

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL EM MUNICÍPIOS**

EDILENE LIMA SANTOS

**OBTENÇÃO DE ENERGIA LIMPA A PARTIR DA CAPTAÇÃO  
DO BIOGÁS NO ATERRO SANITÁRIO DE SALVADOR**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

MEDIANEIRA

2015

EDILENE LIMA SANTOS



**OBTENÇÃO DE ENERGIA LIMPA A PARTIR DA CAPTAÇÃO  
DO BIOGÁS NO ATERRO SANITÁRIO DE SALVADOR**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista na Pós Graduação em Gestão Ambiental em Municípios – Polo UAB do Município de Mata de São João, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Câmpus Medianeira.

Orientador: Prof. Me. Filipe Marangoni

MEDIANEIRA

2015



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Obtenção de Energia Limpa a Partir da Captação do Biogás no Aterro  
Sanitário de Salvador

Por

**Edilene Lima Santos**

Esta monografia foi apresentada às 18:30 h do dia 06 de novembro de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios – Polo de Mata de São João, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Me. Filipe Marangoni  
UTFPR – Câmpus Medianeira  
(orientador)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carla Adriana Pizarro Schmidt  
UTFPR – Câmpus Medianeira

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Michelle Budke Costa  
UTFPR – Câmpus Medianeira

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pelo dom da vida, pela fé e perseverança para vencer os obstáculos.

A meu orientador, professor Filipe Marangoni pelas orientações ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço aos professores do curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios, professores da UTFPR, Câmpus Medianeira.

Agradeço aos tutores presenciais e a distância que me auxiliaram no decorrer da pós-graduação.

Agradecimento especial ao meu colega Leandro de Oliveira Cedraz (Biólogo) e Aline Santos Mossette.

Enfim, sou grata a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização desta monografia.

“Que todo o meu ser louve ao Senhor, e que eu  
não esqueça nenhuma das suas bênçãos”  
Salmos 103:2

## RESUMO

SANTOS, Edilene Lima. Obtenção de energia limpa a partir da captação do biogás no Aterro Sanitário de Salvador. 2015. 45 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

Este trabalho apresenta uma revisão da literatura acerca dos processos de transformação de resíduos sólidos urbanos no aterro sanitário para obtenção de energia limpa. Teve como objetivo mostrar os processos envolvidos no tratamento dado ao lixo no aterro sanitário até a captação e aproveitamento do biogás. Levando-se em conta que o tratamento correto dado ao lixo no aterro sanitário acarreta um investimento pesado aos cofres públicos, este estudo se torna de grande relevância por contribuir para o meio acadêmico como fonte de esclarecimento e entendimento acerca do descarte final do lixo, bem como os processos envolvidos na gestão ambiental do Aterro Sanitário de Salvador, logo, com fim informativo e educacional. A disposição de resíduos sólidos urbanos no solo é uma técnica que visa a proteção ao dano ou riscos à saúde pública além de minimizando os impactos ambientais. No presente estudo ficou evidenciado que a influência das características operacionais de um aterro são extremamente críticas para que se esperem resultados próximos daqueles estimados em projeto, denotando que, a ausência de critérios adequados de dimensionamento possibilita erros ainda maiores. A respeito do aproveitamento do Biogás, embora mesmo que algumas das alternativas atualmente utilizadas ainda não estejam tecnicamente adequadas para implantação em grande escala, denota-se a necessidade de um esforço nacional no sentido de desenvolver novas tecnologias a custos acessíveis, potencializando a utilização do biogás e evitando o atual desperdício energético. O aproveitamento do biogás em aterros sanitários além de ser uma fonte geradora de energia, apresenta como contribuição a redução das emissões de gases de efeito estufa. A implantação da usina elétrica Termoverde junto ao Aterro Metropolitano Centro é uma iniciativa que vem dando certo. Além de vender a energia elétrica no Mercado Livre de Energia, a empresa também vende os créditos de carbono, conforme o Protocolo de Kyoto.

**Palavras-chaves:** Resíduos Sólidos Urbanos. Aterro Sanitário. Biogás. Gestão Ambiental.

## ABSTRACT

SANTOS, Edilene Lima. Obtaining clean energy from capture of biogas from Salvador's landfill. 2015. 45 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

This paper presents a review of literature on the municipal solid waste transformation processes in the landfill for obtaining clean energy. We aimed to show the processes involved in the treatment of the waste at the landfill until to capture and biogas use. Taking into account that the correct treatment of the waste at the landfill entails an onerous investment to public coffers, this study becomes of great importance to contribute to the academic environment as a source of enlightenment and understanding about the final disposal of waste as well as the processes involved in environmental management Landfill in Salvador, soon, with informative and educational purpose. The disposition of municipal solid waste in the ground is a technique that aims to protect the harms or risk to public health as well as minimizing environmental impacts. In the present study showed that the influence of the operational characteristics of a landfill are extremely critical to that are expected results close to those estimated at project, indicating that the absence of adequate criteria for sizing enables even greater errors. Regarding the use of biogas, although some of the alternatives currently used are not technically suitable for large-scale deployment, this denotes the need of a national effort to develop new technologies at affordable costs, increasing the use of biogas and avoiding the current energy waste. The use of biogas in landfills and is a source of energy, has a contribution to reducing emissions of greenhouse gases. The implementation of the Termoverde power plant with the Metropolitan Landfill Center is an initiative that is working fine. In addition to selling electricity in the Free Energy Market, the company also sells carbon credits, according to the Kyoto Protocol.

**Keywords:** Urban solid waste. Landfill. Biogas. Environmental management.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema para definição do balanço de água no aterro .....	20
Figura 2 – Diagrama com as alternativas de aproveitamento do biogás.....	24
Figura 3 – Camadas de Impermeabilização da célula com Geomembrana e manta de PEAD.....	32
Figura 4 – Conexão da bacia de chorume.....	34
Figura 5 – Técnico de Biogás coletando dados com o dosador.....	35
Figura 6 – Dreno de Gás do Aterro .....	35
Figura 7 – Tubo vertical coletor e tubulação transportadora de gases.....	36
Figura 8 – Registros e válvulas de gases.....	36
Figura 9 – Central de processamento dos gases (filtração, compressão, etc).....	37
Figura 10 – Vista do Aterro Sanitário Metropolitano de Salvador e da usina Termoverde .....	38
Figura 11 – Vista aérea da Usina Termoverde Salvador (BA).....	39

## LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

AMC	Aterro Metropolitano Centro
ATSM/SV	Aterro Sanitário Metropolitano de Salvador
BATTRE	Bahia Transferência e Tratamento de resíduos S/A
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CETREL	Central de Tratamento de Efluentes Líquidos
CONDER	Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia
COOPCICLA	Cooperativa de Agentes Autônomos de Recicláveis
COT	Carbono Orgânico Total
CTR	Centro de Tratamento de Resíduo
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
PBLU	Plano Básico de Limpeza Urbana
PDDU	Plano diretor de Desenvolvimento Urbano
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PNRS	Política Nacional de RESÍDUOS sólidos
RMS	Região Metropolitana de Salvador
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SESP	Secretaria Municipal de Serviços Públicos e Prevenção à Violência

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2 METODOLOGIA</b> .....	<b>12</b>
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>13</b>
3.1 A LEI DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUO SÓLIDO.....	13
3.2 O ATERRO DE RESÍDUO SÓLIDO URBANO.....	16
3.3 O CHORUME.....	18
3.3.1 Caracterização do chorume.....	18
3.3.2 Percolação do chorume.....	19
3.3.3 Monitoramento e Tratamento do chorume.....	20
3.4 O BIOGÁS.....	21
3.5 OBTENÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DO BIOGÁS.....	22
<b>4 O ATERRO DE SALVADOR</b> .....	<b>27</b>
4.1 TRATAMENTO DADO AO RESÍDUO.....	27
4.1.1 Disposição e Recobrimento dos Resíduos.....	28
4.1.2 Cobertura Diária dos Resíduos.....	28
4.1.3 Drenagem Interna.....	29
4.1.4 Drenagem Superficial.....	29
4.1.5 Sistema de Armazenamento de Percolados e Queima de Gases.....	30
4.1.6 Transporte e Tratamento dos Efluentes (Percolados).....	30
4.2 SISTEMAS PRESENTES NO ATERRO.....	30
4.2.1 Sistema de monitoramento ambiental.....	31
4.2.2 Sistema de impermeabilização.....	31
4.2.3 Sistema de drenagem e queima do gás.....	33
4.2.4 Drenagem interna do biogás no aterro sanitário.....	33
<b>5 TERMOVERDE</b> .....	<b>38</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>41</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>42</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A cidade de Salvador gera aproximadamente 3t (três toneladas) de resíduos sólidos por dia, de acordo com dados da Revita Engenharia Ambiental (REVITA, 2015) empresa que realiza a limpeza pública da cidade. Portanto, a inexistência de um tratamento final adequado dos lixos e resíduos sólidos urbanos culminaria em riscos diretos e indiretos à saúde pública.

Os riscos diretos dizem respeito àqueles ocasionados pelo contato com os resíduos contaminados com microorganismos que podem causar inúmeras infecções e doenças na população; e os riscos indiretos estão relacionados, principalmente, com a proliferação de vetores sanitários como moscas, mosquitos, ratos e baratas, que neste meio encontram alimento e condições para reprodução. A inexistência do manejo ou recolhimento do lixo conduz para a alimentação e proliferação de animais que pode causar doenças como a cisticercose, entre outras (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012).

O processo de gestão ambiental e tratamento dado ao lixo e resíduos urbanos no aterro sanitário de Salvador geram boas práticas de manejo e disposição finais importantes e essenciais, capazes de trazer soluções ambientais satisfatórias como também nas áreas urbanas.

De acordo com Zanta et al. (2008):

É preciso conhecer o número de habitantes, a previsão de crescimento populacional, o poder aquisitivo da comunidade, o índice de escolaridade e outros hábitos que definam o tipo de comunidade que habita a cidade e gera os resíduos que posteriormente serão dispostos no meio ambiente.

Entre os diferentes métodos de disposição final de resíduos sólidos urbanos, o aterro sanitário é um método adequado à realidade social, principalmente da América Latina, sendo mais conveniente do ponto de vista sanitário e econômico.

O problema apresentado evidencia a importância deste estudo para o meio acadêmico com fim informativo, contribuindo para o esclarecimento e entendimento acerca de uma gestão ambiental adequada sobre o descarte final do lixo, bem como os processos envolvidos na captação do biogás para obtenção de energia limpa e gerenciamento do aterro sanitário de Salvador.

O tratamento correto dado ao lixo no aterro sanitário necessita de um investimento pesado, neste sentido, o presente estudo é de grande relevância, por

tornar-se visível para a população em geral, a necessidade de cooperar com o descarte adequado do lixo, tendo assim, um caráter educacional sobre uma correta gestão ambiental de resíduos sólidos urbanos até a obtenção de energia limpa através do Biogás.

O objetivo principal é mostrar os processos envolvidos na gestão ambiental do aterro sanitário de Salvador bem como o tratamento dado ao lixo até a obtenção de energia limpa gerada pelo biogás.

Para ser atingido o objetivo geral deste trabalho, foram definidos alguns objetivos específicos, como: descrever os sistemas necessários ao perfeito funcionamento de um aterro e as inovações tecnológicas para captação do biogás até obtenção de energia limpa no aterro sanitário de salvador; mostrar que o aterro sanitário é um método adequado para disposição final do lixo e tratamento de resíduo; conhecer as transformações químicas, físicas e biológicas que resultam na formação de biogás que apresenta muitas impurezas quando captado, sendo necessária limpeza para a retirada do metano; evidenciar como uma correta gestão ambiental e realização das práticas de manejo e disposição final dos resíduos sólidos em áreas urbanas tornam-se eficazes com soluções ambientais satisfatórias.

## 2 METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica de cunho qualitativo e exploratório, elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos e documentos, leis e relatórios e visitas técnicas na própria empresa e órgãos públicos que tenha relação com o tema, considerando que o objetivo é trazer esclarecimentos disponíveis sobre o tema proposto, conforme definem Lakatos e Marconi (2002).

Este estudo é caracterizado por revisão de literaturas que abordam conceitos e trazem esclarecimentos acerca dos processos de transformação de resíduos sólidos urbanos incluindo a captação do biogás e transformação em energia limpa no Aterro Sanitário de Salvador. E, como o próprio nome sugere, a pesquisa permite uma exploração com profundidade de um tema e tem como objetivo prover o pesquisador de maior conhecimento sobre o problema de pesquisa que ainda é pouco conhecido e pouco explorado (GIL, 2008).

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta sessão serão apresentadas algumas informações sobre legislação, aterro sanitário, chorume, biogás e a obtenção de energia limpa através do biogás.

#### 3.1 A LEI DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUO SÓLIDO

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2012) a Lei nº 12.305 de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é bastante atual e contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao país no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos.

Esta Lei trás uma visão moderna na luta contra problema do lixo urbano, que é um dos maiores problemas do planeta. Tem como princípio a responsabilidade compartilhada entre governo, empresas e população, uma vez que impulsiona o retorno dos produtos às indústrias após o consumo e obriga o poder público a realizar planos para o gerenciamento do lixo.

Assim estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) através da Lei nº 12.305 de 2010 (BRASIL, 2010) a cerca das reponsabilidades:

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 (...). (Cap. III, Seção I, art. 25)

No âmbito da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, cabe ao titular dos serviços públicos de limpeza urbana (...) adotar procedimentos para reaproveitar os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis (...), estabelecer sistema de coleta seletiva, (...) dar disposição final ambientalmente adequada aos rejeitos (...). (Cap. III, Seção II, art. 33)

Esse diploma legal, em seu artigo 13, estabelece a obrigatoriedade da elaboração dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos, como requisito indispensável para os Municípios terem acesso a recursos da União destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos.

De acordo com a Secretaria Municipal dos Transportes Urbanos e Infraestrutura (SETIN) de Salvador:

Em 2010, frente às necessidades de elaborar o Plano Municipal de Saneamento Básico, a Prefeitura Municipal criou uma Comissão Executiva, Decreto Nº21.020/2010 e a SESP, através de Portaria nº 080/2010 criou uma Comissão Técnica, interna, para adequação do Plano Básico de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos, com o objetivo de diagnosticar a situação atual da gestão de limpeza urbana e do manejo dos resíduos sólidos, bem como, a situação dos resíduos sólidos gerados no município, demonstrando a origem, o volume, a caracterização, as formas de tratamento e disposição final adotadas e o sistema operacional executado no município (SALVADOR, 2010).

Ainda de acordo com a SETIN, as principais fontes de receita do sistema de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos são as dotações orçamentárias, a cobrança de taxa de coleta dos resíduos sólidos domiciliares e o preço público. Para o serviço de limpeza urbana, foram destinados em 2010, cerca de 6,00% do orçamento municipal (SALVADOR, 2010).

O respectivo plano de limpeza pública urbana foi elaborado em conformidade com os princípios fundamentais da Política Nacional de Saneamento Básico, estabelecidos no artigo 2º da Lei Federal nº 11.445/07 (BRASIL, 2007), quais sejam:

- a) universalização do acesso;
- b) integralidade, compreendida como o conjunto de todas as atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento básico, propiciando à população o acesso na conformidade de suas necessidades e maximizando a eficácia das ações e resultados;
- c) abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente;
- d) disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e de manejo das águas pluviais adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado;
- e) adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais;
- f) articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da saúde e outras de relevante interesse social voltadas para a melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante;
- g) eficiência e sustentabilidade econômica;
- h) utilização de tecnologias apropriadas, considerando a capacidade de pagamento dos usuários e a adoção de soluções graduais e progressivas;
- i) transparência das ações, baseada em sistemas de informações e processos decisórios institucionalizados;
- j) controle social;
- k) segurança, qualidade e regularidade;
- l) integração das infra-estruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos.

Neste sentido, no processo de revisão/atualização do PBLU foram incorporadas as novas diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelecidas no artigo 2º da Lei Federal 12.305/2010 (BRASIL, 2010), a saber:

- I - proteção da saúde pública e da qualidade do meio ambiente;
- II - não-geração, redução, reutilização e tratamento de resíduos sólidos, bem como destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos;
- III - desenvolvimento de processos que busquem a alteração dos padrões de produção e consumo sustentável de produtos e serviços;
- IV - educação ambiental;
- V - adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias ambientalmente saudáveis como forma de minimizar impactos ambientais;
- VI - incentivo ao uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados;
- VII - gestão integrada de resíduos sólidos;
- VIII - articulação entre as diferentes esferas do Poder Público, visando a cooperação técnica e financeira para a gestão de resíduos sólidos;
- IX - capacitação técnica continuada na área de resíduos sólidos;
- X - regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação de serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira;
- XI - preferência, nas aquisições governamentais, de produtos recicláveis e reciclados;
- XII - transparência e participação social;
- XIII - adoção de práticas e mecanismos que respeitem as diversidades locais e regionais; e
- XIV - integração dos catadores de materiais recicláveis nas ações que envolvam o fluxo de resíduos sólidos.

A PNRS estabelecida na nova Lei prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, com a proposição da prática de hábitos de consumo sustentável. Também prevê um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (para todo material que possa ser reciclado ou reaproveitado) e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (materiais que não podem ser reciclados ou reutilizados) (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012).

O Ministério do Meio Ambiente cria metas importantes para contribuir com a eliminação dos lixões, através da responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos e titulares de serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos na Logística Reversa dos resíduos e embalagens pós-consumo e pós-consumo. São instituídos instrumentos de planejamento em nível nacional, estadual, microregional, intermunicipal, metropolitano e municipal. Além disso, também impõe que os particulares elaborem seus Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012).

No entanto, Siqueira (2012) ressalta que:

Uma nova política pública, contudo, não se constrói apenas com a edição de uma lei. É preciso que haja uma modificação de paradigmas e a quebra de alguns padrões comportamentais, até então arraigados em nossa cultura omissiva e permissiva, quanto ao manejo e gerenciamento de resíduos sólidos em todo o país.

É importante destacar que a construção de um aterro dentro das normas ambientais é uma obra de engenharia extremamente complexa, uma vez que sua busca acondicionar os resíduos no menor espaço possível, minimizando os impactos ambientais e os danos à saúde humana e animal.

Entretanto, não se pode negar que a disposição de resíduos em aterros sanitários continuará a ser uma solução importante em qualquer estratégia de gestão de resíduos.

O autor Russo (2006) considera que:

Outras formas de tratamento de resíduos, como a incineração, a compostagem e a digestão anaeróbia da fração orgânica dos resíduos sólidos, constituem formas de valorização de crescente importância nas políticas de gestão integrada de resíduos sólidos, com benefícios econômicos e ambientais. No entanto, quaisquer dos processos de tratamento de resíduos pressupõem a existência de um aterro sanitário para o destino final dos rejeitos produzidos.

A vida útil de um aterro varia conforme o consumo da população durante os anos de operação do aterro sanitário, preferencialmente um aterro sanitário deve ter vida útil superior a 10 anos (GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA, 2010).

### 3.2 O ATERRO DE RESÍDUO SÓLIDO URBANO

O aterro sanitário é uma excelente maneira de disposição final do lixo, e tem como objetivo melhorar as condições sanitárias relacionadas aos descartes de resíduos sólidos. Dispõe de algumas tecnologias e materiais avançados em tecnologia, responsáveis por captar o biogás, sendo considerada uma técnica sofisticada para tratamento e obtenção de energia limpa através dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), visto que o biogás gerado da decomposição dos resíduos podem ser revertidos em aproveitamento energéticos e/ou créditos de carbono comercializados a partir das premissas do tratado de Kyoto (ZANTA et al., 2008).

No website Ambiente Brasil (2015) pode ser encontrada a descrição do Aterro Sanitário da seguinte forma:

É um processo utilizado para a disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo, através do confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente o próprio solo, de acordo com critérios e normas operacionais específicas, e de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais (AMBIENTE BRASIL, 2015).

Entretanto, Souza e Teixeira (2012) consideram que antes de se projetar o aterro, devem ser realizados estudos geológicos e topográficos para selecionar uma área adequada para ser destinada para sua instalação, de modo que não comprometa o meio ambiente.

Segundo a Norma Técnica NBR 8419 (ABNT, 1984):

O aterro sanitário não deve ser construído em áreas sujeitas à inundação. Entre a superfície inferior do aterro e o mais alto nível do lençol freático deve haver uma camada de espessura mínima de 1,5 m de solo insaturado. O nível do solo deve ser medido durante a época de maior precipitação pluviométrica da região.

O solo deve ser de baixa permeabilidade (argiloso).

O aterro deve ser localizado a uma distância mínima de 200 metros de qualquer curso d'água e deve ser de fácil acesso.

A arborização deve ser adequada nas redondezas para evitar erosões, espalhamento da poeira e retenção dos odores.

Esta forma de disposição produz, em geral, poluição localizada, pois similarmente ao aterro sanitário, a extensão da área de disposição é minimizada.

Porém, necessita de impermeabilização de base para não comprometer a qualidade das águas subterrâneas, bem como a existência de sistemas de tratamento de chorume ou de dispersão dos gases gerados.

Para a implantação do aterro sanitário, inicialmente, deve ser realizada a impermeabilização do solo através de combinação de argila e lona plástica para evitar infiltração dos líquidos percolados no solo. Os líquidos percolados são captados (drenados) através de tubulações e escoados para lagoa de tratamento. Para evitar o excesso de águas de chuva, são colocados tubos ao redor do aterro, que permitem desvio dessas águas, do aterro (AMBIENTE BRASIL, 2015).

Ainda segundo o website Ambiente Brasil (2015):

A quantidade de lixo depositado é controlada na entrada do aterro através de balança.

Os gases liberados durante a decomposição são captados e podem ser queimados com sistema de purificação de ar ou ainda utilizados como fonte de energia (aterros energéticos).

O biogás é extraído e as águas lixiviantes são tratadas.

A deposição faz-se por células que uma vez preenchidas são devidamente seladas e tapadas.

A cobertura dos resíduos faz-se diariamente.

Deve-se ressaltar que, uma vez esgotado o tempo de vida útil do aterro, ele deverá ser selado através do recobrimento da massa de resíduos com uma camada de terra com 1,0 a 1,5 metros de espessura. Esta área poderá ser destinada para ocupações "leves", como zonas verdes, parques, campos de jogos, etc. (AMBIENTE BRASIL, 2015).

Antes de entrar em operação, este tipo de aterro é preparado com o nivelamento do terreno e com a impermeabilização do solo, com a finalidade de evitar que o chorume contamine o lençol freático.

O aterro sanitário conta com técnicas de engenharia e canalização dos gases liberados pela decomposição do lixo. Também é necessário o recobrimento do lixo diariamente, ou de acordo com as necessidades e disponibilidade de equipamentos, conforme estabelece a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1992).

### 3.3 O CHORUME

O principal veículo impactante de um aterro sanitário é o chorume, e seu tratamento, além de ser oneroso e complexo, pode se prolongar por muitos anos se não forem adotadas medidas especiais de manejo/controlado (HAMADA, 1997).

#### 3.3.1 Caracterização do chorume

Chorume é uma substância líquida resultante do processo de biodegradação de matérias orgânicas. Este líquido é muito encontrado em lixões e aterros sanitários. Trata-se de um líquido viscoso, escuro e possui odor extremamente fétido. Ele também pode ser definido de acordo com Hamada (1997), como “a fase líquida da massa de lixo aterrada, que percola através desta removendo materiais dissolvidos ou suspensos”.

Conforme afirma o autor Hamada (1997):

Na maioria dos aterros sanitários, o chorume é composto basicamente pelo líquido que entra na massa aterrada de lixo, advindo de fontes externas, tais como sistemas de drenagem superficial, chuva, lençol freático, nascentes e aqueles resultantes da decomposição do lixo.

Ainda segundo Hamada (1997) “quando a água percola através da massa de lixo aterrada, que está em decomposição, material biológico e componentes químicos são carregados para a solução”.

De acordo com Fiúza et al. (2000) a monitorização do chorume gerado em um aterro sanitário permite, através da observação da flutuação dos seus parâmetros físico-químicos e bacteriológicos e da sua vazão, retratar as condições operacionais típicas. Neste sentido, a composição química do chorume pode apresentar-se variável, dependendo da idade do aterro e dos eventos que ocorreram antes da amostragem.

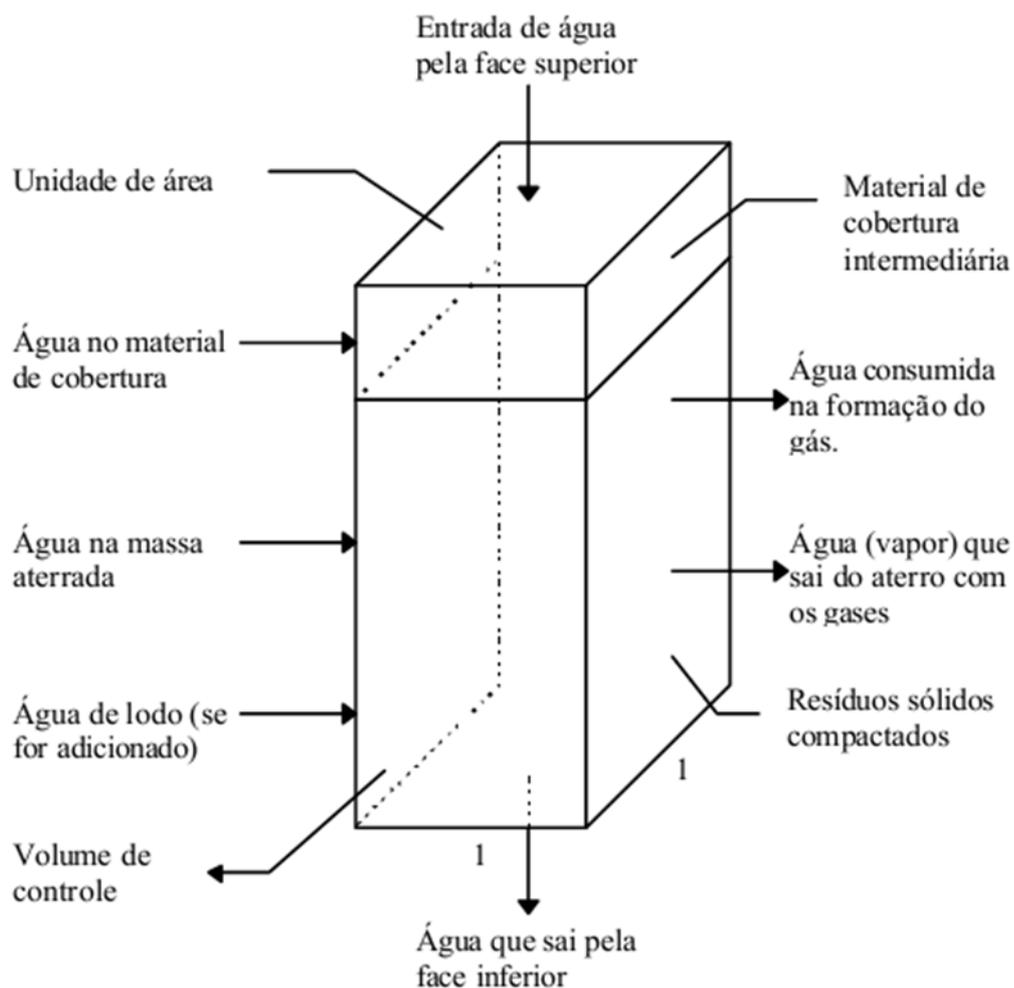
De acordo com Hamada (1997):

Se o chorume é coletado durante a fase ácida, o pH será baixo, porém parâmetros como DBO<sub>5</sub> (Demanda Bioquímica de Oxigênio), COT (Carbono Orgânico Total), DQO (Demanda Química de Oxigênio), nutrientes e metais pesados deverão ser altos. Contudo, durante a fase metano gênica o pH varia entre 6,5 e 7,5 e os valores de DBO<sub>5</sub>, COT, DQO e nutrientes serão significativamente menores.

A biodegradabilidade do chorume também varia com o tempo e pode ser determinada pela relação DBO/DQO. Inicialmente essa relação situa-se em torno de 0,5 ou maior; e relações entre 0,4 e 0,6 são indicadores da melhor biodegradabilidade. Em aterros sanitários antigos, a mesma relação situa-se normalmente na faixa entre 0,05 e 0,2. Como resultado dessa variação nas características do chorume, o projeto dos sistemas de tratamento é considerado bastante complexo.

### 3.3.2 Percolação do chorume

Segundo Hamada (1997), através do balanço de água no aterro pode ser determinado o potencial de formação do chorume. Este potencial corresponde à soma das quantidades que entram subtraídas das quantidades de água consumidas nas reações químicas e também a quantidade de água que acaba deixando o aterro como forma de vapor. Portanto, o potencial corresponde à quantidade de água que excede a capacidade de retenção de umidade da massa aterrada, conforme se pode observar no esquema apresentado na Figura 3.



**Figura 1 – Esquema para definição do balanço de água no aterro**  
 Fonte: Fenn et al. (1975 *apud* HAMADA, 1997).

De acordo com Hamada (1997), os principais componentes do balanço de massa para uma “célula” de aterro correspondem:

As principais fontes: água que entra pela face superior; à umidade presente no lixo doméstico; e à umidade de lodo, se adicionado.

As principais saídas: água que deixa o aterro como gases formados (água usada na formação dos gases); vapor de água saturado como um dos componentes dos gases do aterro; e o chorume (HAMADA, 1997, p. 1803).

### 3.3.3 Monitoramento e Tratamento do chorume

Após realizar as estimativas quanto à quantidade de chorume gerada em um aterro, segue-se uma das questões mais críticas para o projeto do sistema de

manejo, que é a definição do porte do sistema de tratamento. De acordo com Hamada (1997):

A capacidade das instalações depende da extensão do aterro e de sua vida útil. Ainda, a presença de constituintes tóxicos não específicos é um problema frequente em aterros que recebam uma gama muito ampla de resíduos, sendo a carga orgânica o fator predominante.

As fases anaeróbias de degradação da matéria orgânica, são responsáveis pela questão da metanogênese e a geração de gases, não sendo associados diretamente à qualidade do chorume, que na realidade, corresponde a uma resposta desse processo. Portanto, quando em fase metanogênica estável, verifica-se uma boa eficiência de conversão do material orgânico, refletida de forma equivalente na qualidade do chorume, que se torna mais evidente na fase final de degradação da fração facilmente biodegradável do lixo doméstico (HANADA, 1997).

Considerando que o chorume representa o maior “risco ambiental” num empreendimento como o “aterro sanitário” e, tendo em vista os elevados custos envolvidos e a grande dificuldade de tratamento deste tipo de efluente, que apresenta grandes variações em sua quantidade e qualidade ao longo do tempo, assume a maior importância, para assegurar uma “boa operação” deste tipo de equipamento, trabalhar objetivando se aproximar o máximo possível da meta ideal num projeto ambiental, que seria a “descarga zero” de efluentes.

### 3.4 O BIOGÁS

O biogás foi descoberto no século XVII, mas só passou a ser considerado como uma fonte de energia no século XIX. No final do século XIX o biogás passou a ser coletado em estações de tratamento de efluentes na Inglaterra. Na década de 40 na Índia, começou a ser aproveitado a partir de esterco de animais em plantas de geração de energia (ECYCLE, 2015).

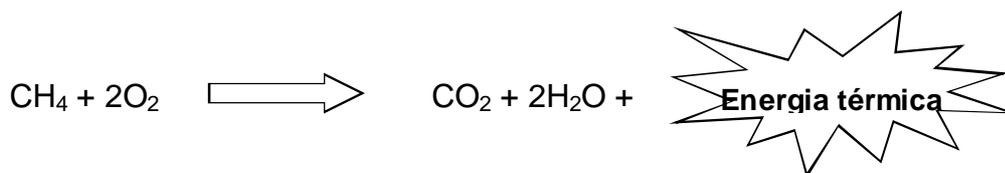
De acordo com Iclei (2009):

Normalmente, o biogás é composto por 60% de metano, 35% de dióxido de carbono e 5% de uma mistura de hidrogênio, nitrogênio, amônia, ácido sulfídrico, monóxido de carbono, aminas e oxigênio, mas dependendo das condições da matéria orgânica, pressão e temperatura durante a fermentação, o biogás pode conter de 40% a 80% de metano.

Em função das ligações químicas entre os átomos de Hidrogênio e Carbono (Figura 5), o metano possui um elevado potencial energético (energia química) que quando reage com oxigênio, libera grande quantidade de calor (energia térmica). É um gás de fácil combustão e por isso, nos locais onde ele é gerado, existe sempre o risco de ocorrer explosões (ICLEI, 2009).

Neste sentido, torna-se de grande importância que sejam implementados projetos efetivos para evitar as emissões de metano provenientes de aterros de resíduos sólidos urbanos para a atmosfera.

Uma das alternativas é realizar a captação forçada do biogás gerado no interior dos aterros e, subsequentemente, promover sua destruição por meio da oxidação térmica do metano, ou seja, sua queima, conforme demonstrado na reação a seguir:



Conforme pode ser observado na reação há a liberação de energia na forma de calor e é esta energia que pode ser aproveitada. Para compreender a importância do biogás gerado em aterros sanitários como uma fonte renovável e disponível de energia, e que pode contribuir para suprir as demandas energéticas do país, reintera-se o citado a seguir, em relação ao cenário energético brasileiro.

[...] tanto a oferta quanto a demanda de energia elétrica têm crescido nos últimos anos, porém a demanda está bem próxima da oferta. Em 2008, por exemplo, a diferença entre a oferta e a demanda foi de apenas 13,6%. Isto significa que o Brasil não tem grande excedente de energia elétrica. [...] caso o país consiga nos próximos anos atingir um nível de crescimento econômico acima da média recente, inevitavelmente faltará energia elétrica no país, já que a instalação de novas hidrelétricas demanda vários anos para sua conclusão (ICLEI, 2009, p. 26).

Com base no exposto, compreende-se que o aproveitamento energético do biogás gerado em aterros de resíduos sólidos no Brasil, além da contribuição na redução nas emissões de metano para a atmosfera, representa também uma forma de contribuir para a oferta de energia no país.

### 3.5 OBTENÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DO BIOGÁS

De acordo com o Ecycle (2015):

Na geração de eletricidade a partir do biogás, ocorre a conversão da energia química do gás em energia mecânica por meio de um processo controlado de combustão; essa energia mecânica ativa um gerador que produz energia elétrica. O biogás também pode ser usado em caldeiras por meio de sua queima direta para a cogeração de energia.

Segundo o Ministério do Meio ambiente (2012):

Um aterro de resíduos sólidos pode ser considerado como um reator biológico onde as principais entradas são os resíduos e a água e as principais saídas são os gases e o chorume.

A decomposição da matéria orgânica ocorre por dois processos, o primeiro processo é de decomposição aeróbia e ocorre normalmente no período de deposição do resíduo. Após este período, a redução do O<sub>2</sub> presente nos resíduos dá origem ao processo de decomposição anaeróbia.

O gás metano (CH<sub>4</sub>) é obtido pela digestão anaeróbia (em ausência de oxigênio) de matéria orgânica, onde microrganismos atuam em um ecossistema balanceado com limites de temperatura, pH, nutrientes e teor de umidade. A produção de biogás pode ocorrer de forma natural, como nos aterros sanitários ou com a implantação de uma usina de biogás cujo processo é totalmente limpo, eficaz e sustentável (ECOGEO, 2012).

De acordo com o Ecycle (2015) o metano surge na natureza devido aos seguintes processos:

- a) Decomposição de lixo orgânico (aterros sanitários e lixões)
- b) Digestão de animais
- c) Reservatórios de hidrelétricas
- d) Processos industriais
- e) Pecuária
- f) Metabolismo de certos tipos de bactérias
- g) Vulcões de lama
- h) Extração de combustíveis minerais (principalmente o petróleo)
- i) Produção de combustíveis fósseis (gás e carvão)
- j) Queima de combustíveis fósseis (veículos)
- k) Aquecimento de biomassa anaeróbica

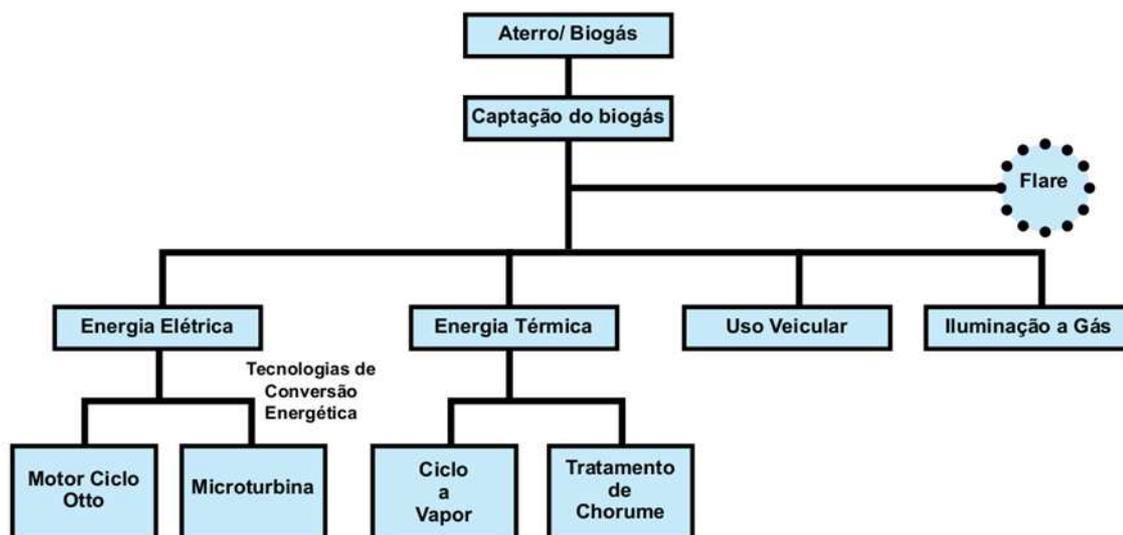
Ainda segundo o Ecycle (2015) sobre o metano:

Como o CH<sub>4</sub> pode ser produzido por meio de matéria orgânica, pode ser chamado de biogás e ser utilizado como fonte de energia. Também é encontrado como componente principal nas exalações naturais de regiões petrolíferas, existindo dentro de cavidades nos estratos de jazidas de carvão mineral.

Uma quantidade desconhecida (mas provavelmente enorme) de metano está presa no sedimento marinho e sob as geleiras/glaciares, conhecidos como campos de gás natural ou depósitos geológicos.

O gás natural usado como combustível para veículos tem cerca de 70% de metano em sua composição.

Como pode-se observar na Figura 11, através da canalização do biogás em aterro de resíduos sólidos, pode-se fazer o aproveitamento para a geração de energia como também pode ser encaminhado para a queima direta em *flare*, processo pelo qual, se reduz a poluição ambiental pela não emissão de gás do efeito estufa (metano) no ar, gerando créditos de carbono.



**Figura 2 – Diagrama com as alternativas de aproveitamento do biogás**  
 Fonte: Instituto Agir Sustentável (2006).

O aproveitamento do biogás para geração de calor, trabalho mecânico e eletricidade se dá por meio de diversas tecnologias, tais como: caldeiras, motores de combustão interna, turbinas a gás e microturbinas (ENSINAS, 2003). Porém, as alternativas mais utilizadas para conversão energética do biogás são as microturbinas e os motores de combustão interna – Ciclo Otto. Isto se dá devido ao maior rendimento elétrico e menor custo quando comparado às outras tecnologias (ICLEI, 2009).

Para promover a queima de biogás em motores ciclo Otto são necessárias pequenas modificações nos sistemas de alimentação, ignição e taxa de compressão. Os motores ciclo Otto aspiram a mistura ar-combustível antes de ser comprimida no interior dos cilindros e a combustão da mistura é dada por centelha produzida na vela de ignição (PEREIRA, 2012).

De acordo com o Iclei (2009):

Nas microturbinas, no entanto, o ar é aspirado e forçado para seu interior à alta velocidade e pressão, misturado ao combustível para, então, ser queimado na câmara de combustão. Os gases quentes resultantes da combustão são expandidos na turbina e o calor remanescente dos gases de exaustão pode ser aproveitado para aquecimento do ar de combustão.

Dentre as duas tecnologias apresentadas, as microturbinas apresentam vantagens em relação aos motores ciclo Otto (ICLEI, 2009), a saber:

- Baixos níveis de ruídos e vibrações;
- Flexibilidade de combustível, dentre eles o biogás;
- Dimensões reduzidas e simplicidade de instalação, podendo ser instaladas em locais cobertos ou ao ar livre;
- Emissões de NOx são menores que 9 ppm nas microturbinas de baixa potência (30 a 100 kW) e podem chegar a 100 ppm nas de maior potência.

Independente da tecnologia empregada no processo de produção de energia a partir do biogás canalizados do lixo em aterros sanitários, tal medida representa ganhos para a sociedade (geração de empregos e redução de subempregos), para as prefeituras (representam uma fonte extra de renda com a comercialização da energia gerada pelo biogás) e para o meio ambiente com a contenção de emissões de CH<sub>4</sub>, redução do uso de combustíveis fósseis, redução de odores e vetores nos aterros devido a boas práticas de gerenciamento, dentre outras (ABREU, 2009).

De acordo com Fortuna Neto (2007):

Por conter em sua composição metano e dióxido de carbono o biogás passa a ser considerado como gás que contribui para a formação do fenômeno conhecido como efeito estufa, um dos responsáveis pelo aquecimento do planeta. Estudos indicam que, considerando um período de 100 anos, 1 grama de metano contribui 21 vezes mais para a formação do Efeito Estufa do que 1 grama de dióxido de carbono. Para a mitigação destes efeitos o biogás deve ser drenado e queimado, pois sua queima transforma metano em dióxido de carbono e vapor de água.

Por meio de tubulações o biogás é enviado para uma instalação, onde um sistema de troca de calor diminui a sua umidade e o coloca na pressão adequada para a geração de energia (150 mbar e 200 mbar) (ICLEI, 2009). Pronta para percorrer longas distâncias, a energia é injetada na rede de distribuição, chegando aos centros consumidores toda a produção e comercialização da energia elétrica.

De acordo com Ecycle (2015):

A geração de biogás em aterros normalmente começa após os primeiros três meses seguintes à disposição, podendo continuar pelo período de 30 anos ou mais. Por conter uma alta concentração de metano, o biogás deve ser considerado no cálculo dos gases do efeito estufa. Segundo o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), as emissões de metano provenientes de aterros sanitários variam entre 20 teragramas por ano (Tg/ano) e 70 Tg/ano, o que indica que os aterros são responsáveis pela produção de 6% a 20% das emissões totais de metano por ano, em todo o mundo.

Sendo assim, as considerações da Solvi (2011), sobre a produção de energia a partir do biogás são:

- a) Viável economicamente desde que se aplique em aterros com maior escala, ou desde que se aumente o valor da energia a ser paga ou ainda desde que se consiga mais incentivos tributários.
- b) A escala maior pode ser adquirida ou via um grande município ou um aterro regional / metropolitano que recebe RSU de vários municípios menores.
- c) Há a necessidade de sentido de urgência pois é um ativo que está sendo jogado fora e ainda gerando prejuízos ambientais.
- d) Não falta tecnologia confiável e consolidada – mas faltam melhores condições de receita, redução de tributos e outros incentivos.
- e) Oportunidade para reduzir um problema de saneamento e ainda considerar o biogás dos resíduos urbanos como uma importante fonte de energia.
- f) Um programa energético federal voltado para o setor poderia propiciar um grande avanço no setor de saneamento.

De acordo com o website Educação Ambiental (2015):

Antes de transformar o biogás extraído da decomposição da matéria orgânica presente no lixo em energia, deve-se lembrar que é necessário criar todo um sistema de drenos para a sua captação. Outros pontos importantes a serem levados em consideração antes da conversão são o teor reduzido de metano no biogás em comparação ao gás natural e as impurezas presentes que, dependendo da concentração, deverão ser tratadas. Finalmente, para gerar energia serão necessários diversos equipamentos como, por exemplo, caldeira, turbina, trocadores de calor, transformadores e subestação de energia, além de dispositivos de segurança.

## 4 O ATERRO DE SALVADOR

De acordo com as informações encontradas no Plano Municipal de Saneamento Básico (SALVADOR, 2010):

Inicialmente, na década de 80, o Governo do Estado através da Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia – CONDER, elaborou o Projeto Metropolitano, de Remoção e Disposição Final da RMS, visando o desenvolvimento urbano da Região Metropolitana e destinou, entre outras ações, a construção do Aterro Sanitário Metropolitano Centro, para servir de forma consorciada as cidades de Lauro de Freitas, Simões Filho e Salvador, a implantação de 04 (quatro) lixodutos na cidade de Salvador para o transporte de resíduos em áreas de difícil acesso, e a criação de 1 (uma) Cooperativa de Agentes Autônomos de Recicláveis – COOPCICLA, formada basicamente por catadores informais, de materiais recicláveis existentes na Cidade. Também, o Governo Municipal elaborou e aprovou, em 1985, o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano- PDDU através da Lei nº 3525/85.

### 4.1 TRATAMENTO DADO AO RESÍDUO

O tratamento é feito em várias etapas, incluindo o processo de acondicionamento do lixo (Resíduos sólidos) no AMC que recebe por dia uma frota de 55 caminhões (de acordo com dados do próprio aterro no ano de 2013).

A recepção é realizada na guarita do aterro onde os veículos coletores (previamente cadastrados e identificados) são vistoriados pelo fiscal/balanceteiro, treinado e instruído para realizar a inspeção.

O fiscal/balanceteiro verifica e registra a origem, a natureza e a classe dos resíduos e orienta os motoristas quanto ao local no qual os resíduos devem ser descarregados. Na balança existente na guarita do Aterro Sanitário é realizada a pesagem dos veículos coletores para se ter controle das quantidades diárias de resíduos que são dispostas no local.

Pereira Neto (1996) e Kiehl (2002) também consideram como tratamento aquelas alternativas que geram subprodutos nos processos destinados a reduzir a quantidade ou o potencial poluidor dos resíduos sólidos. A reciclagem é utilizada no caso dos inertes, como papel, metais, plásticos, vidros, e a compostagem é o tratamento para a parcela de restos de alimentos e resíduos das atividades de podas de árvores e cortes de grama

#### 4.1.1 Disposição e Recobrimento dos Resíduos

O manual de orientações básicas para a operação de aterro sanitário (LANZA, VAZ, 2006). Informa que:

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

A demarcação da frente de operação diária permite uma melhor manipulação do lixo, tornando o processo mais prático e eficiente. Nos períodos de chuvas intensas ou quando, por qualquer motivo, a frente de operação estiver impedida de ser operada ou acessada, recomenda-se manter uma área para descarga emergencial, previamente preparada, de acordo com o projeto do aterro sanitário.

Durante todo o processo o lixo sempre é recoberto e no final de cada jornada de trabalho a camada de resíduos compactados recebe uma camada de solo argiloso. No dia seguinte, antes do início da disposição dos resíduos, faz-se uma raspagem da camada de solo da face inclinada da frente de operação, para dar continuidade à formação do maciço de resíduos. O solo raspado é armazenado para aproveitamento nas camadas operacionais posteriores, tendo o uso racional de solo proveniente da área de empréstimo ou do material excedente das operações de cortes/escavações executadas na implantação das plataformas (LANZA, VAZ, 2006).

Dependendo das condições de operação no campo e do índice pluviométrico, é utilizada lona plástica para o recobrimento dos resíduos, para diminuir o material de cobertura e maximizar a vida útil do aterro. A lona é retirada no reinício da operação de descarga, espalhamento e compactação dos resíduos.

#### 4.1.2 Cobertura Diária dos Resíduos

De acordo com Lanza e Vaz (2006) diariamente deve ser realizada a cobertura dos resíduos com uma camada de terra ou material inerte com espessura de 15 a 20 cm. Este procedimento é necessário para impedir o arraste de materiais

pela ação do vento, evitar a disseminação de odores desagradáveis e a proliferação de vetores como moscas, ratos, baratas e aves.

Entretanto, Mendes Filho (2011) considera prudente analisar a possibilidade de eliminação deste procedimento, que além de consumir espaço valioso do aterro, causa dificuldades operacionais na estação chuvosa; prejuízos ao sistema de drenagem interna; prejudica o sistema de recirculação do chorume na célula, essencial no processo de biodegradação acelerada; além de representar um considerável custo para a operação.

#### 4.1.3 Drenagem Interna

Sobre a Drenagem Interna, O manual de Orientações Básicas para a operação de aterro sanitário (LANZA, VAZ, 2006) informa que:

O bom funcionamento do sistema de drenagem interna de percolados e de gases é fundamental para a estabilidade do Aterro.  
A drenagem de percolados é inserida entre os resíduos e interligada ao sistema de drenagem de gases.  
As redes e as caixas de passagens que conduzem os percolados são desobstruídas e limpas sistematicamente.  
Os gases são queimados logo após o início de sua produção, para evitar que a sua dispersão contamine a atmosfera e cause danos à saúde.

#### 4.1.4 Drenagem Superficial

Na sequência observa-se a informação do manual de operação de aterro (LANZA, VAZ, 2006) apresentada sobre a drenagem superficial:

A drenagem ineficiente da água da chuva pode provocar maior infiltração na massa de resíduos do aterro, aumentando o volume de chorume gerado e contribuindo para a instabilidade do mesmo.  
Além dos dispositivos de drenagens pluviais definitivos instalados nas plataformas são escavadas canaletas de drenagem provisórias à montante das frentes de operação, de forma a minimizar a infiltração da água da chuva na massa de resíduos aterrados.  
Os dispositivos de drenagem pluvial previstos no projeto do Aterro Sanitário Salvaterra, tais como canaletas, caixas de passagem e descidas d'água, são mantidos desobstruídos para impedir a entrada de água no maciço do aterro.

#### 4.1.5 Sistema de Armazenamento de Percolados e Queima de Gases

A vazão e as características físicas, químicas e biológicas do percolado e dos gases estão intrinsecamente relacionadas e dependem, basicamente, das condições climatológicas e hidrogeológicas, das características dos resíduos sólidos urbanos recebidos e das condições de operação (LANZA, VAZ, 2006).

O projeto do aterro contempla a instalação de rede de drenagem para o percolado e para os gases gerados nas células. Os drenos principais conduzirão os líquidos percolados por gravidade para caixas de passagem e controle de chorume, implantadas a jusante do dique de contenção das células. Essas caixas são dotadas de dispositivos para controlar a vazão do chorume, permitindo, em épocas de altas precipitações pluviométricas, reter o chorume no interior da própria célula.

#### 4.1.6 Transporte e Tratamento dos Efluentes (Percolados)

Os líquidos drenados serão direcionados para uma Bacia de Acumulação de Chorume, onde, após equalização, serão recirculados nas próprias células de onde se originaram, sendo posteriormente submetidos ao tratamento complementar.

O procedimento atualmente utilizado no Aterro Metropolitano Centro de Salvador, consiste no tratamento do efluente na Central de Tratamento de Efluentes Líquidos (CETREL) do Polo Petroquímico de Camaçari, para onde o mesmo é transportado através de Carros-pipa (FIÚZA et al., 2000).

## 4.2 SISTEMAS PRESENTES NO ATERRO

A seguir são apresentados alguns dos sistemas necessários ao perfeito funcionamento de um aterro e as inovações tecnológicas.

#### 4.2.1 Sistema de monitoramento ambiental

De acordo com o autor Cecchini Júnior (2011):

O monitoramento das massas d'água do entorno do aterro deve começar antes do início da operação, com a coleta e análise de amostras dos corpos d'água próximos, inclusive do lençol freático, para se avaliar a qualidade atual dos mesmos e armazenar os resultados para poder efetuar comparações futuras. O segundo instante do monitoramento ambiental se dá a partir do momento em que se começa a coletar o chorume para tratamento. A frequência de amostragem, assim como os parâmetros a serem analisados devem ser estabelecidos em comum acordo com o órgão de controle ambiental.

O monitoramento ambiental deve contar com instrumentos para coleta e análise permanente das águas subterrâneas e superfícies vizinhas ao aterro. O aterro Battre foi um dos primeiros do setor a empregar o monitoramento das águas subterrâneas através de amostradores de baixa vazão que permitem retirar água do subsolo sem perturbar as condições do fluxo geo-hidrológico, garantindo amostragens mais precisas (SOLVI, 2011).

Segundo Gariglio e Melo (2012) “a escolha dos parâmetros a serem analisados está associada a características locais, usos da água e seus objetivos de qualidade. Portanto, para cada situação, deve ser feita a seleção apropriada dos parâmetros”. Ainda de acordo com os autores:

Para o caso de monitoramento de aterros é importante frisar que o principal objetivo das análises nas amostras coletadas é, na verdade, a verificação de contaminação proveniente, efetivamente, do aterro e, num segundo momento, procurar quantificar esse impacto, caso ele esteja ocorrendo. A escolha de parâmetros para monitoramento de aterros deve ter uma lógica diferente da adoção de parâmetros para avaliação da qualidade do meio ambiente

#### 4.2.2 Sistema de impermeabilização

O sistema de impermeabilização inferior e superior pode ser feito com o uso de barreiras minerais e sintéticas. A impermeabilização de base tem a função de proteger a fundação do aterro, evitando-se a contaminação do subsolo e aquíferos adjacentes, pela migração de percolados e/ou dos gases (ZANTA et al., 2008).

De acordo com Gariglio e Melo (2012), “dependendo da permeabilidade do solo de fundação e da profundidade do lençol freático, faz-se necessário a utilização de camadas de argila compactada e/ou geomembranas sintéticas”, conforme mostra a Figura 3. Na imagem da esquerda pode ser observado que o lugar foi colocada geomembrana e pedras de modo a prevenir qualquer possibilidade de contaminação, dos solos envolventes e de aquíferos existentes nas suas proximidades. Na imagem da direita pode ser observada a utilização da manta PEAD que servirá como barreira de impermeabilização.



**Figura 3 – Camadas de Impermeabilização da célula com Geomembrana e manta de PEAD**  
Fonte: A autora (2012).

Um sistema de impermeabilização de base deve apresentar: estanqueidade; durabilidade; resistência mecânica; resistência a intempéries e compatibilidade físico-química-biológica com os resíduos a serem aterrados (ZANTA et al., 2008).

Segundo Zanta et al. (2008), o tipo de membrana que tem se mostrado mais adequado para impermeabilização de aterros é a geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD), por sua resistência, durabilidade e compatibilidade com grande variedade de resíduos. Os autores também ressaltam que nos processos de impermeabilização da fundação dos aterros, a garantia de qualidade não fica atestada apenas através dos materiais utilizados, mas sim, de um conveniente projeto de aplicação e um controle tecnológico adequado para a execução.

O uso de geocompostos bentoníticos em substituição as camadas argilosas, e de mantas de PVC na cobertura superior dos aterros, reduz a infiltração de água da chuva no maciço e aumenta a eficiência da captação de biogás (SOLVI, 2011).

#### 4.2.3 Sistema de drenagem e queima do gás

Este sistema tem como função queimar o gás gerado pela decomposição dos resíduos, evitando que se disperse de forma descontrolada na atmosfera e gere poluição. O aterro da Battre em Salvador foi o primeiro do mundo a vender créditos de carbono através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) definido pelo protocolo de Kyoto, inovando na captação e queima do biogás (SOLVI, 2011).

Para alguns tipos de sistemas pequenos de aterramento de resíduos sólidos, com pequena geração de gases há liberação dos mesmos tanto pelo sistema de cobertura como pelo sistema de drenagem de lixiviados, é o sistema de drenagem de gases que deve ser dimensionado. Mesmo para sistemas maiores, tipo aterros sanitários, os modelos para predição da geração de gases são poucos.

Os drenos do canal de saída do gás do interior do aterro podem ser construídos de concreto ou de PEAD, podendo receber uma conexão final de aço-inox quando a célula for fechada. O biogás pode ser recolhido através da ligação de todos os drenos verticais com um ramal central (CETESB, 2012).

De acordo com Lanza e Carvalho (2006):

A vazão e as características físicas, químicas e biológicas do percolato (chorume mais água de infiltração) e dos gases estão intrinsecamente relacionadas e dependem, basicamente, das condições climatológicas e hidrogeológicas da região, bem como das características dos resíduos sólidos urbanos recebidos e das condições de operação.

Neste sentido, o projeto do aterro deve contemplar a instalação de rede de drenagem para o percolato e para os gases gerados nas células.

#### 4.2.4 Drenagem interna do biogás no aterro sanitário

O chorume é coletado nas redes de drenagem de gases e de percolato e posteriormente armazenado em tanques existentes, como mostrado na Figura 4, também conhecidos como bacia de efluentes. Os gases são coletados e direcionados para os *flares* onde é realizado a queima.



**Figura 4 – Conexão da bacia de chorume**  
**Fonte: A autora (2012).**

O bom funcionamento do sistema de drenagem interna dos subprodutos dos resíduos sólidos urbanos (percolados e de gases) é fundamental para a estabilidade do Aterro Sanitário. A drenagem de percolados está inserida entre os resíduos e esta está interligada ao sistema de drenagem de gases.

O mau funcionamento desse sistema implicará em acúmulo de gases no interior do aterro, com riscos de incêndios e explosões e também de líquidos que podem trazer instabilidade ao corpo do aterro, com consequências ambientais muito negativas, tais como: riscos de rupturas de taludes, ruptura do sistema de impermeabilização com infiltração do chorume no subsolo ou surgência do mesmo nos taludes etc (MENDES FILHO, 2011).

Desse modo, o sistema de drenagem de gases e percolados assume um papel da maior importância na operação de um aterro sanitário moderno, pois dele dependerá a rápida evacuação dos gases ali formados, bem como dos líquidos provenientes da infiltração das águas das chuvas e da decomposição dos resíduos (MENDES FILHO, 2011).

Para evitar a sua dispersão pelo aterro sanitário e antes que contamine a atmosfera e cause danos à saúde, os gases são queimados imediatamente após o início de sua produção.

De acordo com Brito Filho (2005):

É recomendado que se queime o gás que é emitido para atmosfera. Também pode ser avaliada a possibilidade de recuperação energética, uma vez que o biogás apresenta concentrações iniciais de metano na ordem de

40% (alguns meses após o aterramento), estabilizando-se em valores em torno de 60% a 65% (cerca de um a dois anos após aterramento).

Desta forma, os valores precisam ser monitorados, como mostra a Figura 5. Esses valores podem variar dependendo da composição dos resíduos e seu tempo de degradação (BRITO FILHO, 2005).



**Figura 5 – Técnico de Biogás coletando dados com o dosador**  
Fonte: A autora (2012).

A forma mais simples de coletar gases do aterro é através da extração do biogás por meio de tubos verticais perfurados, colocados em pontos determinados no aterro e através da sucção com pressão negativa de (190 mbar). Esses drenos atravessam todo o aterro no sentido vertical, partindo do sistema de impermeabilização da base até acima da cota de piso da camada de cobertura, como mostra a Figura 6.



**Figura 6 – Dreno de Gás do Aterro**  
Fonte: CTR Nova Iguaçu (2003).

Podem ser colocados tubos de sucção horizontais quando o lixo ainda está sendo depositado no aterro e assim ele poderá ser extraído desde o início da sua produção. O sistema de coleta do biogás de aterro, observado na Figura 7, é composto por poços de coleta e tubos condutores, sistema de compressão e sistema de purificação do biogás.



**Figura 7 – Tubo vertical coletor e tubulação transportadora de gases**  
Fonte: Foto de Carol Garcia/AGECOM (2014).

As tubulações ilustradas na Figura 7 são provenientes dos drenos os quais estão interligados a pontos de regularização de fluxo ou manifolds e estes são interligados a uma linha principal, que conduz o biogás para os sistemas de queima em flare e/ ou reaproveitamento energético (ICLEI, 2009).

Na linha de entrada do sistema, a vazão de biogás é controlada diretamente por uma válvula borboleta (observada na Figura 8) e indiretamente por um inversor de frequência acoplado ao motor do soprador, o qual é acionado através de um transmissor de pressão, instalado na linha de sucção.



**Figura 8 – Registros e válvulas de gases**  
Fonte: Foto de Rafael Martins/AGECOM (2014).

Após a coleta e antes da sua utilização no processo de conversão de energia, o biogás é tratado em uma central de processamento (que pode ser observada na Figura 9) para a remoção de algum condensado que não foi coletado, assim como particulados e impurezas em geral. No caso da geração de energia podem ser utilizados filtros para a remoção de impurezas, visto que estas podem danificar os componentes do motor ou da turbina, reduzindo a eficiência do sistema (TOLMASQUIM, 2003).



**Figura 9 – Central de processamento dos gases (filtração, compressão, etc)**  
**Fonte: Foto de Rafael Martins/AGECOM (2014).**

O biogás, já isento de partículas sólidas e de gotículas líquidas, passa então pelo soprador e é encaminhado para a queima controlada no flare e/ou para outros sistemas de aproveitamento energético (ICLEI, 2009). O soprador tem a finalidade de succionar o biogás do interior do aterro.

No manual de aproveitamento de biogás, encontra-se orientações relativas ao uso de da queima do biogás, a recomendação aponta para a necessidade da instalação de um *flare* independentemente da utilização energética escolhida para o biogás, especialmente para projetos destinados à obtenção de créditos de carbono. A justificativa para tal orientação é que, em caso de falha no sistema de geração de energia ou outro tipo de aproveitamento, evita-se a emissão de metano para a atmosfera e a consequente perda de créditos de carbono (ICLEI, 2009).

Atualmente, o chorume gerado no Aterro Metropolitano Centro é transportado para a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da CETREL, durante o tempo necessário até que a carga poluidora desse efluente esteja tão atenuada que possa ser liberada para o meio ambiente sem qualquer tratamento.

## 5 TERMOVERDE

A Figura 10 mostra uma vista aérea da Termoverde Salvador, e de acordo com a Revista Solvi (2011):

A Termoverde Salvador foi inaugurada em março de 2011, sendo implantada no Aterro Sanitário Metropolitano de Salvador (ATSM/SV), o qual recebe todo o lixo recolhido nas cidades de Salvador, Lauro de Freitas e Simões Filho, sendo cerca de 3.000 toneladas/dia de resíduos sólidos. Ocupa uma área de sete hectares no ATSM/SV, e é responsável por coletar e processar os gases metano e dióxido de carbono, gerados pela decomposição do lixo e que são os principais responsáveis pelo Efeito-Estufa.



**Figura 10 – Vista do Aterro Sanitário Metropolitano de Salvador e da usina Termoverde**  
Fonte: Solvi (2011).

A Termoverde Salvador é a primeira usina termoelétrica a biogás do Nordeste, sendo a terceira deste tipo no Brasil. A Termoverde é composta de usina geradora de energia com 19 motogeradores de 1.038 KW cada, unidade de tratamento do biogás, subestação elevadora e linha de transmissão de 7,8 quilômetros que liga a usina à rede elétrica da Coelba, que faz a distribuição às empresas consumidoras (SOLVI, 2011).



**Figura 11 – Vista aérea da Usina Termoverde Salvador (BA)**  
**Fonte: Solvi (2012).**

Também segundo a revista Solvi (2011):

A potência instalada é de 19,73 MW e a produção é de 150 mil MWh ao ano suficiente para atender 300 mil residências. O empreendimento representou um investimento de R\$ 50 milhões do Grupo Solvi e integra o programa de infraestrutura do Estado da Bahia. Além de vender a energia elétrica no Mercado Livre de Energia, a empresa também vende os créditos de carbono, conforme o Protocolo de Kyoto.

Ainda de acordo com a revista Solvi (2011):

- 1) O biogás gerado pela disposição dos resíduos domésticos no aterro de Salvador (3.000 ton./dia, em média) é captado por uma rede de poços e tubulações mantida em pressão negativa com equipamentos especiais (sopradores).
- 2) Por meio de tubulações o biogás é enviado para uma estação de depuração, onde um sistema de troca de calor diminui a sua umidade e o coloca na pressão adequada para a geração de energia (150mbar a 200mbar).
- 3) Na usina de geração, 19 motores Ge Jenbacher importados da Áustria funcionam 24 horas por dia, transformando o biogás em energia elétrica.
- 4) Após a geração, a energia é enviada a uma subestação elevatória, onde a tensão gerada em 13.800 volts é elevada para 69 mil volts. Desta forma, a energia elétrica é injetada na rede elétrica da concessionária, e pode ser transmitida aos centros consumidores.
- 5) Pronta para percorrer longas distâncias, a energia é injetada na rede de distribuição, chegando aos centros consumidores. Toda a produção e comercialização da energia é regulada e controlada pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). No caso da Termoverde, os clientes são grandes consumidores das áreas de comércio e serviços.

Uma alternativa para driblar a falta de recursos para os projetos de geração de energia elétrica a partir do biogás está sendo a venda de créditos de carbono. No Aterro Metropolitano Centro, em 2005, foi implantado o sistema integrado de queima de biogás com geração de créditos de carbono. Além disso, uma termoelétrica está em processo de instalação, por conta e risco da concessionária, através da TERMOVERDE, Empresa do Grupo SOLVI, para o aproveitamento do biogás.

Com a inauguração da Termoverde em Salvador (BA), junto ao CTR (Centro de Tratamento de Resíduos) da Battre na cidade, a Solví tem a proposta de transformar o biogás em energia elétrica, um modelo que será replicado, ano a ano, para todos os CTRs.

De acordo com o Instituto EcoDesenvolvimento (2011):

Transformar em energia elétrica os gases gerados pelo lixo doméstico produzido na capital baiana, Lauro de Freitas e Simões Filho é o principal objetivo da Termoverde Salvador, primeira termelétrica a biogás de aterro sanitário do Nordeste, inaugurada na quarta-feira, 23 de março, no Aterro Metropolitano Centro de Salvador, no bairro de São Cristóvão.

Terceiro empreendimento deste tipo no Brasil, a termelétrica busca tornar 2,5 mil toneladas diárias de resíduos em energia renovável. Essa quantidade deverá abastecer grandes e médias empresas instaladas na Bahia, segundo informou a Assessoria Geral de Comunicação Social do governo do Estado (Agecom). Para o funcionamento da usina foram investidos R\$ 50 milhões.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A respeito do aproveitamento do Biogás, que é um tipo de energia limpa e renovável, este combustível apresenta muitas vantagens para o meio ambiente e saúde das pessoas, pois há baixa emissão de gases poluentes e nenhum tipo de geração de resíduos (fuligem, por exemplo). É considerado um biocombustível e uma fonte de energia renovável, embora mesmo que algumas das alternativas atualmente utilizadas ainda não estejam tecnicamente adequadas para implantação em grande escala, denota-se a necessidade de um esforço nacional no sentido de desenvolver novas tecnologias a custos acessíveis, potencializando a utilização do biogás e evitando o atual desperdício energético.

Os projetos precisam ser economicamente viáveis e a redução das emissões de gases de efeito estufa é urgente, neste sentido, é preciso desenvolver mecanismos de geração de créditos de carbono e, principalmente, de estímulo para o aproveitamento do potencial energético desperdiçado, para possibilitar a real sustentabilidade de projetos de extração e utilização de biogás.

No discorrer das ideias observadas no presente trabalho, ficou evidenciado que a influência das características operacionais de um aterro são extremamente críticas para que se esperem resultados próximos daqueles estimados em projeto, denotando que, a ausência de critérios adequados de dimensionamento possibilita erros ainda maiores, principalmente por parte do projetista.

Mesmo que se realizem estudos de campo mais conclusivos, que forneçam dados confiáveis, também são limitados quanto a operação do sistema, assim como resultados de laboratório ou instalações-piloto. A variação qualitativa do lixo, os regimes pluviais, e ainda a especificação não atendida dos materiais empregados na cobertura, aliados às falhas operacionais dificultam a obtenção de dados confiáveis para o desenvolvimento de um método mais refinado de previsão da qualidade do chorume, por exemplo.

## REFERÊNCIAS

ABREU, F. V.; COSTA FILHO, M. A. F.; SOUZA, M. C. L. Biogás de aterros sanitários para geração de energia renovável e limpa - um estudo de viabilidade técnica e econômica. *In: IX Congresso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica (CIBIM)*, 2009.

AMBIENTE BRASIL. **Aterros de Resíduos**. Disponível em: <[http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/coleta\\_e\\_disposicao\\_do\\_lixo/aterros\\_de\\_residuos.html](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/coleta_e_disposicao_do_lixo/aterros_de_residuos.html)>. Acesso em: 10 out. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos – procedimento**, NRB 8419, Brasil, 1992.

BRASIL. **Lei Nº 11.445**, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, 5 de janeiro de 2007.

\_\_\_\_\_. **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 de outras providências. Brasília, 2 de agosto de 2010.

BRITO FILHO, L. F. **Estudo de gases em aterros de resíduos sólidos urbanos**. Dissertação (mestrado) Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, 2005.

CECCHINI JÚNIOR, V. **Procedimentos mínimos para operação de aterros sanitários de médio porte**: estudo de caso do aterro sanitário de Jales. Dissertação. Ilha Solteira – SP. 2011.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Aterro Sanitário**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/mudancas-climaticas/biogas/Aterro%20Sanit%C3%A1rio/21-Aterro%20Sanit%C3%A1rio>>. Acesso em: 10 out. 2015.

ECODESENVOLVIMENTO. **Salvador inaugura primeira termelétrica movida a biogás do Nordeste**. Disponível em: <[http://www.ecodesenvolvimento.org/posts/2011/marco/salvador-inaugura-primeira-termeletrica-movida-a-popup\\_impresao](http://www.ecodesenvolvimento.org/posts/2011/marco/salvador-inaugura-primeira-termeletrica-movida-a-popup_impresao)>. Acesso em 10 out. 2015.

Educação ambiental. **Biogás: a energia que vem do lixo**. Disponível em: <http://ceambiental.blogspot.com.br/2011/11/biogas-energia-que-vem-do-lixo.html>  
Acesso em: 10 out. 2015.

ECOGEO. **Uso do biogás**: Transformação do biogás em bioenergia. Disponível em: [http://www.biolatina.net.br/uso\\_do\\_biogas.html](http://www.biolatina.net.br/uso_do_biogas.html). Acesso em: 10 out. 2015.

ECYCLE. **O que é o biogás? Entenda como é produzido e transformado em energia elétrica**. Disponível em: <http://www.ecycle.com.br/component/content/article/69-energia/2972-biogas-energia-eletricidade-combustivel-tratamento-esgoto-aterro-biodigestores-domestico-comunidade-indiano-chines-vantagens-desvantagens.html>. Acessado em: 10 out. 2015.

ENSINAS, A. V. **Estudo da geração de biogás no aterro sanitário delta em Campinas-SP**. 2003. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

FIÚZA, J. M. S. Monitoramento do chorume do aterro centro de Salvador. **XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2000.

FORTUNA NETO, J. S. **Aproveitamento energético de aterros sanitários**. Salvador, 2007. 31 páginas. Trabalho de Conclusão de curso de especialização.

GARIGLIO, L. P.; MELO, G. C. B. **Metodologia racional para monitoramento ambiental de aterros de resíduos sólidos urbanos**. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes22/cdxi.pdf>. Acesso em: 10 out. 2015.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA. **Manual de operações de Aterros Sanitários**. Disponível em: [http://www.conder.ba.gov.br/manual\\_aterro.pdf](http://www.conder.ba.gov.br/manual_aterro.pdf). Acesso em: 10 out. 2015.

HAMADA, J. Estimativas de geração e caracterização do chorume em aterros sanitários. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 1997.

ICLEI - Brasil - Governos Locais pela Sustentabilidade. **Manual para aproveitamento do biogás**: volume um, aterros sanitários. Secretariado para América Latina e Caribe, Escritório de projetos no Brasil, São Paulo, 2009.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: UNESP, 2002. 171 p.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados**. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

LANZA, V. C. V.; CARVALHO, A. L. **Orientações básicas para a operação de aterro sanitário**. Belo Horizonte, 2006.

MENDES FILHO, O. Análise da operação do Aterro Metropolitano Centro, no período de setembro/98 a outubro/99. *In: Em Pauta*, ano I, n.1. Salvador: CONDER/DIURB/Centro de Estudos e Referência em Resíduos Sólidos, 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, 29 de Outubro de 2012. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>>. Acesso em: 10 out. 2015.

\_\_\_\_\_. **Aproveitamento Energético do Biogás de Aterro Sanitário**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/aproveitamento-energetico-do-biogas-de-aterro-sanitario>>. Acesso em: 10 out. 2015.

PEREIRA, J. C. **Motores e Geradores - Princípio de funcionamento, instalação e manutenção de grupos diesel geradores**. Disponível em: <[http://www.joseclaudio.eng.br/grupos\\_geradores\\_1.html](http://www.joseclaudio.eng.br/grupos_geradores_1.html)>. Acesso em: 10 out. 2015.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. Belo Horizonte: UNICEF, 1996. 56 p.

REVITA. **Website da empresa**. Disponível em: <<http://www.revita.com.br/>>. Acesso em: 10 out. 2015.

RUSSO, M. A. T. **Avaliação dos processos de transformação de resíduos sólidos urbanos em aterro sanitário**. 2006. Tese de Doutorado em Engenharia Civil. 298 páginas. Universidade do Minho, Portugal.

SALVADOR, PREFEITURA MUNICIPAL. **Plano municipal de saneamento básico: 1ª etapa - diagnóstico da situação do saneamento básico em salvador.** Setembro de 2010. 140 p.

SIQUEIRA, L. N. **Dos princípios e instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos.** 2012. Disponível em: <<http://www.revistadir.mcampos.br/PRODUCAOCIENTIFICA/artigos/lisandronortonsiqueiradosprincipioseinstrumentospoliticanacionalresiduossolidos.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2015.

SOLVI. **Relatório anual 2012 (exercício 2011).** Disponível em: <<http://www.solvi.com/biblioteca/relatorio-anual/>>. Acesso em: 10 out. 2015.

SOLVI. **Revista Solví - Inovação Verde.** Ano V, n. 15; setembro/dezembro, 2011. Disponível em: <<http://www.solvi.com/biblioteca/revista-solvi/>>.

SOUZA, S. S.; TEIXEIRA, G. F. **Aterro sanitário: um problema de Cruz das Almas.** Revista NAU social, V3. N4, p29-37, Maio/Out 2012.

TEIXEIRA, G. P.; FRANÇA, R. A.; LACERDA, G. B. M. Metodologia de operação de aterro sanitário no município de Juiz De Fora – MG. **VIII Seminário Nacional De Resíduos Sólidos.** ABES/MA – Seção Maranhão da ABES. 2012.

TOLMASQUIM, M.T. **Fontes Renováveis de Energia no Brasil.** Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2003.

ZANTA, V. M.; JUCÁ, J. F. o T.; GOMES, H. P.; CASTRO, M. A. H. (Coords.). **Resíduos Sólidos: projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários: guia do profissional em treinamento: nível 2.** Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (Org.). Salvador: ReCESA, 2008. 113. (Realização do NURENE – Núcleo Regional Nordeste).