooperativas de reciclagem de lixo**. 2ª ed. Campinas, SP: Átomo, 2005.

Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos / José Henrique Penido Monteiro [et al.]; coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

OLIVEIRA, T. B & GALVÃO JUNIOR, A.C. **Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. In: SAIANI, C.C.S., DOURADO, J., TONEDO Jr. R. Resíduos Sólidos no Brasil: oportunidades e desafios da Lei Federal nº 12.305 (Lei dos Resíduos Sólidos). Barueri: Editora Manolo, 2014.

PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO (PROSAB). **Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para Municípios de Pequeno Porte**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003.

Programa Nacional de capacitação de gestores ambientais: **Módulo específico licenciamento ambiental de estações de tratamento de esgoto e aterros sanitários** / Ministério do Meio Ambiente. – Brasília: MMA, 2009, 67p

Resíduos sólidos e sua destinação final. /Carmelita Bizerra de Aguiar (Organizadora)/Ana Cristina da Purificação et al (equipe técnica) e Zeo Antonelli (design gráfico e editoração). In: Em Pauta, ano I, n.1.

Rocca, A.C. et al. 1993. **Resíduos Sólidos Industriais**. São Paulo: CETESB, 233p.

Salvador: CONDER/DIURB/Centro de Estudos e Referência em Resíduos Sólidos, 2011.

Saneamento Básico e Tratamento de Rejeitos e Resíduos / Organização Paulo Roberto Moraes de Aguiar. – 2. ed. – Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2012. 238 p. – (Coleção Ambiental; v. 7)

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**: Oficina de textos. 2004. 184p.

VIEIRA, Elias Antônio e BERRÍOS, Manuel Rolando. **Lixo: Fato Ambiental da Modernidade**. In GERARDI, Lúcia Helena de Oliveira (org). Ambientes: estudos de Geografia. Rio Claro: AGETEO, 2003.

VIEIRA, S.; VENTURA, A. F. A.; JUNIOR, R. V. **Gestão Ambiental: Uma Visão Multidisciplinar**. 1^a. ed. Capina Grande: Cajazeiras, 2015.