

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE GEOGRAFIA DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
PROGRAMA REGIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E
MEIO AMBIENTE

DANIELE SOUZA DOS SANTOS

**VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DO LIXO URBANO
DA CIDADE DE MACEIÓ COMO ALTERNATIVA
ENERGÉTICA**

Maceió
2009

DANIELE SOUZA DOS SANTOS

**VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DO LIXO URBANO
DA CIDADE DE MACEIÓ COMO ALTERNATIVA
ENERGÉTICA**

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Alagoas, para a obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de Concentração: Desenvolvimento Sustentável.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. **Karla Miranda Barcellos**

Maceió
2009

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale

S237v Santos, Daniele Souza dos.

Viabilidade do aproveitamento do lixo urbano da cidade de Maceió como alternativa energética / Daniele Souza dos Santos, 2009.

111 f. : il.

Orientadora: Karla Miranda Barcellos.

Dissertação (mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, 2009.

Bibliografia: f. 106-111.

1. Biogás. 2. Energia da biomassa. 3. Energia alternativa. 4. Lixo- Maceió (AL).
I. Título.

CDU: 665.7(813.5)


DANIELE SOUZA DOS SANTOS

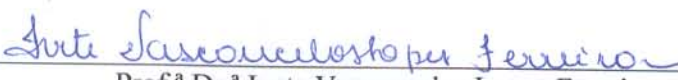
VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DO LIXO URBANO DA CIDADE DE
MACEIÓ COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Alagoas, para a obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de Concentração: Desenvolvimento Sustentável.

Aprovado em 03 de novembro de 2009.

BANCA EXAMINADORA


Prof.^a Dr.^a Karla Miranda Barcellos - Orientadora


Prof.^a Dr.^a Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira

Universidade Federal de Alagoas


Prof.^a Dr.^a Silvana Quintella Cavalcanti Calheiros

Universidade Federal de Alagoas

Dedico este trabalho primeiramente ao meu Deus amado que sempre me dá forças para prosseguir e para minha família, fundamental em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a meu Deus amado que está sempre ao meu lado em todos os momentos, dando-me forças para seguir sempre, à minha família por todo apoio, carinho, paciência e muita compreensão na elaboração deste trabalho e para minha amiga Ângela, um verdadeiro anjo que me ajudou a ingressar no PRODEMA, uma pessoa maravilhosa que me ajudou principalmente nos momentos de “desespero”. Quero agradecer também a Prof^ª. Dr^ª. Karla Miranda Barcellos, orientadora deste trabalho e amiga, que me ajudou bastante na elaboração dessa dissertação, principalmente nos momentos mais delicados, com sua calma, paciência e com seus conhecimentos, acreditando sempre na realização do mesmo. Aos professores do PRODEMA que me ajudaram com suas dicas e ensinamentos e a CAPES pelo apoio financeiro, pois sem o mesmo ficaria inviável a concretização deste trabalho. Agradecimentos também aos meus companheiros de sala que me deram grandes incentivos, cada um com sua sabedoria e especialidade em suas áreas de atuação, em especial ao Fábio Collin, companheiro que recentemente nos deixou e que agora descansa nos braços do Pai e a todos que, diretamente e indiretamente, ajudaram-me no decorrer dessa jornada e na concretização deste trabalho.

“Os que esperam no Senhor renovam suas forças; sobem com asas como águias, correm, mas não se cansam, caminham, mas não se fatigam”. (Isaías 40:31)

RESUMO

Devido à consolidação do modelo capitalista, dos avanços tecnológicos e conseqüentemente do excessivo consumo de produtos descartáveis, tornou-se grande o volume de resíduos sólidos gerados pela sociedade, criando assim sérios problemas ambientais e de saúde pública. Ao lado desse problema, a acentuada elevação no preço dos combustíveis fósseis e a possibilidade de seu esgotamento fazem com que seja grande a procura por fontes alternativas de energia, que sejam renováveis, abundantes e economicamente viáveis. Nesse contexto, o aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos como fonte alternativa de energia surge como uma das opções adequadas, pois o biogás gerado pela decomposição orgânica do lixo é composto principalmente pelo gás metano (CH_4), um dos principais gases formadores do efeito estufa e que possui um elevado potencial energético. Este trabalho enfocará o aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos como fonte alternativa de energia, principalmente na sua utilização como energia elétrica, identificando seus principais benefícios. Serão identificadas também as principais tecnologias disponíveis no mercado e utilizadas no Brasil para a conversão do lixo em energia elétrica, caracterizando seus benefícios e impactos que cada uma pode trazer ao meio ambiente. Além disso, serão vistas as propostas que incentivam o uso do biogás como energia renovável.

Palavras – chave: Biogás; Energia da Biomassa; Lixo.

ABSTRACT

Due to the consolidation of the capitalist model, technological progress and consequently the excessive consumption of disposable products, has become the great volume of solid waste generated by society, thus creating serious environmental and public health. Beside this problem, the sharp rise in the price of fossil fuels and the possibility of depletion makes it a great demand for alternative energy sources that are renewable, abundant and economically viable. In this context, the use of municipal solid waste as an alternative source of energy emerges as one of the options appropriate for the biogas generated by the decomposition of organic waste is mainly composed by methane (CH₄), one of the main greenhouse effect gases trainers and has a high potential energy. This work will focus the exploitation of the urban solid residues as alternative source of energy, mainly in its use as electric energy, identifying your benefits. The main available in the market and used technologies in Brazil for the conversion of the garbage in electric energy will also be identified, characterizing its benefits and impacts that each one can bring to the environment. Moreover, the proposals will be seen that stimulate the use of biogas as renewable energy.

Key – words: Biogás; Biomass Energy; Garbage

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Emissões Mundiais de Gases de Origem Antropogênica, no período de 1970 a 2004 em Gigaton. de CO ₂ por ano.....	20
Figura 2 – Aumento da Temperatura na Terra devido o Efeito Estufa.....	21
Figura 3 - Elevação do nível de CO ₂ no período de 130 anos.....	23
Figura 4 – Aumento na Temperatura da Terra, projetado para finais do Século XXI.....	23
Figura 5 – Oferta Interna de Energia no Brasil em 2007.....	29
Figura 6- Oferta Interna de Energia no Mundo em 2007.....	29
Figura 7 - Disposição do Lixo no Rio.....	41
Figura 8 – Tempo de Decomposição do Lixo.....	46
Figura 9 - Rotas dos Resíduos Sólidos.....	48
Figura 10 - Destinação Final do Lixo no Brasil.....	48
Figura 11 – Vazadouro a Céu Aberto em Maceió/AL.....	50
Figura 12 – Recipientes Coletores de Resíduos com suas Respectivas Cores.....	55
Figura 13 – Exemplo de Biodigestor no Meio Rural.....	62
Figura 14 – Caminhão Coletor Descarregando Lixo dentro de um Aterro Sanitário.....	73
Figura 15 – Estrutura de um Aterro Sanitário.....	74
Figura 16 – Queima do Biogás Através do <i>Flare</i>	75
Figura 17 – Incinerador Energético na Usina Verde.....	81
Figura 18 - Mapa de Alagoas, com Destaque para a Cidade de Maceió.....	90
Figura 19- Cidade de Maceió e suas respectivas regiões administrativas.....	91
Figura 20 – Aumento da altura do lixo nos anos de 1993 e 2003 respectivamente.....	94
Figura 21 – Vista Aérea do Lixão a Céu aberto em Maceió.....	94
Figura 22 – Perfuração dos poços pilotos no vazadouro a céu aberto de Cruz das Almas	97
Figura 23- Composição dos Resíduos Sólidos em Maceió.....	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição Gravimétrica do Lixo de alguns Países (%).....	33
Tabela 2 - Influência das Características do Lixo na limpeza urbana.....	45
Tabela 3 - Destinação dos Resíduos Sólidos em alguns Países (% em Peso).....	47
Tabela 4 – Perda de Receita proveniente da não Reciclagem de materiais em 1996.....	56
Tabela 5 - Responsabilidade pelo Gerenciamento do Lixo.....	57
Tabela 6 – Composição do Biogás (%).....	60
Tabela 7 – Quantidade de Biogás necessário para suprimento energético.....	65
Tabela 8 – Países que utilizam Aterro Sanitário Energético.....	67
Tabela 9 – Grau de Umidade de Alguns Componentes.....	70
Tabela 10 – Percentual do Combustível dos Resíduos Sólidos (%).....	71
Tabela 11 – Energia liberada em materiais orgânicos e inorgânicos encontrados no Lixo Municipal.....	71
Tabela 12 - Quantidade de Incineradores nos Países Desenvolvidos.....	78
Tabela 13 – Comparação entre as Tecnologias de GDL e Incineração.....	82
Tabela 14 – Emissões de gases evitadas.....	83
Tabela 15 – Receita Obtida considerando o Mercado Internacional.....	84
Tabela 16 - Projetos de Redução e Remoção de Gases Poluentes na Atmosfera.....	87
Tabela17 – Bairros de Maceió por habitantes (2000).....	92
Tabela 18 – Potencial energético do lixo total de Maceió.....	98
Tabela 19 – Potencial energético do lixo de Maceió, considerando apenas a utilização da matéria orgânica	99
Tabela 20 – Energia elétrica gerada pela incineração a partir da matéria orgânica.....	99
Tabela 21- Potencial energético do lixo de Maceió a partir da incineração, considerando apenas a matéria orgânica do lixo.....	100

Tabela 22 – Comparação dos cálculos entre Calderoni e Usina Verde para Maceió com os resíduos de origem orgânica.....	100
Tabela 23 - Quadro estimativo da quantidade de resíduos (toneladas) gerados no município de Maceió, considerando o crescimento populacional segundo IBGE e sem reciclagem.....	101
Tabela 24 - Quadro estimativo da quantidade de resíduos (toneladas) gerados no município de Maceió, considerando o crescimento populacional segundo IBGE e com reciclagem.....	102
Tabela 25 – Potencial energético do lixo de Maceió, com reciclagem, no período de 20 anos.....	103

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEM	Biomassa – Energia – Materiais
BEN	Balanco Energético Nacional
BM & F	Bolsa de Mercadorias e Futuros
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento
CCX	Chicago Climate Exchange / Bolsa Climática de Chicago
CF	Constituição Federal
CH₄	Gás Metano
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CINAL	Companhia Alagoas Industrial
CO₂	Dióxido de Carbono
COBEL	Companhia de Beneficiamento de Lixo Urbano
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COP	Conferência das Partes
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
GDL	Gás do Lixo
GEE	Gases de Efeito Estufa
GESRAD	Grupo de Estudos de Resíduos Sólidos e Recuperação de Áreas Degradadas
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo

IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change / Painel Intergovernmental de Mudanças Climáticas
IPT	Instituto de Pesquisa Tecnológica
MAE	Mercado Atacadista de Energia
MBRE	Mercado Brasileiro de Reduções de Emissões
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MDL	Clean Development Mechanism / Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
NBR	Norma Brasileira Registrada
ONU	Organização das Nações Unidas
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
PEV	Postos de Entrega Voluntária
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PRODEMA	Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente
PROINFA	Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia
RCE	Reduções Certificadas de Emissão
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SLUM	Superintendência de Limpeza Urbana de Maceió
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
WMO	Organização Meteorológica Mundial

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
2 LIXO E ENERGIA.....	19
2.1 QUESTÕES AMBIENTAIS E MATRIZ ENERGÉTICA.....	19
2.2 APRESENTAÇÃO CRONOLÓGICA DOS DEBATES RELATIVOS A QUESTÃO AMBIENTAL.....	25
2.3 MATRIZ ENERGÉTICA ATUAL E AS FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA.....	28
2.4 A GERAÇÃO DE RESÍDUOS PROVENIENTES DOS AVANÇOS TECNOLÓGICOS.....	32
3 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: DA DEFINIÇÃO A LEGISLAÇÃO.....	36
3.1 DIFERENCIAÇÃO ENTRE LIXO E RESÍDUO E SUAS DEFINIÇÕES.....	36
3.2 RESÍDUOS NA ANTIGUIDADE E CRESCIMENTO POPULACIONAL.....	37
3.3 PROBLEMAS COM A MÁ DISPOSIÇÃO DO LIXO.....	39
3.4 RESÍDUOS SÓLIDOS: CLASSIFICAÇÃO, ORIGEM E CARACTERÍSTICAS..	42
3.5 DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS E TRATAMENTOS.....	46
3.5.1 Vazadouro a céu aberto (lixão).....	49
3.5.2 Aterro controlado.....	50
3.5.3 Aterro sanitário.....	51
3.5.4 Biorremediação.....	51
3.5.5 Incineração.....	52
3.5.6 Compostagem.....	52
3.5.7 Reciclagem.....	53
3.6 LEGISLAÇÃO E RESÍDUOS SÓLIDOS.....	57
4 BIOGÁS DO LIXO URBANO.....	60

4.1 ORIGEM E UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS COMO ENERGIA ELÉTRICA.....	60
4.1.1 Benefícios sociais.....	63
4.1.2 Benefícios ambientais.....	63
4.1.3 Benefícios econômicos.....	64
4.2 ALGUNS PAÍSES E CIDADES BRASILEIRAS QUE UTILIZAM O BIOGÁS PROVENIENTE DO LIXO URBANO COMO ENERGIA ELÉTRICA.....	65
4.3 PRINCIPAIS TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS NO MERCADO PARA A CONVERSÃO DO BIOGÁS DO LIXO URBANO EM ENERGIA ELÉTRICA.....	70
4.3.1 Aterro Sanitário.....	72
4.3.2 Incineração.....	77
4.4 COMPARAÇÃO ENTRE AS TECNOLOGIAS: ATERRO SANITÁRIO E INCINERAÇÃO.....	81
4.5 PERSPECTIVAS DE INCENTIVOS AO USO DO BIOGÁS PROVENIENTE DO LIXO URBANO.....	84
4.5.1 Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia (PROINFA).....	84
4.5.2 Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).....	85
4.5.3 Protocolo de Kyoto.....	85
4.5.4 Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e Mercado de Créditos de Carbono.....	86
4.5.5 Mercado Brasileiro de Reduções de Emissões.....	88
4.5.6 Chicago Climate Exchange – CCX.....	88
5 MACEIÓ, DISPOSIÇÃO DO LIXO URBANO E BIOGÁS.....	89
5.1 HISTÓRICO DO MANEJO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS EM MACEIÓ E DADOS SOBRE A LIMPEZA URBANA NO MUNICÍPIO.....	93
5.2 MACEIÓ, BIOGÁS E PRODUÇÃO DE ENERGIA.....	96
6 CONCLUSÃO.....	104
7 REFERÊNCIAS.....	106

1 - INTRODUÇÃO

Ao longo da história diversos países tem se defrontado com a problemática do lixo e cada um tenta solucionar o problema de acordo com seu desenvolvimento tecnológico, seus recursos econômicos e sua vontade política de resolver a questão.

Nos anos 70 o consumo de energia era tratado como um problema de fornecimento de insumos para a produção. Com a crise do petróleo, ocorrida em 1973, outras formas de energias alternativas foram procuradas para suprir a dependência do petróleo, como exemplo o álcool. Atualmente, a procura por energias alternativas tornou-se uma questão ligada à preservação ambiental. O consumo de energia, que é a base das atividades produtivas, ocasiona inevitavelmente impactos sobre o meio ambiente. Se por um lado o fator energético é essencial em qualquer processo de desenvolvimento, por outro, sua produção em larga escala é um dos maiores causadores de agressão ao meio ambiente, devido à liberação do CO₂ proveniente da queima de combustíveis fósseis (COHEN, 2003).

Em 1988 foi estabelecido pela Organização Meteorológica Mundial e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC). Esse painel tem como objetivo produzir relatórios com informações científicas baseadas nas pesquisas de cientistas de todo o mundo, recomendando aos tomadores de decisões os aspectos relativos às questões das mudanças climáticas. Foram realizados 4 relatórios nesse período e o 4º Relatório confirmou que realmente as ações humanas são as responsáveis por essas mudanças climáticas e que o aquecimento atual não é parte do ciclo natural do planeta, mas consequência de um estilo de vida iniciado na Revolução Industrial. O lançamento de dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄) na atmosfera aumentou nos últimos 50 anos intensificando o efeito estufa, além da utilização dos combustíveis fósseis (em especial carvão e petróleo) e desmatamento em larga escala.

Novas fontes alternativas de energia vem sendo utilizadas com o intuito de reduzir a dependência do petróleo e do carvão mineral e de minimizar os impactos que estas fontes trazem ao meio ambiente. Uma alternativa de energia que vem provocando bastante interesse é a utilização do biogás proveniente do lixo urbano para gerar energia elétrica e que já é utilizada em alguns países, inclusive no Brasil.

A disposição final do lixo urbano, agravando-se com o aumento do consumo de bens descartáveis e que compõem cada vez mais o volume de lixo gerado pela população e a procura por fontes alternativas de energia, que sejam menos poluentes e agressivas tanto para o homem quanto para o meio ambiente, são uma das questões mais importantes atualmente. Assim, o uso do lixo urbano para gerar energia elétrica é uma das boas opções de alternativa energética para o Brasil, pois a maioria da população reside em metrópoles e gera-se uma apreciável quantidade de lixo. Tolmasquim (2003) afirma que além da redução de problemas com a disposição destes resíduos em aterros e lixões a céu aberto e todos os impactos ambientais correlatos, a sua utilização reduziria a necessidade do uso de combustíveis fósseis e aumentaria a oferta de energia no Brasil.

O biogás é uma mistura gasosa formada principalmente de gás metano, CH_4 , altamente combustível e facilmente obtido pela decomposição da matéria orgânica, encontrada em lixo urbano, esterco de animais e resíduos industriais (TOLMASQUIM, 2003).

O biogás do lixo urbano vem sendo utilizado em vários países, dentre os quais destacam-se a Alemanha, EUA, Índia e China. No Brasil temos como exemplos a Usina Bandeirantes e a Usina São João, ambas no estado de São Paulo, o Aterro de Nova Iguaçu no Rio de Janeiro que opera com um aterro energético e a Usina Verde que opera com incineradores energéticos.

O objetivo deste trabalho é identificar os principais benefícios que o uso do lixo urbano como fonte alternativa de energia para a produção de energia elétrica pode acarretar à comunidade que produz lixo em excesso, além de identificar as tecnologias disponíveis no mercado para sua conversão em eletricidade e quantificar, a partir dos dados da literatura, a produção de energia elétrica através do lixo urbano produzido na cidade de Maceió.

A metodologia utilizada foi a coleta de dados realizados em etapas distintas, buscando de forma quantitativa e qualitativa a avaliação dos dados necessários para a efetivação da dissertação. Foram utilizadas revisões bibliográficas atuais sobre as categorias fundamentais do trabalho tais, como meio ambiente, consumo, desenvolvimento sustentável, reciclagem, fontes alternativas de energia e biogás, além de artigos.

Além disso, foi adotado a Análise Comparativa, para comparar as informações obtidas em determinados locais que utilizam a energia através do lixo como uma fonte alternativa de

energia com os dados já existentes dos resíduos na cidade de Maceió. Com essa comparação será avaliado se os resíduos da capital possuem potencial para gerar energia elétrica a partir do lixo.

A dissertação está estruturada da seguinte forma:

No **capítulo 02** serão abordados os seguintes tópicos: questões ambientais e matriz energética; apresentação cronológica dos debates relativos à questão ambiental; matriz energética atual e as fontes alternativas de energia, além da geração de resíduos provenientes dos avanços tecnológicos e como estas relações afetam não somente a humanidade, mas como estão ligadas também ao aquecimento global.

No **capítulo 03** serão abordados os resíduos sólidos urbanos: diferenciação entre lixo e resíduos e suas definições; resíduos na antiguidade e crescimento populacional; problemas com a má disposição do lixo; classificação, origem, e características dos resíduos; destinação final e tratamentos, além da legislação referente aos resíduos.

No **capítulo 04** serão abordados os seguintes subtópicos: origem e utilização do biogás como energia elétrica; alguns países e cidades brasileiras que utilizam o biogás como energia elétrica; principais tecnologias disponíveis no mercado para a conversão do biogás em energia elétrica; comparação entre as tecnologias: Aterro Sanitário e Incineração; Perspectivas de incentivos ao uso do biogás.

O **capítulo 05** terá como estudo de caso a cidade de Maceió, quantidade de habitantes, origem dos resíduos, forma de disposição atual, quantidade de resíduos e a partir da comparação com o material existente, qual tecnologia seria a mais adequada para a conversão do lixo em energia para o município.

2 - LIXO E ENERGIA

2.1 QUESTÕES AMBIENTAIS E MATRIZ ENERGÉTICA.

Antes mesmo do homem saber o significado da palavra energia, ele a utilizava em diversas formas de sua vida, desde caça, pesca, utilização de materiais e variadas atividades. Porém, essa energia utilizada era apenas para seu próprio sustento e do grupo, retirando apenas o necessário para si e havendo dessa forma uma harmonia entre ele e a natureza, sendo esta a sua aliada nas mais diversas funções. Com o passar dos anos, a energia obtida através da natureza foi crescendo cada vez mais para satisfazer as vontades daquele grupo de habitantes e assim, diversas técnicas foram aprendidas para garantir a sobrevivência dos mesmos, como por exemplo, a agricultura. Atualmente a energia é um fator muito importante nas atividades humanas, pois ela dinamiza o desenvolvimento econômico, seja na forma de serviços essenciais, na fabricação de produtos e na geração de empregos, levando assim ao crescimento de uma região. Para Kiperstok (2002), o maior consumo de energia indica a existência de mais indústrias, saúde, habitação, empregos, educação e uma melhor condição social de uma população, refletida pela longevidade dos mesmos.

Com a consolidação do sistema econômico capitalista, a economia baseou-se no maior consumo de combustíveis fósseis para a movimentação das indústrias e para a produção de mercadorias. O resultado desse processo foi, além da extração de vários recursos naturais, em especial os não – renováveis, a grande quantidade de rejeitos gerados. Borba (2002) considera que o uso do combustível fóssil é muito conveniente porque é uma forma de energia concentradíssima, sendo a energia concentrada por milhões de anos e tendo diversas formas de utilização e facilidade de transporte.

Porém, a velocidade com que está ocorrendo essa extração e sua utilização está ocasionando, aos poucos, a destruição de toda uma espécie viva, incluindo o homem. De acordo com um levantamento da ONU (VEJA, 2006), em 2005 ocorreram 360 desastres naturais, dos quais 259 estavam diretamente relacionados ao aquecimento global, que ocorre devido a grande concentração de dióxido de carbono, gás metano e óxido nitroso na atmosfera, provenientes dos combustíveis fósseis usados nos carros, indústrias e termelétricas, além das queimadas nas florestas. Processos naturais como a decomposição da matéria orgânica proveniente dos lixões a céu aberto e erupções vulcânicas produzem 10 vezes mais gases nocivos para a atmosfera do que aqueles de origem antropogênica.

As espécies animais também estão ameaçadas e as estimativas são espantosas: entre 1500 e 1850, foi eliminada uma espécie a cada 10 anos. Entre 1850 e 1950, uma espécie por dia (BOFF, 1993) e a previsão para o futuro não é nada otimista... O 4º Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), o AR4, confirmou o que os especialistas já haviam previsto sobre as causas das mudanças climáticas: em sua maior parte ela possui origem antropogênica, ou seja, o próprio homem está mudando o clima da natureza e para muito pior. Segundo o IPCC, o aumento da temperatura ocasionado apenas por processos climáticos naturais é menor que 5%.

A Figura 1 mostra as emissões mundiais de gases de origem antropogênica, no período de 1970 a 2004, representando diferentes setores da economia e suas emissões de CO₂, CH₄ e N₂O.

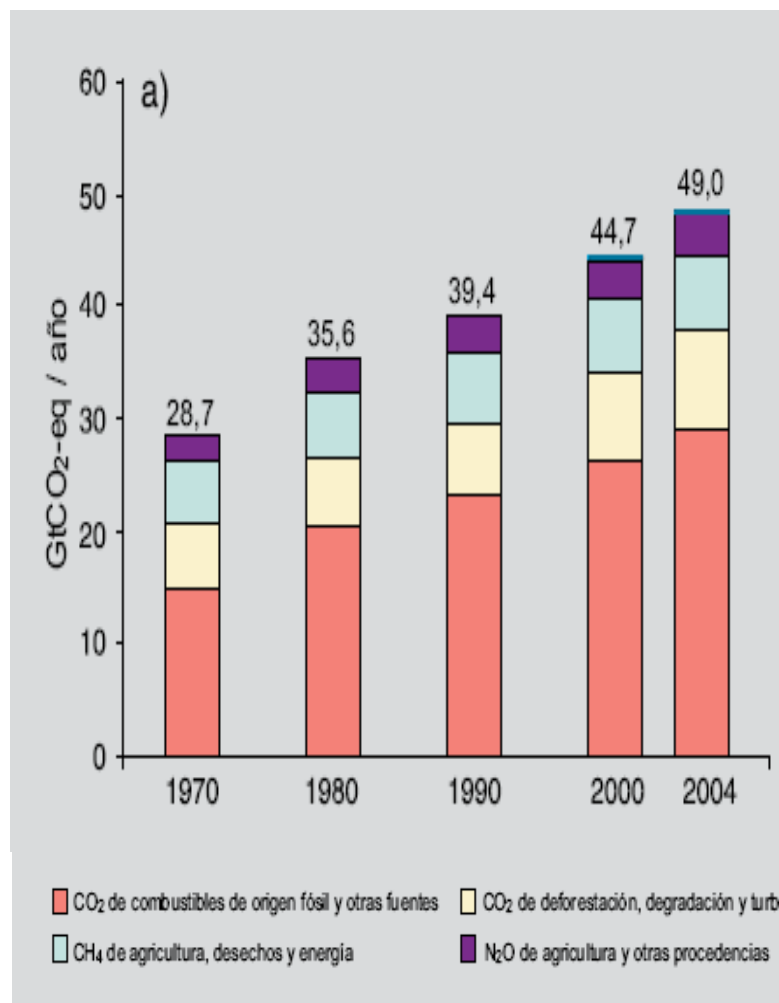


Figura 1 – Emissões Mundiais de Gases de origem Antropogênica, no período de 1970 a 2004 em Gigaton. de CO₂ por ano. (IPCC, 2007).

A elevação da temperatura da terra é ocasionada pelo aumento de gases na atmosfera, tais como CH_4 , NO_x e CO_2 , responsáveis pelo efeito estufa, de grande importância para a vida terrestre, mas o seu aumento na superfície terrestre contribui de maneira significativa para o aquecimento global. O efeito estufa é um fenômeno natural da terra, onde a camada de gás carbônico funciona como uma manta terrestre, retendo a energia solar e impedindo que a mesma escape para o espaço. Se não houvesse esse fenômeno a terra seria fria, abaixo de 0°C . Para essa manta não aumentar de espessura e a terra não aquecer demais, as plantas desempenham um papel fundamental, pois elas absorvem o gás carbônico e liberam o oxigênio, havendo assim um ciclo natural. Entretanto, como as florestas estão sendo aos poucos devastadas para dar lugar às estradas, às habitações e para a utilização da madeira, há o prejuízo no ciclo natural da terra, pois com o excesso de gás carbônico na superfície terrestre a temperatura aumenta, contribuindo dessa forma para o aquecimento global. Deve-se considerar também o processo de período industrial, que durou longos anos e que contribuiu para aumentar a espessura da manta terrestre. Esse fato pode ser melhor entendido na Figura 2.

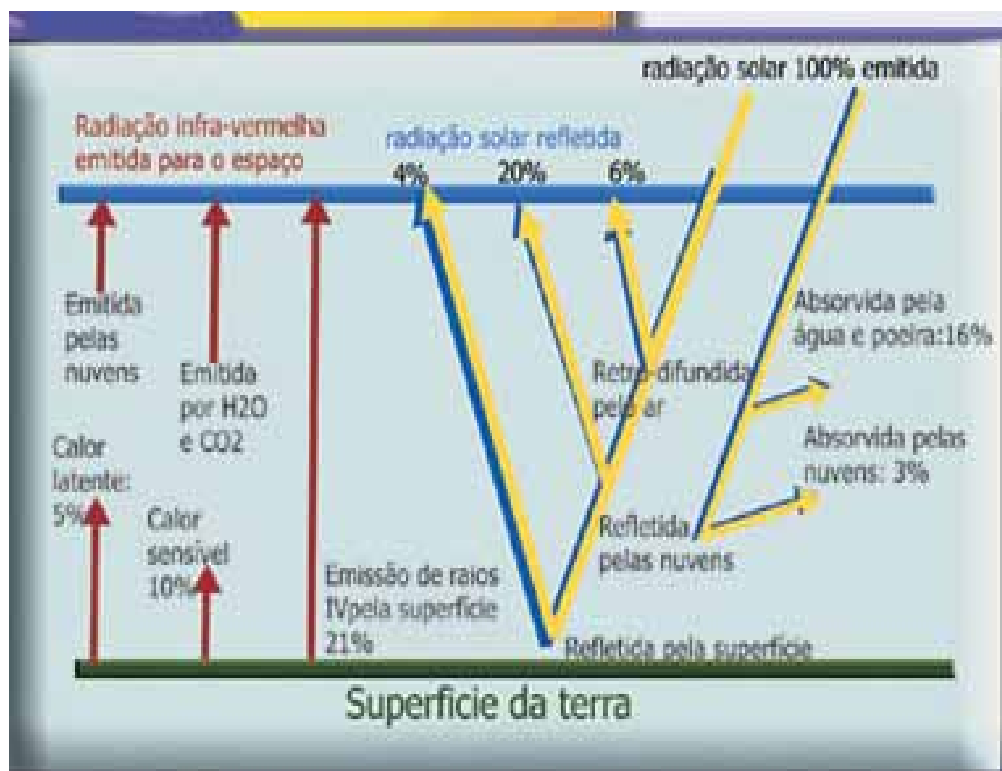


Figura 2 – Aumento da Temperatura na Terra devido o Efeito Estufa (disponível em <www.carbonobrasil.com>, acesso em 28/06/2007).

De acordo com o 4º Relatório IPCC de Mudanças Climáticas, o AR4, as conseqüências do aquecimento global são inúmeras dentre os quais destacam-se:

- ✓ Aumento na média global das temperaturas do ar e dos oceanos;
- ✓ Derretimento das calotas polares, comprometendo as espécies nativas;
- ✓ Furacões mais fortes e intensos;
- ✓ Aumento na média global do nível do mar, ameaçando cidades litorâneas;
- ✓ Desertificação gradativa e conseqüente erosão do solo;
- ✓ Baixa no nível dos rios;
- ✓ Mortalidade e extinção de várias espécies animais e vegetais;
- ✓ Mortalidade humana ocasionada por secas, inundações, doenças e outros fatores diretamente relacionados ao aquecimento global.

A Figura 3 mostra a concentração do nível do CO₂ na atmosfera, um dos principais gases que provocam o aquecimento global. A elevação do nível de CO₂ foi medida a cada 10 anos e de 1870 a 1930 as emissões cresciam de forma regular. A partir de 1940 as emissões aumentaram muito, de forma a atingir números exorbitantes. De acordo com especialistas do IPCC, o aquecimento global é irreversível, porém há formas de reduzir seus efeitos, sendo necessário o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes que sejam menos agressivas ao meio ambiente, utilização mais eficiente da energia, redução no uso dos combustíveis fósseis e diminuição dos gases que provocam o efeito estufa, tais como CH₄ e CO₂.

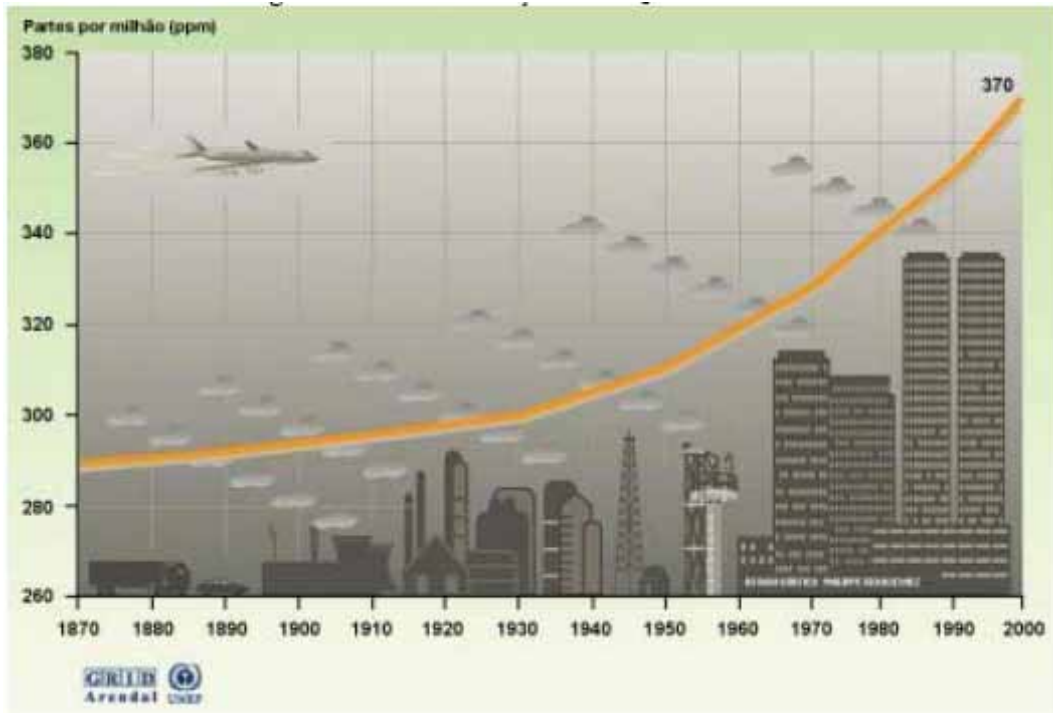


Figura 3 - Elevação do nível de CO₂ no período de 130 anos. (REIS, 2002).

A Figura 4 mostra a mudança da temperatura superficial da Terra projetada para finais do século XXI (2090 – 2099). Todas as temperaturas têm como referência o período de 1980 a 1999. De acordo com a figura, daqui a 100 anos a terra estará muito aquecida, principalmente nas latitudes setentrionais altas.

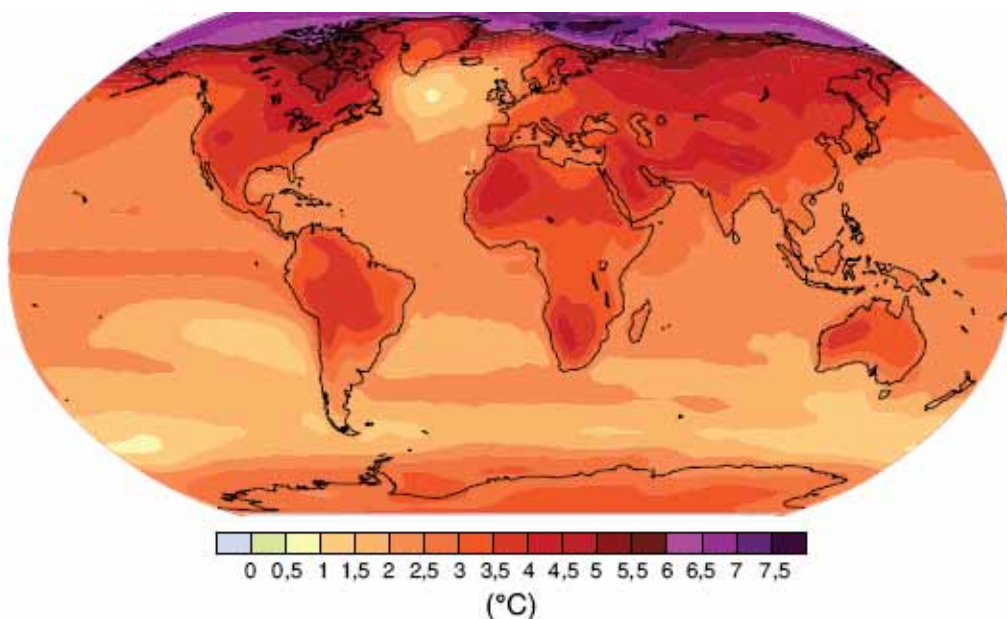


Figura 4 – Aumento na Temperatura da Terra, projetado para finais do Século XXI (IPCC, 2007).

Para Mattos e Mattos (2004), para uma sociedade ser considerada sustentável é necessária a integração entre o desenvolvimento da sociedade capitalista e a conservação ambiental, tendo como foco tanto a preservação das espécies quanto a mobilização da sociedade para gerar as mudanças. Com esse argumento surgiu o conceito de desenvolvimento sustentável.

O conceito de Desenvolvimento Sustentável surgiu com o nome de Eco desenvolvimento no início da década de 70, através de uma controvérsia sobre as relações entre crescimento econômico e meio ambiente, onde uma publicação feita pelo Relatório de Roma pregava o crescimento zero como forma de evitar uma catástrofe ambiental. Esse conceito concilia o progresso com os limites ambientais, não os eliminando, e destaca que o crescimento econômico é condição necessária, mas não o suficiente para a eliminação da pobreza e das disparidades sociais (ROMEIRO, 2003).

Esse conceito de Desenvolvimento Sustentável divulgado em 1986 pela Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU, considera, além do crescimento econômico, o meio ambiente, a comunidade, a cultura e as tradições locais, harmonizando o desenvolvimento com os interesses coletivos e proporcionando às gerações futuras o mesmo usufruto para atender suas necessidades essenciais. Para a Comissão, Desenvolvimento Sustentável é aquele que atende as necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades. Quanto às dimensões têm-se:

- ✓ **Econômica:** Relativo à capacidade de sustentação econômica dos empreendimentos;
- ✓ **Social:** Diz respeito à capacidade de incorporar as populações marginalizadas;
- ✓ **Ambiental:** Relativo à necessidade de conservação dos recursos naturais;
- ✓ **Política:** Relacionada com a estabilidade dos processos decisórios e das políticas de desenvolvimento;
- ✓ **Cultural:** Capacidade de preservação de valores que asseguram identidade cultural de um povo e permitam a introdução de novos valores.

Porém alguns autores consideram o conceito de Desenvolvimento Sustentável negativo; para Fernandes e Guerra (2003) o discurso do desenvolvimento sustentável focaliza mais os efeitos da destruição ambiental sobre o crescimento econômico do que as conseqüências negativas do próprio crescimento. Para eles esse conceito não questiona as noções de progresso e de

racionalidade econômica existentes, mas continua a privilegiar o consumismo industrial, simplificando o atual modelo de crescimento econômico e não conduzindo a um contrato social com base nas relações entre sociedade e natureza, adicionando conceitos como os de prevenção da poluição, reciclabilidade, gerência de produtos e gerenciamento ambiental.

Eles complementam afirmando que as regiões mais pobres do mundo destroem ou exportam seus recursos naturais para satisfazer as necessidades das nações mais ricas ou para pagar dívidas impostas pelo Banco Mundial. Dessa forma, as nações ricas usufruem dos seus padrões à custa dos países pobres.

Furtado (1998) acredita que a minoria concentradora de renda consome muitos recursos naturais não-renováveis, desperdiçando sem se preocupar com as gerações futuras, enquanto a maioria da humanidade passa fome. Para o autor, a qualidade de vida nem sempre melhora com o avanço da riqueza material, estando a população aprisionada a estreitos padrões culturais, tendo aumento do desperdício em certas faixas de consumo. O estilo de desenvolvimento faz referência ao modo de vida, padrão de consumo e escolha tecnológica. Quanto maior o crescimento econômico, maior o consumo e maior a quantidade de poluição e insumos.

Ainda segundo Furtado (1973), a civilização consumista, por se servir continuamente de serviços e recursos da natureza, depreda e empobrece a biosfera. Assim, é um mito crer que o desenvolvimento econômico que vinha sendo praticado pelos países que lideraram a Revolução Industrial possa ser universalizado como também é um mito acreditar que todos os países pobres e em desenvolvimento terão os mesmos padrões de consumo e desenvolvimento dos países ricos.

2.2 APRESENTAÇÃO CRONOLÓGICA DOS DEBATES RELATIVOS À QUESTÃO AMBIENTAL

O meio ambiente tem sido alvo de diversos debates ao longo dos anos, em vários países e em diversos encontros internacionais. A evolução dos principais debates quanto à questão ambiental é mostrada a seguir (MANO, 2005 e AMBIENTE BRASIL, 2007):

1869: Proposta da palavra Ecologia pelo biólogo e zoólogo Ernest Haeckel, conscientizando a sociedade sobre a preservação do ambiente natural;

1962: Publicação do livro *Primavera Silenciosa*, de Rachel Carlson, alertando sobre os riscos dos pesticidas sobre o meio ambiente;

1968: Fundação do Clube de Roma para atuar a favor das mudanças globais, livre de quaisquer interesses políticos, econômicos ou ideológicos;

1973: Primeira crise energética com o aumento do preço do barril de petróleo árabe, marcando a necessidade por novas fontes energéticas renováveis;

1981: Publicação da Lei nº. 6938 de 31 de agosto no Brasil sobre o estabelecimento da Política Nacional do Meio Ambiente;

1983: Criação da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como Comissão Brundtland, pela ONU, reexaminando e reformulando as questões críticas relativas ao meio ambiente e proposta de novas formas de cooperação internacional;

1986: Elaboração da Primeira Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Brasília, sobre o estabelecimento de padrões para os estudos de impacto ambiental;

1987: Divulgação do relatório final da Comissão Brundtland: *Nosso Futuro Comum*, nos Estados Unidos, com a proposta de desenvolvimento econômico integrado à questão ambiental;

1988: Organização Meteorológica Mundial (WMO) e Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) criaram o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) para melhorar o entendimento científico sobre o tema através da cooperação dos países membros da ONU;

1989: Criação do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA), resultado da fusão do SEMA, SUDEPE e IBDF;

1992: Realização da Conferência sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92 ou cúpula da Terra). O Rio 92 resultou na criação da Agenda 21 e do Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis. Reuniu mais de 120 chefes de Estado e representantes de mais de 170 países;

1997: Realização da 3ª Conferência das Partes da convenção sobre mudanças climáticas realizada em Kyoto, Japão, com o objetivo de estabelecer metas de redução de gases de efeito estufa para os principais países emissores, chamados Países do Anexo. O Protocolo também trouxe a opção dos Países do Anexo I¹ compensarem suas emissões através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), considerando como medida de redução projetos sócio-ambientais sustentáveis implementados nos países em desenvolvimento;

2001: As discussões foram retomadas na Conferência das Partes, COP - 6, em 27 de junho, em Bonn (Alemanha), sem contar com os Estados Unidos, que se retirou sob a alegação de que os custos para a redução de emissões seriam muito elevados para a economia norte-americana. Os Estados Unidos contestaram também a ausência de metas de redução para os países do Sul, em especial a China, Índia e o Brasil. Vale lembrar que os Estados Unidos são responsáveis por cerca de 25% das emissões globais de gases de efeito estufa conforme os registros de 1990 utilizados como parâmetro. No mesmo ano, entre 29 de outubro e 10 de novembro, em Marrakesh (Marrocos), aconteceu a COP - 7.

2002: A Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+10) aconteceu entre os dias 26 de agosto e 4 de setembro, em Johannesburg, África do Sul. As negociações internacionais não tiveram grandes avanços, mas iniciou a discussão sobre o estabelecimento de metas do uso de fontes renováveis na matriz energética dos países. Entre os dias 23 de outubro e 1º de novembro aconteceu a COP - 8, em Nova Deli, na Índia.

2003: A Conferência Mundial sobre Mudanças Climáticas realizada em Moscou entre 29 de setembro e 3 de outubro teve como objetivo a ratificação do Protocolo de Kyoto pela Rússia. Diante da insegurança econômica dos russos, o Presidente Vladimir Putin não ratificou o Protocolo e adiou sua decisão para o segundo semestre de 2004. O governo russo também

¹ O Anexo I é formado por países industrializados membros da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico-OCDE (exceto o México e a Coreia do Sul), que possuem grandes níveis de emissões de gases do efeito estufa e que possuem condições financeiras e tecnológicas para atingir as reduções, além de países industrializados em processo de transição.

reforçou as incertezas científicas sobre a existência do aquecimento global, seguindo o discurso do governo americano, o que é inconcebível, visto que muitos estudos científicos concordam que o aquecimento global está em curso e que se dá por razões antropogênicas.

2004: Em 30 de setembro a Rússia ratificou sua adesão ao Protocolo de Kyoto. A Rússia é o terceiro maior emissor de gases poluentes, sendo o único país capaz de fazer o protocolo entrar em vigor.

2006: Entra em vigor o Protocolo de Kyoto, com um pacto estabelecido entre a União Européia, Canadá e países em desenvolvimento. Os Estados Unidos não assinaram o Protocolo. O Protocolo define adoção de trabalhos contra o efeito estufa e as mudanças climáticas.

2007: É anunciado o 4º Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) em 2007 em Paris, França, confirmando o que os especialistas já haviam previsto sobre as causas das mudanças climáticas: além de consequências naturais, também possui, em sua maior parte, origem antropogênica.

2008 a 2012: Vigência do primeiro período de adoção de medidas para a diminuição de emissões de gases nocivos segundo o protocolo de Kyoto

2.3 MATRIZ ENERGÉTICA ATUAL E AS FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA

O Consumo de energia é um dos fatores mais preocupantes atualmente porque mais da metade da energia produzida e consumida no mundo tem origem em combustíveis fósseis não – renováveis, tais como gás natural, carvão e petróleo. Esses combustíveis fósseis além de poluentes também tendem a ser finitos, ou seja, podem ter suas reservas escassas devido à velocidade de sua extração, o que dificulta sua reconstituição.

Para Kiperstok (2002) o consumo de energia tem sido um dos indicadores que medem o desenvolvimento de um país, pois quanto maior o seu consumo, maior o desenvolvimento de uma nação.

O consumo de energia no mundo cresce cerca de 2% ao ano e deverá dobrar nos próximos 30 anos se prosseguirem as tendências atuais, tanto nos países desenvolvidos quanto nos em desenvolvimento. No Brasil o Consumo Final de Energia em 2007 foi de 90,3% em relação à Oferta Interna de Energia e 3,5 vezes superior ao de 1970, sendo o Setor Industrial responsável por 38 % do consumo, seguido pelo Setor de Transportes (27 %) e pelo Setor Residencial (10 %) (BEN, 2008). As Figuras 5 e 6 apresentam a Oferta Interna de Energia no Brasil e no Mundo referentes a 2007.

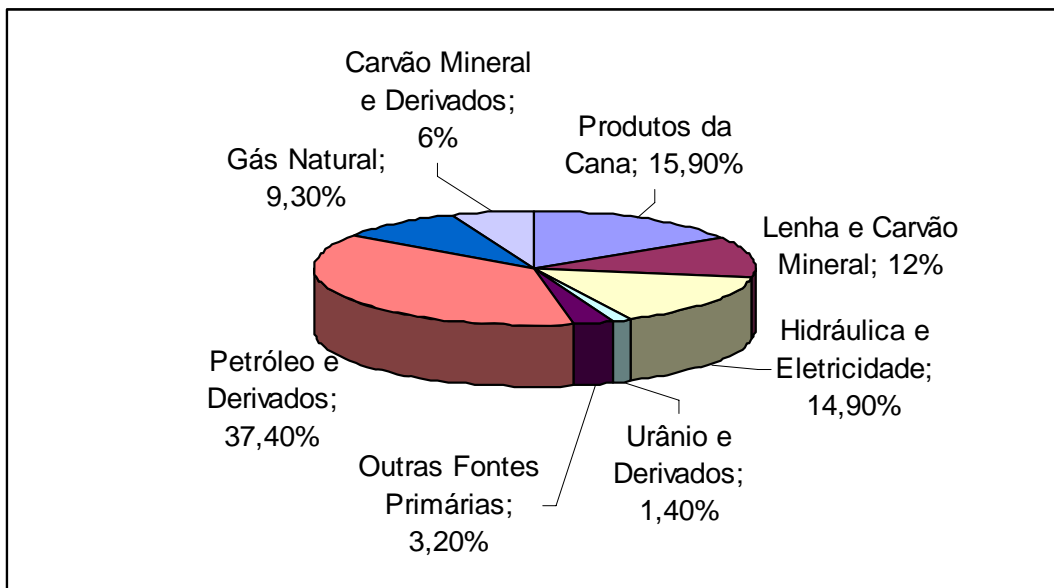


Figura 5 – Oferta Interna de Energia no Brasil em 2007 (BEN, 2008).

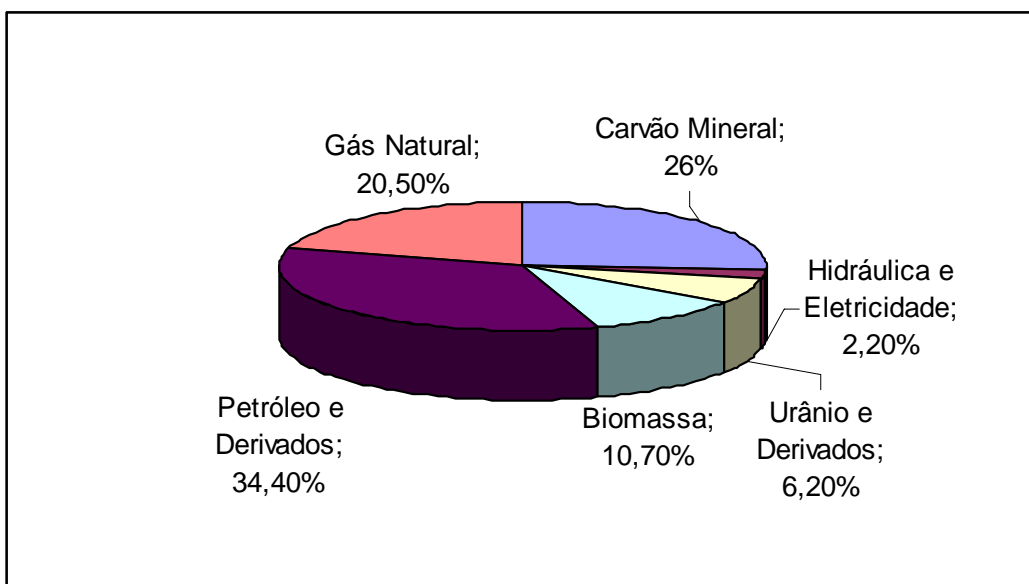


Figura 6 – Oferta Interna de Energia no Mundo em 2007 (BEN, 2008).

Percebe-se pelas figuras 5 e 6 que a oferta interna de energia no mundo a partir dos combustíveis fósseis (petróleo, gás natural e carvão mineral) e o seu consumo interno é maior que no Brasil, chegando a ser superior a 80%. Com esse sistema atual baseado no consumo dos combustíveis fósseis, os países industrializados se deparam com os problemas relativos à sustentabilidade, tais como: exaustão dos combustíveis fósseis, agressões ao meio ambiente e agravamento à saúde gerado pela poluição. Além disso, há o suprimento e abastecimento do petróleo, visto que as reservas desse combustível se encontram, na maior parte, nos países do Oriente Médio, região com grandes conflitos e instabilidade política.

De acordo com a figura 5, no Brasil a dependência por combustíveis fósseis é bem inferior aos países industrializados, predominando como matriz energética as hidroelétricas, devido à localização geográfica do país, e também a biomassa, que vem se difundindo e ganhando cada vez mais destaque. As fontes alternativas de energia crescem a cada ano no país e terão uma participação cada vez mais intensa na matriz energética. As fontes renováveis são aquelas que, uma vez exploradas pelo homem, se reconstituem espontaneamente. Como exemplo destacam-se a energia eólica, solar e fotovoltaica, biomassa, biodiesel, geotérmica e hidroelétrica.

Como exemplos de biomassa têm-se a energia obtida a partir da produção do álcool, madeira, óleos vegetais e decomposição do lixo orgânico. Já o biodiesel é produzido a partir do óleo extraído da mamona, girassol, dendê, amendoim, buriti e macaúba. Ele pode ser utilizado isoladamente ou como complemento aos combustíveis tradicionais, podendo variar de 2% a 20% sua adição ao óleo diesel. A produção de gás a partir do lixo é uma alternativa energética que desponta com grandes possibilidades de participação na matriz energética atual.

As fontes alternativas de energia estão ganhando destaque também na produção de energia elétrica. A produção de energia elétrica no Brasil, até 1995, era monopólio estatal, cabendo a este a produção e distribuição de energia para todo o país. Com as mudanças institucionais realizadas no setor elétrico devido à privatização da área elétrica, houve a criação de um novo modelo de produção de energia, sendo criado em 1996 a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e a Instituição do Mercado Atacadista de Energia (MAE) com o objetivo de regularizar e fiscalizar os aspectos técnicos, econômicos e administrativos de cerca de 70 estatais do setor. A partir de 2000, qualquer empresa pode produzir energia e vendê-la, sem quaisquer restrições e a qualquer consumidor. O transporte de energia também sofreu novas

modificações, não havendo mais obstáculos para sua contratação, que é estabelecida por uma tabela de preços. Dessa forma tornou-se viável a parceria entre empresas privadas e prefeituras para a produção de energia, desde pequenas hidroelétricas até energias renováveis, tais como eólica, solar e biomassa (CALDERONI, 2003).

Inúmeras são as vantagens das fontes renováveis em relação aos combustíveis fósseis. Diversos autores descrevem essas vantagens, dentre as quais destacam-se:

- ✓ Energia menos poluente e renovável devido a sua origem;
- ✓ Os resíduos emitidos por sua queima não são tão agressivos quanto os resíduos emitidos pelos combustíveis fósseis, não afetando a camada de ozônio e reduzindo a quantidade de gases poluentes na atmosfera;
- ✓ A produção da biomassa pode ser realizada em pequenos sítios ou fazendas, podendo qualquer pessoa plantar e depois vender sua produção a grandes indústrias especializadas;
- ✓ O uso dos biocombustíveis reduz a dependência por combustíveis fósseis, principalmente pelos países em desenvolvimento, que terá um suprimento de energia renovável;
- ✓ As indústrias podem reaproveitar os resíduos provenientes da biomassa para gerar sua própria energia. Exemplo, as serragens das madeiras e as cascas das plantas podem ser utilizadas para abastecer os fornos industriais, evitando dessa forma a poluição e economizando energia e custos;
- ✓ Aumento da diversidade quanto à oferta de energia, assegurando suprimento de energia a longo prazo;
- ✓ Diminuição do desmatamento;
- ✓ Cria novas oportunidades de emprego tanto no setor rural quanto urbano para pessoas de baixa renda, que podem se beneficiar das indústrias locais;
- ✓ Pessoas que vivem próximas às indústrias podem se beneficiar da energia, tendo em suas casas energia elétrica renovável (como no caso do biogás), que abastece várias residências;

Assim, são nítidas as vantagens das fontes alternativas de energia, tanto para o meio ambiente quanto para o homem, tanto do ponto de vista ambiental, social e até econômico, devendo ser

pesquisadas e analisadas mais profundamente, para que no futuro possa substituir por completo o uso e a dependência dos combustíveis fósseis.

2.4 A GERAÇÃO DE RESÍDUOS PROVENIENTES DOS AVANÇOS TECNOLÓGICOS.

Uma definição para essa questão do consumo e lixo é sintetizada por Santos (2000):

Na ânsia de ter, a posse permite o auge do desfrute do prazer, mas também a perda do valor da própria coisa, com o seu uso. Essa toma então, o sentido de coisa descartável, ou seja, de algo do qual se deseja livrar, vira lixo. Já que o indivíduo sofre o efeito instigador e de sedução pela compra de coisas novas, por parte dos produtores em grande escala, o ciclo de produção, consumo e descarte se acelera. Como o lixo tem materialidade e ocupa território, enquanto não é percebido por outrem com o sentido de valorização, transforma-se em entulho depreciado e causador de transtornos coletivos (...). (p.07)

A crescente quantidade de máquinas e tecnologias mais avançadas, além do aumento das pesquisas, impulsiona cada vez mais a fabricação de novos bens e produtos por parte das grandes empresas. Além dos lucros, as empresas são impulsionadas também pela constante atualização e livre concorrência, tanto dos produtos nacionais quanto dos importados. O modelo industrial é baseado na extração dos recursos naturais, na produção (onde entra os recursos e sai os detritos) e na distribuição dos mesmos.

Segundo o autor, as relações que estão interligadas no modelo industrial são: os grandes ciclos de produção, com a fabricação de produtos sofisticados, o forte apelo do marketing que ativa a venda dos produtos, impulsionando ainda mais o desejo de compra dos consumidores, o consumo desses produtos e o descarte, que diminui a vida útil daquele bem tornando-o obsoleto antes do tempo.

Como o consumo é feito em pouco tempo, logo estarão no mercado outros produtos mais inovadores para serem consumidos, o que aumenta ainda mais a quantidade de resíduos descartados pela população, muitas vezes resíduos em boas condições de uso.

Para Tolmasquim (2003) as pessoas tornaram-se tão “eficientes” e diversificadas nessa atual sociedade que para o modelo dominante, produzir bens a partir da matéria-prima virgem a

reciclar sucata está mais barato e viável, comportamento que vem contribuindo para o rápido esgotamento dos recursos naturais não renováveis. Para a sociedade é ainda mais cômodo e barato comprar um bem novo a consertar ou reaproveitar o já adquirido, o que só aumenta a quantidade de extração de matéria-prima e aumento de descartes.

Para Cohen (2003) o consumo está sintetizado no aumento da satisfação dos desejos humanos devido ao consumo máximo de bens e conseqüentemente ao prazer proporcionado pelas variedades e inúmeras formas de uso, tendo como conseqüência a poluição ambiental.

Porter e Linde (1999) consideram a poluição como uma forma de desperdício econômico, onde a sucata e a energia são sinais de que os recursos foram utilizados de forma incompleta, insuficiente ou ineficaz, revelando falhas no projeto do produto ou no processo de produção. Para ele, uma empresa eficiente é aquela que possui menos poluição possível: utiliza melhor sua matéria-prima e possui uma quantidade mínima de resíduos, evitando-os nas linhas de produção ou tratando-os como ativos, seja reutilizando-os ou vendendo-os para outras empresas.

A Tabela 1 mostra a composição gravimétrica do lixo em alguns países:

TABELA 1 - Composição Gravimétrica do Lixo de alguns Países (%)

COMPOSTO	BRASIL	ALEMANHA	HOLANDA	EUA
Matéria orgânica	65	61,2	50,3	35,6
Vidro	3	10,4	14,5	8,2
Metal	4	3,8	6,7	8,7
Plástico	3	5,8	6	6,5
Papel	25	18,8	22,5	41

Fonte: Manual de Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos (2001)

Observa-se que os resíduos dos países desenvolvidos têm uma maior quantidade de materiais inorgânicos, como embalagens plásticas, papéis e metais devido a grande industrialização, enquanto que nos países em desenvolvimento e pobres a quantidade de matéria orgânica, como restos de alimentos, é bem maior.

As inovações tecnológicas trouxeram melhoria na qualidade de vida para boa parte da população mundial, elevando o nível de conforto humano e a comunicação entre diversas

regiões do planeta. Porém, uma grande parte dessa população ainda encontra-se excluída desse processo de desenvolvimento e consumo.

Para Romeiro (2003) o impacto ecológico dos ricos é bem maior do que a da classe baixa, devido ao estilo de vida dos ricos dependerem mais dos recursos do planeta, sendo seus efeitos mais alarmantes. Com a Revolução Industrial, a capacidade da humanidade de intervir na natureza aumentou e continua a crescer cada vez mais, pois o homem modifica os ecossistemas, ou preservando ou modificando, para fazer habitações e estradas ou utilizando as reservas de combustíveis fósseis para suprir suas necessidades.

A grande indagação é saber se a terra suportaria o crescimento econômico de todos os países do mundo e seus recursos naturais seriam suficientes para suprir a necessidade de todos. Hélio Mattar, do Instituto Akatu, em reportagem exibida no dia 11/01/2007 no programa Bom Dia Brasil, da Rede Globo², responde essa indagação: “Hoje, com apenas 1,3 bilhão de pessoas no mundo, no total de 6,5 bilhões consumindo muito, já estamos consumindo 25% acima do que a Terra consegue renovar, seja em qualidade de ar, da água, de terras cultiváveis. Se todas as pessoas do mundo consumissem como os norte-americanos e os europeus, precisaríamos de quatro planetas Terra para cobrir todo o consumo. Não temos quatro planetas Terra. Só temos um”.

Para Georgescu - Roegen (1973) todas as formas de energia são transformadas gradualmente em calor, sendo que o calor acaba se tornando tão difuso que o homem não pode mais utilizá-lo. Sendo assim, o crescimento econômico moderno vem sendo feito por meio da extração de carvão e petróleo e que um dia, essa extração será baseada em formas de exploração mais direta da energia solar. O autor complementa que o processo de crescimento econômico obrigará a humanidade a abandonar a forma de extração dos recursos não renováveis e sua conclusão é de que será necessário encontrar uma via de desenvolvimento humano que possa ser compatível com o decréscimo do uso dos combustíveis fósseis. É o que está ocorrendo, com o uso dos combustíveis para substituir em parte ou por completo o uso dos combustíveis fósseis.

² Entrevista disponível no site <www.globo.com/bomdiabrasil>, dia 11/01/2007.

Boulding (1973) faz uma analogia com o consumo dos recursos naturais, classificando-os em “Economia do Vaqueiro” e “Economia do Homem Espacial”. A “Economia do Vaqueiro” mostra o planeta Terra ilimitado, com recursos naturais infinitos. Assim como o vaqueiro cavalga planícies ilimitadas, assim os recursos naturais são explorados, sem haver uma preocupação com o mundo natural. Porém, os recursos existentes podem acabar se não houver a redução do seu consumo ou se não houver o consumo consciente para não gerar desperdícios. Essa é a visão da “Economia do Homem espacial”, que compara o planeta terra a uma nave espacial. Assim como o astronauta está limitado a um local reduzido, os homens também possuem limitações, pois os reservatórios de recursos naturais podem se extinguir um dia.

Sintetizando o pensamento de Boulding, a sociedade consome e desperdiça como na economia do vaqueiro, sem se preocupar com a possibilidade de escassez de recursos naturais, que está representado como a “economia do homem espacial”. Como essa “economia do homem espacial” está se transformando numa realidade, então a sociedade se preocupa atualmente em procurar fontes alternativas de energia que sejam menos agressivas ao meio ambiente, tecnologias que prolonguem a vida humana por muito mais tempo, tanto na área alimentícia como na medicinal (como por exemplo a nanotecnologia), além de formas de minimizar a geração de resíduos.

Sachs (2000) acrescenta que a geração atual tem que ser solidária com as futuras gerações, pois as ações presentes afetam diretamente a biosfera. Para ele, a história da humanidade deve ser examinada em termos de integração entre as ciências, pois, o que a natureza levou séculos e milênios para construir, a sociedade leva no máximo décadas para utilizar. Sendo assim, a civilização tem que modificar seus hábitos e consumos, transformando-se numa “civilização do ter” para uma “civilização do ser”.

3 - RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: DA DEFINIÇÃO A LEGISLAÇÃO

3.1 DIFERENCIAÇÃO ENTRE LIXO E RESÍDUO E SUAS DEFINIÇÕES

A palavra lixo deriva do latim *lix* e significa “cinza”. De acordo com o Dicionário de Aurélio Buarque de Holanda, "lixo é o que se varre da casa, da rua e se joga fora; entulho. Tudo aquilo que não se quer mais; coisas inúteis, imprestáveis, velhas e sem valor." Para Mattos e Granato (2005) é sinônimo de detrito, dejetos, refugo, resto, resíduo.

O termo lixo é considerado como sinônimo de resíduo, porém eles possuem um significado diferente; enquanto o lixo é todo material inútil que pode ser nocivo e é descartado, posto em local público, o resíduo já tem um sentido de reaproveitamento, sendo muitas vezes as sobras do processo produtivo, sendo equivalente a “refugo” ou “rejeito” (CALDERONI, 2003).

O Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (2001) diferencia lixo de resíduo, onde o lixo possui uma característica inservível, pois é aquilo que já não apresenta nenhuma serventia para quem o descarta, para outro pode se tornar matéria-prima para um novo produto ou processo. Pode-se perceber com essas definições a idéia de reaproveitamento dos resíduos, pois ele se torna “detrito”, “lixo” quando não há mais reivindicações por ele. A partir do momento em que é jogado fora se transforma em lixo, enquanto que para outras pessoas que o coletam e o utilizam se transforma em matéria-prima para a elaboração de novos produtos.

A produção de lixo é inevitável, pois ele é o fim da vida útil de um produto ou as sobras de processos produtivos. Calderoni (2003) destaca que, mais cedo ou mais tarde, toda produção mundial de bens se transformará em lixo ou resíduo. Em alguns países desenvolvidos, como Japão e Estados Unidos, a produção de bens de consumo (carro, eletrodomésticos) é tão elevada e variada que os produtos se depreciam mais rápido, sendo “descartados” pela população. Entrevistas realizadas por alguns programas com brasileiros que moram nesses países, como exemplos Bom Dia Brasil e Globo Repórter, ambos da Rede Globo, mostram como eles conseguiram mobiliar suas casas apenas utilizando esses resíduos descartados nos depósitos de lixo.

Para Santos (2000, p.16) o lixo possui várias conotações como forma de percepção dos indivíduos, sendo elas:

- ✓ **Psicológica:** para a maioria das pessoas é extremamente negativo, como sinônimo de inútil, desprovido de valor, sujeira, mau odor, degradação, putrefação, decomposição e morte, devendo desaparecer;
- ✓ **Econômica:** o que é jogado na lata do lixo não tem valor de mercado positivo, variando esse valor de pessoa para pessoa;
- ✓ **Ecológica:** os resíduos aparecem como poluição, elementos impactantes, que oferecem riscos para os seres vivos e para o meio ambiente em geral;
- ✓ **Sócio-política:** a coleta, o transporte, o acondicionamento, o tratamento e a eliminação dos resíduos urbanos são considerados limpeza pública, cabendo sua atribuição ao poder público municipal;
- ✓ **Individual:** O lixo não é um problema, pois crê que a sociedade já encontrou uma solução devida para ele. Sua preocupação acaba no momento em que o caminhão coletor passa recolhendo o lixo de sua casa;
- ✓ **Morte:** Não tem mais sentido para a vida ou valor de propriedade.

3.2 RESÍDUOS NA ANTIGUIDADE E CRESCIMENTO POPULACIONAL

Na Antiguidade, os povos nômades não tiveram problemas de canalização de água, instalação de redes de esgoto e remoção de lixo, pois sua produção era pequena e facilmente absorvida pelo meio ambiente. Como eles não permaneciam muito tempo no ambiente, então eles retiravam da natureza apenas o necessário para o sustento do grupo, não havendo desperdícios.

Com o passar dos anos, a população começou a crescer e a se fixar em determinados locais, formando assim núcleos urbanos e praticando técnicas que garantissem o alimento do grupo, como por exemplo a agricultura e a pecuária. Com o aumento populacional, a quantidade de lixo também aumentou e como não haviam formas adequadas de dispor esse material, ele era lançado nas ruas. Mattos e Granato (2005) relatam que as ruas urbanas acumulavam não só restos de alimentos e pequenos objetos, mas também fezes de animais e até mesmo de seres

humanos, sendo provável o aparecimento das grandes epidemias de pestes na Idade Média devido à ausência de saneamento. Rezende e Heller (2002) acrescentam:

O processo industrial que se desenvolveu a partir da segunda metade do século XVIII, principalmente na Inglaterra, conduziu as comunidades a um vertiginoso crescimento populacional, o que deteriorou ainda mais a suas condições sanitárias (...). As doenças passaram a representar um entrave ao sistema de produção, chamando a atenção das autoridades para os problemas de saúde do trabalhador. A partir de então as políticas públicas expandiram-se nos países capitalistas, o que possibilitou uma ampla reforma sanitária, que atingiu também vários países europeus e os EUA (...). Este processo progressivo de atuação frente à questão sanitária possibilitou aos países economicamente dominantes a eliminação de grande parte das enfermidades infectocontagiosas de sua agenda, o que lhes permitiu se concentrarem em novas pesquisas e buscarem novas tecnologias para melhorar ainda mais o quadro (...). (p.35)

No Brasil, o serviço de limpeza urbana foi iniciado em 25 de novembro de 1880, na cidade de São Sebastião, do Rio de Janeiro, até então capital do Império. O Imperador D. Pedro II assinou o Decreto nº. 3024, aprovando o contrato de limpeza e irrigação, executado por Aleixo Gary e posteriormente por Luciano Francisco Gary, sendo o sobrenome deles “gari” utilizado posteriormente para denominar os trabalhadores da limpeza urbana nas cidades (MANUAL DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2001).

Com a consolidação do modelo capitalista, os avanços tecnológicos e o excessivo consumo de produtos descartáveis tornou-se grande o volume de resíduos gerados pela sociedade atual. Conceição (2003) afirma que não é possível separar o econômico do chamado ambiental, como também não é possível separar o social do político e do cultural. Dessa forma, diversos países têm se defrontado com essa problemática e cada um tenta solucionar o problema de acordo com seu desenvolvimento tecnológico, seus recursos econômicos e sua vontade política de resolver a questão.

Em relação ao lixo estar diretamente relacionado com o aumento da população humana, e conseqüentemente ao aumento de consumo de produtos, alguns autores destacam esse aumento populacional também como o responsável pelas degradações ambientais, pois quanto

maior aumento no número de pessoas, maior a quantidade de lixo gerada. Segundo Feeny (2001), essa teoria está presente nos trabalhos de Malthus e Hardin que enfoca a superexploração que se relaciona o manejo de recursos de propriedades comuns e que essa superexploração está sujeita a maciça degradação. Conclui-se que a liberdade em relação aos recursos comuns gera a ruína de todos, pois a distribuição dos alimentos é desigual. Para Ehrlich (2006), a população humana tem que ser estancada, sendo óbvio que, se a escalada das atividades humanas continuar a crescer, mesmo que por algumas poucas décadas, a extinção da biota da Terra não poderá ser evitada.

É nítida a pressão que o homem faz sobre a Terra, pois à medida que há o crescimento populacional, há também a exploração dos recursos naturais, devido às novas fronteiras agrícolas que vão surgindo para alimentar todo esse contingente. Grippi (2001) destaca que com isto o homem se aproxima demais das nascentes dos rios, destruindo as matas ciliares, a biomassa vegetal e as florestas para dar lugar à agricultura e as áreas de pastagens, mudando assim o planeta e vulnerabilizando a espécie humana a eventos extremos da natureza, como secas e inundações.

Grippi (2001) ainda relata que no início da Era Cristã existiam 200 milhões de pessoas no mundo. Em 1750 esse número passou para 1 bilhão de habitantes, número que se manteve até o final do século passado. Com o avanço da medicina e da tecnologia, o aumento populacional se aproximou dos 6 bilhões de habitantes. Nesse último século a população mundial aumentou em quase 5 bilhões de habitantes. É provável que nos próximos 30 anos aumente em 3 bilhões, chegando a um total perigoso de 8 bilhões de habitantes, o que implicaria no maior uso e consumo dos recursos naturais, na produção de bens de consumo além de um maior número de resíduos e na conseqüente poluição.

3.3 PROBLEMAS COM A MÁ DISPOSIÇÃO DO LIXO

Calderoni (2003) enfatiza que a médio e a longo prazo a má disposição do lixo ocasionará a inviabilidade da vida como hoje a conhecemos, devido a crescente quantidade gerada, que muitas vezes é resultado do consumo exagerado e dos desperdícios de materiais. Essa má disposição ocasiona sérios problemas que vão além da geração dos resíduos, passando pela

questão ambiental, social, econômica, política e de saúde pública. Diversos autores destacam esses problemas, sendo eles:

I - Presença de catadores de lixo trabalhando em condições sub-humanas, inclusive se alimentando do lixo presente e correndo risco de vida, devido ao consumo de alimentos vencidos e/ou deteriorados, podendo adquirir infecções intestinais ou até mesmo podendo falecer. Nos lixões os catadores sofrem o risco de se mutilarem e/ou adquirir infecções, devido à presença de objetos cortantes ou até mesmo serem atropelados pelos caminhões que descarregam o lixo;

II - Desvalorização imobiliária das casas próximas àquela área onde se situa o lixão;

III – Prejuízo a restaurantes e lanchonetes, pois com o mau cheiro vindo do lixão as pessoas associam o odor com a comida vendida e consumida naquele estabelecimento;

IV - Contaminação do solo e dos recursos hídricos pelo chorume³.

V - Poluição do ar e olfativa devido ao espalhamento de poeiras, liberação de fumaça, gases e odores ocasionados pela queima do lixo, seja por combustão espontânea ou provocada por catadores que vivem no lixão e ateiam fogo nos pneus para aproveitar o arame. Assim, ocorre um enorme mau cheiro e problemas respiratórios em pessoas que moram próximo aquela área (informação verbal)⁴;

VI - Proliferação de moscas, baratas, ratos, urubus e outros vetores;

VII - Impacto visual negativo para várias pessoas e turistas que passam por aquela área, seja caminhando ou de carro (poluição visual);

³ Chorume ou Sumeiro é o líquido oriundo da decomposição do lixo e provém da umidade natural do mesmo, da água de constituição de vários materiais e do líquido gerado pela ação de microorganismos que atacam a matéria orgânica.

⁴ Dados relacionados sobre os problemas respiratórios foram divulgados no programa AL TV 2ª Edição, da TV Gazeta, 2006, onde um médico especialista relata que as crianças são as que mais sofrem com problemas respiratórios, devido à inalação dos gases que saem dos lixões.

VIII – Desvalorização do turismo naquela região, visto que o turismo é um dos setores da economia que mais cresce no país e gera empregos;

IX – A utilização de veículos impróprios para o transporte do lixo pode gerar o vazamento de líquidos e a perda dos materiais coletados, além de contaminar e poluir o solo;

X – Poluição sonora, relacionado aos caminhões que descarregam o lixo;

A Figura 7 mostra a má disposição do lixo no rio, ocasionando a mortalidade dos animais aquáticos e do próprio rio, além da estética do mesmo.



Figura 7 - Disposição do Lixo no Rio. (Rochana, 2007).

A falta de educação ambiental para conscientizar as pessoas quanto à necessidade de dispor seu lixo de forma adequada, a falta de envolvimento dos meios de comunicação para divulgar essas questões e propor soluções eficientes e a falta de fiscalização intensa e multa favorece

ainda mais essa atitude, ainda comum em boa parte do país. As pessoas não tem consciência do espaço reduzido que vivem, o que contribui ainda mais para essa prática de poluir os rios. Repare que a maioria dos materiais descartados é de natureza inorgânica, o que poderia ser vendido por cooperativas, entregue numa indústria de reciclagem ou ser reaproveitados no artesanato, ou ainda, serem utilizados por incineradores energéticos. Na foto percebe-se também a presença de um homem no barco, podendo deduzir que ele está recolhendo os materiais que possivelmente servirá para seu sustento.

3.4 RESÍDUOS SÓLIDOS: CLASSIFICAÇÃO, ORIGEM E CARACTERÍSTICAS.

De acordo com as Normas da ABNT 10.004 (2004), os resíduos sólidos são classificados em três categorias:

- ✓ **Classe I (Perigosos):** São aqueles que, em função de suas características intrínsecas de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, apresentam riscos à saúde pública através do aumento da mortalidade ou da morbidade, ou ainda, provocam efeitos adversos ao meio ambiente quando manuseados ou dispostos de forma inadequada.
- ✓ **Classe II - A (Não-Inertes):** São os resíduos que podem apresentar características de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade, com possibilidade de acarretar riscos à saúde ou ao meio ambiente, não se enquadrando nas classificações de resíduos Classe I – Perigosos – ou Classe II B – Inertes.
- ✓ **Classe II -B (Inertes):** Resíduos sólidos ou mistura de resíduos sólidos que, submetidos a testes de solubilização, não possuem nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de águas, excetuando-se os padrões: aspecto, cor, turbidez e sabor. Como exemplo destes materiais podemos citar, rochas, tijolos, vidros e certos plásticos e borrachas que não são decompostos prontamente.

O lixo, segundo Grippi (2001, p.20,21), também pode ser classificado quanto a sua origem sendo:

- ✓ **Lixo domiciliar:** Aquele originário da vida diária das residências, constituído por restos de alimentos, produtos deteriorados, jornais e revistas, garrafas e embalagens, papel higiênico e fraldas descartáveis ou uma infinidade de itens domésticos;
- ✓ **Lixo comercial:** É aquele proveniente dos estabelecimentos comerciais e de serviços, como supermercados, bancos, lojas, bares, restaurantes e etc. O lixo destes estabelecimentos tem um forte componente de papel, plástico, embalagens diversas e material de asseio, como papel-toalha, papel higiênico, etc;
- ✓ **Lixo público:** são aqueles originados dos serviços públicos de limpeza pública urbana, incluídos os resíduos de varrição de vias públicas, limpezas de praias, de galerias, córregos e terrenos baldios, podas de árvores, etc. Fazem parte ainda desta classificação a limpeza de locais de feiras livres ou eventos públicos;
- ✓ **Lixo hospitalar:** Constituído de resíduos sépticos que contém ou potencialmente podem conter germes patogênicos. São produzidos em serviços de saúde, como hospitais, clínicas, laboratórios, farmácias, clínicas veterinárias, postos de saúde, etc. Este lixo é constituído de agulhas, seringas, gazes, bandagens, algodões, órgãos e tecidos removidos, meios de culturas, animais em teste, sangue coagulado, remédios, luvas descartáveis, filmes radiológicos e outros;
- ✓ **Lixo especial:** É constituído em portos, aeroportos, terminais rodoviários ou ferroviários. Constituído de resíduos sépticos, pode conter agentes patogênicos oriundos de um quadro de endemia de outro lugar, cidade, estado ou país. Estes resíduos são formados por material de higiene e asseio pessoal, restos de alimentação, etc.;
- ✓ **Lixo industrial:** É aquele originado nas atividades industriais, dentro dos diversos ramos produtivos existentes. O lixo industrial é bastante variado e pode estar relacionado ou não com o tipo de produto final da atividade industrial. É constituído por resíduos de cinzas, óleos, lodo, substâncias alcalinas ou ácidas, escórias, corrosivos, etc.;
- ✓ **Lixo agrícola:** Tem como exemplo embalagens de adubos e agrotóxicos, defensivos agrícolas, ração, restos de colheitas, etc. Em várias regiões do mundo este tipo de lixo vem causando preocupação crescente, destacando-se as enormes quantidades de esterco animal gerados nas fazendas de pecuária intensiva. Também as embalagens de agroquímicos diversos, em geral agrotóxicos, têm sido alvo de legislações específicas.

Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (2001) ainda integra dois tipos de lixo: o **entulho de obras**, onde a indústria da construção civil é a que mais gera resíduo, sendo esse lixo composto por concreto, argamassa, madeira, plásticos, papelão, vidros, metais, cerâmica e terra e o **Nuclear**, que são resíduos radioativos que provêm das sobras dos serviços médicos e que ainda não possui um destino adequado. Alguns países registraram acidentes com esse tipo de lixo, incluindo o Brasil: em Goiânia/GO no ano de 1997, um grupo de catadores encontrou no lixão uma cápsula de césio 137 e 616 pessoas ficaram contaminadas e duas morreram.

O Código de Limpeza Urbana de Maceió, Lei nº. 4.301/94, classifica o lixo em: (...) §1º *lixo domiciliar*, para fins de coleta regular, os produzidos pela ocupação de imóveis públicos ou particulares, residenciais ou não, acondicionáveis na forma estabelecida por este código. §2º *lixo público*, os resíduos sólidos resultantes das atividades de limpeza urbana, executados em passeios, vias e logradouros públicos. §3º *lixos sólidos especiais*, aqueles cuja produção diária exceda o volume ou peso fixado para a coleta regular ou que por sua composição qualificativa e/ou quantitativa, requeiram cuidados especiais em pelo menos uma das seguintes fases: acondicionamento, coleta, transporte e disposição final.

O lixo pode ser caracterizado também das seguintes formas:

- ✓ **Por sua natureza física:** seco ou molhado;
- ✓ **Por sua composição química:** orgânico ou inorgânico;
- ✓ **Por seu grau de aproveitamento:** reciclável, reutilizável.

As características do lixo também podem variar qualitativamente e quantitativamente, devido às condições climáticas, épocas especiais (carnaval, páscoa, dia das mães, natal), fatores demográficos, socioeconômicos, culturais e geográficos. A análise do lixo pode ser realizada segundo suas características físicas, químicas e biológicas (MANUAL DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2001).

A Tabela 2 mostra a influência do lixo na limpeza urbana nas suas características físicas, químicas e biológicas e sua devida importância para melhor análise e disposição.

TABELA 2 - Influência das características do lixo na Limpeza Urbana

CARACTERÍSTICAS	IMPORTÂNCIA
Geração per capita	Fundamental para se poder projetar as quantidades de resíduos a coletar e a dispor. Importante no dimensionamento dos veículos. Elemento básico para a determinação da taxa de coleta, bem como para o correto dimensionamento de todas as unidades que compõem o Sistema de Limpeza Urbana.
Composição gravimétrica	Indica a possibilidade de aproveitamento das frações recicláveis para comercialização e da matéria orgânica para a produção de composto orgânico. Quando realizada por regiões da cidade, ajuda a se efetuar um cálculo mais justo da tarifa de coleta e destinação final.
Peso específico aparente	Fundamental para o correto dimensionamento da frota de coleta, assim como de contêineres e caçambas estacionárias.
Teor de umidade	Tem influência direta sobre a velocidade de decomposição da matéria orgânica no processo de compostagem. Influencia diretamente no poder calorífico e no peso específico aparente do lixo, concorrendo de forma indireta para o correto dimensionamento de incineradores e usinas de compostagem. Influencia diretamente no cálculo da produção de chorume e no correto dimensionamento do sistema de coleta de percolados.
Compressividade	Muito importante para o dimensionamento de veículos coletores, estações de transferência com compactação e caçambas compactadoras estacionárias.
Poder calorífico	Influencia o dimensionamento das instalações de todos os processos de tratamento térmico (incineração, pirólise e outros).
Composição química	Ajuda a indicar a forma mais adequada de tratamento para os resíduos coletados.
Relação C: N	Fundamental para se estabelecer a qualidade do composto produzido.
Características biológicas	Fundamentais na fabricação de inibidores de cheiro e de aceleradores e retardadores da decomposição da matéria orgânica presente no lixo.
pH	Indica o grau de corrosividade dos resíduos coletados, servindo para estabelecer o tipo de proteção contra a corrosão a ser usado em veículos, equipamentos, contêineres e caçambas metálicas.

Fonte: Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (2001).

3.5 DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS E TRATAMENTOS

O saneamento básico é muito importante para a boa qualidade de vida e saúde da população, pois além de reduzir a quantidade de poluição provocada pelos resíduos, contribui para a manutenção do meio ambiente e cria condições de desenvolvimento para a sociedade. O grupo GESRAD (2004) destaca que, dentre os aspectos mais importantes para garantir um nível aceitável de qualidade e de vida, está à saúde pública, sendo a disposição final adequada dos resíduos sólidos urbanos uma questão de alta prioridade e importância para o setor. O capítulo 21 da Agenda 21 (2001) apresenta a melhor forma de disposição dos resíduos:

O manejo ambientalmente saudável de resíduos deve ir além da simples disposição ou aproveitamento por métodos seguros de resíduos gerados e buscar desenvolver a causa fundamental do problema, procurando mudar os padrões não-sustentáveis de produção e consumo. Isto implica a utilização do conceito de manejo integrado do ciclo vital, o qual apresenta oportunidade única de conciliar o desenvolvimento com a proteção do meio ambiente.

A Figura 8 mostra o tempo que a natureza leva para decompor cada resíduo e, se esses resíduos não forem dispostos de maneira correta, poderão ocasionar poluição localizada por diversos anos.



Figura 8 – Tempo de Decomposição do Lixo (disponível em <www.pioneer.com.br/imagens/dicas-amb2.jpg>, acesso dia 28/06/2007).

O volume de lixo gerado nas grandes cidades mundiais é cada vez maior, sendo necessárias formas cada vez mais adequadas de disposição. De acordo com a Secretaria Municipal de Serviços e Obras, citado em Mattos e Granatto (2005), Osaka, no Japão, é a cidade que mais produz lixo domiciliar, sendo 1,9kg/hab. por dia, seguido de Nova York (1,5 kg), Roterdã (1,4 kg) e Paris (1,4 kg). A Tabela 3 apresenta a destinação dos Resíduos Sólidos em alguns países.

TABELA 3 - Destinação dos Resíduos Sólidos em alguns países (% em peso)

PAÍS	% DE LIXO RECICLADO	ATERRO	INCINERAÇÃO	COMPOSTAGEM
ALEMANHA	16	46	34	2
ÁUSTRIA	6	65	11	18
DINAMARCA	19	29	48	4
EUA	15	67	16	2
FRANÇA	8	43	40	9
HOLANDA	16	45	35	5
ITÁLIA	3	74	16	7
JAPÃO	-	20	75	5
NORUEGA	7	67	22	4
REINO UNIDO	2	90	8	-
SUÉCIA	16	34	47	3
SUÍÇA	22	12	59	7

Fonte: Revista Carta Capital - 19/08/1998, Ano III, nº. 80.

De acordo com a tabela acima, o Aterro Sanitário se apresenta como a maior alternativa em vários países, dentre eles o Reino Unido, a Noruega, os Estados Unidos e a Áustria. A incineração aparece em maior quantidade no Japão, devido aos dados demográficos do país, enquanto que a compostagem se destaca na Áustria e a reciclagem na Dinamarca e Suíça.

A Figura 9 mostra a rota dos resíduos sólidos, desde suas origens, suas formas de gerenciamento até o consumidor final.

No Brasil, segundo dados do IBGE/PNSB (2000) a quantidade total de lixo coletado no país era de 228.413 toneladas por dia, sendo 11.067,10 ton/dia na Região Norte, 41.557,80 ton/dia na Região Nordeste, 141.616,80 ton/dia na Região Sudeste, 19.874,80 ton/dia na Região Sul e 14.296,50 ton/dia na Região Centro – Oeste. A cidade brasileira que produz mais lixo domiciliar, de acordo com a Secretaria Municipal de Serviços e Obras, é a cidade de São Paulo, sendo sua produção per capita de 1,0 kg a 1,3 por habitantes..

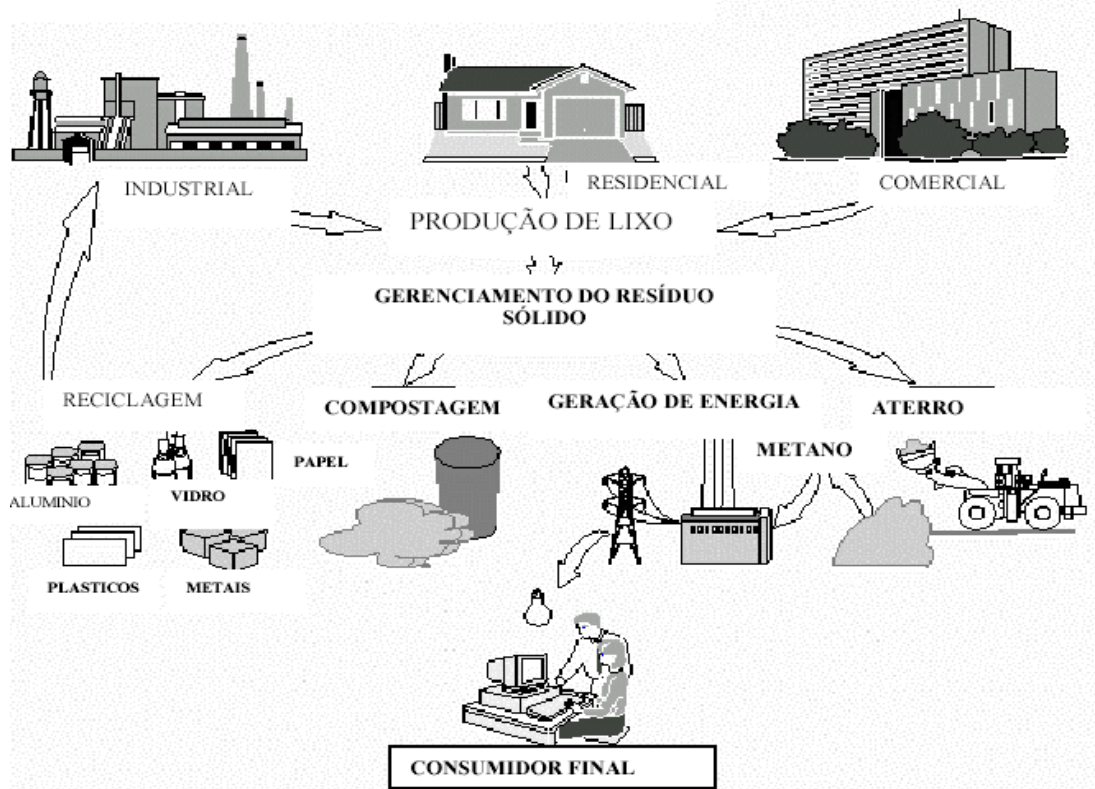


Figura 9 - Rotas dos Resíduos Sólidos (OLIVEIRA, 2000).

A Figura 10 apresenta as formas de destinação final do lixo no Brasil, sendo o aterro controlado a forma mais utilizada, entretanto a menos adequada.

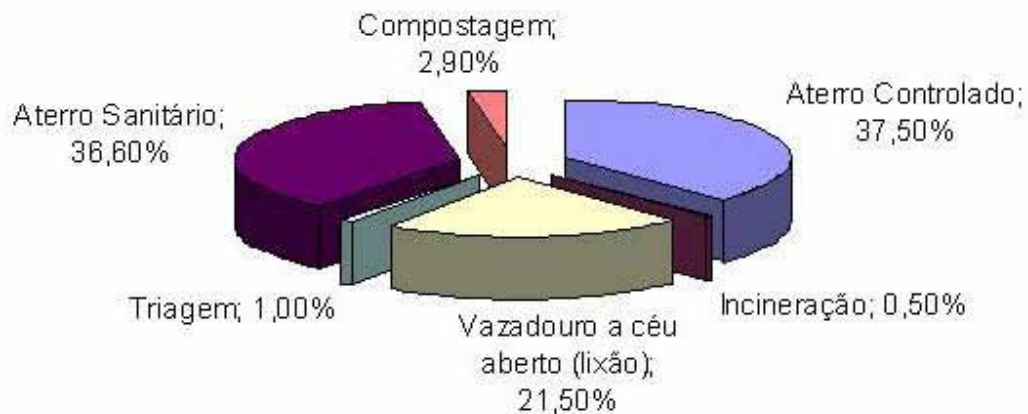


Figura 10 - Destinação Final do Lixo no Brasil (IBGE/PNSB, 2002).

A Resolução CONAMA n.º. 05 de 05 de agosto de 1993, em seu artigo 1º, inciso III e IV, define:

- ✓ **Sistema de Tratamento de Resíduos Sólidos:** Conjunto de unidades, processos e procedimentos que alteram as características físicas, químicas ou biológicas dos resíduos e conduzem à minimização do risco a saúde pública e a qualidade do meio ambiente.
- ✓ **Sistema de Disposição Final de Resíduos Sólidos:** Conjunto de unidades, processos e procedimentos que visam ao lançamento de resíduo no solo, garantindo a proteção da saúde pública e a qualidade do meio ambiente.

A disposição final dos resíduos sólidos urbanos deve conciliar técnica de instalação, operação e destinação final, com comprometimento ao meio ambiente e um local selecionado para este fim, devendo ainda obedecer às técnicas que atenuem ou eliminem os inconvenientes decorrentes do acúmulo desordenado de resíduos sobre o solo (GESRAD, 2004).

Quanto às formas de disposição final dos resíduos temos o Aterramento, a Incineração, a Compostagem e a Triagem. Na forma de aterramento temos o Vazadouro a céu aberto (lixão), o Aterro Controlado, o Aterro Sanitário e a Biorremediação. Na forma de Triagem, temos a Reciclagem.

3.5.1 Vazadouro a Céu aberto (Lixão):

É a forma de disposição dos resíduos sobre o solo sem nenhum tratamento, medidas de proteção ao meio ambiente ou a saúde pública. É a descarga de resíduos a céu aberto (IPT, 1995).

Essa forma de disposição dos resíduos não possui nenhuma vantagem e é utilizada em boa parte do país, sendo mais comum nas comunidades mais carentes devido a falta de infraestrutura. Segundo dados do IBGE, essa forma de disposição do lixo no Brasil, em 1989, chegava a 75%. Possui uma série de desvantagens que afeta não somente o meio ambiente, mas também toda uma população. A Figura 12 mostra um vazadouro a céu aberto. Observa-se

na figura, além da presença de urubus e catadores, um trator, o que pode provocar acidentes com aquelas pessoas e ao fundo a praia, que contrasta com a paisagem.



Figura 11 – Vazadouro a Céu Aberto em Maceió/AL (GESRAD, 2004).

3.5.2 Aterro Controlado:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, que utiliza princípios de Engenharia para confinar os resíduos, cobrindo-os com uma camada de terra para impedir o contato de ratos, insetos e vetores na conclusão de cada jornada de trabalho, sem poluir o meio ambiente externo. Porém, sem substituir o Aterro Sanitário (IPT, 1995).

A diferença entre o Aterro Sanitário para o Aterro Controlado é que o Aterro Controlado causa degradação no local em que é criado, pois o único objetivo dele é evitar a presença de vetores e outros animais, não substituindo, portanto o Aterro Sanitário.

As desvantagens dessa técnica são: I - Não dispõe de impermeabilização de base (comprometendo assim a qualidade das águas subterrâneas); II - Causa poluição localizada; III - Não promove a coleta e tratamento de chorume; IV – Não promove a coleta, queima ou aproveitamento do biogás.

3.5.3 Aterro Sanitário:

É um método para disposição final dos resíduos sólidos sobre um terreno natural, através do seu confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente solo, segundo Normas Operacionais específicas (como a NBR 8419/84) e que evita danos ao meio ambiente, em particular a saúde e a segurança pública (IPT, 1995).

No aterro são dispostos resíduos domiciliares, comerciais, de construção e dejetos sólidos retirados do esgoto.

De acordo com Philippi Jr., *et al* (2004), as vantagens do Aterro Sanitário são: I - Baixo custo se comparado com outras formas de tratamento; II - Equipamentos de baixo custo e de simples operação; III – Implementação em terrenos de baixo valor; IV - Evita a proliferação de insetos e animais que transmitem doenças; V - Não está sujeito à interrupção no funcionamento por alguma falha (como no caso da incineração e da compostagem); VI - O gás pode ser utilizado como energia elétrica e para venda de créditos de carbono.

As desvantagens do Aterro Sanitário são: I – Perda de matérias – primas e de energia contida nos resíduos; II - Transporte de resíduos a longa distância; III - Desvalorização da região ao redor do aterro; IV - Risco de contaminação do lençol freático se o aterro não tiver uma boa impermeabilização; V - Produção de chorume e percolados⁵; VI - Produção de gases e atividades biológicas mesmo após o fim da vida útil do aterro.

Mais detalhes em relação ao Aterro Sanitário será visto no Capítulo 03.

3.5.4 Biorremediação

Disposição dos resíduos sólidos em células. Depois de 1 a 2 anos essas células são escavadas e o material todo é peneirado. Em seguida os recicláveis são separados e o inerte (sobra) retorna a célula como material de recobrimento, pois a mesma célula deverá ser reutilizada para novos depósitos (IPT, 1995).

⁵ Percolados ou águas percoladas são o conjunto de águas infiltradas no interior do corpo físico do Aterro, resultante de diversas fontes eventuais de infiltração, como chuvas, lagos e nascentes. Esse processo tende a se agravar com a maior densidade pluviométrica.

Nesse processo destaca-se a importância dos microorganismos que degradam os materiais orgânicos, muitas vezes perigosos, transformando-os em substâncias menos complexas. Os microorganismos são fundamentais na decomposição e na diminuição da matéria orgânica existente no lixo, restando apenas a parte inorgânica que posteriormente é retirada, e o que não é decomposto retorna novamente para a célula.

3.5.5 Incineração:

É realizada através de um equipamento de grande porte utilizado para a queima de resíduos de serviço de saúde e industrial, podendo ser utilizado para a queima de resíduos domiciliares. A média da temperatura é de 900°C. Essa combustão ocorre numa usina de incineração, projetada e construída para esse fim (IPT, 1995).

As vantagens da Incineração são: I - Reduz o volume do lixo, pois eles se transformam em cinzas; II - Neutraliza os gases e o chorume dos resíduos; III - A combustão pode ser utilizada como energia elétrica e para venda de créditos de carbono; IV - Redução do impacto ambiental.

As desvantagens da Incineração são: I - Custos elevados na implantação e operação; II - Poluição do ar devido aos gases produzidos pela queima (se não houver a tecnologia adequada para filtrar esses gases); III – Os materiais utilizados para a reciclagem são ótimos combustíveis (plástico e papel), podendo retirar o ganho das cooperativas e evitando a reutilização desses materiais.

3.5.6 Compostagem:

Processo natural de decomposição biológica da matéria orgânica de origem animal e vegetal pela ação de microorganismos. Não é necessária a adoção de componentes químico ou físico na massa do lixo, sendo o processo mais indicado na presença de bactérias aeróbicas (que sobrevivem na presença de oxigênio). A diferença em relação ao aterro é que a matéria orgânica deste é decomposta por bactérias anaeróbicas (que sobrevivem na ausência de oxigênio) e os resíduos são misturados (matéria orgânica e inorgânica) enquanto que na compostagem tem que haver a prévia triagem (MANUAL DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, 2001).

As vantagens da Compostagem são: I - Produção de um material rico em húmus e nutrientes minerais para o solo; II - Aumento da vida útil do aterro; III - Favorecimento da agricultura. As desvantagens são: I - Mais caro que o Aterro, calculado por tonelada de lixo orgânico; II - Dificuldades para comercialização do composto; III - Pode ser contaminado por metais pesados e resíduos, como metais, vidros e plásticos, tendo que ser previamente separados (a triagem deve ser realizada antes do destino final para não haver contaminação. O ideal é a separação nas residências).

3.5.7 Reciclagem:

É a separação de materiais provenientes do lixo domiciliar, tais como plásticos, vidros, papéis e metais com a finalidade de trazê-los de volta a indústria para serem beneficiados. Eles são novamente comercializados no mercado de consumo.

A prática de reciclagem é bem antiga, sendo o primeiro material reciclado o papel, que se confunde com sua própria descoberta, em 105 d.C. Desde aquela época o papel era transformado em outro, de menor qualidade, porém sendo algo muito inovador para a época. Atualmente a reciclagem é realizada em diversos materiais, dentre eles pode-se destacar o vidro, latas de aço, plástico, pneu e em especial as latas de alumínio, sendo o Brasil o campeão mundial na reciclagem desse produto (GRIPPI, 2001)

Antes de haver a reciclagem é realizada a triagem, que é feita através da coleta seletiva, onde os materiais orgânicos ou lixo úmido (restos de frutas, alimentos) são separados dos inorgânicos ou lixo seco (metais, papéis, plásticos e outros) e dos descartáveis (fraldas, absorventes). Os materiais inorgânicos vão para as indústrias de reciclagem enquanto os orgânicos vão para os aterros (junto com os descartáveis) ou usinas de compostagem. A triagem de materiais pode ser realizada nas residências, empresas ou indústrias (recomendável), nos postos de entrega voluntária (PEV) ou ao chegar ao órgão gerenciador do resíduo. Porém, para se realizar a compostagem é necessário não haver mistura com o lixo inorgânico, pois pode haver a contaminação por metais pesados e prejudicar dessa forma a qualidade do adubo.

A Reciclagem está presente no capítulo 30 da Agenda 21 (2001) que sugere, através da concepção de desenvolvimento sustentável, que as empresas devem adotar os princípios dos 3 R's (Redução, Reutilização e Reciclagem) como formas de minimização dos resíduos e classifica a reciclagem como dar “vida nova” a materiais a partir da reutilização de sua matéria-prima para fabricação de novos produtos. Os conceitos de redução e reutilização dados pela Agenda 21 são:

- ✓ **Redução:** Reduzir o uso de matéria - prima e energia, desperdiçar menos, consumir só o necessário, sem exageros;
- ✓ **Reutilização:** Dar nova utilidade a materiais que, na maioria das vezes, são considerados inúteis e jogados fora, evitando assim desperdícios nas fontes geradoras;

A Figura 12 mostra as cores de cada recipiente para que seja feita a segregação de materiais, de acordo com a padronização do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA – Resolução nº. 275 de 25 de abril de 2001.

	<u>COR</u>	<u>MATERIAL</u>
Amarelo		Metal
Vermelho		Plástico
Azul		Papel/Papelão
Verde		Vidro
Laranja		Resíduos Perigosos
Marrom		Material Orgânico

Figura 12 – Recipientes coletores de Resíduos com suas respectivas cores (disponível em <www.sucatas.com>, acesso em 28/06/2007).

Diversos autores defendem essa prática como forma de tratamento adequado para o lixo. Calderoni (2003), um dos principais defensores desse processo, dá ênfase à viabilidade econômica, destacando o desperdício de materiais que são jogados no lixão sem o devido reaproveitamento e a da defesa da coleta seletiva para a separação dos materiais. O autor ainda destaca a importância do processo no âmbito ecológico (não haverá poluição), social (emprego e dignidade aos catadores), econômico (muitos produtos tem valor de mercado) e até como forma de solidariedade (onde há a doação para aquelas pessoas menos favorecidas) e que o Brasil perde bilhões em receitas sem fazer a coleta seletiva desses materiais, que vão para o lixo.

A Tabela 4 mostra que em 1996 o Brasil perdeu 3,4 bilhões por não fazer a reciclagem de materiais, uma perda de matéria - prima significativa.

TABELA 4 – Perda de Receita proveniente da não reciclagem de materiais em 2003.

RECICLÁVEIS	PRODUÇÃO (Mil Ton/ano)	ÍNDICE DE RECICLAGEM (%)	CUSTO POR TONELADA (R\$ / TON)	ECONOMIA PERDIDA (R\$ MIL)
LATA DE ALUMÍNIO	66	70,00	13,00	1.188
VIDRO	800	35,09	97,42	50.590
PAPEL	5.798	31,70	184,22	729.514
PLÁSTICO	2.250	12,00	1310,00	2.593.800
LATA DE AÇO	600	18,00	122,00	60.024
TOTAL	9.514	-	-	3.465.116

Fonte: Calderoni, 2003.

No entanto, apesar de muitas vezes ser vista positivamente por alguns autores, a reciclagem, é também vista, por outros, como um dos grandes problemas, que ao invés de solução estimula ainda mais a geração de resíduos, contribuindo para a degradação ambiental e segregação social. De acordo com dados do Documento-Base da Conferência Nacional do Meio Ambiente (2003), a reciclagem não é uma solução mágica, pois não destrói os resíduos tóxicos e para reciclar papel, vidro ou metal se gasta energia e água. Ademais, a maioria dos materiais não pode ser reciclada eternamente sem perder a qualidade.

Layrargues (2002), cita o Instituto Virtual de Educação para Reciclagem que afirma que em 1999 o Brasil produziu em média 241.614 toneladas de lixo diariamente e que o volume de latas de alumínio correspondia a apenas 1% deste total, não sendo significativa sua reciclagem para alongar a vida útil dos depósitos de lixo. Cita ainda, que mesmo o Brasil sendo o campeão em reciclagem de latas de alumínio a contribuição para a economia de bauxita representa algo em torno de 0,02% do que é extraído no País.

Apesar da polêmica, a reciclagem vem desempenhando um papel fundamental na preservação dos recursos naturais, em especial os não - renováveis, pois expande a vida útil das reservas de matéria-prima. Os papéis reciclados, por exemplo, além de evitar uma quantidade maior de derrubada de árvores para a fabricação desse produto, contribui diretamente para reduzir a quantidade de gases nocivos que intensificam o efeito estufa, pois as árvores que seriam utilizadas para a fabricação de novos papéis, absorverão mais CO₂ e reduzirão a quantidade desses gases na atmosfera. Nesse processo há uma redução de materiais que iriam para o Aterro e lixões a céu aberto, na redução de energia, no melhor consumo e utilização das

matérias - primas nas indústrias, na geração de emprego e renda com a coleta seletiva para as pessoas menos favorecidas e na conscientização da população quanto à questão ambiental.

3.6 LEGISLAÇÃO E RESÍDUOS SÓLIDOS

A Constituição Federal determina a competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios para proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas (Art. 23, inciso VI, CF.). O Artigo 225 destaca que “... *Todos têm direito ao ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.*”

De acordo com a Constituição Brasileira de 1988, Art. 23, Inciso IX, os municípios são os principais responsáveis para prestar os serviços de limpeza urbana, garantindo para a população a coleta, o transporte, o acondicionamento, o tratamento e a disposição final. A Tabela 5 abaixo mostra a responsabilidade de cada competência sobre diferentes tipos de lixo.

TABELA 5 - Responsabilidade pelo Gerenciamento do lixo

Tipos de Lixo	Responsável pelo Gerenciamento até a Destinação Final
Domiciliar	Prefeitura Municipal
Comercial	Prefeitura Municipal
Público	Prefeitura Municipal
Hospitalar	Gerador
Especial	Gerador
Industrial	Gerador
Agrícola	Gerador

Fonte: GRIPPI (2001).

No Congresso Nacional está em tramitação o Projeto de Lei sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos, apesar de alguns estados brasileiros, como São Paulo e Pernambuco já possuírem suas políticas estaduais.

De acordo com Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (2001, p.20), há três vertentes legislativas importantes para a instrumentalização do sistema de limpeza urbana, quais sejam:

- ✓ A primeira, de ordem política e econômica, estabelece as formas legais de institucionalização dos gestores do sistema e as formas de remuneração e cobrança dos serviços;
- ✓ A segunda, conformando um código de posturas, orienta, regula, dispõe procedimentos e comportamentos corretos por parte dos contribuintes e dos agentes de limpeza urbana, definindo ainda processos administrativos e penas de multa;
- ✓ A terceira vertente compõe o aparato legal que regula os cuidados com o meio ambiente de modo geral no país e, em especial, o licenciamento para a implantação de atividades que apresentem risco para a saúde pública e para o meio ambiente.

A Resolução CONAMA nº. 01/86 define ainda a responsabilidade e critérios para avaliação de impactos ambientais⁶ e define as atividades que necessitam de Estudo de Impacto Ambiental – EIA e Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Dentre elas pode-se destacar as formas de disposição final dos resíduos sólidos, como o aterro sanitário, a compostagem e outros. O Licenciamento Ambiental é uma exigência da Legislação Federal e Estadual, passando pela audiência pública, tendo como etapas a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades que utilizam os recursos ambientais, além das possíveis degradações ambientais.

Em Maceió, de acordo com o Código de Limpeza Urbana, lei 4301/94, em seu artigo 4º, era incumbência da COBEL o cumprimento das normas específicas ao tratamento do tema. Atualmente o Sistema de Limpeza Urbana de Maceió é fiscalizado pela SLUM, que realiza seus trabalhos em parceria com duas empresas particulares, a Viva Ambiental e a LIMPEL.

De acordo com o Documento Geral da Superintendência de Limpeza Urbana de Maceió – SLUM - ela integra a Administração indireta do município de Maceió, sendo uma entidade Autárquica, com personalidade jurídica de Direito Público interno, patrimônio e receita próprios com gestão financeira descentralizada e vinculada a Secretaria Municipal de Infra-Estrutura.

⁶ Existem outras Resoluções CONAMA e Normas da ABNT que tratam dos Resíduos Sólidos, sendo elas: CONAMA – 008/91, 006/91, 011/86, 237/97, 004/95, 005/88, 002/91, 257/99, 006/88, 258/99, 005/93, 275/01, 283/01 e Normas da ABNT – NBR 10.004, NBR 1005, NBR 1006, NBR 1007, NBR 13896, NBR 1057, NB 1025, NBR 8849, NB 844, NBR 8418, NB 842, NBR 8419, NB 843.

Acredita-se que os serviços de limpeza não envolvem apenas o poder público e suas competências, mas também toda a população, que pode ajudar a minimizar a quantidade de lixo gerada, seja na forma de reaproveitamento dos materiais, redução do seu uso, separação de materiais recicláveis dos orgânicos para a reciclagem dos mesmos, além da disposição em locais adequados que não seja as ruas, terrenos baldios ou praias e lagos.

As leis ambientais podem ser cumpridas, com punições aplicáveis a qualquer infrator, sejam cidadãos ou empresas, e a sociedade pode se conscientizar da importância da preservação ambiental, respeitando-a, exigindo seus direitos e cobrando dos governantes por melhorias e saneamento adequado, pois não adianta separar seu lixo se não houver locais para tratamento e disposição e muito menos políticas públicas que incentivem a separação desse material, com coletores específicos para cada material (vidro, papel, restos de alimentos) em pontos estratégicos da cidade (escolas, igrejas, praças, comércio).

O que ocorre é que, ao ser feita a triagem nas residências ou empresas, o caminhão coletor mistura novamente os materiais recicláveis com os orgânicos e descartáveis, o que torna frustrada a tentativa de triagem. Entende-se que uma ampla divulgação na imprensa falada e escrita para explicar as pessoas sobre a importância do saneamento e da coleta seletiva e seus benefícios, além da educação ambiental presente no currículo escolar seja uma boa alternativa. A limpeza urbana tem que ser vista com mais responsabilidade e é um dever de todos contribuir para o melhor gerenciamento do lixo.

4 - BIOGÁS DO LIXO URBANO

4.1 ORIGEM E UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS COMO ENERGIA ELÉTRICA

O nome “biogás” é dado a uma mistura gasosa formada pela decomposição da matéria orgânica do lixo e de alguns elementos, sendo o principal componente o gás metano (CH₄). O gás metano é um gás inodoro, cumulativo, combustível, chegando a ser altamente explosivo em concentrações de 5% e 10% (inclusive há registros de acidentes com vítimas fatais). Por ser altamente combustível, ele é 21 vezes mais danoso para a atmosfera do que o dióxido de carbono (CO₂). O biogás pode ser obtido através dos resíduos sólidos (lixo urbano), esgotos, esterco de animais (no meio rural) ou dos resíduos das indústrias (TOLMASQUIM, 2003).

A Tabela 06 mostra a composição do biogás.

TABELA 6 – Composição do Biogás (%)

Componentes	Teores limites (%)	Teores médios (%)
Metano	54-77	67
Gás Carbônico	14-34	30
Nitrogênio	0-9	3
Hidrogênio	0-11	3
Oxigênio	0-2	0,4
Gás Sulfídrico	0,004-0,9	0,01

Fonte: GESRAD, 2004

A utilização, a origem e o conhecimento sobre o biogás são bem antigos; ele era utilizado para aquecer a água de banho na Assíria no século 10 a.C, na Pérsia no século XVI e em 1667 ficou conhecido como “Gás dos Pântanos”. Em vários países asiáticos, em especial na Índia e na China, o biogás era muito utilizado, sendo obtido a partir de um biodigestor⁷ que era construído no quintal das casas e era abastecido pelos esgotos domésticos. O gás obtido era utilizado tanto como gás de cozinha como energia elétrica (COSTA, 2006).

Magalhães (1986) relata que em 1980 existiam na Índia 150 mil biodigestores e na China estavam funcionando 4.500 unidades. Na Inglaterra, na cidade de Exter, houve a primeira

⁷ Os biodigestores funcionam com mistura de água, esterco animal e/ou fibras vegetais (capim, cascas, etc.). Os resíduos sólidos e líquidos resultantes do processo formam um excelente adubo de larga aplicação na agricultura.

experiência europeia com a utilização do biogás para iluminar as ruas, em 1895. Após a II Guerra Mundial o biogás também foi bastante utilizado com essas finalidades devido à grande carência energética.

Por um longo tempo, o biogás ficou esquecido devido os derivados de petróleo apresentarem custos mais compensadores e essa forma de energia propiciar grandes adventos tecnológicos. Com o cartel da OPEP e as sucessivas crises do petróleo, ocorrida em 1973 e 1979, acarretando o aumento nos preços e uma redução no produto, os países importadores de petróleo passaram a desenvolver novas técnicas de fontes de energia alternativa que substituíssem a utilização do petróleo (como exemplo, a utilização do álcool na indústria automobilística brasileira), ficando o biogás numa posição de menor destaque (MAGALHÃES, 1986).

Na década de 90, com as pressões dos movimentos ecológicos, houve uma conscientização quanto às questões ambientais e, conseqüentemente, uma preocupação em relação ao consumo de energia. Atualmente, buscam-se fontes alternativas de energia que sejam menos agressivas ao homem e ao meio ambiente e que possam substituir o consumo de combustíveis fósseis, em parte ou completamente. O biogás é uma dessas energias alternativas, sendo utilizado tanto no meio rural quanto no meio urbano. Ele pode ser transformado em gás natural, energia elétrica, energia para aquecer equipamentos em indústrias e outras utilidades.

No meio rural o biogás é obtido a partir do esterco dos bovinos, aves e principalmente dos suínos. Como os dejetos desses animais possuem uma grande quantidade de gás metano, então eles são utilizados para gerar energia e as sobras são aproveitadas como adubo. Um exemplo citado por Costa (2006) mostra um rebanho com 100 vacas, que produz 2.500 kg de estrume por dia, gerando 100 m³ de biogás. Essa energia equivale a 3 botijões de gás (GLP) e pode resultar em ganhos anuais de R\$ 24.000 com a produção do biogás e R\$ 40.000 em fertilizantes. Isto é um valor mínimo se comparado com fazendas onde o rebanho ultrapassa esse número, além do tipo de animal. Se for uma criação de suínos, segundo o autor a quantidade de biogás é maior (chegando ao equivalente a 6 GLP) e o valor de ganhos e fertilizantes também aumentam.

Ainda de acordo com Costa (2006), esse tipo de energia é mais acessível por que os materiais usados são improvisados e adaptados, o que torna mais barato os custos com implantação, ao invés da importação de materiais e equipamentos mais caros. Porém, algumas desvantagens podem ser consideradas, tais como a qualidade, durabilidade e confiabilidade do biodigestor criado.

A Figura 13 mostra como é obtido o biogás no meio rural.

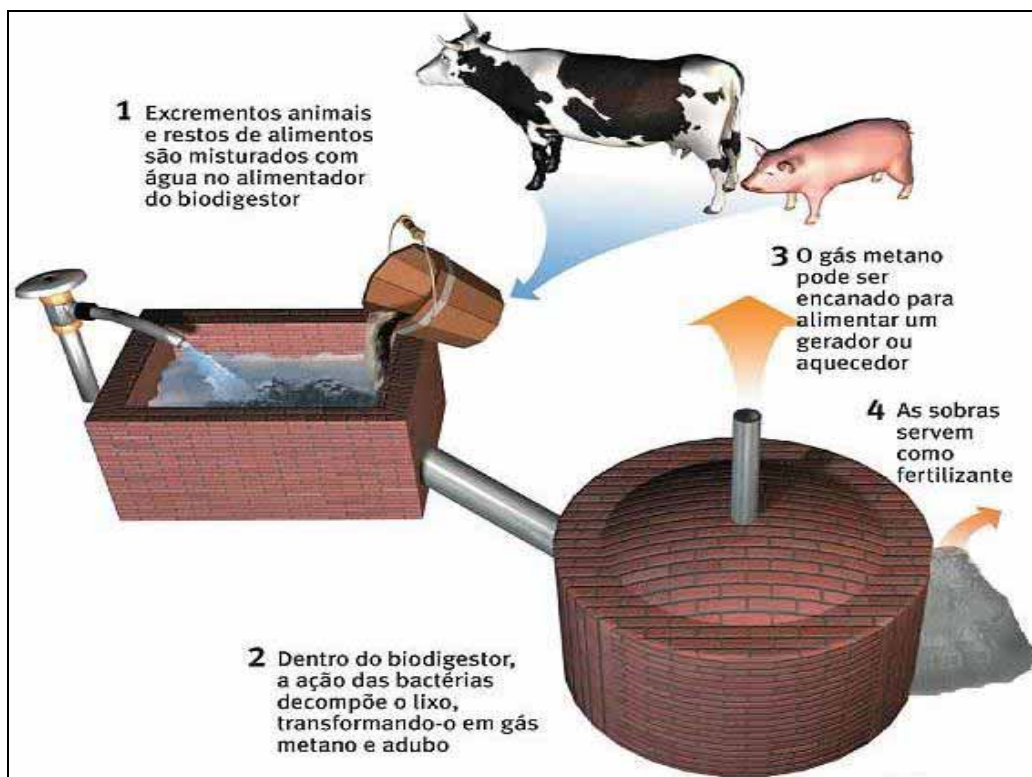


Figura 13 – Exemplo de biodigestor no meio rural. (Disponível em < <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/55/Biodigestor.JPG>>, acesso dia 21/07/2008).

No meio urbano a utilização do lixo urbano para gerar energia elétrica está ganhando um maior destaque. Essa forma de energia vem sendo utilizada em vários países e também em alguns estados do Brasil devido as suas vantagens e importância.

Além de ser uma fonte de energia alternativa existe também a possibilidade de agregar-se valor ao material que compõe o lixo, tanto o orgânico quanto o inorgânico, podendo ser

utilizado na produção de energia elétrica e gerar receitas, seja na comercialização dos créditos de carbono, segundo mecanismos do Protocolo de Kyoto ou em outros mercados internacionais, e na economia de energia elétrica obtida a partir de combustíveis fósseis.

Para Tolmasquim (2003), o aproveitamento energético do lixo urbano pode gerar riquezas, empregos, ser uma arma eficaz contra a poluição, além de gerar energia elétrica adicional para o país. Alguns benefícios da utilização do biogás proveniente do lixo como energia são citados a seguir:

4.1.1 Benefícios Sociais:

“... a coleta seletiva seria extremamente ideal, uma vez que a maioria das atividades envolvidas no processo de coleta, reciclagem e geração de energia demanda de mão de obra pouco qualificada (catadores, sucateiros, produtores independentes de energia, etc.). Além de diminuir a quantidade de resíduos nos lixões, milhares de empregos seriam criados em programas de coleta seletiva, cujos custos de implantação seriam muitas vezes menores do que os custos das atividades para a produção dos insumos substituídos...”. (TOLMASQUIM, 2003, p.96).

A utilização do biogás seria muito importante, devido a criação de empregos nas usinas de energia, podendo aproveitar a mão de obra dos catadores e incentivar ainda mais a coleta seletiva.

Calderoni (2007) acrescenta que as famílias que moram próximas ao aterro ou ao incinerador energético se beneficiariam com a energia elétrica, pois elas não precisariam fazer ligações clandestinas para se abastecer.

4.1.2 Benefícios Ambientais:

Para a escala ambiental são citadas algumas vantagens do uso do biogás:

- ✓ Energia alternativa e renovável;
- ✓ Redução dos gases causadores do efeito estufa na atmosfera;
- ✓ Combate a poluição do solo e dos lençóis freáticos;

- ✓ Redução do consumo de combustíveis fósseis para gerar eletricidade e consequentemente a redução do lançamento de CO₂ na atmosfera, pois o mesmo intensifica o efeito estufa;
- ✓ Aproveitamento do potencial energético do lixo (mais precisamente do gás metano), reduzindo a quantidade de lixões a céu aberto e todos os impactos correlatos;
- ✓ Redução da quantidade de vazadouros de lixo, eliminando odores indesejáveis, doenças, roedores e moscas;
- ✓ O biogás pode ser utilizado como energia elétrica, gás de cozinha e gás veicular;
- ✓ A não-emissão de cerca de 10 milhões de litros de CH₄ para a atmosfera, o gás mais danoso que o dióxido de carbono (CO₂) (CALDERONI, 2007);
- ✓ Conservação de matéria-prima e energia.

4.1.3 Benefícios Econômicos:

- ✓ Possibilidade de ganhos no mercado internacional (Protocolo de Kyoto ou Chicago Climate Exchange – CCX);
- ✓ Fonte adicional e permanente de energia elétrica ou aquecedores para as indústrias, o que reduziria os gastos na importação de gás natural (TOLMASQUIM, 2003);
- ✓ Venda do biogás para empresas terceirizadas;
- ✓ A energia elétrica proveniente do biogás seria distribuída aos grandes centros urbanos devido à proximidade, o que ocorreria economia de energia nas linhas de transmissão (TOLMASQUIM, 2003);
- ✓ Com a coleta seletiva haveria a redução na distância percorrida pelos caminhões de coleta, economizando tempo e dinheiro com combustível;
- ✓ Os investimentos podem ser feitos por empresas terceirizadas que extrairiam o biogás e transformariam em energia elétrica, repassando para a prefeitura parte do valor obtido;
- ✓ A coleta seletiva geraria receitas adicionais para o município;
- ✓ Custos competitivos porque o combustível renovável está cotado em moeda nacional (TOLMASQUIM, 2003);
- ✓ O uso do biogás complementaria as usinas termelétricas que utilizam gás natural ou petróleo, reduzindo o consumo de combustíveis fósseis (TOLMASQUIM, 2003).

O Informativo Recicloteca (2001) faz a comparação energética do biogás com alguns combustíveis, em que 1 m³ de biogás equivale a:

- ✓ 0,454 kg de gás liquefeito de petróleo (gás de cozinha);
- ✓ 0,553 litros de óleo diesel;
- ✓ 0,735 kg de carvão vegetal;
- ✓ 3,429 kg de xisto;
- ✓ 1,538 kg de lenha;
- ✓ 0,790 litros de álcool combustível;
- ✓ 1,429 KWh de energia elétrica;
- ✓ 0,613 litros de gasolina.

A Tabela 07 mostra a quantidade necessária de biogás para suprimento energético.

TABELA 7 – Quantidade de Biogás necessário para suprimento energético

QUANTIDADE DE BIOGÁS NECESSÁRIO PARA SUPRIMENTO ENERGÉTICO	
Para Cozinhar	0,24 - 0,33 m ³ / dia / pessoa
Para Iluminação	(40 velas) 0,283 m ³ / hora
Para Eletricidade	(1 KWh) / 0,62 m ³
Para Motores	0,424 m ³ / hora

Fonte: Recicloteca, 2001.

Por decisão da ANEEL (2008), a potência máxima instalada dos empreendimentos incluídos no programa equivale a 270 KW, sendo essa potência suficiente para abastecer 60 estabelecimentos com consumo mensal médio de 150 KW.

4.2 ALGUNS PAÍSES E CIDADES BRASILEIRAS QUE UTILIZAM O BIOGÁS PROVENIENTE DO LIXO URBANO COMO ENERGIA ELÉTRICA

Em países como os Estados Unidos e Reino Unido, existem programas de recuperação de metano que reduzirão as emissões nas próximas décadas, havendo assim dois ganhos:

ambiental, pela redução de gases que serão lançados na atmosfera, e econômico, pelas receitas que serão geradas por essa forma de energia (TOLMASQUIM, 2003).

Em 1981 foram iniciados no Reino Unido projetos de aproveitamento do biogás para uso comercial, substituindo combustíveis fósseis. Em 1993 haviam 13 projetos com o uso do biogás e 42 instalações que já estavam utilizando o gás do lixo como eletricidade (ENSINAS, 2003).

De acordo com Henriques (2004), atualmente existem cerca de 950 plantas que utilizam o biogás proveniente do aterro sanitário em todo o mundo, diversas plantas que utilizam a incineração como forma de obter energia elétrica, além de outras tecnologias que transformam lixo urbano como energia. Os dados não são exatos, pois não é possível obter dados concretos em todos os países no mundo. Em países como a China, Índia e Nepal, a tecnologia está muito consolidada, existindo inúmeras plantas para obtenção de energia elétrica, principalmente no meio rural.

Nos Estados Unidos, a companhia DTE Energy Company abastece algumas cidades norte-americanas com a energia do metano, obtido dos aterros sanitários, abastecendo mais de 300.000 mil casas (COSTA, 2006).

A Tabela 08 mostra os países que utilizam Aterros Sanitários energéticos e sua quantidade aproximada.

TABELA 8 – Países que utilizam aterro sanitário energético.

PAÍSES	NÚMERO APROXIMADO DE PLANTAS
China	3
República Checa	5
Hungria	5
Brasil	6
França	10
Espanha	10
Suíça	10
Finlândia	10
Polônia	10
Áustria	15
Noruega	20
Dinamarca	21
Canadá	25
Austrália	25
Itália	40
Holanda	60
Suécia	70
Inglaterra	135
Alemanha	150
Estados Unidos	325
Total	955

Fonte: Henriques, 2004.

De acordo com Mattos e Granato (2005), em Madri as usinas geram energia a partir do lixo abastecendo 50 mil habitantes. Na Califórnia, o biogás dos Aterros Sanitários de Burnbanks e Lopez Canyon é utilizado para aquecer os digestores do próprio aterro. Em Barcelona e Bélgica são utilizados incineradores para gerar energia elétrica (COSTA, 2006).

No Brasil, o número de projetos para a obtenção de energia elétrica a partir do biogás está aumentando devido às receitas geradas e pela necessidade de outras fontes alternativas de energia, que estão recebendo inúmeros incentivos, tanto nacionais quanto internacionais.

Ensinas (2003) cita duas experiências que ocorreram há alguns anos; A Companhia de Gás da São Paulo distribuía gás de um aterro sanitário para um conjunto residencial próximo ao local, enquanto que o Aterro Caju, localizado no Rio de Janeiro, em 1977 juntamente com a Companhia Estadual de Gás e a Companhia Municipal de Limpeza Urbana, coletava o biogás e adicionava ao gás natural para abastecer a cidade carioca.

Segundo a ANEEL (2008) existiam três usinas termelétricas movidas a biogás. A primeira delas foi a Usina Bandeirantes localizada na cidade de São Paulo, com capacidade de 20 MW, que foi considerada em 2003, ano de sua inauguração, como a maior usina do mundo movida a biogás. A segunda é a Usina São João, localizada no Aterro em São Paulo, com potência de 24,6 MW, seguida da Energ Biog, com potência de 30 KW, localizada na cidade de Barueri, São Paulo. O Aterro de São João vai transformar em energia elétrica o biogás de 26 milhões de toneladas de lixo depositados no aterro no período de 1992 a 2007, além de gerar créditos de carbono.

Atualmente muitos aterros têm se destacado não só pela queima do biogás ou para geração de energia elétrica, como também na comercialização de créditos de carbono; o Aterro de VEGA, Salvador, foi aprovado no MDL para comercialização dos créditos de carbono, sendo o período de geração de créditos de 2004 a 2019. O Aterro Estre Paulínia, em Campinas, venderá créditos de carbono para o governo italiano. O aterro ONYX, em Tremembé, São Paulo, também foi aprovado para comercialização dos créditos de carbono, no período de 10 anos. O Aterro de Lara em Mauá, São Paulo, recebe 40 mil toneladas por mês de resíduos de vários municípios da região e é administrado pelo Grupo Lara, que elabora projetos de geração de energia elétrica utilizando o biogás (CEPEA, 2004).

De acordo com informações da Eletrobrás (2007), a Usina Nutepa, em Porto Alegre, pretende transformar biogás em energia elétrica com o auxílio da Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica, localizado na entrada de Porto Alegre. Neste local são recebidos 600 T/dia de lixo orgânico, tratados no aterro.

O Aterro de Nova Iguaçu/RJ venderá o biogás no mercado de créditos de carbono para o governo holandês no valor de 8,5 milhões de euros. Esse aterro foi o primeiro aprovado pela ONU para a comercialização dos créditos de carbono, possui 550 mil metros quadrados e recebe diariamente 1.500 toneladas de lixo. A geração de créditos será de 21 anos e a empresa responsável pelo aterro, a NovaGerar, deverá lucrar mais de 20 milhões de dólares nesse período (CARBONO BRASIL, 2007).

O Aterro Bandeirantes, em São Paulo, é um dos maiores aterros do mundo, seguido dos aterros de Londres, Paris e Barcelona. A tecnologia é da Empresa holandesa Van Der Wiel, presente nos Aterros Sanitários de Londres, Barcelona, Paris e Roterdã.

O Aterro Bandeirantes recebe 7.000 toneladas diárias de lixo e tem uma estimativa de receber 30 milhões de toneladas de lixo até 2006, com uma produção estimada de energia de 170 mil Mwh, o suficiente para abastecer uma cidade de 400.000 habitantes. O custo do projeto foi de 60 milhões de reais, financiados pelo Unibanco, Empresa Biogás e a Eletropaulo, além do apoio da Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. O tempo de depreciação da tecnologia é de 15 anos (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2004). O retorno financeiro que essa tecnologia poderá trazer ao município e as empresas colaboradoras são:

Para o Unibanco: O não pagamento da energia, pois a energia do biogás abastecerá cerca de mil agências em SP. O que é produzido pela usina é jogado na rede e abatido na conta final.

Eletropaulo: A regularização do abastecimento de milhares de famílias que vivem próximas ao aterro e que possuem ligações clandestinas, os famosos “gatos”.

Empresa Biogás: Ganhos através da comercialização dos créditos de carbono e pela energia gerada. 50% para a empresa e 50% para o município.

De acordo com os técnicos da CESTEB, o maior empecilho para a implantação dessa tecnologia foi o custo de implantação, não sendo o valor divulgado.

A Usina Verde, localizada no Rio de Janeiro, é um exemplo de utilização da incineração como forma de obter energia elétrica. Toda tecnologia é brasileira, possuindo a Usina Verde as patentes. O módulo sai pelo menos 50% mais barato que similares importados, já que não há o pagamento de royalties. Trinta toneladas diárias de lixo produzem 0,7 MW (ANEEL, 2008). O custo para a implantação da tecnologia é de 19,5 milhões de reais e o retorno do negócio se dá em 6 ou 7 anos após o início da produção de energia. De acordo com os técnicos da Usina Verde, o maior empecilho para a implantação dessa tecnologia é o custo, mas as prefeituras podem solicitar linhas de financiamento a longo prazo para as áreas de saneamento e energia elétrica do BNDES para garantir recursos para o projeto.

4.3 PRINCIPAIS TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS NO MERCADO PARA A CONVERSÃO DO BIOGÁS DO LIXO URBANO EM ENERGIA ELÉTRICA

De acordo com Tolmasquim (2003) as tecnologias para a conversão do biogás em energia elétrica são quatro: Aproveitamento do gás do lixo (GDL) obtido a partir do aterro sanitário, incineração, tecnologia DRANCO e tecnologia BEM (Biomassa – Energia - Materiais). A tecnologia DRANCO associa compostagem com aproveitamento do biogás e a tecnologia BEM é a única que não é comercializada. Neste capítulo serão enfocadas as principais tecnologias que estão sendo muito utilizadas no país, que é a do gás do lixo proveniente dos aterros sanitários e o da incineração.

Para Leme (1984), o conhecimento da composição do lixo é muito importante para definir qual tecnologia será utilizada para a produção do biogás em energia elétrica, sendo a composição do lixo dividida em física e química. A composição física mede o grau de umidade do lixo, sendo importante para avaliar o potencial energético dos resíduos sólidos. A composição química avalia o potencial energético dos elementos no lixo. Há elementos que são incombustíveis, enquanto que outros são extremamente combustíveis. A Tabela 09 mostra o grau de umidade de alguns elementos que encontramos nos resíduos sólidos urbanos.

TABELA 9 – Grau de umidade de alguns componentes

COMPONENTES	% DE UMIDADE
Restos de alimentos	50 - 80
Papel	4 - 10
Papelão	4 - 8
Plásticos	1 - 4
Materiais Têxteis	6 - 15
Borrachas	1 - 4
Couros	8 - 12
Madeira	15 - 40
Vidro	1 - 4
Folha de Flandes	2 - 4
Metais não-ferrosos	2 - 4
Metais Ferrosos	2 - 6
Lama, cinzas, tijolos	6 - 12
Lixo municipal	15 - 40

Fonte: Leme, 1984.

Percebe-se pela Tabela 09 que os elementos que mais possuem umidade são os restos de alimentos e a madeira, ambos orgânicos, e são esses que sofrerão a decomposição das bactérias anaeróbicas e gerarão o biogás.

A Tabela 10 mostra os componentes normalmente encontrados no lixo urbano e o percentual dos principais elementos químicos presentes nestes componentes. Estes elementos que servem como parâmetro para a combustão, que são: carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, enxofre e as cinzas existentes.

TABELA 10 – Percentual do combustível dos Resíduos Sólidos (%)

COMPONENTES	C	H	O	N	S	CINZA
Restos de alimentos	48,0	6,4	37,6	2,6	0,4	5,0
Papel	43,5	6,0	44,0	0,3	0,2	5,0
Papelão	44,0	5,9	44,6	0,3	0,2	10,0
Plásticos	60,0	7,2	22,8	-	-	10,0
Materiais têxteis	55,0	6,6	31,2	4,6	0,15	2,5
Borracha	78,0	10,0	-	2,0	-	10,0
Couro	60,0	8,0	11,6	10,0	0,4	10,0
Madeira	49,5	6,0	42,7	0,2	0,1	1,5
Lama, cinzas, tijolos.	26,3	3,0	2,0	0,5	0,2	68,0

Fonte: Leme, 1984.

Percebe-se pela Tabela 10 que os elementos que possuem maior poder calorífico são os inorgânicos, tais como borracha, plástico e couro por apresentarem maior percentual de carbono (C).

A Tabela 11 mostra o potencial energético contido em materiais orgânicos e inorgânicos encontrados normalmente no lixo.

TABELA 11 – Energia liberada em materiais orgânicos e inorgânicos encontrados no lixo municipal

MATERIAL	QUANTIDADE DE LIXO (TONELADA)	ENERGIA LIBERADA (MW)
Orgânico	210	2,5
Inorgânico	140	3,5
Total	350	6,0

Fonte: Calderoni, 2007.

Calderoni (2007) comenta que, apesar da quantidade de materiais inorgânicos serem menor que o orgânico, eles possuem mais energia devido ao maior percentual de carbono, tais como borracha, couro e plástico. Com essa quantidade de energia, é possível abastecer 60 mil residências de consumo médio de 60KWh no mês.

A seguir são apresentadas as principais tecnologias para a conversão dos resíduos sólidos em energia elétrica: o gás do lixo (GDL) obtido a partir do aterro sanitário e a incineração.

4.3.1 Aterro Sanitário

O Aterro Sanitário é uma das formas mais simples e mais utilizadas para destinação final do lixo, sendo muito utilizado no Brasil e em vários países do mundo. Atualmente estudos apontam o aproveitamento do biogás (o conhecido também como gás do lixo – GDL) obtido a partir do aterro sanitário excelente recurso para gerar energia elétrica.

Os aterros sanitários eram construídos para colocar o lixo e deixá-los, porque acreditava-se que apenas o enterrando já solucionava a questão da disposição. Porém o lixo sai na forma de gás metano, que escapava pelas áreas próximas ao aterro ou emanava pela superfície, o que ocasionava a combustão espontânea quando tem um excesso de biogás. Há também a produção de chorume, um líquido que sai do lixo e contamina os lençóis freáticos, além de outros males ocasionados pela má disposição.

Borba (2002) relata que nesses aterros, para resolver o problema da produção do biogás que causa transtornos para a população, os técnicos injetam oxigênio para matar as bactérias anaeróbicas. Com elas mortas não há a produção de biogás por um bom tempo. Porém, terminado o oxigênio, as bactérias ganham vida e recomeçam o processo de decomposição da matéria orgânica, produzindo mais gás metano.

Ensinas (2003) comenta que um aterro mal estruturado e mal construído pode ocasionar prejuízos tanto para a vegetação quanto para o homem. Os efeitos negativos podem aparecer

na forma de incêndios, explosões, odores indesejáveis e inalação de gases tóxicos, inclusive com risco de câncer ou outras doenças que atacam o fígado, rins, pulmões e o sistema nervoso central.

Os aterros sanitários bem estruturados obedecem a uma norma técnica e regulamentações do município. A construção do aterro dependerá do tipo de lixo, do custo do tratamento e do custo de sua disposição. Os aterros têm que possuir tubos para a coleta do biogás e havendo um tratamento ele pode ter um valor energético e o investimento feito pelo município pode ter um retorno mais rápido (HENRIQUES, 2004).

A Figura 14 mostra um caminhão descarregando resíduos dentro de um aterro sanitário, enquanto que a Figura 15 mostra a estrutura de um aterro sanitário, com os equipamentos essenciais para sua execução.



Figura 14 – Caminhão coletor descarregando lixo dentro de um Aterro Sanitário (GOOGLE, 2009).

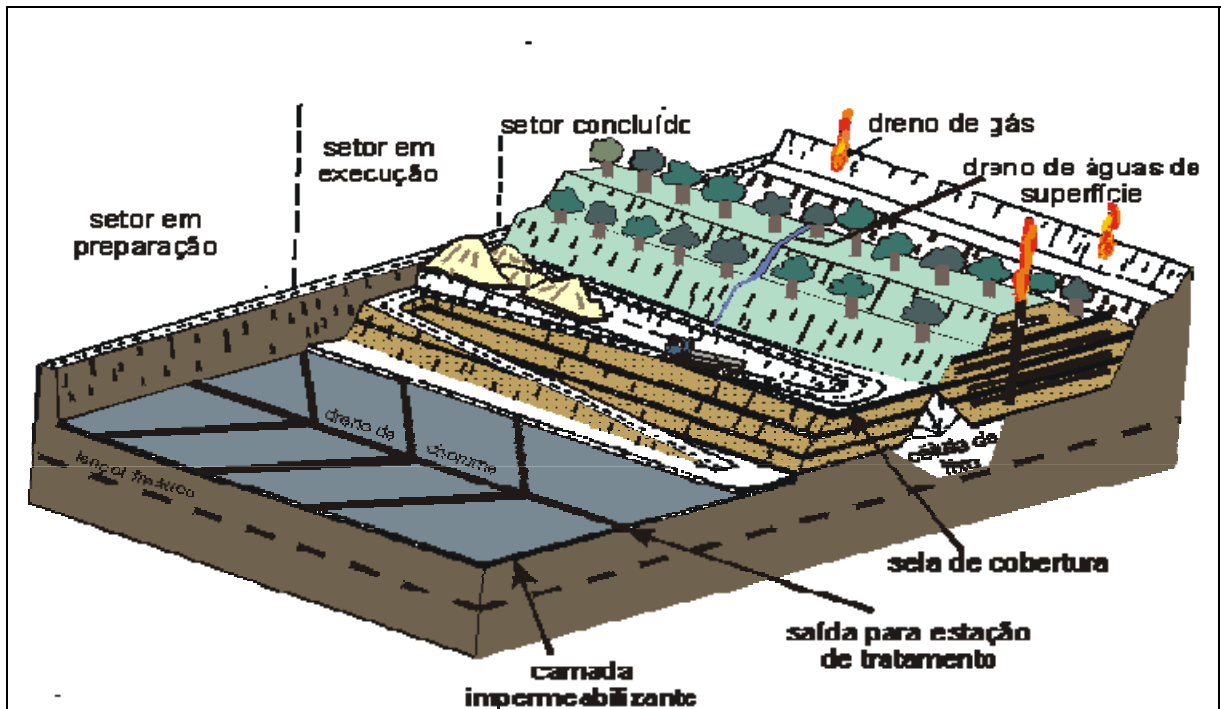


Figura 15 – Estrutura de um aterro sanitário.

No Aterro Sanitário ocorre um processo natural de decomposição, onde as bactérias se alimentam da matéria orgânica existente no interior do aterro. O processo natural de reciclagem pode ser desempenhado por bactérias aeróbicas ou anaeróbicas. No início do aterro há uma grande quantidade de oxigênio, predominando as bactérias aeróbicas. Essas bactérias transformam a matéria orgânica em compostos mais simples, como potássio e cálcio. Encerrado o oxigênio no interior do aterro, as bactérias aeróbicas morrem, dando lugar as bactérias anaeróbicas, que sobrevivem na ausência de oxigênio. Essas bactérias são extremamente importantes, pois são elas as responsáveis pela produção do gás metano, formando o Biogás ou GDL (gás do lixo).

Segundo Tolmasquim (2003), coletado o GDL o proprietário tem duas opções: ou queimá-lo para evitar que o metano intensifique o efeito estufa, ou transformá-lo em energia elétrica, seja para uso da própria prefeitura, seja para venda. As duas opções gerarão receitas, porém na segunda opção o retorno financeiro é mais rápido.

Para haver a transformação do GDL em energia elétrica tem que haver um sistema padrão de coleta, contendo poços de coleta, tubos condutores, sistema de tratamento e compressor. É

essencial, além desses equipamentos o uso de *flare*. *Flare* é um equipamento que queima o excesso de GDL, impedindo que este escape para a atmosfera, intensificando o efeito estufa devido as grandes concentrações de gás metano. Ele é utilizado também no período de manutenção do equipamento. Com a simples queima do biogás, mesmo sem aproveitá-lo para energia, há uma redução significativa de lançamento de CH_4 para a atmosfera, podendo haver receitas pela não emissão desse gás (TOLMASQUIM, 2003)

A Figura 16 mostra a queima do biogás no Aterro Sanitário através do *flare*, evitando que este escape para a atmosfera.



Figura 16 – Queima do Biogás através do flare (GOOGLE, 2009).

Ensinas (2003) acrescenta que alguns fatores são importantes na transformação do biogás em energia obtido a partir do aterro sanitário. Dentre eles destacam-se:

- ✓ **A composição do lixo:** a quantidade de matéria orgânica é essencial para a produção do biogás, pois eles são fundamentais para o aparecimento das bactérias anaeróbicas que farão à decomposição desses resíduos e produzirão o metano;

- ✓ **A umidade:** Quanto maior a umidade, mais rápida a decomposição da matéria orgânica;
- ✓ **A idade do lixo:** Os resíduos mais antigos possuem mais atividade biológica do que os recentes;
- ✓ **A temperatura:** tem que estar acima de 20°C.

De acordo com o Informativo Recicloteca (2001), quanto maior o percentual de gás metano, mais puro será o gás e maior será seu poder calorífico (de 5.000 a 7.000 kcal/m³). Se houver a retirada de dióxido de carbono (CO₂) o gás liberará mais energia na queima. Oliveira (2004) acrescenta que o aproveitamento energético do biogás produzido em aterros sanitários chega a ser de 85% do biogás disponível no local.

Borba (2002) comenta que o biogás do aterro pode ser engarrafado, sendo tão bom quanto o gás natural, o gás natural possui 90% de CH₄, enquanto que o biogás possui 60% , e a vantagem do biogás em relação ao gás natural é que o biogás é uma energia renovável, enquanto que o gás natural é um combustível fóssil.

De acordo com o IBAM (1999), para o biogás ser explorado comercialmente através da recuperação de sua energia, o aterro deve receber 200 toneladas de resíduos por dia, ter uma capacidade mínima de 500.000 toneladas e uma altura mínima de 10 metros. Diversos autores citam as vantagens do aterro sanitário como forma de obtenção de energia. Dentre elas destacam-se:

- ✓ O uso energético é o mais simples, devido a sua tecnologia já consolidada, sendo amplamente utilizada em vários países. O sistema é de fácil operação e implantação;
- ✓ Baixo custo na implantação se comparados ao incinerador (TOLMASQUIM, 2003);
- ✓ Para cidades pequenas, que possuem uma produção de lixo menor, o uso do GDL é apropriado (BORBA, 2002);
- ✓ O poder calorífico é de aproximadamente 5.800 kcal (HENRIQUES, 2004);

Segundo Borba (2002), as desvantagens para a utilização do aterro sanitário como forma de obtenção de energia elétrica são:

- ✓ Se não houver coleta seletiva, muitos materiais recicláveis serão perdidos dentro do aterro, aumentando o volume do lixo e reduzindo sua vida útil;
- ✓ Mesmo depois de encerrada sua vida útil, o aterro fica biologicamente ativo até por 100 anos, emanando gases tóxicos. Além disso, a área do aterro estará apta para utilização enquanto houver atividade biológica dentro dela;
- ✓ Requer longo período de manutenção;
- ✓ A tecnologia às vezes é importada, o que requer pagamento de royalties. Os equipamentos podem ser adquiridos no Brasil, mas a mão de obra especializada tem que ser importada (OLIVEIRA, 2004).

4.3.2 Incineração

A Incineração é uma prática que existe há mais de 100 anos, sendo a primeira unidade instalada na Inglaterra em 1874 para a queima do lixo urbano. Antes era apenas uma técnica utilizada unicamente para a redução do volume do lixo, sem a preocupação com os gases emitidos, havendo assim a poluição do ar. Atualmente, além de eliminar resíduos tóxicos e perigosos (principalmente o lixo hospitalar), está sendo utilizada para gerar energia elétrica, através da queima dos componentes orgânicos e inorgânicos (PHILLIPP JR., 2004).

No Japão, cerca de 100% do lixo produzido é incinerado, devido às dimensões geográficas do país. Na Suíça e na Alemanha o valor é de 80% do lixo coletado, enquanto que em Paris 100% do lixo municipal é incinerado para aquecer a água que é fornecida para cerca de 70 mil apartamentos. Nos países do leste asiáticos, tais como Filipinas, Coréia, Taiwan, Índia e China, é cada vez mais crescente o uso de incineradores (TOLMASQUIM, 2003).

A Tabela 12 mostra o processo de incineração nos países desenvolvidos e a quantidade de incineradores que recuperam a energia dos resíduos sólidos.

TABELA 12 - Quantidade de incineradores nos países desenvolvidos

PAÍS	POPULAÇÃO (MILHÕES)	PROD. DE LIXO (MILH.T/ANO)	Nº DE INCINERADORES	% INCINERADO	RECUPERAÇÃO DE ENERGIA
Suíça	7	2,9	29	80	80% das usinas
Japão	123	44,5	1893	72	As principais
Dinamarca	5	2,6	32	65	100% das usinas
Suécia	9	2,7	21	59	100% das usinas
França	56	18,5	100	41	68% da capacidade
Holanda	15	7,1	9	39	50% da capacidade
Alemanha	61	40,5	51	30	Não informado
Itália	58	15,6	51	17	30% da capacidade
USA	248	180,0	168	19	75% das usinas
Espanha	38	11,8	21	15	24% das usinas
Reino Unido	57	35,0	7	5	25% da capacidade

Fonte: Henriques (2004).

No Brasil a primeira prática de incineração foi realizada em 1896 em Manaus. O incinerador tinha capacidade para processar 60 toneladas diárias de lixo doméstico, sendo desativado em 1958 por problemas de manutenção. Atualmente existem muitos incineradores espalhados pelo país e a prática é muito utilizada para eliminar resíduos perigosos e hospitalares.

Para uso energético existem algumas iniciativas, como no Rio de Janeiro, Campo Grande e Vitória. De acordo com Tolmasquim (2003), para haver o aproveitamento energético tem que ter o aprimoramento tecnológico, para que a prática seja economicamente viável e não cause problemas do ponto de vista ambiental.

A produção de energia elétrica a partir da incineração é dada através da combustão direta, que é um processo importante, porque através dela vai haver a queima do lixo e a obtenção de energia. A combustão direta se dá de duas formas: através do lixo in natura ou é dado algum tratamento ao lixo. O lixo in natura é o lixo que vai ser queimado da forma como vem, todo misturado. Se não houver a coleta seletiva, então será queimado todo o tipo de material, desde orgânico, inorgânico e rejeitos. O combustível obtido a partir desse processo tem menor poder calorífico que o obtido no aterro sanitário. O lixo quando recebe tratamentos passa por transformações químicas ou biológicas, aumentando o seu poder calorífico. Os componentes que são mais combustíveis são os materiais orgânicos e alguns recicláveis, como borracha, papéis, madeira e plástico (BORBA, 2002).

Tolmasquim (2003) acrescenta que para haver a queima do lixo normalmente é utilizado algum combustível auxiliar, que vai ajudar no processo. Normalmente são utilizados combustíveis fósseis, como gás natural, GLP ou óleo diesel. Dependendo do poder calorífico dos materiais, não é necessária a utilização de nenhum combustível auxiliar.

No fim do processo os resíduos da incineração são de 4% a 8% do volume original do lixo. É obtido um material esterilizado, que pode ser aproveitado na construção civil, seja na fabricação de tijolos ou em outras utilizações.

As vantagens da incineração são:

- ✓ Redução de até 90% do volume do lixo, sendo depositado até 10% do volume original dentro do aterro, diminuindo a área para o depósito, apenas necessitando de uma pequena área;
- ✓ O lixo que sobra é inerte, sem atividade biológica. Sendo assim, suas sobras podem ser reaproveitadas, como por exemplo, na indústria de cerâmica, obtendo receitas adicionais (TOLMASQUIM, 2003);
- ✓ Quanto maior a cidade, maior a produção de lixo e maior a produção do biogás, sendo economicamente viável (BORBA, 2002);
- ✓ Elimina a produção de chorume e de metano durante o processo de combustão (BORBA, 2002).
- ✓ Baixo nível de ruído e odores (OLIVEIRA, 2000);
- ✓ Pode ser instalado numa área pequena (OLIVEIRA, 2000).

A grande desvantagem dessa tecnologia, segundo Borba (2002), é o grande investimento que terá que ser feito para adquirir a tecnologia de “Cleaner”, pois somente ela é a responsável por 45% do valor do investimento total, enquanto que 55% se devem à montagem do incinerador, caldeira e turbinas. A tecnologia é extremamente necessária, pois ela é a responsável pelo tratamento dado aos gases poluentes que intensificam o efeito estufa. Calderoni (2003) acrescenta que esta tecnologia evita o lançamento de gases nocivos à atmosfera, chegando a custar R\$ 3,5 milhões.

Outras desvantagens atribuídas ao processo de incineração são (OLIVEIRA, 2000):

- ✓ Pela necessidade de contínua alimentação, é necessária uma boa quantidade de lixo. A disponibilidade de resíduos é menor que a demanda energética urbana. Sendo assim, é preciso mais resíduos para gerar mais energia e assim suprir uma cidade.
- ✓ Se não houver filtros específicos pode emitir uma maior quantidade de dioxinas e furanos na atmosfera;
- ✓ Metais tóxicos podem se concentrar nas cinzas se não houver um equipamento adequado;
- ✓ Inviável para resíduos de baixo poder calorífico;
- ✓ Umidade excessiva prejudica o poder calorífico;
- ✓ Necessidade de fabricação de fornos nacionais, uma vez que os fornos de alto desempenho são importados, o que aumentam os custos com a manutenção do equipamento e com mão-de-obra qualificada.

A polêmica atribuída à prática da incineração está relacionada ao lançamento de gases poluentes na atmosfera, em especial os Contaminantes Orgânicos Persistentes (COP), que não são vistos de forma agradável por vários especialistas e grupos ambientalistas. Segundo Calderoni (2003), as dioxinas, furanos e os metais pesados emitidos pelos incineradores são condenados pelo Convênio de Estocolmo porque além de intensificar o efeito estufa pode provocar danos à saúde, inclusive por várias gerações. Como eles são altamente tóxicos, então há um risco de contrair um câncer.

Tolmasquim (2003) discorda que a prática de incineração possa provocar câncer devido ao lançamento de contaminantes orgânicos persistentes na atmosfera. Segundo o autor, os gases tóxicos passam por um processo de purificação antes de serem lançados na atmosfera, tendo os responsáveis pelo equipamento que obedecer a rigorosas normas de proteção ambiental. Assim, a chance de contrair câncer em locais próximos ao incinerador é de, segundo o autor, 7 em 100 milhões e ainda, 250 vezes menor que a chance de contrair câncer tendo como vizinhança um aterro sanitário.

Quanto às normas ambientais, Tolmasquim (2003) acrescenta que as normas brasileiras de emissões de gases de incineração são mais rigorosas que as emissões de veículos e que estes chegam a ser mais poluentes que os incineradores. Com essas medidas, o processo de incineração se torna menos poluente e se adequa cada vez mais aos níveis aceitáveis.

A Figura 17 mostra o forno de incineração e um sistema de gases da Usina Verde, que utiliza incinerador para transformar os resíduos sólidos em energia elétrica.



Figura 17 – Incinerador energético na Usina Verde.

4.4 COMPARAÇÃO ENTRE AS TECNOLOGIAS: ATERRO SANITÁRIO E INCINERAÇÃO

Para definir a tecnologia utilizada para a transformação do lixo urbano em energia elétrica, tem que ser levado em consideração como está disposto o lixo. Se ele já estiver exposto forem resíduos mais antigos, como por exemplo, em um lixão, então a alternativa mais apropriada será aproveitar o biogás da decomposição da matéria orgânica. Se não estiver disposto, forem resíduos novos, então tem que haver primeiro a coleta seletiva, separando os materiais inorgânicos dos orgânicos. Os recicláveis seriam vendidos para as indústrias de reciclagem e os orgânicos seriam encaminhados, ou para a compostagem, ou para o aterro sanitário, ou ainda, utilizar na incineração (TOLMASQUIM, 2003).

Oliveira (2000) relata que a utilização dos resíduos para gerar energia elétrica demandará um prazo mais longo, devido a aquisição e instalação dos equipamentos necessários, principalmente porque muitos equipamentos são importados, o que aumentarão seus custos, incluindo até mão de obra especializada.

A Tabela 13 faz uma comparação entre as tecnologias do aterro sanitário e incineração. Nessa tabela são identificados os custos de investimento, os custos de operação e manutenção, a quantidade de tonelada de lixo diária para o funcionamento, a quantidade de energia obtida, além da vida útil das tecnologias.

TABELA 13 – Comparação entre as tecnologias de Aterro sanitário e incineração

	ATERRO SANITÁRIO (GDL)	INCINERAÇÃO
Toneladas/dia	300	500
Módulo (MW)	3	16
Investimento (US\$/KW)	1.000	1.563
Vida útil da tecnologia (anos)	15	30
Prazo de instalação (meses)	12	18
Custo do combustível (US\$/KW)	0	-8,18
Custo de operação e manutenção (US\$/KW)	7,13	7,67
Custo de Transmissão	0	0

Fonte: Tolmasquim, 2003.

Percebe-se pela tabela 13 que nos dois processos os custos diminuem com o aumento da quantidade de lixo, porém o custo com a simples disposição do lixo em aterro é bem menor. Na incineração a vida útil do equipamento, os custos de operação e manutenção e o prazo de instalação são maiores. Segundo Tolmasquim (2003), o custo de transmissão de energia elétrica são nulos devido os resíduos serem produzidos e dispostos nas proximidades dos grandes centros urbanos, que são os principais consumidores de energia.

Segundo Oliveira (2004), para haver a comercialização independente de uma usina movida a biogás, a potência mínima tem que ser de 3 MW, a mesma utilizada como referência na tabela 13. O autor ainda relata que a utilização dos resíduos para gerar energia elétrica demandará um longo prazo nos dois processos, devido à aquisição e instalação dos equipamentos necessários, principalmente porque muitos equipamentos são importados, o que aumenta os custos.

Quase 50% do lixo doméstico são constituídos por materiais combustíveis, como têxteis, madeira, papel e certos tipos de plásticos, além de borrachas. Com o aumento da quantidade de plásticos no lixo, aumenta também a quantidade de gases poluentes no processo de incineração, o que encarece os processos de descontaminação dos gases liberados

(HENRIQUES, 2004). Com o aterro sanitário, pode haver a prévia seleção dos materiais, colocando no aterro só os materiais orgânicos e rejeitos. No processo de incineração também pode haver a coleta seletiva, porém a combustão desses elementos aumenta o poder calorífico, porém emitindo gases mais poluentes.

Para Oliveira (2004) o aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos no Brasil, baseado nos dados do ano de 2000, considerando a produção de 45 milhões de toneladas anuais, foi de 120 TWh, que corresponde atualmente a 26% da oferta atual de eletricidade (BEN, 2007). Nesse valor estão incluídos a conservação possível com a reciclagem de materiais inorgânicos, a energia gerada pelas termelétricas movidas a biogás e o biogás dos vazadouros de lixo.

A Tabela 14 mostra as emissões de gases poluentes evitadas por cada tecnologia

TABELA 14 – Emissões de gases evitadas

	ATERRO SANITÁRIO	INCINERAÇÃO
t lixo/MWh	4,2	1,3
Emissão evitada pelo consumo do lixo (t CO ₂ /MWh)	5,41	1,5
Emissão evitada pela substituição do gás natural (t CO ₂ / MWh)	0,449	0,449
EMIÇÃO TOTAL EVITADA (MW)	5,87	1,95

Fonte: Tolmasquim, 2003.

Percebe-se pela tabela 14 que a emissão de gases poluentes é evitada mais no processo de GDL do que no processo de incineração. Segundo Henriques (2004), se todos os resíduos do país fossem utilizados para gerar energia elétrica através da tecnologia de incineração, o valor seria de 7% da energia consumida no país. Já no caso do GDL, associada a uma política de gestão de resíduos, incluindo a reciclagem, esse valor chegaria a 20% da oferta nacional de energia.

A Tabela 15 mostra as Receitas obtidas por cada tecnologia, de acordo com o mercado internacional. Os valores estão considerando o dólar em \$1,00 e \$5,00 por tonelada de dióxido de carbono.

TABELA 15 – Receita obtida considerando o mercado internacional

	GDL	INCINERAÇÃO
Considerando US\$ 1 /tCO ₂	5,87	1,95
Considerando US\$ 5 /tCO ₂	29,35	9,75

Fonte: Tolmasquim, 2003.

Fazendo uma análise da tabela 15, a receita obtida a partir da utilização do GDL é bem maior se comparada à incineração como forma de recuperação energética. Assim, no mercado internacional a utilização do aterro sanitário para gerar receitas seria bem mais lucrativo do que a utilização da incineração. Em relação ao Custo-Benefício, é mais atrativo o custo da incineração do que o do GDL.

Apesar das vantagens da utilização dos resíduos sólidos para gerar energia elétrica, Tolmasquim (2003) destaca algumas barreiras no país para a utilização da energia a partir dos resíduos, sendo a principal a falta de conhecimento dos gestores dos municípios e estados em relação às tecnologias existentes para o melhor aproveitamento do lixo urbano. A não contabilização dos custos ambientais e da saúde também é uma das barreiras nas análises tecnológicas.

4.5 PERSPECTIVAS DE INCENTIVO AO USO DO BIOGÁS PROVENIENTE DO LIXO URBANO

Existem algumas propostas, tanto no Brasil quanto no exterior, para incentivar a produção de energia elétrica a partir do biogás do lixo urbano, ou da redução de gás metano proveniente dos vazadouros. Algumas propostas são citadas a seguir:

4.5.1 Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia (PROINFA)

O Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia (PROINFA) foi instituído pela Lei 10.438, de 26 de abril de 2002 e revisado pela Lei 10.762, de novembro de 2003. É o maior programa brasileiro que incentiva as fontes alternativas de energia elétrica e tem como objetivo aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos de produtores independentes e autônomos concebidos com base em fontes eólicas, pequenas

centrais hidroelétricas e biomassa, no Sistema Elétrico. Ele busca soluções de cunho regional para o uso de fontes renováveis de energia, incentivando o crescimento da indústria nacional. É coordenado pelo Ministério de Minas e Energia, contando com investimentos do BNDES, que financia até 70% do investimento. O PROINFA deverá ter investimentos da ordem de R\$ 9 bilhões, com financiamentos de cerca de R\$ 7 bilhões e receita anual em torno de R\$ 2 bilhões, além de gerar mais de 150 mil empregos diretos e indiretos. (ELETROBRÁS, 2007).

4.5.2 Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) pretende incentivar a produção de energia elétrica a partir do biogás produzido no lixo urbano. De acordo com o site da ANEEL, as termelétricas que utilizarem o lixo urbano para gerar energia elétrica poderão ter isenção de 100% nas tarifas de uso dos sistemas de transmissão e de distribuição de energia elétrica. Para eles essa proposta é um grande incentivo, visto que além de geração de energia elétrica, haverá em parte uma solução para um dos grandes problemas do país, que é a disposição do lixo urbano nas grandes cidades.

4.5.3 Protocolo de Kyoto

O Protocolo de Kyoto foi adotado na 3ª Conferência das Partes (COP3) na cidade japonesa de Kyoto, em 1997. A Conferência das Partes é um órgão supremo da Convenção - Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas que une países de todo o mundo para enfrentar o desafio do aquecimento global.

Esse acordo determina que as emissões de gases devem ser reduzidas em 5% até 2012, tendo como parâmetro o ano de 1990. Assim, os países em desenvolvimento ficam isentos da responsabilidade de reduzir suas emissões, pois para o Protocolo de Kyoto esses países precisam crescer e se desenvolver, visto que suas emissões no passado não foram significativas para o aquecimento global. Já os países desenvolvidos têm como meta reduzir suas emissões de gases poluentes em porcentagens variadas. Os Estados Unidos não quiseram assinar esse acordo porque ele é o país desenvolvido que mais emite gases poluentes, e para eles a redução teria que ser de 2,5% até 2012 (Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT).

Os países desenvolvidos, por terem emitido uma grande quantidade de gases poluentes no passado, tem uma maior responsabilidade no protocolo, tendo que reduzir as emissões desses gases e transferir tecnologias “limpas” para países em desenvolvimento, para que estes não se transformem em grandes emissores no futuro. Como principais gases que intensificam o efeito estufa estão, além do gás metano, o gás carbônico e os aerossóis.

Preocupante é a situação dos países emergentes como a China, um país que possui a maior população do mundo, uma alta tecnologia e futuramente pode tornar-se uma grande potência mundial, além da Índia, a segunda maior população entre os países em desenvolvimento. Estes países despontam como poluidores emergentes.

A solução para esses países, segundo especialistas, é investir em tecnologias limpas e utilizar energias renováveis para suprir seus crescimentos, além de um programa de tratamento de resíduos, porque se não houver isso, em pouco tempo eles se tornarão grandes emissores de gases poluentes no mundo.

4.5.4 Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e Mercado de Créditos de Carbono

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) é um dos quatro mecanismos de redução de gases de efeito estufa que foi adotado no Protocolo de Kyoto e tem como principais objetivos reduzir as emissões de gases poluentes para países desenvolvidos e apoiar projetos que promovam a sustentabilidade em países em desenvolvimento.

Os projetos devem resultar na redução de gases poluentes ou no aumento da remoção de gases já existentes na atmosfera, o chamado “seqüestro do carbono”. Os projetos que objetivam aumentar a remoção de gases de efeito estufa (GEE) são os de reflorestamento, pois as florestas aumentam a absorção de CO₂ já existente na atmosfera. Cada tonelada de gases poluentes que deixa de ser emitida ou retirada da atmosfera poderá ser adquirida pelo país desenvolvido através do Mercado Mundial de Reduções Certificadas de Emissão (RCE) ou os conhecidos Créditos de Carbono, no Mercado de Kyoto (ICLEI, 2005).

A Tabela 16 mostra os projetos que resultam na redução ou remoção de gases poluentes:

TABELA 16 - Projetos de redução e remoção de gases poluentes na atmosfera.

SETOR	EXEMPLOS
SOLO E FLORESTAS	
Manejo Sustentável	Corte seletivo, manejo sustentável de florestas.
Florestamento e Reflorestamento	Plantio de árvores para recuperação de áreas degradadas
ENERGIA	
Substituição de combustível	Gás natural, metano, etanol, biomassa e biogás, hidrogênio.
Co-geração	Cana de açúcar, bagaço, bio-produtos químicos
Renováveis	Energia eólica, solar, biomassa, hídrica, geotermal
Eficiência	Uso de equipamentos, processos ou design mais eficientes
RESÍDUOS SÓLIDOS	
Geração de Energia	Captura de Biogás para geração de energia
Recuperação de metano	Aterros sanitários, queima e coleta seletiva.
EDIFÍCIOS	
Eficiência	Uso de materiais renováveis ou fabricados com menos materiais
Utensílios	Aquecedor solar, fogões a biomassa.
Iluminação	Substituição de lâmpadas, uso de LED's para semáforos
TRANSPORTES	
Frota de veículos	Veículos a combustíveis alternativos
Transporte de massa	Expandir os modais existentes; veículos leves sobre trilhos.

Fonte: ICLEI, 2005.

Como o país desenvolvido tem metas de redução a serem atingidas e ele não consegue reduzir suas emissões de gases nocivos, então ele “compra” os carbonos de um país em desenvolvimento que seriam lançados na atmosfera, visto que para a natureza não faz diferença quem polui, seja um país desenvolvido ou um em desenvolvimento. Assim, os países em desenvolvimento deixam de emitir gases e recebem investimentos para promover seu desenvolvimento.

De acordo com o site Carbono Brasil (2005), dentre os países que mais comprem créditos de carbono, segundo pesquisas de 2004, são: Holanda, Japão e Canadá, além do Fundo do Banco Mundial. Os grandes compradores de créditos de carbono são: os governos, fundos e bancos, companhias privadas e fundações conservacionistas e ambientalistas.

Para a aprovação do projeto para obtenção dos créditos de carbono são definidas várias etapas:

- ✓ **Elaboração do Projeto:** Descreve o projeto e a quantidade de carbono estimada que será evitada;

- ✓ **Validação:** Feito por uma entidade independente que terá como participação a aprovação do país hospedeiro;
- ✓ **Registro, Monitoramento e Verificação:** Feito por uma entidade independente, vai calcular os valores reais do empreendimento;
- ✓ **Certificação e Emissão de Créditos:** Essa é a fase final da comercialização.

De acordo com a Gazeta Mercantil (2006), de São Paulo, o Brasil contabiliza 37 projetos de crédito de carbono registrados na Organização das Nações Unidas (ONU), o que faz dele líder mundial, ultrapassando países como a Índia (28), México (15), Chile (10), Honduras (9) e China (7). Os projetos brasileiros vão desde reflorestamento até geração de energia, com a utilização do bagaço da cana de açúcar e o biogás dos aterros sanitários.

4.5.5 Mercado Brasileiro de Reduções de Emissões

O Mercado Brasileiro de Reduções de Emissões (MBRE) é uma iniciativa da Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM & F) e do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, que tem como objetivo desenvolver um sistema de negociação de certificados ambientais de acordo com os princípios do Protocolo de Kyoto. Esse mercado quer tornar o Brasil como referência na venda de créditos de carbono. Este Mercado acolhe para registro projetos e anteprojetos que deverão gerar os créditos de carbono (COSTA, 2006).

4.5.6 Chicago Climate Exchange – CCX

Fundado em 2000, é um programa privado feito pelos EUA que negocia certificados de redução de emissões (comercialização de créditos) entre empresas tanto nos EUA quanto de outros países. Como estratégia, o Chicago Climate Exchange (CCX) irá buscar projetos de redução de emissão ou aumento de remoção de gases de efeito estufa principalmente no Brasil, pois ele atua também no nosso país. Esse mercado não possui vínculo com o Protocolo de Kyoto, sendo mais flexível que este, pois os Estados Unidos não assinaram o acordo.

5 - MACEIÓ, DISPOSIÇÃO DO LIXO URBANO E BIOGÁS.

Alagoas é um dos 26 estados que formam o Brasil e está localizado a Leste da Região Nordeste, possuindo uma das menores áreas do país, sendo a menor Sergipe. Limita-se ao Norte com Pernambuco, ao Sul com Sergipe, a Leste com o Oceano Atlântico e a Oeste com Pernambuco e Bahia.

Alagoas pertencia ao Estado de Pernambuco, conseguindo sua emancipação em 16 de setembro de 1817. A cidade de Maceió nasceu de um engenho as margens da Lagoa Mundaú chamado Maçayó, vindo do tupi *Massayó-k* que significa “o que tapa o alagadiço”. Quando Alagoas passa a ser capitania, sendo desmembrada de Pernambuco, Maceió desponta como a vila mais propícia para ser a sede do governo, devido às excelentes condições do porto e ao crescimento do comércio, tornando-se assim Capital do estado de Alagoas em 09 de dezembro de 1839 (Tenório *et al*, 2006).

Maceió é o Município mais populoso do Estado, possuindo, de acordo com dados do IBGE de 2006, uma população de 922.458 habitantes, dentre os quais boa parte reside na área urbana. Segundo estimativas baseadas nos dados do IBGE de 2000, a taxa de crescimento anual é de 2,67% e o município ocupa uma área de 511 km², possuindo 50 bairros distribuídos em 7 regiões administrativas.

As regiões administrativas são:

RA – 1: Poço, Jaraguá, Ponta da Terra, Ponta Verde, Pajuçara, Jatiúca, Mangabeiras, Cruz das Almas, Jacarecica, Guaxuma, Garça Torta, Riacho Doce, Pescaria, Ipioca.

RA – 2: Centro, Pontal da Barra, Trapiche da Barra, Prado, Ponta Grossa, Levada, Vergel do Lago.

RA - 3: Farol, Pitanguinha, Pinheiro, Gruta de Lourdes, Canaã, Santo Amaro, Jardim Petrópolis, Ouro Preto.

RA – 4: Bebedouro, Chã de Bebedouro, Chã da Jaqueira, Petrópolis, Santa Amélia, Fernão Velho, Rio Novo, Bom Parto, Mutange.

RA- 5: Jacintinho, Feitosa, Barro Duro, Serraria, São Jorge.

RA - 6: Benedito Bentes, Antares.

RA – 7: Santos Dumont, Clima Bom, Cidade Universitária, Santa Lúcia, Tabuleiro dos Martins.

A Figura 18 mostra a localização de Maceió no estado de Alagoas.



Figura 18 - Mapa de Alagoas, com destaque para a Cidade de Maceió.

A Figura 19 mostra a Cidade de Maceió com seus respectivos bairros e suas regiões administrativas.

TABELA 17 – Bairros de Maceió por habitantes (2000).

BAIRRO	HABITANTES
Antares	9.193
Barro Duro	10.597
Bebedouro	10.523
Benedito Bentes	67.964
Bom Parto	13.549
Canaã	4.187
Centro	3.710
Chã da Jaqueira	16.843
Chã de Bebedouro	11.469
Cidade Universitária	52.269
Clima Bom	47.858
Cruz das Almas	9.250
Farol	17.343
Feitosa	25.386
Fernão Velho	5.655
Garça Torta	1.889
Gruta de Lourdes	13.687
Guaxuma	2.223
Ipioca	5.944
Jacarecica	5.093
Jacintinho	77.849
Jaraguá	4.219
Jardim Petrópolis	3.969
Jatiúca	33.758
Levada	10.582
Mangabeiras	3.952
Mutange	2.528
Ouro Preto	4.066
Pajuçara	3.229
Pescaria	2.115
Petrópolis	15.765
Pinheiro	19.667
Pitanguinha	5.053
Poço	20.195
Ponta da Terra	9.132
Ponta Grossa	24.186
Ponta Verde	16.361
Pontal da Barra	2.331
Prado	17.925
Riacho Doce	2.917
Rio Novo	5.743
Santa Amélia	8.236
Santa Lúcia	18.844
Santo Amaro	1.846
Santos Dumont	13.792
São Jorge	4.309
Serraria	16.170
Tabuleiro dos Martins	55.818
Trapiche da Barra	24.257
Vergel do Lago	32.307
Sem especificação	2006

Fonte: Tenório et al, 2006.

5.1 HISTÓRICO DO MANEJO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS EM MACEIÓ E DADOS SOBRE A LIMPEZA URBANA DO MUNICÍPIO

Segundo dados do GESRAD (2004), na década de 30 os resíduos produzidos na cidade de Maceió eram compostos principalmente por materiais orgânicos. Para dispor esses resíduos de forma adequada, foi implantado o Sistema Beccari⁸, sistema que também foi implantado em 19 cidades brasileiras. Durante três décadas esse sistema foi eficiente, atendendo a demanda do município. Porém, o sistema foi sendo abandonado gradativamente devido ao crescimento da população e a mudança de seus hábitos e consumo. Com isso, o volume dos resíduos aumentou juntamente com sua composição, que antes eram compostos principalmente por matéria orgânica, dando lugar a resíduos de difícil degradação, como por exemplo plástico. Assim, o sistema Beccari se tornou impróprio e foi desativado definitivamente em 1967.

A partir desta data os resíduos foram destinados ao vazadouro a céu aberto, localizado no bairro de Cruz das Almas, onde permanece atualmente, ocupando uma área de 33 ha. Em 1994, com a implantação de biorremediação, foram definidas oito células de aterramento de lixo, das quais seis estão completamente preenchidas e aguardando serviços preliminares de impermeabilização, bem como drenagem de líquidos e gases, enquanto as duas restantes estão recebendo resíduos. Porém, das oito células, apenas uma foi construída de acordo com as normas técnicas brasileiras. Enquanto não existe um sistema apropriado de disposição final dos resíduos, está sendo viabilizada a abertura de uma nova célula para dispor o lixo da cidade (GESRAD, 2004).

Segundo o GESRAD (2004), de 1967 até 2004, estima-se que existia uma quantidade de 700.000 m³ de resíduos sólidos diversos, chegando estes resíduos a uma altura de 30 m ou mais, inclusive essa área chegou a exaustão, porém ainda recebendo resíduos. Até o término desta dissertação não há na capital uma forma de disposição adequada para os resíduos, tendo um projeto para a construção do aterro sanitário no bairro do Benedito Bentes.

A Figura 20 mostra a elevação da quantidade de lixo no período de 10 anos. A primeira foto foi tirada em 1993 e a segunda em 2003. A balança de pesagem é a referência para o aumento

⁸ O sistema Beccari foi desenvolvido em 1922 por Giovanni Beccari, na Itália, e consiste em confinar os resíduos em células fechadas, onde há a decomposição anaeróbica. Em seguida, um fluxo de ar é introduzido no processo, havendo assim a presença de bactérias aeróbicas. A digestão varia de 40 a 180 dias. (GESRAD, 2004).

da altura dos resíduos. A Figura 21 mostra o vista aérea do vazadouro da Cruz das Almas, no ano de 2003.



Figura 20 – Aumento da altura do lixo nos anos de 1993 e 2003 respectivamente. (GESRAD, 2004).



Figura 21 – Vista Aérea do Lixão a Céu aberto em Maceió. (GESRAD, 2004).

A limpeza urbana do município é executada pela SLUM, órgão da prefeitura em parceria com algumas empresas terceirizadas, sendo 90% realizada por estas empresas e os 10% restantes pela SLUM. Os resíduos originários dos serviços de saúde são destinados a CINAL (Companhia Alagoas Industrial), localizada em Marechal Deodoro, Serquip, ANSCO e também para o lixão de Cruz das Almas. Geralmente esses resíduos de saúde são incinerados,

visto que pode trazer malefícios para a população. Os outros resíduos, com exceção dos radioativos, são encaminhados para o lixão.

No galpão da SLUM há o centro de triagem formado por uma cooperativa de catadores, que separa os recicláveis dos materiais orgânicos e descartáveis. Os recicláveis são vendidos para outros estados, enquanto que os outros tipos de resíduos vão para o lixão. Percebe-se que no vazadouro a céu aberto de Cruz das Almas há vários tipos de resíduos, o que aumenta ainda mais o perigo desse vazadouro, pois existem muitos catadores que tiram do lixo o seu sustento, alimentando-se dos alimentos encontrados.

De acordo com os estudos realizados pelo GESRAD (2004), nesse vazadouro a céu aberto localizado em Cruz das Almas foram identificados diversos problemas ambientais, dentre eles destacam-se:

- ✓ Presença de catadores de lixo trabalhando em condições sub-humanas, inclusive se alimentando do próprio lixo. No vazadouro há a presença de 572 catadores cadastrados trabalhando na segregação dos materiais e comercialização dos recicláveis. Como o número de catadores aumentou, houve também o consumo de drogas, criminalidade e riscos de acidentes, como a morte de um jovem atropelado por um caminhão de lixo em 2003 e de uma criança em 2009;
- ✓ Ausência de cobertura dos resíduos sólidos depositados;
- ✓ Elevada inclinação do lixo;
- ✓ Presença de vetores e micro vetores transmissores de doenças;
- ✓ Presença de aves (urubus), eqüinos e suínos que se alimentam dos resíduos;
- ✓ Ausência de drenagem de percolado e de gases;
- ✓ Possível contaminação do subsolo por inexistência de impermeabilização na base do vazadouro, contaminando os lençóis freáticos;
- ✓ Emissão de odores desagradáveis, provenientes do fogo, fumaça e outros;
- ✓ Existência de área alagada, devido à inexistência de tanques de contenção de lixiviados, propiciando assim o acúmulo de percolado na base do vazadouro;
- ✓ Combustão espontânea, devido a grande quantidade de gases acumulados;
- ✓ Poluição Visual

Em relação aos gases existentes no lixão, o biogás, foram soterrados drenos de gases para medir o poder calorífero e a qualidade dos mesmos. Quando há combustão espontânea, os gases chegam a atingir outros bairros, causando transtornos a população, devido ao mau odor, além de problemas em pessoas com problemas respiratórios. Esse efeito está diretamente relacionado pela direção, velocidade e quantidade de ventos, além de fatores meteorológicos.

5.2 MACEIÓ, BIOGÁS E PRODUÇÃO DE ENERGIA.

Segundo Zulauf (2004), o potencial de geração de energia elétrica a partir do biogás no Brasil, é superior a 350 MW (dados referentes a 2005) e tende a crescer ao longo dos anos, sendo proporcional ao crescimento populacional e econômico. Em 2004 foi realizado um estudo patrocinado pelo Ministério do Meio Ambiente para verificar o potencial de geração de energia a partir dos Aterros sanitários nas regiões metropolitanas do Brasil. Foram selecionados municípios com mais de 200 mil habitantes, pois podem gerar pelo menos 300 KW de energia elétrica. Os outros, com a quantidade inferior a 200 mil habitantes foram desconsiderados por serem muito pequenos e não gerarem biogás suficiente para abastecer um empreendimento que possa ser viabilizado.

Maceió foi um dos municípios selecionados, por possuir uma população acima de 200 mil habitantes. Porém, a capital não possui uma destinação adequada para seus resíduos, sendo os mesmos descartados no lixão a céu aberto. O Grupo GESRAD fez um estudo para verificar a melhor área para se instalar o futuro aterro sanitário, ainda sem previsão de funcionamento.

Se o lixão de Maceió fosse utilizado para gerar eletricidade a partir do biogás, a geração de energia seria bastante limitada, devido essa forma de disposição não possuir qualquer preocupação com a drenagem e com o aproveitamento do biogás. Segundo Zulauf (2004), para os lixões já fechados gerar eletricidade a partir do gás metano seriam necessários grandes ajustes técnicos e muito investimento antes do projeto de geração de energia. Se o lixão tiver mais de 5 anos, mesmo sendo um depósito grande, não ofereceria viabilidade econômica. Para gerar eletricidade, tem que haver toda uma estrutura técnica.

O grupo GESRAD fez um monitoramento de gases para verificar o potencial do gás gerado, perfurando dois poços. Os resultados mostram que o biogás possui um alto potencial de aproveitamento para gerar energia elétrica, se apresentando como uma alternativa muito

atrativa, tanto do ponto de vista ambiental quanto econômica. Se houvesse um aterro sanitário, então os gases já poderiam ser aproveitados para gerar energia elétrica.

A figura 22 mostra a perfuração desses poços piloto no vazadouro.



Figura 22 – Perfuração dos poços pilotos no vazadouro a céu aberto de Cruz das Almas. (GESRAD, 2004).

Segundo dados da SLUM (2008), Maceió produz diariamente 1390 toneladas diárias de lixo, dentre os quais 60% de matéria orgânica, enquanto que 40% são compostos por materiais de origem inorgânica e outros. A Figura 23 mostra a composição do lixo de Maceió.

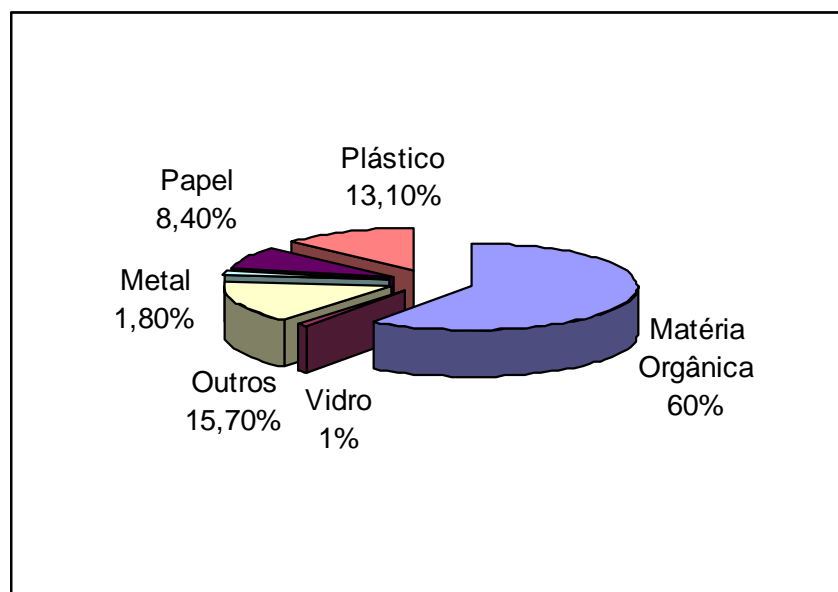


Figura 23- Composição dos Resíduos Sólidos em Maceió. (SLUM, 2008).

De acordo com a figura 23, Maceió produz 60% dos resíduos de origem orgânica, o que representa 834 toneladas diárias deste tipo de resíduo. Já a matéria inorgânica, composta por plásticos, papel e outros, representam 40% dos resíduos de Maceió, o que corresponde a 556 toneladas diárias, especificados a seguir:

60% - 834 tonelada de material orgânico

40% - 556 tonelada de material inorgânico

100% - 1390 Toneladas de Resíduos de Maceió

O potencial energético de 350 toneladas de resíduos de origem orgânica e inorgânica é de 6 MW, sendo para 210 toneladas de lixo orgânico 2,5 MW e 140 toneladas de lixo inorgânico 3,5 MW, conforme Calderoni (2007). Assim, 6 MW leva energia elétrica a 60 mil residências de consumo médio mensal de 60 KWh sendo utilizada a tecnologia do Aterro Sanitário.

A partir dos dados de Calderoni estima-se o potencial energético do lixo de Maceió, que é em torno de 23,8 como apresentado na tabela 18.

TABELA 18- Potencial energético do lixo total de Maceió.

	Calderoni (2007)	Maceió
Produção diária de lixo	350 ton	1390 ton
Energia liberada	6MW	23,8 MW
Nº de residências que serão beneficiadas (Consumo médio de 60 KWh/mês)	60 mil	238 mil

Fonte: Elaboração própria

Na tabela 18 pode-se perceber que está sendo utilizado todo tipo de resíduo, tanto orgânico quanto inorgânico e que neste caso não está sendo considerado a utilização da matéria inorgânica para a reciclagem. Na tabela 19 é apresentada a estimativa do potencial energético para os resíduos de origem orgânica, considerando que os resíduos de origem inorgânica serão encaminhados para a reciclagem.

TABELA 19- Potencial energético do lixo de Maceió, considerando apenas a utilização da matéria orgânica.

	Calderoni (2007)	Maceió
Produção diária de lixo	210 ton	834 ton
Energia liberada	2,5 MW	9,9 MW
Nº de residências que serão beneficiadas (Consumo médio de 60 KWh/mês)	25 mil	99 mil

Fonte: Elaboração própria

De acordo com a tabela 19, a quantidade de 834 toneladas diárias de lixo orgânico produz uma potência energética de 9,9 MW suficiente para levar energia elétrica a 99.000 residências de consumo médio de 60 KWh/mês.

A Usina Verde, localizada no Rio de Janeiro, trabalha com incineradores energéticos que produzem energia elétrica apenas com a matéria orgânica do lixo, considerando que a matéria inorgânica será utilizada para a reciclagem. A tabela 20 mostra a energia elétrica gerada a partir dos resíduos sólidos orgânicos obtidos a partir dos módulos da Usina Verde.

TABELA 20- Energia elétrica gerada pela incineração a partir da matéria orgânica.

Capacidade de Tratamento dos RSU (Ton/dia)	Energia elétrica gerada	Residências beneficiadas (140 KWh/mês)
150 Ton (1 módulo)	3,2 MW	13.370
300 Ton (2 módulos)	6,4 MW	26.740
600 Ton (4 módulos)	12,8 MW	53.480

Fonte: Usina Verde (2009).

Comparando os dados da Usina Verde com os dados de Maceió, considerando apenas os resíduos sólidos de origem orgânica e a utilização da tecnologia de incineração, temos como será mostrado na tabela 21, o potencial energético do lixo urbano da capital. Para os cálculos serão considerados dois módulos da incineração, devido a grande quantidade de resíduos na capital.

TABELA 21- Potencial energético do lixo de Maceió a partir da incineração, considerando apenas a matéria orgânica do lixo.

	Usina Verde (2009)	Maceió
Produção diária de lixo	300 ton	834 ton
Energia liberada	6,4 MW	17,8 MW
Nº de residências que serão beneficiadas (Consumo médio de 140 KWh/mês)	26.740	74.328

Fonte: Elaboração Própria

Comparando os cálculos de Calderoni e da Usina Verde, que utiliza a tecnologia de incineração, as seguintes quantidades de energia liberada e de residências beneficiadas em Maceió, somente utilizando a matéria orgânica é mostrada na tabela 22.

TABELA 22 - Comparação dos cálculos entre Calderoni e Usina Verde para Maceió com os resíduos de origem orgânica.

	Calderoni	Usina Verde	Usina Verde
Energia liberada	9,93 MW	17,8 MW	17,8 MW
Nº de residências que serão beneficiadas	99.300 Residências (60 KWh/mês)	173.432 Residências (60 KWh/mês)	74.328 Residências (140 KWh/mês)

Fonte: Elaboração Própria

De acordo com a tabela 22, utilizando a mesma quantidade de consumo por mês (60 KWh/mês) a quantidade de energia da Usina Verde é maior em relação ao de Calderoni, além da quantidade de residências beneficiadas serem maiores também. Quanto menor o consumo de energia, maior o número de casas beneficiadas.

O GESRAD (2004) fez uma estimativa da quantidade de resíduos gerados no município de Maceió considerando o crescimento da população, baseada nos censos fornecidos pelo IBGE 2000, no período de 1960, 1970, 1980, 1991, 1996 e 2000. Os dados foram aplicados e analisados em hipóteses de crescimento linear (PA) e exponencial (PG.). Para as tabelas 18 e 19, serão vistos os dados considerando o crescimento populacional segundo a progressão aritmética, o mais indicado pela SLUM. Esse estudo foi elaborado em vista do crescimento da população aliado ao aumento dos seus resíduos. Quanto maior o aumento da população, maior o descarte de resíduos. Nas tabelas será considerada a vida útil do aterro no período 20 anos e se o município terá reciclagem ou não.

TABELA 23 - Quadro estimativo da quantidade de resíduos (toneladas) gerados no município de Maceió, considerando o crescimento populacional segundo IBGE e sem reciclagem.

ANO	POP. HAB.	PER CAPITA DOMÉSTICO KG/ HAB DIA	LIXO DOM. TON/DIA	LIXO DOM. TON/ANO	PER-CAPITA URBANO KG/ HAB DIA	LIXO URB TON/DIA	LIXO URB TON/ANO	LIXO TOTAL TON/DIA	LIXO TOTAL TON/ANO	ATERRO LIXO ACUM/ TONELADAS
2005	831115	0,62	512	186903	0,72	596	217543	1108	404446	404446
2006	845652	0,62	524	191123	0,72	609	222455	1133	413578	818023
2007	860190	0,62	535	195381	0,72	523	227410	1158	422791	1240814
2008	874727	0,63	547	199676	0,73	637	232410	1184	432086	1672899
2009	889265	0,63	559	204009	0,73	651	237453	1209	441463	2114362
2010	903802	0,63	571	208381	0,74	664	242542	1235	450923	2565285
2011	918339	0,63	583	212792	0,74	679	247675	1262	460467	3025752
2012	932877	0,64	595	217241	0,74	693	252854	1288	470095	3495847
2013	947414	0,64	607	221729	0,75	707	258078	1315	479808	3975655
2014	961951	0,64	620	226257	0,75	722	263349	1341	489606	4465260
2015	976489	0,65	632	230825	0,75	736	268665	1368	499490	4964750
2016	991026	0,65	645	235433	0,76	751	274028	1396	509461	5474211
2017	1005563	0,65	658	240081	0,76	766	279438	1423	519519	5993729
2018	1020101	0,66	671	244769	0,77	781	284895	1451	529664	6523394
2019	1034638	0,66	684	249499	0,77	796	290400	1479	539899	7063292
2020	1049175	0,66	697	254269	0,77	811	295953	1507	550222	7613514
2021	1063713	0,67	710	259081	0,78	826	301554	1536	560635	8174149
2022	1078250	0,67	723	263935	0,78	842	307203	1565	571138	8745288
2023	1092787	0,67	737	268831	0,78	857	312902	1594	581733	9327021
2024	1107325	0,68	750	273769	0,79	873	318650	1623	592419	9919440

Fonte: GESRAD, 2004.

TABELA 24 - Quadro estimativo da quantidade de resíduos (toneladas) gerados no município de Maceió, considerando o crescimento populacional segundo IBGE e com reciclagem.

ANO	POP. HAB.	PERCENT REICLAVEL	METAL TON/DIA	PAPEL TON/DIA	PLÁSTICO TON/DIA	VIDRO TON/DIA	RECICLAV TON/DIA	RECICLAV TON/ANO	INERTES TON/DIA	INERTES TON/ANO	LIXO TOTAL TON/ANO	ATERRO ACUMUL/ TONELADAS
2005	831115	0,005	0,2	0,9	0,7	0,1	1,9	688	110,8	40445	36313	363313
2006	845652	0,036	1,2	6,6	5,3	0,8	14	5107	113,3	41358	367113	730427
2007	860190	0,088	2,4	12,5	10,2	1,6	26,6	9722	115,8	42279	370790	1101216
2008	874727	0,099	3,5	18,7	15,2	2,3	39,8	14536	118,4	43209	374341	1475557
2009	889265	0,13	4,7	25,2	20,5	3,2	53,6	19552	120,9	44146	377764	1853321
2010	903802	0,162	6	31,9	26	4	67,9	24772	123,5	45092	381058	2234380
2011	918339	0,193	7,3	38,9	31,6	4,9	82,7	30199	126,2	46047	384221	2618601
2012	932877	0,224	8,7	46,2	37,5	5,8	98,2	35836	128,8	47009	387249	3005850
2013	947414	0,256	10,1	53,7	43,7	6,7	114,2	41685	131,5	47981	390142	3395992
2014	961951	0,287	11,5	61,6	50	7,7	130,8	47749	134,1	48961	392896	3788887
2015	976489	0,318	13,1	69,7	56,6	8,7	148	54032	136,8	49949	395509	4184397
2016	991026	0,349	14,6	78	63,4	9,8	165,8	60535	139,6	50946	397980	4582377
2017	1005563	0,381	16,3	86,7	70,5	10,8	184,3	67261	142,3	51952	400805	4982682
2018	1020101	0,412	17,9	95,7	77,7	12	203,3	74214	145,1	52966	402484	5385166
2019	1034638	0,443	19,7	104,9	85,3	13,1	223	81397	147,9	53990	404512	5789677
2020	1049175	0,475	21,5	114,5	93	14,3	243,3	88812	150,7	55022	406388	6196066
2021	1063713	0,506	23,3	124,4	101	15,5	264,3	964262	153,6	56064	408110	6604175
2022	1078250	0,537	25,2	134,5	109,3	16,8	285,9	104350	156,5	57114	409675	7013850
2023	1092787	0,569	27,2	145	117,8	18,1	308,2	112480	159,4	58175	411080	7424930
2024	1107325	0,600	29,2	155,8	126,6	19,5	331,1	120854	162,3	59242	412324	7837254

Fonte: GESRAD, 2004.

De acordo com a tabela 23, se no período de 20 anos não houver a coleta seletiva dos materiais e o lixo for todo disposto no aterro sanitário, então Maceió terá no mínimo 9.919.440 toneladas resíduo acumulados em seu aterro sanitário. Já a tabela 24 mostra a quantidade de resíduos gerados no período de 20 anos, considerando a coleta seletiva e a conseqüente reciclagem da matéria inorgânica. Os materiais recicláveis, que seriam na quantidade mínima de 2.082.186 toneladas poderiam ser vendidos e gerar rendas extras para o município, ou para as cooperativas de reciclagem. Se a quantidade de resíduos de origem orgânica acumuladas ao longo de 20 anos for utilizada para gerar energia elétrica, haverá, segundo a tabela 25, através dos cálculos de Calderoni e da Usina Verde as seguintes quantidades de energia liberada:

TABELA 25 – Potencial energético do lixo de Maceió, com reciclagem, no período de 20 anos.

	Calderoni (2007)	Usina Verde (2009)
Produção de lixo	7.837.254 ton	7.837.254 ton
Energia liberada	93.300MW	167.194,75MW

Fonte: Elaboração Própria

Segundo a tabela 25, a quantidade de resíduos dentro do aterro no período de 20 anos e havendo reciclagem, liberará uma energia de 93.300MW. Já se for considerada a tecnologia de incineração, a energia liberada será ainda maior, podendo mover Usinas Termelétricas com potência significativa, cujo valor seria apreciável (CALDERONI, 2007).

6 - CONCLUSÃO

Diante do estudo apresentado ao longo dos capítulos, o uso do lixo urbano para gerar energia elétrica é uma das melhores alternativas para a questão dos resíduos sólidos urbanos, especificamente para o Município de Maceió, pois é uma opção energética renovável que está sendo utilizada em vários países e também em alguns estados no Brasil.

Como foi visto ao longo dos capítulos, tanto a tecnologia do aterro sanitário quanto a de incineração podem ser utilizadas para transformar os resíduos sólidos da capital em energia elétrica. Segundo o GESRAD a umidade dos resíduos da capital é 73,03 %, considerada alta, ideal para a tecnologia do aterro sanitário devido a grande quantidade de umidade dos elementos orgânicos que sofrem a ação das bactérias anaeróbicas, responsáveis pela decomposição dos resíduos e produtoras do biogás.

Como já existe o projeto para a construção do aterro sanitário, então essa opção seria adequada para transformar os resíduos em energia elétrica. Se não houver a coleta seletiva na cidade e todos os resíduos, tanto orgânicos quanto inorgânicos, forem dispostos no aterro sanitário sem a prévia seleção, então os materiais de origem inorgânica demorariam muito para se decompor, aumentando o volume de lixo e diminuindo sua vida útil. Para que o aterro sanitário forneça energia elétrica de forma ecologicamente correta, o ideal é haver a coleta seletiva na cidade, indo para o aterro sanitário somente materiais de origem orgânica, e para a reciclagem os materiais de origem inorgânica. Assim, os materiais inorgânicos poderiam ser vendidos e gerar rendas extras ao município ou para as cooperativas de reciclagem.

O potencial energético do lixo de Maceió, considerando apenas a matéria orgânica, 834 toneladas diárias, a partir da tecnologia de incineração utilizada pela Usina Verde foi estimado em 17,8 MW, o que beneficiaria 173.432 residências com um consumo médio mensal de 60 KWh e considerando um acúmulo de lixo no aterro sanitário no período de 20 anos, atingindo uma produção de lixo de 7.837.254 toneladas estima-se uma energia liberada de 93.300 MW.

Desta forma, o trabalho visa contribuir para incentivar o poder público a investir no melhor aproveitamento do lixo, com possibilidade de ganhos para o município, tanto com a venda dos

materiais recicláveis quanto na geração de energia elétrica. A idéia sendo aceita haveria uma redução considerável no lançamento de gases nocivos para a atmosfera, pois o principal deles, o gás metano, seria utilizado para gerar energia elétrica, minimizando assim o efeito estufa. Haveria também um melhor tratamento dos resíduos e a valorização do trabalho das pessoas envolvidas com a seleção do lixo, seja na implantação da coleta seletiva ou cooperativa de reciclagem. Além disso, o município obteria receitas extras com o biogás, transformando-o em energia elétrica, economizando combustíveis fósseis e obtendo receitas no mercado internacional (Protocolo de Kyoto ou Chicago Climate Exchange), ou ainda, os investimentos poderiam ser feitos por empresas terceirizadas que extrairiam o biogás e transformariam em energia elétrica, repassando para a prefeitura parte do valor obtido.

Até o término desta dissertação, Maceió ainda não possui um aterro sanitário, tendo apenas um projeto para a construção de um e ainda utilizando o lixão a céu aberto. No projeto da SLUM consta a implantação de usinas de geração de energia elétrica, através do tratamento do chorume ou outros sistemas economicamente viáveis.

Como o assunto é recente, houve dificuldades em encontrar bibliografias atualizadas e artigos que explorassem mais o tema. Em relação aos cálculos utilizados, cada autor utiliza cálculos diferentes para encontrar o potencial energético do lixo, sendo os cálculos apresentados apenas uma base (não existindo até o momento um cálculo padrão que calcule com exatidão o potencial energético do lixo). Se o lixão fosse usado para gerar energia elétrica, sua energia seria limitada, pois seriam necessários grandes ajustes técnicos e grandes investimentos.

Sugerimos para futuros trabalhos que hajam pesquisas mais aprofundadas em relação à parte técnica dos equipamentos utilizados para gerar energia elétrica a partir do biogás, para saber com precisão a quantidade de biogás gerado e a quantidade de residências beneficiadas. Sugerimos também estudos sobre viabilidade econômica, inclusive os ganhos no mercado internacional, focalizando a realidade do município.

7 - REFERÊNCIAS

Agenda 21. **Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento**. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2001.

Agencia Nacional de Energia Elétrica – **ANEEL**. Atlas de Energia Elétrica do Brasil. Brasília: ANEEL, 2008.

AMBIENTE BRASIL. **Cronologia dos debates relativos à questão ambiental**. Disponível no site <www.ambientebrasil.com.br>, acesso em fevereiro de 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**. Resíduos Sólidos: Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BEN. **Balanco Energético Nacional**. Brasília, 2008. Disponível em <www.mme.gov.br>, acesso em fevereiro de 2009.

BOFF, Leonardo. **Ecologia: Um novo Paradigma**. In: Ecologia, mundialização e espiritualidade. São Paulo: Ática, 1993. Pp.17-39.

BORBA, Mario. **O uso de resíduos sólidos municipais para produzir energia**. In: MAGALHÃES, Fundação Luis Carlos (2002). Energia: novos cenários. Salvador: FLEM, 2002.

BOULDING, Kenneth. **The Economics of the Coming Spaceship Earth**. In: Daly, Herman (ed). Toward a Steady – State Economy. San Francisco: Freeman, 1973.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil, de 05 de outubro de 1988**. 10 ed. São Paulo: Atlas, 1997.

CALDERONI, Sabetai. **Os Bilhões Perdidos no Lixo**. 4ª edição - São Paulo: Humanitas Editora/ FFLCH/USP, 2003.

_____. **Cotidiano**. São Paulo, 2007. Disponível em <www.kalunga.com.br/revista_agosto_08.asp> Acesso em: 10 de outubro de 2007.

CARBONO BRASIL. **Seção artigos**. Disponível em <www.carbonobrasil.com>, acesso em 28 de junho de 2007.

Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – **CEPEA**. Estatísticas e informações sobre o mercado de carbono. São Paulo, 2004. Disponível em <<http://cepea.esalq.usp.br>>, acesso em 24 de janeiro de 2005.

COHEN, Claude. **Padrões de consumo e energia: efeitos sobre o meio ambiente e o desenvolvimento**. In: MAY, P., LUSTOSA, M.C. e VINHA V. (2003). Economia do Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

CONCEIÇÃO, Márcio Magera. **Os empresários do lixo: um paradoxo da modernidade: análise interdisciplinar das Cooperativas de reciclagem de lixo**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2003.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – RESOLUÇÃO CONAMA nº 05 de 05 de agosto de 1993. Estabelece o Sistema de Tratamento de Resíduos Sólidos bem como os Sistemas de Disposição Final dos Resíduos.

_____. RESOLUÇÃO CONAMA nº 275, de 25 de abril de 2001. Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a Coleta Seletiva.

COSTA, David Freire da. **Geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento de esgoto**. 2006. 194 p. Dissertação (Mestrado – programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia) – EP / FEA / IEE / IF, Universidade de São Paulo, 2006.

EHRlich, PAUL R. **A perda da Diversidade e suas Conseqüências**, 2006 (mimeo).

ELETROBRÁS, 2007. **Biogás produzido com lixo urbano vai gerar energia elétrica.** Disponível no site <www.eletronbras.gov.br>, acesso em 02 de junho de 2008.

ENSINAS, Adriano Viana. **Estudo da geração de biogás no aterro sanitário delta em Campinas, São Paulo.** Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, 2003.

FEENY, David *et al.* **A Tragédia dos Comuns: vinte e dois anos depois.** In: DIEGUES, A.C. MOREIRA, A.C.C. (Org.). Espaços e recursos naturais de uso comum. São Paulo: NUPAUB-USP, 2001.

FERNANDES, Marcionila & GUERRA, Lemuel. **Contra – Discurso do Desenvolvimento Sustentável.** Associação de Universidades Amazônicas. Belém, 2003.

FURTADO, Celso. **O Mito do desenvolvimento econômico.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1973.

_____. **O Capitalismo global.** . Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1998.

GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. **The Entropy Law and the Economic Problem.** In: Daly, Herman (ed). *Toward a Steady – State Economy.* San Francisco: Freeman, 1973.

Grupo de Estudos de Resíduos Sólidos e Recuperação de Áreas Degradadas. **GESRAD, Relatório Final:** Gerenciamento Integrado para a Transferência e Destino Final dos Resíduos Sólidos Urbanos de Maceió, 2004.

GOLDEMBERG, José. **Pesquisa e desenvolvimento na área de energia.** São Paulo Perspectiva, jul./set. 2000, vol. 14, nº 3, p.91-97.

GOOGLE. Disponível no site <www.google.com.br>, acesso em 01 de junho de 2009.

GRIPPI, Sidney. **Lixo, reciclagem e sua história: guia para as prefeituras brasileiras.** Rio de Janeiro: Interciência, 2001.

HENRIQUES, Rachel Martins. **Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos: Uma abordagem tecnológica.** Dissertação (de mestrado). Programa de Planejamento Energético. COPPE/UFRJ, 2004.

Informativo Recicloteca nº. 17. **Biogás: Fonte alternativa de energia.** Rio de Janeiro: 2001. Disponível no site <www.recicloteca.org.br>. Acesso em: 27 de agosto de 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE. PNSB - Pesquisa de Saneamento Básico.** Brasília, 2000. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 27 de janeiro de 2007.

_____. Pesquisa de Saneamento Básico. Brasília, 2002. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 27 de janeiro de 2007.

Intergovernmental Panel on Climate Change. **IPCC.** Climate Change 2007. Cambridge University Press, 2007. Disponível em <www.mnp.nl/ipcc/pages_media/ar4.html> Acesso em 18 de janeiro de 2008.

Instituto de Pesquisa Tecnológica de São Paulo/ Compromisso Empresarial para a Reciclagem - IPT/CEMPRE: **LIXO: Destinação, tipos de resíduos e reciclagem,** São Paulo, 1995.

KIPERSTOK, Asher et al. **Prevenção da Poluição.** Brasília: SENAI / DN, 2002.

LAYRARGUES, Philippe Pomier. O Cinismo da reciclagem: o significado ideológico da reciclagem da lata de alumínio e suas implicações para a educação ambiental. In: LAYRARGUES, Ph. P. *et al.* (Orgs). **Educação Ambiental: Repensando o espaço da cidadania.** São Paulo: Cortez, 2002.

LEME, Francílio P. **Engenharia do Saneamento Ambiental.** Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Ed. S.A., 1984.

MAGALHÃES, Agenor P.T. **Biogás: um projeto de saneamento urbano.** São Paulo: Nobel, 1986.

MANO, Eloísa Biasotto *et al.* **Meio Ambiente Poluição e reciclagem.** São Paulo: Edgar Blucher, 2005.

MATTOS, Neide Simões de. & GRANATO, Suzana Facchini. **Lixo: problema nosso de cada dia. Cidadania, reciclagem e uso sustentável.** São Paulo: Saraiva, 2005.

MATTOS, Katty Maria da Costa. & MATTOS, Arthur. **Valoração econômica do meio ambiente – uma abordagem teórica e prática.** São Paulo: Rima, Fapesp, 2004.

MONTEIRO, José Henrique Penido *et al.* **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos.** Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

OLIVEIRA, L. B. **Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos e abatimento de gases do efeito estufa.** Dissertação (de mestrado). Programa de Planejamento Energético. COPPE/UFRJ, 2000.

_____. **Potencial de Aproveitamento Energético de Lixo e de Biodiesel de insumos residuais no Brasil.** Tese de Doutorado. Programa de Planejamento Energético. COPPE/UFRJ, 2004.

Parceria 21 (1999) **IBAM – ISER-REDEH. Cidades Sustentáveis. Formulação e implementação de políticas públicas compatíveis com os princípios de Desenvolvimento Sustentável definida na Agenda 21.** Ministério do Meio Ambiente, Projeto PNUD BRA/94/016.

PHILIPPI JR., Arlindo *et al.* **Curso de Gestão Ambiental.** Barueri, SP: Manole, 2004.

PORTER, M.E. & LINDE, C.V.D. “Verde e competitivo: acabando com o impasse”. In **Competição on competition: estratégias competitivas essenciais**, Porter, N.E., Campus, 1999.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Informações sobre o Aterro Bandeirantes.** Disponível em <www.ambiente.sp.gov.br> Acesso em 10 de setembro 2009.

REIS, Tereza V. M. **Emissões de gases de efeito estufa no sistema interligado nacional: metodologia para definição de linha de base e avaliação do potencial de redução de emissões do PROINFA**. Dissertação de Mestrado. Universidade Salvador, 2002.

REZENDE, Sonaly Cristina & HELLER, Léo. **O saneamento no Brasil: políticas e interfaces**. Belo Horizonte: Editora UFMG; Escola de Engenharia da UFMG, 2002.

ROMEIRO, Ademar R. **Economia ou Economia Política da Sustentabilidade**. In: MAY, P., LUSTOSA, M.C. e VINHA V. (2003). Economia do Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2000.

SANTOS, Jacinta dos. **Os caminhos do lixo em Campo Grande: disposição dos resíduos sólidos na organização do espaço**. Campo Grande: UCDB, 2000.

Superintendência de Limpeza Urbana de Maceió – **SLUM**. Plano de Saneamento Componente Resíduos Sólidos. Maceió, 2008.

TENÓRIO, Douglas A. *et al.* **Municípios Alagoanos**. Maceió: Instituto Arnon de Mello, 2006.

TOLMASQUIM, Maurício Tiomno. **Fontes alternativas de energia no Brasil**. Rio Janeiro: Interciência/ CENERGIA, 2003.

USINA VERDE. **Informações sobre a incineração energética**. Disponível em <www.usinaverde.com.br> Acesso em 02 de fevereiro de 2009.

ZULAUF, Mark. Geração com biogás de aterros de lixo. **Dossiê Energia Positiva para o Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.