



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
COLEGIADO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

WESLEY GONÇALVES DUARTE

**GERAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO A PARTIR DA CAPTAÇÃO
DO BIOGÁS DE ATERROS SANITÁRIOS: ECONOMIA VERSUS MEIO
AMBIENTE**

VITÓRIA DA CONQUISTA – BA

2014

WESLEY GONÇALVES DUARTE

**GERAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO A PARTIR DA CAPTAÇÃO DO BIOGÁS
DE ATERROS SANITÁRIOS: ECONOMIA VERSUS MEIO AMBIENTE**

Trabalho monográfico apresentado ao Curso de Economia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como requisito para aprovação na disciplina monografia II e obtenção do grau de Bacharel em Economia.

ORIENTADOR (A): Edilene de Jesus Santos

VITÓRIA DA CONQUISTA – BA

2014

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por tudo, pela vida, pela saúde, força para continuar e vencer os desafios.

A minha mãe Maria Neusa por todo amor, que sem ela, nada disso seria possível.

Aos meus irmãos Jackeline e Ricardo pela força e companheirismo.

Ao meu sobrinho João Gabriel por todas as brincadeiras e momentos felizes que esse garoto trouxe à família.

Aos meus amigos e colegas de trabalho, que me deram suporte.

Um agradecimento especial à minha colega de trabalho e grande amiga Gih por todo apoio, parceria e conselhos nos momentos difíceis.

Ao Capitão Jovevã Oliveira pela força e a oportunidade dada nessa jornada.

A cada pessoa e cliente que torceram para que eu vencesse essa luta.

A todos os mestres e doutores que me fizeram economista, em especial Gildásio pelas aulas de Economia Política; Fernanda Calazans pelas aulas de Econometria; Longuinhos pelas aulas de Macroeconomia; Rondinaldo pelo seu conhecimento enciclopédico (Neoclássica e Industrial); Ronan por suas aulas divertidas (Estatística e Economia do Trabalho); Moisés pelas excelentes aulas e provas difíceis em Introdução às Teorias Econômicas e Internacional; Leal pela simplicidade; José Antônio pelas aulas de Microeconomia; Priscila em Tecnologia; Maíra em Agrícola; Delza em Projetos e a todos os outros que colaboraram para que eu me tornasse o que me tornei.

Aos que me orientaram nesse trabalho, começando pelo professor Josias com o projeto de pesquisa, Sofia Manzano pelas adaptações, Andréa Braz pelo manual de normalização, e Edilene de Jesus pela orientação em monografia II, que foram peças fundamentais para que esse trabalho fosse concluído.

“Seja a mudança que você deseja ver no mundo”

Mahatma Gandhi

RESUMO

O Homem, pós Primeira Revolução Industrial, desenvolveu novas técnicas de produção que geram crescentes lucros, mas com consequências negativas (poluição) para o meio ambiente e a sociedade. A necessidade de reduzir os impactos ambientais e o aquecimento global culminou num tratado mandatário, envolvendo países industrializados, o Protocolo de Kyoto, que obrigou essas economias a reduzirem 5% da emissão de gases poluentes até 2012. Os países em desenvolvimento se beneficiaram com os mecanismos de flexibilização, como os Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), fazendo com que as economias mais poluentes financiem projetos para as economias em expansão a fim de bater a meta do Protocolo, negociando as reduções de poluentes no mercado de carbono. O gás metano (CH₄), que polui 21 vezes mais que o dióxido de carbono (CO₂), potencializa o aquecimento global, fazendo com que aterros sanitários surjam como alternativas para desenvolvimento de Projetos. O presente estudo tem por objetivo investigar a captação do biogás a partir de aterros sanitários, se é uma alternativa viável para a diminuição dos impactos ambientais ou mera fonte de recursos para uma região que converte um lixão num aterro sanitário para captar, queimar ou aproveitar a energia do biogás, convertida em créditos de carbono. Tal investigação utiliza-se de um método dedutivo, e é baseado num referencial bibliográfico dos principais autores que trabalham com a temática envolvida, além de um estudo de caso (Projeto NovaGerar). Dentre os principais resultados, tem-se que os créditos de carbono a partir de aterros sanitários, apesar de reduzir parte da emissão de gases poluentes, não é suficiente para atender, como deveria, os pressupostos do desenvolvimento sustentável. Porém, Projetos de MDL, como o NovaGerar, servem como modelo, pois além de gerar recursos energéticos e beneficiar o meio ambiente, geram recursos financeiros para quem implanta um projeto de MDL.

Palavras-Chave: Créditos de Carbono. Resíduos Sólidos Urbanos. Biogás. Aterro Sanitário. Mecanismos de Desenvolvimento Limpo

ABSTRACT

Man post First Industrial Revolution, developed new production techniques that generate increasing profits, but with negative consequences (pollution) to the environment and society. The need to reduce environmental impacts and global warming led to a mandatory treaty involving industrialized countries, the Kyoto Protocol, which forced these economies to reduce 5% of greenhouse gas emissions by 2012. Developing countries have benefited from the mechanisms easing as the Clean Development Mechanism (CDM), making it the most polluting economies finance projects for expanding economies in order to hit the target of the Protocol, negotiating reductions of pollutants in the carbon market. Methane gas (CH₄), which pollutes 21 times more than carbon dioxide (CO₂), leverages global warming, causing landfills emerge as alternatives to development projects. The present study aims to investigate the capture of biogas from landfills, whether it is a viable alternative for the reduction of environmental impacts or mere resource for a region that takes a dump in a landfill to capture, burn and enjoy biogas energy converted into carbon credits. This research makes use of a deductive method, and is based on a bibliographic reference of the principal authors working on the subject involved, and a case study (Project NovaGerar). Among the main results, we have that the carbon credits from landfills, while reducing the emission of greenhouse gases is not enough to meet, as it should, the assumptions of sustainable development. However, CDM projects, as NovaGerar serve as a model, as well as generating energy resources and benefit the environment, generate financial resources for anyone who deploys a CDM project.

Keywords: Carbon Credits. Solid Waste. Biogas. Landfill. Clean Development Mechanisms.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de um lixão	27
Figura 2A - Esquema de um aterro sanitário	28
Figura 2B - Corte de seção de um Aterro Sanitário	29
Figura 3 - Esquema de um aterro controlado	33
Figura 4 – Processo de decomposição anaeróbia	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Negociadores do Mercado de Carbono	14
Quadro 2 - Classificação dos gases de efeito estufa por setores da economia	17
Quadro 3 - Gases de efeito estufa e suas principais atividades emissoras	18
Quadro 4 - Composição gravimétrica dos RSU	24
Quadro 5 - Aterro X lixão	30
Quadro 6 – Composição do biogás	37
Quadro 7 - Equivalência de 1Nm ³ ¹ de Biogás comparado a outros combustíveis	38
Quadro 8 – Comparação do biogás com os principais gases	39
Quadro 9 – Técnicas de remoção das impurezas do biogás	45
Quadro 10 – Projeções financeiras do Projeto NovaGerar – valores em US\$	51

¹ Nm³ é a Vazão Normal por metro cúbico, usado para medição de volume do biogás

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Estrutura da oferta de energia mundial	35
Gráfico 2 – Composição do consumo e fonte de energia primária no Brasil	35

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AND	Autoridade Nacional Designada
CE	Comércio de Emissões
CER	Emissões de Redução Certificada
CFC	Clorofluorcarbonos
CH ₄	Gás Metano
CO ₂	Dióxido de Carbono
CONDER	Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia
COPs	Conferência das Partes
CR	Emissão Certificada
CTR	Central Integrada de Tratamento de Resíduos
DNV	Desifnada Det Norske Veritas
DOE	Entidade Operacional Designada
ER	Emissão Esperada
FGV	Fundação Getúlio Vargas
GEE	Gases de Efeito Estufa
HFCs	Hidrofluorcarbonos
IBAM	Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IC	Implantação Conjunta
IETA	Organização Internacional de Alteração do Clima
IPCC	Painel Intragovernamental Para Mudanças Climáticas
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MIT	Massachussetts Institute Of Technology
N ₂	Nitrogênio

N2O	Óxido Nitroso
O2	Oxigênio
O3	Ozônio
ONU	Organização das Nações Unidas
PDD	Documento de Concepção do Projeto
PFCs	Perfluorcarbonos
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia
REC	Reduções de Emissões de Carbono
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
S6C	Hexafluoreto de Carbono
SEPLANTEC	Secretaria de Desenvolvimento, Ciência e Tecnologia
UNCTAD	Conferência das Nações Unidas Para o Comércio e o Desenvolvimento
WBNCDF	Fundo de Desenvolvimento Limpo dos Países baixos do Banco Mundial

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
CAPÍTULO 1 – CONTEXTO HISTÓRICO, CONCEITO, CONTROVÉRSIAS E LIMITAÇÕES ACERCA DO CRÉDITO DE CARBONO	11
1.1 Contexto Histórico	11
1.2 Crédito de carbono	14
1.3 Controvérsias acerca do Mercado de Carbono	19
1.4 Limitações	20
CAPÍTULO 2 – RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E DIFERENTES FORMAS DE ARMAZENAMENTO DO LIXO	23
2.1 Lixo e Resíduos Sólidos Urbanos	23
2.1.1 Lixo.....	23
2.1.2 Resíduos Sólidos Urbanos	24
2.1.2.1 Classificação dos resíduos sólidos (riscos ambientais e origem).....	24
2.2 Lixão versus aterro sanitário.....	26
2.2.1 Lixão.....	26
2.2.2 Aterro Sanitário.....	27
2.2.2.1 Aterro Convencional.....	31
2.2.2.2 Aterro em valas.....	31
2.3 Aterro controlado;	32
CAPÍTULO 3 - PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE ATERROS SANITÁRIOS, A QUESTÃO ENERGÉTICA E UM CASO DE SUCESSO NO BRASIL (PROJETO NOVAGERAR)	34
3.1 A questão Energética no Brasil e o Biogás.....	34
3.2 Produção de biogás numa usina	40
3.2 Brasil no Mercado de Carbono: um caso de sucesso (Projeto NovaGerar).....	46
3.2.1 Projeto NovaGerar.....	46
CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
REFERÊNCIAS	58

INTRODUÇÃO

Dada à importância de se estudar os problemas ambientais ocasionados pela captação de recursos naturais (escassos) para geração de energia pelo homem, que vem evoluindo desde a primeira revolução industrial até os tempos atuais, no qual, o problema das externalidades, da poluição e do aquecimento global vir afetando a humanidade diretamente, importante se faz, a elaboração do presente trabalho com a preocupação acerca da geração de créditos de carbono a partir de aterros sanitários, na possibilidade de ser um colaborador quanto à minimização dos impactos da poluição no globo terrestre ou sua simples geração de recursos financeiros a partir do mercado de carbono.

Parte-se da hipótese de que é uma realidade a geração de créditos de carbono a partir de aterros sanitários, que gera recursos financeiros para uma economia. Pergunta-se, portanto:

A geração de créditos de carbono a partir de aterros sanitários é uma alternativa viável para a redução do aquecimento global e minimização dos impactos ambientais ou apenas uma fonte de captação de recursos para o crescimento de uma região?

O presente trabalho tem por objetivo analisar a geração de créditos de carbono a partir de da captação do biogás em aterros sanitários, se é uma alternativa viável para a redução do aquecimento global ou apenas uma fonte de recurso gerado pós-negociação no Mercado de Carbono.

Deve-se para tanto, discutir o conceito de créditos de carbonos, a partir de seu contexto histórico, além de discutir as controvérsias e suas limitações. É necessário, também, investigar minuciosamente o conceito de aterros sanitários, se diferenciando das outras formas de armazenamento de lixo ou resíduos sólidos. Além do mais, para se discutir a geração de créditos de carbono a partir de aterros sanitários, se faz necessário a análise de um caso que já deu certo, como será o caso analisado ao final desse trabalho, do projeto pioneiro de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo intitulado NovaGerar, situado na cidade de Nova Iguaçu, no Estado do Rio de Janeiro.

Devido ao grau de magnitude que requer a pesquisa sobre a temática em questão (geração de créditos de carbono a partir de aterros sanitários), o método de abordagem é o dedutivo. Tal método parte de teorias e leis, ou da observação de um fato geral, como é o caso da observação do conceito de crédito de carbono, que vem de uma abrangência mundial (importância da manutenção do meio ambiente e da vida na Terra), chegando à investigação

das formas de como o homem veio evoluindo tecnologicamente até chegar a um estágio (atual) de degradação do meio ambiente.

Surge, dessa forma, a necessidade de estudos mais amplos de preocupação com o meio ambiente chegando à análise do problema do aquecimento global, envolvendo não só países desenvolvidos poluidores, como países subdesenvolvidos não poluidores, abrangendo um conceito geral do que vem a ser chamado crédito de carbono.

Desse conceito formulado (geral) parte-se para o específico (geração de crédito de carbono a partir de aterros sanitários), delimitando que o crédito de carbono está sendo gerado especificamente de uma fonte (aterros sanitários) e não de todas as fontes que poderiam gerar tais créditos, como por exemplo: a diminuição de dióxido de carbono (CO₂) das indústrias dos países emergentes para a geração de créditos de carbonos a serem negociados no mercado de carbono mundial, dentre outras fontes do referido crédito.

O presente trabalho pauta-se na geração do crédito de carbono a partir de aterros sanitários, que remete à questão energética no Brasil, a partir de usinas de biogás, que dá um novo sentido ao lixo. Por isso a importância do método dedutivo, para investigar a temática em questão.

Do método de procedimento, partir-se-á de um método histórico, pela observação da evolução das técnicas utilizadas pelo homem, de geração de energia, até chegar ao conceito de crédito de carbono em si, além da historicidade das questões ambientais envolvidas que culminou no Protocolo de Kyoto. Observar-se-á, também, a questão dos aterros sanitários, para chegar ao propósito principal, da geração de créditos de carbono a partir de aterros sanitários, abordando um caso de sucesso no Brasil (Projeto NovaGerar) e a questão energética a partir de usinas de biogás, para aprovação de projetos de redução de emissões.

Dada à importância da temática proposta, o presente trabalho pauta-se ainda, numa revisão bibliográfica com o fim de verificar se a geração de créditos de carbono a partir de aterros sanitários diminui os impactos ambientais ou é mera fonte de renda para aqueles inserem no mercado de carbono. Dessa forma, o trabalho se divide em três capítulos, distribuído por pautas diferentes, mas de caráter complementar, para o estudo da temática proposta.

O capítulo 1 aborda o contexto histórico que norteia as questões ambientais e do surgimento do crédito de carbono a partir do Protocolo de Kyoto, conceituando crédito de carbono, e suas subdivisões, que envolvem os Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), além de apontar as controvérsias e limitações que são impostas para aprovação de

projetos de redução certificada de carbono, baseada numa revisão bibliográfica de vários autores relacionados à referida área de conhecimento.

O capítulo 2 aborda o tratamento dado aos resíduos sólidos urbanos, a partir de um estudo conceitual acerca das diversas formas de armazenamento do lixo, destacando aterro sanitário, que é um dos pré-requisitos para a captação do gás metano, a partir da sua estrutura.

O capítulo 3 versa sobre o uso e importância do biogás, mencionando a questão energética no Brasil, dos custos que envolvem a captação de gás metano e geração de energia numa usina de biogás. Ainda, o capítulo 3 apresenta um caso de sucesso no Brasil, o do projeto NovaGerar, situado em Nova Iguaçu, no Rio de Janeiro, a partir de biogás de aterro e negociação de créditos de carbono no seu respectivo mercado.

CAPÍTULO 1 – CONTEXTO HISTÓRICO, CONCEITO, CONTROVÉRSIAS E LIMITAÇÕES ACERCA DO CRÉDITO DE CARBONO

1.1 Contexto Histórico

Sabe-se que a atmosfera é composta por uma diversidade de gases, dentre os quais: Nitrogênio (N₂), e Oxigênio (O₂). Tais gases compõem cerca de 99% da atmosfera (ROCHA et al). Porém, não são esses os gases os motivos de preocupação, mas sim os de efeito estufa que, segundo o Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, (Brasil, 2005) englobam: o Dióxido de Carbono (CO₂), o Metano (CH₄), além do vapor d'água. Esses são chamados gases de efeito estufa (GEE) e são intensificados pela ação antrópica. Esses gases são chamados assim pelo poder de reterem o calor na atmosfera. Diferente do que muitos pensam, o efeito estufa é um fenômeno natural de aquecimento terrestre em que o vapor d'água e o CO₂ têm a função de permitir ondas eletromagnéticas atravessarem a superfície da Terra para aquecer a mesma.

Porém, o termo aquecimento global refere-se à capacidade da terra em reter calor, que vai além do necessário para a manutenção de vida na Terra. Dessa forma “a concentração de CO₂ na atmosfera, que era de 280 ppm (partes por milhão) na era pré-industrial, já atinge hoje o nível de 375 ppm” (Brasil, 2005, p.35). Dentre os grandes provocadores de tal aquecimento, a queima de combustíveis fósseis (gás natural, carvão mineral e petróleo) é responsável por grande parcela de tal aquecimento, sem contar os desmatamentos. As consequências do aquecimento global são diversas: aumento da temperatura da terra, descongelamento das calotas polares, que ocasionam o aumento dos níveis oceânicos, alteração da biodiversidade, além de aumento de catástrofes naturais.

Dessa forma, segundo Bandeira (2011), surge na década de 1960, o movimento ambientalista voltado para os aspectos de mudanças climáticas, que começam a fazer parte da agenda dos políticos. Já se pensava a respeito da Terra estar passando por mudanças geoclimáticas significativas. Porém, historicamente é difícil demarcar um único ponto de início dos movimentos ecologistas para o paradigma das mudanças climáticas.

Em 1988, por exemplo, o programa da Organização das Nações Unidas (ONU) para o Meio Ambiente cria o Painel Intergovernamental Para Mudanças Climáticas (IPCC) com vistas à análise das mudanças do clima. Foram reunidos em Toronto no Canadá, governantes e cientistas para discutirem o tema. (ROCHA *et al*, 2008)

Em 1990 os cientistas evidenciaram a necessidade de redução de 60% dos gases responsáveis pelo aquecimento global. Isso apenas para atingir níveis de compatibilidade de sobrevivência na Terra. (ROCHA *et al*, 2008). Dessa forma a ONU passa a discutir a criação de uma Convenção sobre Mudança Climática.

Em 1992 mais de 160 países se reuniram para assinar a Convenção Quadro sobre Mudanças do Clima na ECO 92, no Rio de Janeiro, que entrou em vigor em 1994. (Hoppe *et. al*, 2011)

Contudo, como afirma Pinheiro (2005) a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima não possui caráter impositivo, uma vez que não tem normas e regras específicas em caso de não cumprimento. "Logo, foi nesse contexto que emergiu a importância do Protocolo de Kyoto, que regulamentou e especificou a Convenção". (PINHEIRO, 2005, p.112)

Em 1995 foi realizada a primeira Conferência das Partes (COPs), em Berlim na Alemanha, onde continha uma lista de obrigações para os participantes, que culminou num documento chamado Mandato de Berlim.

O Protocolo de Kyoto foi assinado na Terceira Conferência das Partes, no Japão em 1997, pelo qual os países industrializados deverão reduzir, em média, 5,2% das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em relação às emissões de 1990, nos anos de 2008 a 2012. Com a ratificação da Rússia, no final de 2004, entrou em vigor em 16 de fevereiro de 2005. (BRASIL, 2005, p.13)

O Protocolo de Kyoto é um tratado mandatário, ou seja, o país que assinou é obrigado a obedecer as metas estabelecidas para redução da poluição ou redução do CO₂, como expõe PINHEIRO (2005, p.12) "o Protocolo de Kyoto é um anexo à Convenção, mas possui regras e diretrizes próprias, com sanções aos infratores, assegurando que ele tenha uma real efetividade, além de garantir o cumprimento das metas estabelecidas". Dessa forma foi estabelecido que até 2012, trinta e oito países industrializados precisariam reduzir suas emissões em 5,2% dos gases de efeito estufa. Porém, em 2001 o maior poluidor do mundo, os Estados Unidos, se retiraram das discussões acerca do Protocolo por considerar o mesmo custoso demais para a economia do país.

As metas do Protocolo são distribuídas entre os principais setores emissores de Gases de Efeito Estufa (GEE) e dentro de cada setor, a distribuição é feita dentro de cada empresa. Tais regras de estabelecimento de metas atingiram somente os países desenvolvidos, esses sim tiveram a obrigação de reduzir uma parcela da emissão dos GEE. Dessa forma, foram criadas

condições para que os países que não conseguissem atingir essas metas possam comprar de outras empresas esses serviços ou reduções que conseguirão ir além da meta.

Um exemplo ilustra como funcionam as metas do referido protocolo: se a empresa X produzir cerca de uma tonelada de CO₂ durante seu processo de fabricação e a meta seja estabelecida de reduzir esse total em 5%, como estabelece o Protocolo de Kyoto. Suponha que essa empresa consiga reduzir apenas 2% da meta estabelecida, restando 3% para bater a meta. Ela tem uma alternativa, a de buscar a diferença dos 5% (os 3% restantes) no mercado de carbono.

Nesse mercado ela encontra a empresa Y, que mudou seu modo de produção para a captação de energia eólica (energia limpa), que conseguiu deixar de emitir gases poluentes além da sua meta de 5%. Essa empresa Y poderá converter essa parcela que deixou de emitir em crédito de carbono e negociar no mercado de carbono o que deixou de emitir, vendendo à empresa X a quantidade que ela precisava para bater a meta. Além disso, a empresa Y tem a possibilidade de receber recursos para continuar a desenvolver novos meios de produzir a partir da energia limpa.

Segundo Naponucena (2008), dentre os mecanismos internacionais de mercado inovadores, que se desenvolveram no Protocolo de Quioto destacam: o comércio das emissões (CE), Implantação Conjunta (IC) e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). O principal objetivo desses mecanismos é a minimização dos custos com vistas a alcançar as metas de redução de emissões. Vale ressaltar que o MDL também inclui propostas de desenvolvimento sustentável contido nos países subdesenvolvidos, além de ser a principal fonte de créditos de carbono.

Além do mais:

A principal fonte de créditos de carbono são aquelas provenientes do terceiro mecanismo de flexibilização apresentado, vale dizer, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Além disso, esse é o único mecanismo que envolve os países em desenvolvimento, permitindo uma análise mais ampla dos investimentos realizados ao redor do globo. (AUGUSTO, 2012, p.12)

A partir do MDL as partes do anexo 1 do Protocolo de Quioto podem investir em projetos ou então comprar as reduções de gases de efeito estufa (GEE) desenvolvidos pelas partes que não constam no anexo 1, dentre estes, o Brasil.

Os mecanismos de flexibilização, que inclui o MDL, são tratados pelo Protocolo como sendo suplementares as metas de redução dos países Anexo I, ou seja, deverão reduzir suas emissões prioritariamente a nível doméstico. Como o protocolo não estabelece o percentual que deverá ser reduzido

internamente supõe-se que a compra das reduções, no mercado internacional, não ultrapasse 50% das estabelecidas internamente. (BRASIL, 2005, p.60)

A seguir (Quadro 1) as principais negociações no mercado de carbono e seus respectivos mecanismos de flexibilização.

Quadro 1 - Negociadores do Mercado de Carbono.

Negociadores		Mecanismos de Flexibilização
Países Anexo 1	Países Anexo 1	Comércio de Emissões
Países Anexo 1	Países Anexo 1	Implantação Conjunta
Países Anexo 1	Países Não Anexo 1	Mecanismos de Desenvolvimento Limpo

Fonte: Fundação Getúlio Vargas (2004)

Tem-se discutido a futura inserção do Brasil no Anexo I, por ser um grande poluidor mundial. Como o mesmo ainda não se encontra em tal Anexo, ele tem que atender as especificações do MDL.

Porém, a COP Rio +20, que estabeleceu o Kyoto 2, no pós 2012, permaneceu com a proposta antiga de que os países em desenvolvimento continuariam fora do anexo 1, podendo negociar apenas projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, o que causou insatisfação para os países participantes do Anexo 1.

1.2 Crédito de carbono

O termo Crédito de Carbono se refere a uma tonelada de emissão de gases de efeito estufa (GEE) que deixa de ser emitida na atmosfera, ou seja, a cada tonelada que se deixa de emitir, se aprovado em projeto, equivale a um crédito de carbono que pode ser vendido como commodities em bolsa de valores.

Esses créditos de carbono são certificados emitidos por agências de proteção ambiental para projetos de empresas que possam contribuir para a redução de emissões, incluindo desde reflorestamentos até a substituição de combustíveis fósseis por energias limpas, como o biodiesel. (ROCHA, 2009, p. 3)

Tem-se pensado em formas de redução de gases poluentes causadores do efeito estufa. Várias dessas formas surgiram com o MDL. Além disso, foi deste último, numa das assinaturas do Protocolo de Kyoto, que surgiu o termo crédito de carbono ou mercado de

carbono, que seria uma alternativa dos países desenvolvidos conseguirem meios de produzir (poluindo), comprando uma parcela da redução de gases poluentes de outros países por meio do mercado de carbono.

Segundo os Cadernos Nacionais de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (Brasil, 2005), a variação de preços do crédito de carbono está relacionada ao menor risco de registro de emissão por parte de quem compra o crédito, ou seja, quanto menor a redução de emissão por parte do comprador, mais caro se torna o crédito de carbono. “O valor dos contratos efetuados pôde ser estimado entre US\$ 330 milhões em 2003 e US\$ 260 milhões em janeiro a maio de 2004” (BRASIL, 2005, p.17)

Em 2005, por exemplo, as transações do mercado de carbono em todo o mundo movimentaram cerca de US\$11 bilhões, chegando quase a triplicar em 2006, indo para cerca de US\$30 bilhões, o equivalente a uma compensação de aproximadamente 700 milhões de toneladas de CO₂ em 2005 e de 1 bilhão e 600 milhões de toneladas de CO₂ em 2006. Com isso percebe-se o quanto é promissor esse mercado de carbono.

O mercado de carbono é tão promissor que, quando se refere às perspectivas estudadas pelo Banco Mundial; pelo Massachusetts Institute Of Technology (MIT) e a United Nation Conference on Trade and Development (UNCTAD), segundo PointCarbon, (2004), a perspectiva de demanda pelo referido crédito pela redução de emissões era chegar a US\$10 bilhões ao ano em 2010. O que mais impressiona é a perspectiva para do valor da tonelada para o referido ano, que variava de US\$ 8 a US\$ 32/TCO₂, tendo o Brasil a possibilidade de se destacar no mercado de carbono, dado o seu potencial e pioneirismo no MDL, podendo ocupar cerca de 10% da fatia do mercado global. (*apud* BRASIL, 2005)

Segundo estudos da Fundação Getúlio Vargas (FGV, 2004), os ativos negociados são: ER (Expected Reductions) ou Emissão esperada; CR (Certified Reductions) ou Emissão Certificada e as CER (Certified Emissions Reductions) ou Emissões de Redução Certificada; dentre as três, a primeira tem a maior probabilidade de não ser implantada, sendo necessária a contratação de um seguro desempenho para minimizar os riscos; A segunda, quando implantado o projeto, se transforma automaticamente em Reduções Certificadas e a terceira prevê que tanto a CR, quanto ER deverão transformar em Emissões de Redução Certificada, que são ativos aceitos no MDL e que serão registrados no Executive Board.

Segundo os mesmo estudos (FGV, 2004), existem alguns pré-requisitos para que as Reduções de Emissões de Carbono (REC) tenham credibilidade: é necessário ser certificado e validado por empresas de alto padrão técnico, idôneas, e independentes credenciadas pelo Executive Board e designada pela conferência das partes, denominadas Designated

Operational Entities – DOE. A elas são atribuídas às responsabilidades pela validação metodológica e certificação dos montantes de emissões reduzidas que darão origem às Certified Emissions Reductions – CER.

Essa metodologia da ONU para a validação final é bastante criticada por exercer um processo bastante burocrático, mas muitos indicam que a transparência faz parte da credibilidade dos projetos, quando aprovados.

Dentre os projetos mais comuns e aceitáveis pela ONU são os de geração de energias renováveis, como hidrelétricas, pelo qual o Brasil tem um grande potencial; resíduos de agricultura para produzir energias renováveis; a substituição do óleo combustível nas siderúrgicas pelo gás natural; além do tratamento dos resíduos urbanos, sendo que o Brasil tem muitos lixões que poderão ser conversíveis em aterros sanitários.

Ainda segundo os estudos mencionados (FGV, 2004), as Emissões Esperadas (ERs) e as Emissões Certificadas (CRs) já podem ser negociadas no mercado internacional como um derivativo do ativo que será definitivamente aceito para o cumprimento das metas dos países do Anexo I. Como por exemplo: as Emissões Esperadas ERs já estão sendo negociadas no mercado de balcão a partir de contratos a termo e opções de compra e venda. Porém, para se converter as Emissões Esperadas (ERs) e as Emissões Certificadas (CRs) em emissões de redução certificadas CERs, faz-se necessário a redução dos gases de efeito estufa para *a posteriori* conversão em equivalentes de CO₂ como previsto no artigo 5, inciso 3, do Protocolo de Kyoto.

Os gases negociáveis em conformidade com o Anexo A do referido Protocolo: Dióxido de Carbono (CO₂); Metano (CH₄); Óxido Nitroso (N₂O); Hidrofluorcarbonos (HFCs); Perfluorcarbonos (PFCs); Hexafluoreto de Carbono (S₆C); e sendo referenciados em CO₂ equivalentes, conforme estabelecido pelo Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. (FGV, 2004, p.17)

Pode-se classificar os gases de efeito estufa, citados anteriormente, a partir fontes de atividades e dos setores da Economia, como se vê no quadro 2.

Quadro 2 - Classificação dos gases de efeito estufa por setores da economia.

Energia	Processos Industriais	Agricultura	Resíduos
Co ₂ -CH ₄ -N ₂ O	CO ₂ -CH ₄ -HFCs-SF ₆	CH ₄ -N ₂ O	CH ₄
Queima de Combustível Setor Energético; Indústria de transformação; Transporte; Outros Setores;	Produtos minerais; Indústria Química; Produção de metais; Produção e consumo de Halocarbonos de S; Uso de solventes; Outros.	Fermentação Antérica; Tratamento de dejetos; Cultivo de arroz; Solos agrícolas; Queimadas prescritas de cerrado; Queimadas de resíduos agrícolas;	Disp. De Resíduos Sólidos. Trat. De esgoto sanitário; Trat. De Afluentes Líquidos
Remoções de CO ₂			
Florestamento/Reflorestamento			

Fonte: Santos 2005 (*apud* NAPONUCENA *et. al*, 2008)

O quadro 2 evidencia, que os resíduos sólidos, emissores de gás metano (CH₄), são conversíveis em seu equivalente em CO₂ para ser negociado no mercado de carbono, assim como os outros gases citados, o são.

O quadro 3 abaixo complementa o peso de várias fontes de carbono e seus equivalentes, além das principais atividades emissoras de tais gases.

Quadro 3 – Gases de Efeito Estufa e suas principais atividades emissoras

GEE	Principais atividades emissoras de GEE	Potencial de aquecimento global 100 anos
Dióxido de Carbono –CO ₂	Queima de combustíveis fósseis Queimadas em florestas	1
Metano – CH ₄	Extração, transporte e distribuição de combustíveis fósseis Produção animal Tratamento incorreto do lixo	21
Óxido Nitroso –N ₂ O	Combustão de combustíveis fósseis Atividades agrícolas e Processos industriais	296
Ozônio – O ₃	Formado na baixa atmosfera a partir de outros poluentes gerados pela combustão de combustíveis fósseis	-
Halocarbonos	Vazamentos de equipamentos que utilizam CFC (clorofluorcarbonos) Processos industriais	120- 12000
Hexafluoreto de Enxofre –SF ₆	Usado como isolante em equipamentos elétricos Processos industriais	23900

Fonte: Pinheiro (2005)

Segundo Pinheiro (2005), os gases citados no quadro 3 são gerados pela ação antrópica, tendo cada um, seu potencial de aquecimento global, em função da intensidade em que absorvem energia solar e do tempo que permanecem na atmosfera.

Cumprir mencionar que o potencial de aquecimento global do metano tem valor 21, ou seja, é vinte e uma vezes mais poluente que o dióxido de carbono; e do Hexafluoreto de enxofre, vinte e três mil e novecentos (23.900). Portanto há equivalência em CO₂ para cada um dos cinco gases listados no Protocolo como gases passíveis de redução. (ROCHA et. al, p.4244)

O Brasil, por exemplo, país em desenvolvimento, que ainda não tem meta no mercado de carbono, assim como outras empresas de outros países em desenvolvimento, também pode participar do mercado de carbono por meio de projetos de inovações visando a redução dos GEE. Todos esses exemplos fazem parte do Mecanismo de Desenvolvimento

Limpo (MDL). Porém, como já exposto, para que o país se enquadre no MDL é necessário que haja uma validação por uma empresa certificadora registrada na Organização das Nações Unidas (ONU).

O Brasil é um dos países que mais apresentam projetos no promissor mercado de carbono. Tal mercado tem ainda, um grande potencial para os próximos anos. Outra questão acerca do Protocolo de Kyoto, é que o mesmo não tem nenhuma proposta de contenção do desmatamento, que é, também, um dos meios bastante poluentes. Se ações pós 2012, que é a data prevista para o fim do Protocolo de Kyoto, de combate ao desmatamento, forem incluídas num novo tratado, o Brasil poderá se beneficiar, pois poderá receber recursos para reduzir a principal causa de emissões de gases de efeito estufa do país, ou seja, aumentaria mais ainda o potencial para o Brasil de gerar créditos de carbono.

1.3 Controvérsias acerca do Mercado de Carbono

Apesar de os mecanismos de flexibilização, a partir da ratificação do Protocolo de Kyoto terem se intensificado, se tornando mais complexos, muito se questiona acerca da sua eficácia. (AUGUSTO, 2012)

O Banco Mundial observou que as emissões de CO₂ não reduziram como propunha o Protocolo de Kyoto e seus mecanismos de flexibilização. Porém, segundo Augusto (2012) um fato alarmante se comprova, as emissões de CO₂ na atmosfera em vez de reduzir, aumentaram.

Dessa forma surge um empasse entre aqueles que defendem os mecanismos de redução de gases de efeito estufa e outros que afirmam que esses instrumentos são ineficientes.

Por outro lado, segundo Augusto (2012), os a favor dos mecanismos de redução, se dividem em duas correntes distintas: os a favor de um mercado desregulamentado ou flexível, e aqueles que têm seus argumentos a favor de uma maior regulamentação para não se desvirtuar do objetivo central do mercado.

Vê-se o discurso da eficiência dos mecanismos de redução de emissão de gases de efeito estufa. Ou seja, investiga-se a real eficiência da temática crédito de carbono. Além do mais, a referida temática confere algumas limitações, que serão tratadas a seguir.

1.4 Limitações

O mercado de carbono apesar de bastante promissor, exige que os países envolvidos, no tocante àqueles envolvidos nos mecanismos de flexibilização, como os mecanismos de desenvolvimento limpo, algumas exigências que tornam um empecilho ou limitador de certos projetos de países em desenvolvimento serem aprovados pelo mercado de carbono.

Segundo os cadernos nacionais de assuntos estratégicos (Brasil, 2005) foram identificadas certas barreiras que dificultam o aproveitamento pleno do potencial oferecido a partir do promissor mercado de carbono. Portanto, Dentre as principais limitações acerca do crédito de carbono, se destaca algumas:

Os altos custos de transação gerados a partir do MDL, Projetos pequenos (de pequena escala) sofrem com tais custos para arcar com tal ônus. (BRASIL, 2005).

Outro ônus que se envolve em tal mercado, segundo os Cadernos Nacionais de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, é a inexistência de uma linha de base definida pelo governo para o setor elétrico no nível nacional e regional. Em tal sentido, é preciso disponibilizar para o mercado dados oficiais sobre o despacho da energia gerada pelas usinas conectadas à rede, segundo a fonte primária de energia (hidroeletricidade, nuclear, gás natural, derivados de petróleo e carvão mineral). Portanto, a questão do cálculo exigido pelo Executive Board no MDL para os projetos faculta a consideração no cálculo apenas das usinas que não seriam despachadas caso se reduzisse em 10% a energia demandada à rede. (BRASIL, 2005)

Ainda segundo os cadernos citados (Brasil, 2005), é necessário garantir que todos os programas de eficiência energética e fontes renováveis de energia, quando de sua regulamentação, explicitem como um de seus objetivos a redução das emissões de GEE.

Tem-se aqui, a necessidade de qualquer projeto explicitar a questão da redução de gases de efeito estufa. Dessa forma, observa quão dificultoso é se inserir no mercado de carbono.

Os mesmos Cadernos Nacionais (Brasil, 2005) apontam a necessidade de uma definição clara da titularidade dos créditos de carbono gerados por projetos MDL, no caso de programas governamentais. Dessa forma, grande dúvida é gerada aos empreendedores de projetos nacionais.

A inexistência de uma estrutura de ponta capaz de garantir a tramitação ágil de um grande fluxo de projetos MDL é outra questão que vem a burocratizar a aprovação de alguns projetos mais simples.

Outra questão crucial que dificulta a entrada ou aprovação de projetos de MDL é a “dificuldade de obter financiamento para investimento inicial em projetos MDL, devido à atual conjuntura macroeconômica (alta taxa de juros)” (BRASIL 2005, p.14)

A baixa institucionalização do mercado (Brasil, 2005), que gera insegurança jurídica quanto à titularidade de créditos negociados e ao regime fiscal aplicável à receita das vendas de RCEs é outro problema encontrado no mercado de carbono. Na atualidade os créditos de carbono vão sendo negociados como “pré-pagamento de exportação”, e não há incidência de taxa sobre sua transação.

Além do mais,

A ausência de conhecimento do potencial de oportunidades de projetos MDL pelo setor privado, nos diversos setores. Falta uma entidade de promoção do MDL para desenvolver capacidades locais e promover a difusão e estudos que conduzam a uma carteira de projetos, de modo a reduzir os custos de transação. (BRASIL, 2005, p.14)

Outra das principais limitações para inserção no referido mercado são as dificuldades de natureza científica-tecnológica inerentes às fontes renováveis de energias, como citado pelos Cadernos Nacionais de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (BRASIL, 2005): a falta de informação consistente sobre a base de recursos energéticos no nível local, regional e nacional; alto investimento inicial; dificuldades de seu despacho na rede elétrica devido à natureza intermitente da energia; problemas de conexão das plantas de energia renovável à rede de distribuição. Além de dificuldades de obtenção do licenciamento ambiental (talvez, o principal empecilho de aprovação de projetos) e por fim, as necessidades de pesquisa e desenvolvimento tecnológico.

Dessa forma, a aprovação de projetos de MDL é bastante dificultosa. Os Projetos que fogem a tais exigências, não podem ser aprovados, ficando muitos projetos apenas no papel.

Como o trabalho trata de geração de crédito de carbono a partir de aterros sanitários, se faz necessário um estudo detalhado acerca dos resíduos sólidos urbanos e as diferentes formas de armazenamento do lixo, pois o tratamento do lixo se difere quando acondicionado num simples lixão, como há uma diferença acentuada no tratamento num aterro sanitário. Além disso, a forma como é tratado os resíduos sólidos urbanos num aterro sanitário, dá margem à captação e queima do gás metano gerado no aterro sanitário, podendo ser

negociado no mercado de carbono, além de possibilitar a instalação de uma usina para o aproveitamento energético do biogás, que será discutido nos capítulos seguintes.

CAPÍTULO 2 – RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E DIFERENTES FORMAS DE ARMAZENAMENTO DO LIXO

O Lixo, por sua característica de descarte, e por ser conhecido como algo que tem pouco valor de uso, e muitas vezes mau cheiro, é pouco valorizado. Porém, quando se trata do reaproveitamento do lixo para reciclagem, o mesmo se destaca.

Por outro lado, quando da sua utilização, é extraído o gás metano e posterior reaproveitamento por uma usina de biogás, ou por projetos de Mecanismos de Desenvolvimento limpo, para conversão em créditos de carbono e *posteriori* negociação no mercado de carbono, é que o lixo se destaca.

Para os especialistas nessa área, que fazem dos resíduos sólidos, uma fonte inacabável de matéria prima, a partir da sua utilização em aterros sanitários para produção de energia numa usina de biogás, o lixo se torna algo com alto valor, uma vez que os gases emitidos pelo mesmo podem ser uma grande fonte de recursos energéticos, quando da implantação de uma usina de biogás, que rendem aos seus municípios grandes fatias de recursos energéticos e financeiros, além de deixar de emitir esses gases danosos ao meio ambiente.

O presente capítulo introduz os conceitos dos diversos modos de armazenamento dos resíduos sólidos, qual seja, lixão, aterro sanitário (convencional e em valas) e aterro controlado. O destaque aqui, se dá para o aterro sanitário, que é o pré-requisito para que seja possível a implantação de uma usina de biogás, aprofundado no próximo capítulo.

2.1 Lixo e Resíduos Sólidos Urbanos

2.1.1 Lixo

A palavra lixo é originada do latim *lix*, tendo significado de lixívia. Além do mais, nos países de origem e idioma espanhóis, *basura* é o termo próprio referente ao lixo, enquanto em países de língua inglesa, o lixo ganha nomes variados, tais como solid waste, refuse, garbage. (GOMES, 2013, p.24)

Do seu aproveitamento, Neto *apud* Gomes (2013, p.24) aponta que o lixo, base da composição dos resíduos sólidos urbanos, pode ser aproveitado de várias formas, como a reciclagem, compostagem, fonte de renda, fonte de energia, recursos naturais, dando valor para o que antes se enxergava como algo com pouco ou sem nenhum valor.

2.1.2 Resíduos Sólidos Urbanos

Gomes (2013, p. 32) aponta que os resíduos sólidos urbanos têm crescimento proporcional ao aumento populacional. Além disso, a composição orgânica do lixo no Brasil é maior do que a dos países industrialmente desenvolvidos, uma vez que, nesses últimos, a geração de matéria orgânica, na composição da geração de resíduos sólidos urbanos, descartável, é baixa. A isso se deve a existência maciça de alimentos pré-cozidos, enlatados, que geram pouco ou nenhum resíduo de natureza orgânica.

Por outro lado, no Brasil, a matéria orgânica de fácil degradação é superior aos demais materiais recicláveis, como indicado pelo quadro 04, que retrata a composição dos resíduos sólidos urbanos no Brasil para os anos de 1999 e 2008 comparado aos Estados Unidos em 1990.

Quadro 04 – Composição gravimétrica dos RSU

Resíduos (%)	Brasil (1999)	Brasil (2008)	Davis, EUA, 1990
Matéria Orgânica	67,0	51,4	6,4
Papeis	19,8	13,1	41,0
Plásticos	6,5	13,5	10,7
Vidros	3,0	2,4	5,8
Metais	3,7	2,9	7,9
Outros	-	16,7	28,2

Fonte: Neto (1999) *apud* Gomes (2013, p.32)

Dessa forma, conceitua-se Resíduo Sólido Urbano como:

Todo e qualquer resíduo proveniente da atividade humana ou gerado pela natureza nas áreas urbanizadas é considerado lixo urbano ou Resíduo Sólido Urbano (RSU). Mais especificamente, as atividades que caracterizam os RSU são os resíduos de origem domiciliar, como restos de alimentos e materiais descartáveis (tetra-pak, garrafas PET, vidro, etc.), os restos provenientes de restaurantes e hotéis, o material coletado na rua, o produto da manutenção de áreas verdes como praças e jardins e, finalmente, o entulho gerado por novas construções ou reformas. (NAPONUCENA *et. al*, 2008, p. 02)

As atividades antrópicas acumulam milhares de toneladas de materiais que não têm utilidade, que deveriam ser dado o tratamento adequado, mas muitas vezes descartados em lixões a céu aberto, colaborando para a poluição e proliferação de doenças. Dessa forma, os resíduos sólidos urbanos são classificados quanto aos riscos ambientais e sua origem.

2.1.2.1 Classificação dos resíduos sólidos (riscos ambientais e origem)

A associação Brasileira de Normas técnicas NBR 10004 (ABNT, 2004) Classifica os resíduos sólidos quanto ao risco ambiental e sua origem ou composição.

Quanto ao risco, os resíduos estão classificados em perigosos e não perigosos. Os primeiros apresentam risco ao meio ambiente e a saúde do ser humano, dividido em inflamável, corrosivo, reativo, tóxico e patogênico. Os mesmos são designados como resíduos sólidos urbanos de Classe 1.

Os não perigosos ou não inertes, não apresentam riscos nem ao meio ambiente, nem ao homem. Tais resíduos se classificam em classe 2, subdivididos em classe 2 A e 2 B. Os primeiros tem propriedades de biodegradação, combustão e solução em água; os de classe 2B não são solúveis em água. (ABNT, 2004)

Quanto à origem e natureza, o Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM, 2001), tipifica os resíduos sólidos urbanos em oito tipos, como indicado em ordem alfabética abaixo:

Agrícola – Gerados pelas atividades agrícolas e pecuárias, tais como adubos, defensivos químicos, restos agrícolas, etc. Porém, os fertilizantes de composição química e pesticidas, são resíduos tóxicos, necessitando de trato apropriado;

Comercial – gerados em estabelecimentos do comércio e serviços, por exemplo, lojas, bancos, restaurantes. As características desses elementos dependem das atividades que se desenvolvem, geralmente composto de plástico, papel e papelão;

Hospitalar – Composto por resíduos gerados por hospitais, postos de saúde e farmácia, clínicas, que vão desde vidros de remédios, até seringas, passando por curativos, dentre outros itens;

Industrial – Gerados na atividade industrial, de características variadas, que vão desde ferro, madeira, a produtos químicos, etc.;

Público – composto geralmente por materiais que se encontra em via pública, como folhas de árvores, galhos, entulhos, terra, madeira, etc.;

Radioativos – envolvidos e, atividades que geram resíduos radioativos, como o urânio, radônio, etc.;

Residencial ou doméstico – gerados nas atividades do dia a dia, como restos de alimentos, garrafas, embalagens, jornais, etc.;

Resíduos de aeroportos, rodoviários, ferroviários e portos – resíduos gerados nos locais indicados, como restos de alimentos e produtos de higiene pessoal, que podem propagar doenças de outras regiões.

Sabe-se que aterros sanitários têm um imenso potencial para geração de créditos de carbono. Porém é importante destacar a diferenciação entre aterro sanitário e lixão da seguinte forma:

2.2 Lixão versus aterro sanitário

Lixão e aterro sanitário possuem algumas diferenças, tais como: a forma de armazenar o lixo, o tratamento do chorume (líquido preto que escorre do lixo), contaminação dos lençóis freáticos, cobertura, entre outros. (BASTOS, 2011)

2.2.1 Lixão

Segundo Landim e Azevedo (2006) o termo lixão se refere à disposição de lixo a céu aberto, onde não há nenhum critério sanitário de proteção ao meio ambiente. Além disso, tais locais são fonte de vários de alguns problemas graves relacionado ao meio social, sanitário e ambiental, elencados a seguir:

a) Problemas sociais

Tal problema se relaciona com a presença de catadores no interior do lixão. Além disso, uma parte da população marginalizada mora em lixões, dentre essas estão crianças e adolescentes, o que é um problema grave, visto que dos nascidos no lixão, já ficam expostos aos perigos trazidos pelo local, de máquinas e caminhões que trafegam pelo local, até mesmo a poeira, ao fogo e objetos cortantes, contaminados, além do risco de intoxicação.

b) Problemas sanitários e ambientais

Dos problemas sanitários podemos destacar a presença de vetores, transmissores de doenças, quando não há a disposição adequada do lixo. Os vetores que se destacam nesse tipo de ambiente são: moscas domésticas, mosquitos, baratas e roedores. Tais animais servem muitas vezes de hospedeiros para agentes que transmitem doenças. As moscas, por exemplo, propagam doenças ocasionadas por vírus, bactérias e protozoários.

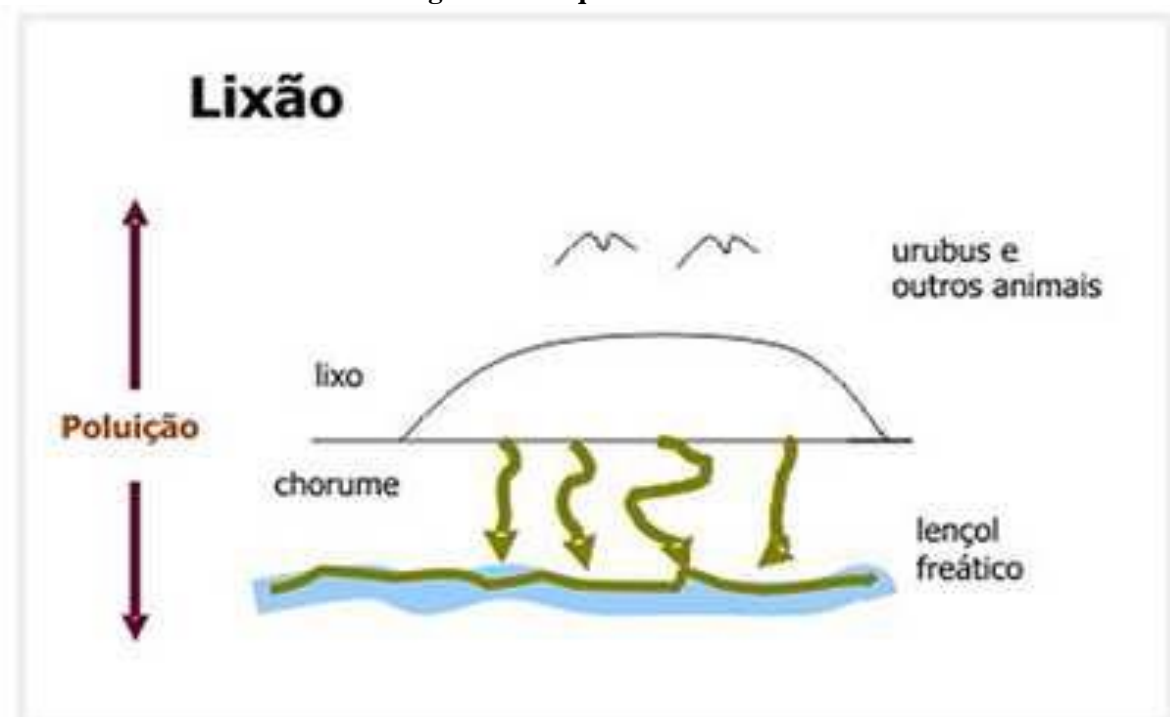
Outro problema, relacionado a hospedeiros, a exemplo das baratas, são os vírus da poliomielite, amebíase e giardíase, originadas de bactérias intestinais, transmitidos ao homem através dos helmintos.

Dos problemas de saúde ocasionados pelas picadas dos mosquitos, destacam a febre amarela, a dengue e a leishmaniose. Esses mosquitos proliferam a partir de água parada, encontrada muitas vezes em latas, frascos, dentre outros recipientes que os hospedam.

No lixão o despejo do lixo se dá em cima do solo sem a devida preparação do mesmo, onde qualquer material é despejado sobre o lixo existente, que libera chorume e gás metano, além da possibilidade de estar próximo às lagoas, contaminando o lençol freático. Portanto, o lixão é um dos principais motivos para preocupação relacionada aos resíduos sólidos urbanos, no que tange a questão da poluição.

A figura 1 ilustra o esquema de um Lixão:

Figura 1 – Esquema de um lixão



Fonte: GRACINO (2010)

2.2.2 Aterro Sanitário

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2002), sugere o conceito de aterro sanitário como a técnica da disposição dos resíduos sólidos urbanos no solo, não causando prejuízo à saúde pública, nem sua segurança. Além do mais, um aterro sanitário visa minimizar os impactos ambientais, utilizando para tal, métodos e princípios de engenharia para dispor os resíduos sólidos urbanos numa menor área possível, reduzindo seu volume,

fazendo a cobertura por uma camada de terra quando concluída cada etapa ou jornada de trabalho, ou até mesmo em intervalos, se possível.

Nos aterros sanitários existem tubos para captação e queima do metano que é liberado pelos resíduos. Percebe-se que no lixão, não há nem a captação do metano, nem sua queima. Portanto, para a captação do biogás, o lixão deve ser convertido em aterro sanitário. (BASTOS, 2011)

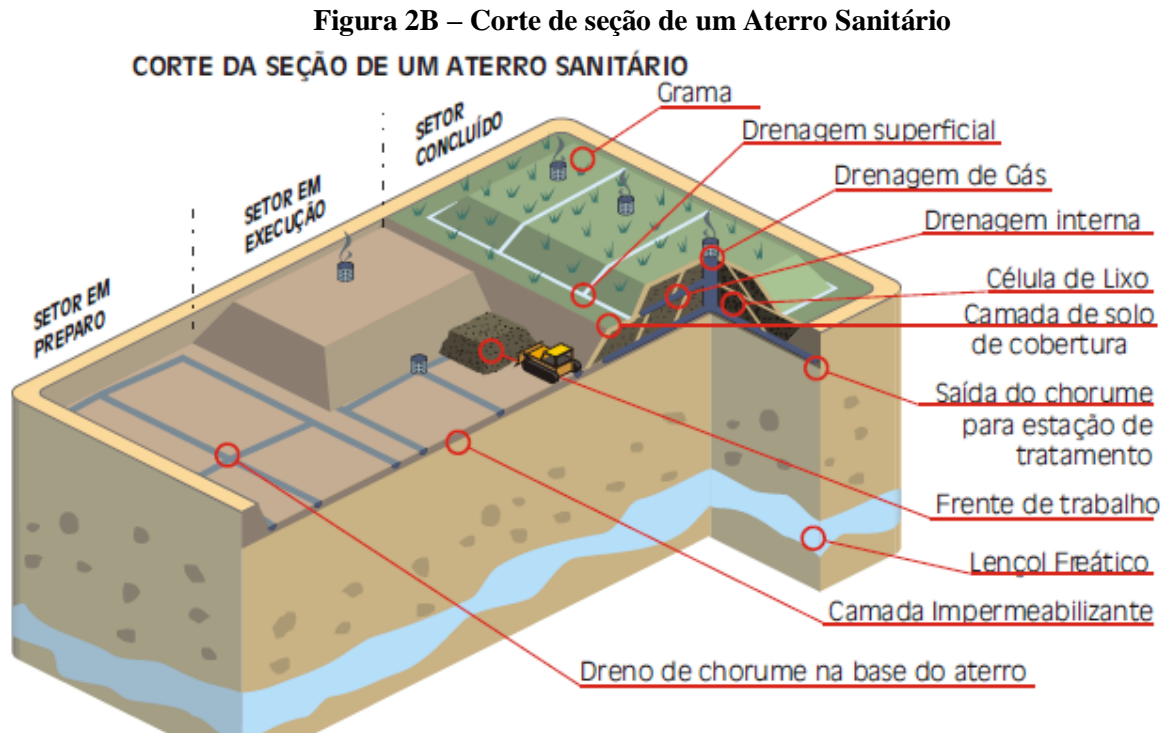
A seguir, a figura 2A, ilustra o esquema de um aterro sanitário:

Figura 2A – Esquema de um aterro sanitário



Fonte: GRACINO (2010)

Em complemento à figura 2A, a figura 2B retrata a caracterização de um aterro sanitário a partir de um corte de seção:



FONTE: GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA (2002).

Outra característica do aterro sanitário é a impossibilidade de contaminação do lençol freático pelo chorume, pois é selado com uma camada de argila e uma manta impermeabilizante de PVC em sua base que impede o contato do chorume com o lençol freático. (BASTOS, 2011)

Além de tudo, a presença constante de animais nos lixões, possibilita a contaminação das pessoas que por ali passam para a coleta e reciclagem do lixo, além da própria contaminação do chorume e agentes químicos encontrados no lixo. Já no aterro sanitário o risco é menor de contaminação de qualquer espécie.

O Governo do Estado da Bahia classifica aterro sanitário em dois tipos: aterro em valas e aterro convencional. Além disso, a vida útil de um aterro, que varia de acordo com o consumo da população durante os anos que opera o aterro sanitário, de preferência, deve ser superior a 10 anos. (GRACINO, 2010, p.16)

O quadro 5, a seguir, extraído da SEPLANTEC (Secretaria de Desenvolvimento, Ciência e Tecnologia) através da CONDER (Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia) diferencia lixão de aterro sanitário, destacando aspectos mais detalhados acerca de recepção dos resíduos; controle de entrada; impermeabilização; deposição; drenagem; cobertura; acessibilidade e impacto visual. O quadro a seguir mostra quão vantajoso é a conversão de um lixão, num aterro sanitário.

Quadro 5 - Aterro X lixão

ATERRO	LIXÃO
RECEPÇÃO DOS RESÍDUOS	
Entrada restrita a veículos devidamente cadastrados, desde que contenham apenas resíduos permitidos para aquele aterro;	Sem qualquer controle de entrada de veículos;
CONTROLE DE ENTRADA	
Pesagem, procedência, composição do lixo, horário de entrada e de saída dos veículos são observados;	Não dispõe de controle de pesagem, horário, procedência, etc.;
IMPERMEABILIZAÇÃO	
Antes da utilização da célula, o local é devidamente impermeabilizado seguindo critérios que vão depender das características do solo e do clima;	O lixo é depositado diretamente sobre a camada de solo, podendo provocar danos ao meio ambiente e à saúde;
DEPOSIÇÃO	
A deposição deve ser feita seguindo critérios técnicos definidos, tais como: resíduos dispostos em camadas compactadas, como espessura controlada, frente de serviço reduzida, taludes com inclinação definida;	Na maioria das vezes não há sequer um trator de esteira para conformar o lixo;
DRENAGEM	
Possuem dispositivos para captação e drenagem do líquido resultante da decomposição dos resíduos (chorume), evitando a sua infiltração no local e o livre escoamento para os corpos receptores (riacho, rios, etc.);	Não possui dispositivos para drenagem interna, possibilitando maior infiltração do chorume na sua base ou o escoamento superficial sem qualquer controle;
COBERTURA	
É feita diariamente com camada de solo, reduzindo a produção de chorume (menor infiltração das águas de chuva) impedindo que o vento carregue o lixo e afastando vetores de doença;	A exposição do lixo permite a emissão de fortes odores, o espalhamento de lixo leve, além de atrair vetores, de doenças (ratos, urubus, moscas, etc.);
ACESSIBILIDADE	
Acesso restrito a pessoas devidamente identificadas. O aterro deve ser bem cercado para impedir invasões.	Além dos badameiros, adentram nos lixões os animais por falta de cercamento e fiscalização;
IMPACTO VISUAL	
É amenizado com a construção de um “cinturão verde” com espécies nativas da região que ainda serve de abrigo para predadores de alguns dos vetores.	Visual impactado, área degradada e desagradável aos nossos olhos.

Fonte: GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA (2002).

Como indicado no quadro acima, quando da disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos, por exemplo, a partir de um lixão, os mesmos podem dar uma colaboração negativa para o meio ambiente, impactando tanto a fauna, quanto a flora do local que se

deposita. Além do mais, preocupa-se com a poluição do ar e aumento do efeito estufa, uma vez que o gás metano é 21 vezes mais poluente que o dióxido de carbono.

Quando se relaciona com as questões sanitárias, vê-se que o lixo acondicionado de forma errada, atrai a presença de vetores que transmitem doenças ao ser humano. Dessa forma, tem-se que a conversão de um lixão em aterro, trás consigo várias características benéficas, desde a diminuição da poluição do ar, água e solo, até a melhora da questão estética.

Em complemento às questões ambientais:

A geração de resíduos sólidos e consequente disposição final constituem-se em preocupações ambientais pelo seu potencial poluidor. O aumento da população urbana brasileira, associado à carência de programas de gerenciamento e investimentos públicos na área de saneamento, resulta em um quadro merecedor de atenção à destinação final dos resíduos sólidos no Brasil. (GOMES, 2013, p. 32)

Os aterros, segundo Gracino (2010), são classificados em convencional e em valas:

2.2.2.1 Aterro Convencional

Como citado anteriormente, essa tipologia de aterro, segundo LAY-ANG *apud* Gracino (2010, p. 17) necessita da impermeabilização. Além do mais, há a existência de um sistema de drenagem que faz a retirada do chorume, enviando, a *posteriori*, a uma estação de tratamento, para que não agrida o meio ambiente.

O mesmo autor dá outra característica a esse tipo de aterro: a captação dos gases liberados pela decomposição da matéria orgânica pode ser utilizada como combustível, tendo um vasto potencial de geração de benefícios financeiros.

2.2.2.2 Aterro em valas

Segundo o Governo do Estado de São Paulo, nesse tipo de aterro é feita uma escavação de valas de dimensões apropriadas, adaptadas ao terreno, ocorrendo a disposição do lixo e sua respectiva cobertura com terra, esta podendo ser de realização manual. (*apud* Gracino, 2010, p.17)

Gracino (2010), indica que um dos maiores problemas para a conversão de lixões a céu aberto em aterro sanitário, em municípios de pequeno porte, muitas vezes escassos de recursos financeiros, é a disponibilidade de equipamentos para sua operação. O custo de

aquisição de um trator de esteira (que chega a operar 150 toneladas por dia), por exemplo, utilizado em aterros, é bastante elevado, além do valor alto da sua respectiva manutenção.

Além de tudo:

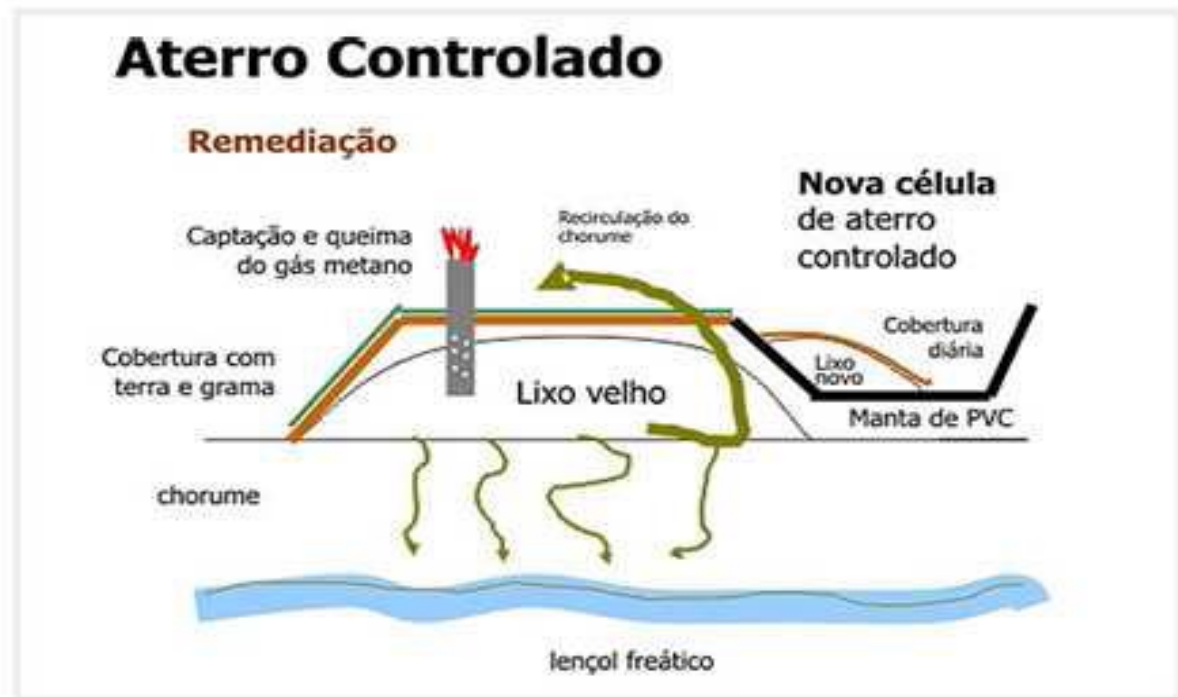
O aterro em valas necessita de equipamento apenas na fase de abertura das valas. A escavação de valas exige condições favoráveis no que se refere à profundidade e uso do lençol freático, como na construção do solo. (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2005, *apud* GRACINO, 2010, p.17)

2.3 Aterro controlado;

Segundo Palacios (2010) aterro controlado é o nome que se dá para uma situação intermediária entre lixão e aterro sanitário, ou seja, uma solução para dispor os resíduos sólidos, que segundo o autor citado, não é a melhor alternativa. (*apud* GRACINO, 2010, p. 15). O aterro controlado recebe um tratamento semelhante a um aterro sanitário, mas é utilizado em antigos lixões que já passaram por um processo de recobrimento e impermeabilização do lixo exposto, na qual há uma canalização do chorume para fins de seu tratamento, além da remoção dos gases produzidos no aterro. Como há gerenciamento dos novos resíduos recebidos, se dá o nome de aterro controlado.

A figura 3 ilustra o funcionamento de um aterro controlado:

Figura 3 – Esquema de um aterro controlado



Fonte: GRACINO (2010)

Naponucena et al (2008, p. 02), por sua vez, indica que o aterro controlado vai se diferenciar do aterro sanitário simplesmente pelo fato de que o controlado não dispõe de técnicas de engenharia para confinar os resíduos captados.

Da importância da conversão de um simples lixão para um aterro sanitário, das suas vantagens, o aterro sanitário ainda trás um adicional, que é o potencial de geração, captação, queima e aproveitamento do biogás. Da mesma forma . “a geração de energia por meio da utilização do biogás de aterros se enquadra nos quesitos de desenvolvimento sustentável, visto que deixaria de ser lançada na atmosfera grande quantidade de metano.” (FIGUEIREDO, 2007, p.18).

Dessa forma, o próximo capítulo tratará da questão da produção, uso, custo e negociação no mercado de carbono, de biogás, a partir de aterros sanitários e um caso de sucesso, o chamado Projeto NovaGerar. Para tal, necessário se faz falar da questão energética no Brasil e da importância do aproveitamento do biogás tanto para geração de energia, quanto para a diminuição dos impactos ambientais. O capítulo a seguir introduz o conceito de biogás e sua produção a partir de uma usina, finalizando com o caso de sucesso.

CAPÍTULO 3 - PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE ATERROS SANITÁRIOS, A QUESTÃO ENERGÉTICA E UM CASO DE SUCESSO NO BRASIL (PROJETO NOVAGERAR)

3.1 A questão Energética no Brasil e o Biogás

A questão energética envolve vários fatores, dentre os mais preocupantes, estão os ambientais. Outra questão que mais preocupa é a viabilidade econômica de uma nova fonte de energia. Além disso, Ribeiro (2006), aponta que a humanidade não só se preocupou com a questão da viabilidade econômica e ambiental, mas com a viabilidade técnica da energia. Segundo o mesmo autor, a humanidade vem se preocupando cada vez mais com a questão ambiental. (*apud* LANDIM e AZEVEDO, 2006).

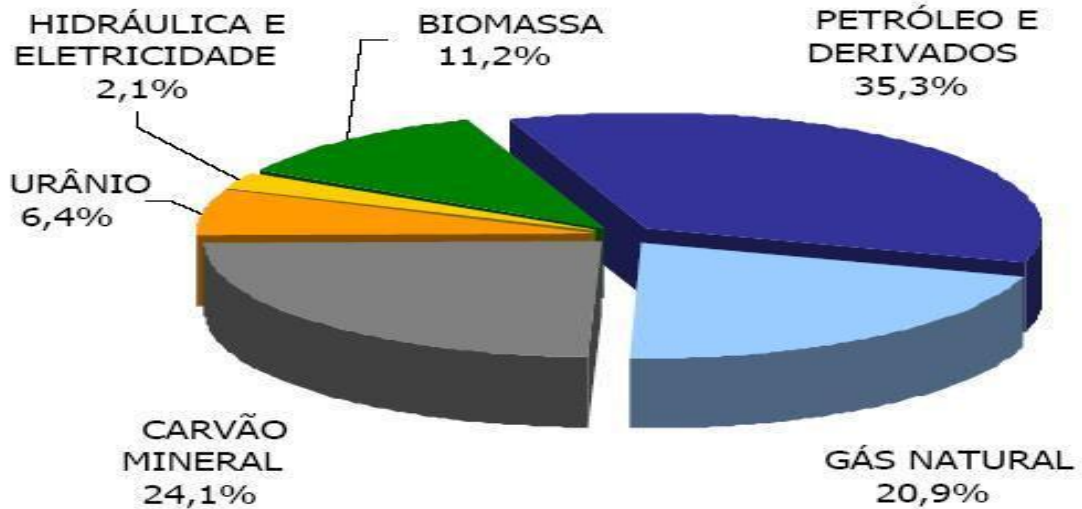
Da importância, Hinrichs e Kleinback (2003), colocam a energia como um dos principais pilares da sociedade moderna, pois a mesma necessita de energia para praticamente tudo o que envolve produção. (*apud* LANDIM e AZEVEDO, 2006). Além do mais:

As fontes renováveis de energia oferecem inúmeras vantagens em relação às energias conhecidas como sujas (nuclear, carvão mineral e petróleo), tais como: assegurar a sustentabilidade da geração de energia em longo prazo; reduzir as emissões atmosféricas de poluentes; criar novas oportunidades de empregos; e diminuir o desmatamento de nossas florestas. (LANDIM e AZEVEDO, 2006, p. 74)

Dessa forma, como afirma Figueiredo (2007, p. 17), acerca dos impactos ambientais, é interessante a busca de energias alternativas e ambientalmente corretas, para diminuição da dependência dos combustíveis fósseis e não renováveis. A exemplo, tem a biomassa, que diminui os impactos ambientais e colabora com a matriz energética do país.

O gráfico 1 aponta a composição da oferta de energia mundial no mundo:

Gráfico 1 – Estrutura da oferta de energia mundial
Estrutura da Oferta de Energia no Mundo
 Oferta Interna de Energia 10.723,2 10⁶ tep

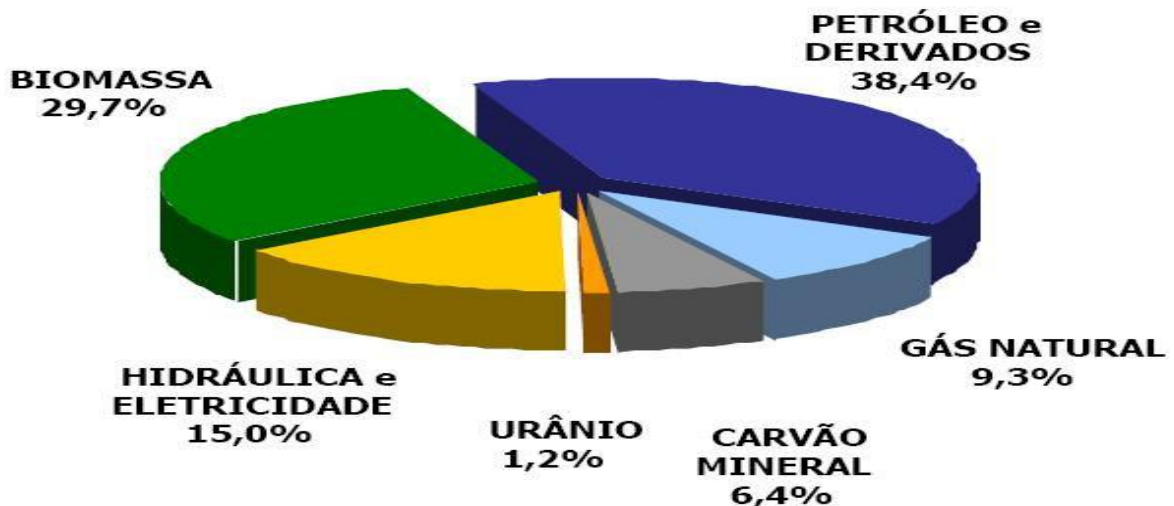


Fonte: BEN 2006 (apud FIGUEIREDO 2007)

É perceptível no gráfico 1, a dependência de fontes de energias não renováveis no globo terrestre. Tais fontes de energia colaboram com altas parcelas de poluição global.

Do consumo, o uso principal de energia se dá a partir da hidráulica (eletricidade primária) e petróleo. A biomassa, por sua vez, em 2006, colaborou com cerca de 29,7% da geração de energia elétrica (FIGUEIREDO, 2007, p. 17). O gráfico 2 a seguir é prova de tal afirmação:

Gráfico 2 – Composição do consumo e fonte de energia primária no Brasil
Consumo de energia primária total por fonte no Brasil



Fonte: BEN 2006 (apud FIGUEIREDO 2007)

Portanto, é necessário à humanidade pensar cada vez mais em energias que não impactam tanto o meio ambiente, como é o exemplo da energia eólica, hidráulica e o biogás. Esse último será trabalhado em detalhes em função de ser o foco do trabalho e por estar entre uma das fontes de energias alternativas que compõe a biomassa.

Em se tratando de energia hidráulica, é necessário ainda repensar em formas de usos alternativos de energias, visto que os recursos são escassos e estão sujeitos a crises. A respeito, Landim e Azevedo (2006), dão como exemplo o racionamento de energia elétrica que aconteceu em 2001, fazendo com que o Brasil repensasse em diversificar a matriz energética. Os mesmos autores informam que em abril de 2002, foi criada a lei 10438, estabelecendo o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA), de forma a tentar viabilizar projetos que dão margem à geração alternativa de energia. (LANDIM e AZEVEDO, 2006).

Dessa forma, percebe-se que o Brasil tem potencial de exploração da biomassa, como foi analisado nos gráficos 1 e 2, fonte essa que talvez não substitua a matriz energética do país, mas colabora com um bom percentual. Além do mais, sua contribuição é interessante no combate ao aquecimento desordenado do globo terrestre, colaborando ainda com arrecadação de recursos no mercado de carbono.

Assim, segundo Figueiredo (2007), o gás metano, integrante da composição do biogás, é uma importante fonte de energia. Além do mais, é um gás de efeito estufa, como foi visto, com potencial de aquecimento 21 vezes maior que o CO₂, e responsável por cerca de 25% do aquecimento global. As principais fontes emissoras de tais gases, são os aterros sanitários e os lixões. (FIGUEIREDO 2007, p. 18)

O termo biogás se refere a um combustível que tem alto valor energético, proveniente da fermentação anaeróbica ou anaeróbia da matéria orgânica. Refere-se a uma mistura de gases de proporções variadas, que dependem das condições em que o processo se realiza. (ZACHOW, 2000, *apud* GRACINO, 2001).

Segundo Coelho (2001) é creditado à descoberta do biogás ou gás de pântano, à Shirley em 1667. Em 1776, Alessandro Volta, por sua vez, fez o reconhecimento da presença do gás metano em pântanos. Já no século XIX, um dos alunos de Louis Pasteur, o Ulysse Grayon conseguiu realizar a fermentação anaeróbia (decomposição na ausência do oxigênio) a partir de uma mistura de estrume e água, por volta de 35 graus célsius, obtendo como subproduto, 100 litros de gás/m³ de matéria. Louis Pasteur, por sua vez, descobriu que a fermentação anaeróbia poderia constituir uma fonte de energia para aquecimento e iluminação. (*Apud* FIGUEIREDO, 2007, p. 23)

Segundo o mesmo autor, o aproveitamento do biogás e sua respectiva tecnologia de digestão anaeróbia só vieram para o Brasil na década de 70 a partir da crise do petróleo na mesma década. O primeiro contato da tecnologia e sua tentativa de difusão se deram no nordeste, a partir de programas de difusão da mesma, porém com resultados insatisfatórios, não tendo condições suficientes para prosseguir com os programas. (COELHO 2001, *apud* FIGUEIREDO, 2007).

O biogás é de composição variada, porém, seus principais constituintes são o dióxido de carbono (CO₂) e o gás metano (CH₄). Importante a destacar, é a composição do teor de matéria orgânica presente num aterro sanitário quando propõe a captação do biogás. Como indicado anteriormente, a composição de matéria orgânica nos aterros sanitários brasileiros é maior que nos países industrialmente avançados. Portanto, o Brasil tem um enorme potencial para a geração do biogás de aterro.

O biogás é formado a partir da degradação da matéria orgânica. Sua produção é possível a partir de uma grande variedade de resíduos orgânicos como lixo doméstico, resíduos de atividades agrícolas e pecuárias, lodo de esgoto, entre outros. É composto tipicamente por 60% de metano, 35% de dióxido de carbono e 5% de uma mistura de outros gases como hidrogênio, nitrogênio, gás sulfídrico, monóxido de carbono, amônia, oxigênio e voláteis. Dependendo da eficiência do processo, o biogás chega a conter entre 40% e 80% de metano (PECORA, 2006 *apud* FIGUEIREDO, 2007, p. 24).

Segundo Gracino (2001), a composição de biogás é difícil de definir, pois depende da composição de matéria orgânica utilizada no aterro.

Da mistura de vários gases, indicado no quadro 6, o que mais interessa na composição do biogás é o gás metano CH₄, como se segue:

Quadro 6 – Composição do biogás

Composição	Percentual (%) da composição total
Metano (CH ₄)	50 - 70
Dióxido de carbono	25 - 50
Hidrogênio (H ₂)	0 - 1
Gás sulfídrico (H ₂ S)	0 - 3
Oxigênio (O ₂)	0 - 2
Amoníaco (NH ₃)	0 - 1
Nitrogênio (N ₂)	0 - 7

Fonte: Gracino 2001, grifo nosso.

Destarte, na composição do biogás, interessa que os níveis de Oxigênio (O₂) sejam muito baixos, pois a fermentação anaeróbia, como o próprio nome sugere, depende de grande forma da ausência do Oxigênio. Do contrário, o volume de biogás perderá a qualidade e o volume de gás metano na presença do Oxigênio. Outro fator importante para manutenção da

qualidade do biogás é a presença de impurezas, que segundo Figueiredo (2007), diminuem a capacidade calorífica do referido gás, substâncias essas como a presença de água ou humidade, ou de substâncias não combustíveis no biogás como o próprio dióxido de carbono, tendem a prejudicar o processo de queima do biogás, o que o torna menos eficiente.

O aterro sanitário é uma das fontes de obtenção do biogás a partir da decomposição da matéria orgânica. Além do aterro sanitário, o biogás e sua conversão energética podem ser extraídos a partir do grande volume de resíduos encontrados ou produzidos nas atividades agrícolas e pecuárias. Além disso, as destilarias e o tratamento de esgotos domésticos também colaboram quanto à produção do biogás, sendo importantes colaboradores para a diminuição dos impactos ambientais provocados pelo gás metano e o dióxido de carbono, podendo gerar energia elétrica e reduzir custos de produção, resultando em ganho ambiental.

Da equivalência do biogás para outras fontes de energias, tem-se, segundo Figueiredo (2007), que o biogás pode ser um substituto de outros combustíveis utilizados na indústria, como se verifica no quadro 7 a seguir:

Quadro 7 - Equivalência de 1Nm³ de Biogás comparado a outros combustíveis

Combustível	Quantidade equivalente a 1Nm ³ de biogás
Carvão vegetal	0,8 Kg
Lenha	1,5Kg
Óleo diesel	0,55 l
Querosene	0,58 l
Gasolina Amarela	0,61 l
GLP (gás liquefeito de petróleo)	0,45 l
KWh	1,43
Álcool carburante	0,801 l
Carvão mineral	0,74 Kg

Fonte: FIGUEIREDO, 2007, grifo nosso.

Além de comparar a outros combustíveis, o biogás pode ser comparado com os principais gases, quais sejam, o gás natural, o gás liquefeito de petróleo (GLP), o gás de rua e o gás de refinaria. O quadro 8 a seguir mostra tal comparação, indicando sua origem, o peso molecular, o poder calorífico (kcal/m³), sua densidade relativa e os principais componentes dos gases indicados.

² Nm³ é a Vazão Normal por metro cúbico, usado para medição de volume do biogás

Quadro 8 – Comparação do biogás com os principais gases

	Biogás	Gás Natural	GLP (gás liquefeito de petróleo)	Gás de rua	Gás de refinaria
Origem	Aterros sanitários	Reservatórios de petróleo e de gás	Destilação de petróleo e processamento de gás natural	Reforma termo-catalítica de gás natural ou nafta petroquímica	Processos de refino de petróleo
Peso Molecular	27	17 a 21	44 a 56	16	24
Poder calorífico (Kcal/m ³)	5.600	Rico: 10.900 Processado: 9.300	24.000 a 32.000	4.300	10.000
Densidade relativa	0,923	0,58 a 0,72	1,5 a 2,0	0,55	0,82
Principais componentes	Metano, dióxido de carbono e hidrogênio.	Metano e etano	Propano e butano	Hidrogênio, metano, nitrogênio, monóxido de carbono.	Hidrogênio, nitrogênio, metano, etano.

Fonte: CONPET, 1997 (apud FIGUEIREDO 2007), grifo nosso.

Analisando o quadro 8 acima, percebe-se a diferença entre origem dos gases. O biogás, por exemplo, é obtido a partir da degradação de matéria orgânica, ao passo que os outros tipos de gases analisados provêm de processos industriais, com exceção do gás natural, encontrado em reservatórios de petróleo e no subsolo.

Do peso molecular, o GLP ultrapassa o peso molecular do ar, resultando em concentração no solo, em caso de vazamentos, ao passo que os demais gases, inclusive o biogás, dispersam rapidamente. O gás de rua, por sua vez é o de menor densidade relativa e tem o menor poder calorífico. Isso indica que esse gás necessita de um maior volume de gás para liberar a mesma quantidade de energia quando da sua queima, em relação aos outros gases. O Biogás, nesse quesito, é um pouco mais calorífico que o gás de rua.

Além disso, o biogás não é um gás tóxico, nem solúvel em água e sua simples combustão não tem como produto final, resíduos. Se entra em contato com o ser humano, tende a diluir o oxigênio, podendo provocar asfixia. (PECORA, 2006, p. 31)

Da utilização do gás, Figueiredo (2007), aponta para duas finalidades: seu uso como fonte de energia primária (iluminação de residências, aquecimento de caldeiras e fornos em usos industriais, aquecimento de água) e a simples queima para geração de créditos de carbono.

A utilização do gás para a geração de energia é algo interessante, uma vez que pode ser utilizada a energia no próprio aterro sanitário, além de poder ser vendida a energia

excedente a uma empresa distribuidora de energia elétrica. O tópico a seguir mostra a formação e o monitoramento do biogás a partir de uma usina de tratamento do biogás para, em seguida, tratar do Projeto NovaGerar de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

3.2 Produção de biogás numa usina

Quando da conversão do lixão em aterro sanitário e dentro do aterro sanitário, feita a implementação da usina para captação e aproveitamento do biogás, é necessário observar o processo de formação e a qualidade dos gases, que são gerados a partir da digestão anaeróbica. Além do mais, a degradação do lixo em aterros sanitários se divide em cinco fases: (GOMES, p.27)

a) Ajuste Inicial: primeira fase

Nessa fase é feita a acomodação do lixo no aterro. Em seguida, a aclimatação, que tem por objetivo o desenvolvimento da comunidade bacteriana, na qual inicia as mudanças iniciais das condições ambientais, que tornará possível a decomposição dos resíduos.

b) Transição: segunda fase

Essa fase marca pela conversão do ciclo aeróbio para o anaeróbio, com transferência de elétrons receptores de oxigênio em nitratos e sulfatos, além da formação de CO₂ a partir do oxigênio. É nessa fase também que se dá a formação do chumbo e ácidos orgânicos voláteis.

c) Formação de ácido: terceira fase

Fase da hidrólise com a conversão microbiológica de conteúdo orgânico biodegradável, que resulta em ácidos orgânicos voláteis intermediários em alta concentração, além da redução do PH com a mobilização de alguns metais e crescimento da biomassa associada à formação de ácido (bactérias acidogênicas), e o rápido consumo de nutrientes e substratos como principais características da fase indicada.

d) Fermentação metanogênica: quarta fase

Essa é a fase que marca a formação do gás metano, que se dá a partir do consumo pelas bactérias metanogênicas, dos ácidos intermediários, que desencadeia a formação de gás metano e dióxido de carbono. Nessa conversão, sulfatos e nitratos são convertidos em sulfeto e amônia. Além disso, o PH se eleva, favorecendo a proliferação das bactérias metanogênicas. Nessa fase, os metais traço são removidos, por meio da precipitação.

Conforme a produção de metano é realizada por intermédio de uma série de reações de coenzimas a partir de H₂ + CO₂ com complexidade extraordinária de um grupo de *Archaea* anaeróbicas. Estas correspondem à produção biológica de CH₄, seja pela redução de CO₂, utilizando H₂ ou a

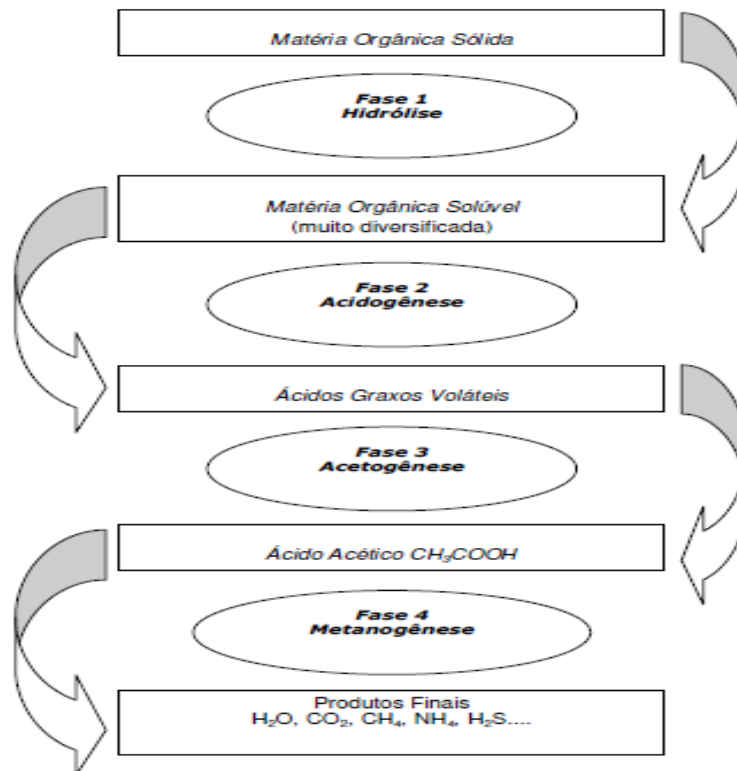
partir de composições metiladas, podendo caracterizar-se como um processo unicamente anaeróbio. (MADIGAN *et al*,2004 *apud* GOMES, 2006, p.27)

e) Maturação: quinta fase

Nessa fase o substrato e os nutrientes já estão em quantidades reduzidas, no qual diminui a concentração do chorume ou líquido percolado e a produção do biogás. Nessa fase, o biogás tende a diminuir por conta do reaparecimento do oxigênio. A degradação por sua vez, continua sendo feita, porém, de forma mais lenta. Como indica Gracino (2010), a mudança na temperatura, tipo de substrato e concentração de substrato podem parar a produção de biogás.

Porém, na concepção de Pecora (2006), as fases da produção do biogás só vão até a quarta fase, qual seja, a metanogênica, como indicado na figura 4 abaixo, que mostra o processo de decomposição anaeróbia:

Figura 4 – Processo de decomposição anaeróbia



Fonte: PECORA, 2006, p. 24

Dessa forma, é necessário observar vários parâmetros envolvidos na produção de biogás num aterro, ou seja, a capacidade de um aterro vir a gerar o gás metano depende basicamente dos fatores elencados a seguir: (Brito Filho, 2005 *apud* Gracino, 2010, p. 24)

a) Composição do resíduo

Quão maior foi o percentual de material orgânico no resíduo, maior é a tendência de geração de biogás no aterro. Um bom exemplo são os resíduos de alimentos, matéria orgânica

que é facilmente decomposta, acelerando a taxa de produção do gás. Por isso, a necessidade que se faz de conhecer a composição dos resíduos de um aterro. Materiais que se decompõem lentamente acabam por atrapalhar a produção do gás;

b) umidade

A depender da umidade do resíduo, da infiltração da água da superfície e do solo e da água produzida na decomposição, tal umidade vai colaborar positivamente com a formação do biogás. Portanto é necessário ter um teor de umidade a partir da matéria orgânica alto, para garantir a produção elevada do biogás.

c) tamanho das partículas

Esse é mais um dos fatores que influencia a velocidade da decomposição. Quanto menor forem as partículas, mais veloz será a decomposição e formação do referido gás.

d) PH

A análise do pH do aterro é interessante, pois para a produção do biogás, é recomendável que o pH esteja entre 6,7 e 7,5, ou seja, essa é a fase ótima para a produção do metano. Se o pH se encontrar fora de tal faixa, vai influenciar a atividade bacteriana, o que restringe a produção do metano;

e) Temperatura

As temperaturas ótimas para a formação do biogás e manutenção das dos agentes responsáveis pela fermentação metanogênica varia entre 32 a 42 graus Celsius, para as bactérias mesofílicas, responsáveis pela maioria das bactérias metanogênicas. Já em temperaturas como 50 e 58 graus Celsius, favorece a procriação das bactérias termofílicas, inibindo a formação das bactérias metanogênicas.

f) outros fatores

Os demais fatores responsáveis pela produção de biogás são os nutrientes, o tipo e a quantidade de bactérias presentes no aterro, além da dimensão do próprio aterro, dentre outros fatores.

Do aproveitamento e o potencial energético de biogás de aterro, tem-se que uma das principais finalidades de projetos que visam a recuperação do biogás em aterros, seria seu aproveitamento energético gerado a partir da decomposição orgânica do lixo, seja para geração de eletricidade, geração de vapor ou até mesmo como combustível automotivo.

Entende-se por conversão energética o processo que faz a transformação de um tipo de energia em outro. No caso do biogás a energia química é convertida em energia mecânica por um processo de combustão controlada. Tal energia ativa um gerador que a converte em energia elétrica. (PECORA, 2006, p. 41)

Sabe-se que:

O primeiro projeto de recuperação do gás de aterro para geração de energia foi realizado em Rolling Hills, Califórnia, no aterro Palos Verdes em 1975, no qual o gás coletado e purificado era vendido para a Companhia de Gás “Southern California”. Em seguida, mais projetos foram instalados: no ano de 1978, em Mountain View e em 1979, em Monterey Park. No ano de 1982, a utilização de gás de aterro para produção de eletricidade aconteceu em Battleboro, Vermont (GRACINO 2010, p. 25)

Segundo Gracino (2010), cada projeto que visa recuperar o biogás de aterro deve ser analisado em separado, por conta de fatores como localidade, necessidades energéticas do local, recursos financeiros a ser utilizados e a legislação vigente. Além do mais, é necessário avaliar o custo envolvido para verificar a viabilidade da recuperação do biogás no aterro. Esses fatores importam por são eles que interferem nos resultados de viabilidade do projeto.

Existem dois sistemas de coleta do biogás: o passivo e o ativo. O passivo drena e controla os gases para que a emissão seja moderada, o que evita o risco de explosão no aterro. Já o segundo, o ativo, apresenta equipamentos, como os exaustores e compressores que são empregados para a utilização da energia do biogás. (GRACINO, 2010)

Acerca dos Equipamentos responsáveis pela conversão energética do gás, Gracino (2010) aponta que existem várias tecnologias para o aproveitamento do biogás e geração de calor, do trabalho mecânico e da eletricidade, tecnologias como motores de combustão interna, as caldeiras, turbinas a gás e as microturbinas. Dentre as tecnologias mais usadas para tal conversão, as microturbinas e os motores de combustão internas (Ciclo Otto) são os mais requisitados. (ICLEI *apud* Gracino 2010, p. 28). Além disso, esses equipamentos são chamados de biodigestores, ou seja:

Os digestores anaeróbios, ou biodigestores, são equipamentos utilizados para digestão de matérias orgânicas. Constituem-se de uma câmara fechada, onde é colocado o material orgânico, em solução aquosa e, por meio da decomposição anaeróbia, há diminuição do volume de sólidos. (PECORA, 2006, p.32)

Dentre os principais biodigestores para a produção do biogás, pode-se elencar: biodigestor modelo indiano; o modelo Chinês; o modelo RAFA (Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente). Já a tecnologia disponível para conversão do biogás em energia elétrica tem-se: a turbina a gás; a turbina de Ciclo Brayton; a microturbina a gás e os motores de combustão interna. (PECORA, 2006).

Cabe ressaltar que esses equipamentos têm elevado valor econômico, ou seja, a maioria das vezes os recursos financeiros são limitados. Quanto mais baixo é o custo do equipamento, maior é a possibilidade de sua implementação num aterro. Além disso, o custo

vai variar de acordo com a tecnologia escolhida, o grau de automação desejado, a vazão tratada e a eficiência desejada para o tratamento. (PECORA, 2006)

Uma microturbina, por exemplo, varia de R\$195.000,00 para 30 KW, a R\$ 3.200.000,00 para a geração de 1.000 KW. Já um Motor de Ciclo Otto com potência de 5kW a 230kW pode variar de R\$ 20.000,00 até R\$ 700.000,00 a unidade, levando em conta um aterro pequeno porte. Já em aterros maiores, há motores de 925 KW até 1,54 MW, que variam de 3.400.000,00 até 5.000.000,00 cada unidade (GRACINO 2010).

Como se sabe, o biogás não é um gás puro. Para o bom funcionamento dos equipamentos que fazem a captura do biogás numa usina, necessário de faz a purificação do gás, pois certas impurezas como, as gotículas de água, a poeira e os gases-traços podem danificar os equipamentos, causando incrustações e corrosão de um equipamento, como as microturbinas, que tem um alto valor de investimento inicial. Além desse fator, as impurezas influenciam negativamente com a combustão do biogás, desfavorecendo a eficiência da queima. (GRACINO, 2010)

Segundo Salomon (2007) apud Gracino (2010), essas impurezas podem ser removidas da seguinte forma:

a) Umidade – pode comprometer o funcionamento da microturbina, podendo provocar também, o empobrecimento do poder calorífico de biogás na usina. Sua remoção vai depender da utilização final do gás, podendo ser feita com glicóis, com sílica em gel, dentre outros;

b) Dióxido de Carbono (CO₂) – Este gás também provoca o empobrecimento calorífico do biogás. Existem diversos processos que visam remover o CO₂, tais como: a absorção física e química, absorção em uma superfície contínua, separação por membranas, separação criogênica e separação a partir de conversão química (reações químicas);

c) Ácido Sulfídrico (H₂S) – esse gás, por sua natureza tóxica, necessariamente deve ser removido, pois além de ser tóxico é corrosivo, no qual prejudica a vida útil dos equipamentos, caso não for removido do processo. Dentre os principais métodos para sua remoção, existem dois, o processo seco de oxidação e o processo de oxidação na fase líquida.

O quadro 9, a seguir, mostra as técnicas de remoção das impurezas do biogás:

Quadro 9 – Técnicas de remoção das impurezas do biogás

Impureza	Descrição	Detalhes
Água	Adsorção	Sílica gel
		Peneira Molecular
		Alumina
	Absorção	Etileno Glicol
		Temperatura -6,7°C
		Selexol
Refrigeração	Resfriamento a 2°C	
Hidrocarbonetos	Adsorção	Carvão ativado
	Absorção	Óleo leve
		Etileno glicol Selexol Temperatura entre -6,7°C e -33,9°C
Combinação	Refrigeração com Etileno glicol; adsorção em carvão ativado	
CO2 e H2S	Absorção	Solventes orgânicos
		Selexol
		Flúor
		Rectisol
		Soluções de sais alcalinos
		Potássio quente e potássio quente inibido
		Alcanolaminas
		Mono, di-trietanol amina
		Deglicolanima
	Ucarsol - CR	
	Adsorção	Peneiras moleculares
Carvão ativado		
Separação por membranas	Membrana de fibra oca	

Fonte: Alves, 2000, p.59 *apud* Gracino 2010, p. 29

3.2 Brasil no Mercado de Carbono: um caso de sucesso (Projeto NovaGerar)

Sabe-se que com a ratificação do Protocolo de Kyoto a partir do Governo Russo em 16 de fevereiro de 2005, tornou-se possível a abertura de um promissor mercado de Créditos de Carbono. Tal mercado possibilitou aos países em desenvolvimento, a captação de investimentos internacionais relacionados a projetos ambientais (SOUZA, 2009, p. 21).

A partir disso, o Brasil se beneficiou a partir dos projetos de MDL, no qual o destaque aqui, é o projeto pioneiro de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no mundo, qual seja, o Projeto NovaGerar, desenvolvido na cidade de Nova Iguaçu, no Estado do Rio de Janeiro. Como é um caso de sucesso, da geração de créditos de carbono a partir de aterros sanitários, merece destaque nesse trabalho.

3.2.1 Projeto NovaGerar

Crescem no Brasil os projetos de geração de energia elétrica a partir do gás metano que resulta da decomposição do lixo nos aterros sanitários. Há 20 projetos de controle da emissão de metano em aterros em andamento em todo o País, e metade deles está estruturada para geração futura de eletricidade. A cidade de São Paulo produz, desde 2003, 20 MW de energia a partir dos resíduos do aterro Bandeirantes, na região oeste da capital (GRACINO 2010, p26)

O projeto NovaGerar surgiu da conversão de um antigo lixão num aterro sanitário em Nova Iguaçu, no Estado do Rio de Janeiro, como se mostra a seguir.

Segundo Souza (2009, p.22) a prefeitura de Nova Iguaçu/RJ, em 2001, abriu o edital para operação e tratamento dos resíduos sólidos urbanos do antigo lixão de Marambaia. Tal edital, abrangia a concessão para tratamento dos resíduos pelo prazo de vinte anos, além disso, previa a recuperação e conversão do lixão referido em aterro sanitário.

A S.A. Paulista implantou e opera a Central Integrada de Tratamento de Resíduos de Nova Iguaçu (CTR) que entrou em operação em 13 de fevereiro de 2003 numa área de 1,2 milhão de metros quadrados. A CTR é composta por um aterro sanitário, uma unidade de tratamento de percolados (chorume), uma unidade de tratamento de resíduos de serviços de saúde (ambulatoriais e hospitalares) e uma unidade de reciclagem de entulho (SOUZA, 2009, p.22)

Dessa forma, segundo Souza (2009), tal estrutura, da conversão do lixão em aterro, possibilitou a implementação de um projeto de Mecanismo de desenvolvimento Limpo, de redução de gases de efeito estufa e venda de certificado de emissão reduzida de CO₂.

Para esse projeto foi constituída uma joint venture entre a S.A. Paulista, que desenvolveu a CTR Nova Iguaçu, e a empresa ambiental Ecosecurities – empresa financeira que lida com questões ambientais e é especializada em desenvolvimento de projetos de mitigação de GEE – denominada NovaGerar. (SOUZA e RIBEIRO, 2009, p.22)

O sistema do Projeto NovaGerar envolve uma usina de geração de eletricidade modular (potencial de gerar 12 MW após alguns anos de operação). Esse sistema coleta o biogás que é utilizado como combustível na usina, para gerar eletricidade e abastecer a rede elétrica de energia, reduzindo, por sua vez, emissões estimadas em 14 milhões de toneladas de equivalentes a CO₂, estimado para vinte e um anos. (SOUZA e RIBEIRO, 2009).

O mesmo autor aponta que o projeto interessou ao Governo dos Países Baixos e do Banco Mundial (Bird), para comprar os créditos de carbono gerados no referido projeto. Dessa forma, os créditos foram negociados com o Banco Mundial até 2012.

Desfeita em 2005, a parceria entre a S.A. Paulista e a Ecosecurities, por conta da diferença de porte das duas, gerou um desequilíbrio de investimento por parte da última, mesmo assim, a Ecosecurities deu o suporte necessário para a implementação do projeto.

Sabe-se da dificuldade de aprovação de um projeto de MDL, como citado no capítulo um. O projeto NovaGerar, por exemplo, teve que passar por cerca de sete etapas até a venda das reduções certificadas de emissões ou dos créditos de carbono.

Essas etapas, que serão exploradas a seguir, consistem, segundo Souza e Ribeiro (2009), na elaboração de documento de concepção de Projeto (Project Design Document – PDD), fazendo o uso da metodologia de linha de base e plano de monitoramento aprovados; na validação (que verifica se o projeto condiz com a regulamentação do Protocolo de Kyoto); aprovação pela Autoridade Nacional Designada; submissão ao conselho executivo para registro; monitoramento; verificação/certificação; e emissão das reduções certificadas de emissões ou o próprio crédito de carbono: (RIBEIRO 2009)

a) Documento de concepção do Projeto (Project Design Document – PDD)

Esse documento é dividido em sete seções, incluindo cinco anexos, devendo conter a descrição do projeto, principalmente, a metodologia da Linha de Base, o plano de monitoramento e verificação, o cálculo das emissões de GEE, os impactos ambientais e os comentários das partes interessadas.

A descrição geral das atividades do projeto apresentou um resumo do histórico da concepção do projeto, quantificou a capacidade de geração de créditos de carbono, os principais impactos sociais e ambientais decorrentes do projeto, elencou os participantes (Ecosecurities, a S.A. Paulista, a empresa britânica especialista em aproveitamento energético

em aterros sanitários, a EnerG e o World Bank Netherlands clean Development Facility (WB NCDF – Fundo de Desenvolvimento Limpo dos Países baixos do Banco Mundial).

Além de tudo a descrição geral trás a descrição técnica das atividades do projeto, incluindo a tecnologia a ser empregada.

A tecnologia empregada no projeto NovaGerar permite gerenciar o biogás, resultando em atividades em complemento para o aterro, que são a coleta e queima do gás metano, reduzindo seu potencial poluidor, pois evita o contato com a atmosfera, além da possibilidade da geração de energia elétrica utilizada no próprio aterro.

A data de início da atividade do projeto foi 01 de Julho de 2004 (data essa definida como o início da operação do sistema de coleta de gás de aterro e de geração de eletricidade). A expectativa de vida útil operacional da atividade do projeto foi projetada para 21 anos, sendo o primeiro período de abrangência de 07 anos.

No projeto, o biogás produzido é capturado por um sistema que alimenta simultaneamente os flares e os geradores. Quanto ao monitoramento, tal sistema é composto por aparelhos que controlam os possíveis vazamentos do biogás, as emissões de metano e a energia gerada. Os dois equipamentos – flares e geradores – operam continuamente e são conectados a computadores que registram e armazenam os dados gerados neste processo. Um programa de computador específico calcula a energia e os créditos de carbono gerados no processo. A tecnologia utilizada permite obter tais dados de quatro em quatro minutos.

No cálculo de emissões de GEE pelas fontes, o total de redução de emissões (o equivalente a toneladas de CO₂) é o somatório dos resultados da combustão de metano em geradores e da combustão de metano em queimadores. A soma se reduz pelo Fator de Ajuste de Eficácia em 20% para Marambaia, de forma a manter as estimativas conservadoras.

A captura e combustão do gás metano no Projeto pode gerar eletricidade efetivamente a emissão de 14,07 milhões de toneladas ao longo dos 21 anos projetados após o desconto de 20% de moderação.

Acerca dos impactos ambientais, o projeto precisou mostrar que era redutor do gás metano na atmosfera, responsável por parte do aquecimento global. Dessa forma, para a obtenção das licenças ambientais para operar o aterro, a concessionária S.A. Paulista apresentou um Estudo de Impacto Ambiental, precisando passar por um processo de consultas públicas, resultando em um Termo de compromisso com o Ministério Público, do qual se destaca o fechamento e recuperação do lixão de Marambaia.

Acerca dos comentários das partes interessadas, utilizou-se um questionário dividindo o público alvo em cinco grupos (representantes do setor público; organizações não

governamentais; representantes do setor privado; a Organização Internacional de Alteração do Clima (IETA); e os catadores).

Todas as organizações entrevistadas concordaram que o projeto é de grande importância, dada a situação precária da disposição de lixo no Brasil., além do mais o projeto contribui para a geração de benefícios sociais e ambientais, de escalas local e global.

Quanto à questão social, os mais impactados foram os catadores, que foram absorvidos pela operadora do aterro e por outros projetos implementados pelo poder público.

b) Validação

A validação do Project Design Document (PDD) do Projeto de Aproveitamento do Biogás de Aterro Sanitário – Nova Gerar, preparando para o Prototype Carbon Fund do Banco mundial foi feita pela entidade Operacional Designada Det Norske Veritas (DNV)

Tal processo, que visou a validação teve início em novembro de 2002, sendo concluído apenas em fevereiro de 2004. Validação essa que teve três fases: i) revisão específica da concepção do projeto, da metodologia de linha de base e do plano de monitoramento (dezembro de 2002 a fevereiro de 2004); ii) acompanhamento das entrevistas com as partes do projeto (fevereiro de 2003) e iii) resolução de questões quanto ao parecer da versão final do relatório de validação (fevereiro de 2003 a fevereiro de 2004)

c) Aprovação pela Autoridade Nacional Designada

O PDD do Projeto NovaGerar, e sua validação pela Entidade Operacional Designada foram submetidos à apreciação da Autoridade Nacional Designada (AND), que no caso do Brasil, é a Comissão Interministerial de Mudança do Clima, em 30 de março de 2004. Tal comissão teve de avaliar o relatório de validação e a contribuição do projeto para o desenvolvimento sustentável do país, considerando vários aspectos, como: distribuição de renda, sustentabilidade ambiental local, desenvolvimento das condições de trabalho e geração de empregos, capacitação e desenvolvimento tecnológico, e integração regional e articulação com outros setores.

Em 2 de Junho de 2004, a AND publicou junto ao Comitê Executivo a carta de aprovação considerando que o Projeto NovaGerar contribuiria para o desenvolvimento sustentável do país.

d) Submissão ao Conselho Executivo

A EOD solicitou o registro juntamente com o Comitê Executivo da Convenção no dia 18 de novembro de 2004. O NovaGerar, por ser o pioneiro no mundo a fazer o registro no Comitê Executivo da ONU no MDL, marcando a efetiva entrada no mercado de créditos de

carbono, lhe deu uma condição de impacto, que passou a realizar palestras e novos contratos a partir de sua experiência inicial.

e) Monitoramento

O plano de Monitoramento, que deverá ser aplicado por toda vida útil do projeto, aprovado pelo Painel Metodológico, foi aplicado desde o início do funcionamento da Central de Tratamento de Resíduos CTR Nova Iguaçu. Porém, apenas em março de 2007 é que o Plano de Monitoramento do referido projeto teve início, pois a queima pelos flares passou a ser utilizada.

f) Verificação/Certificação

Levado em conta os dados para o cálculo das reduções de emissões de GEE, é iniciado um processo de verificação, consistindo em auditorias constantes e independentes, tendo como fim revisar os cálculos pertinentes às emissões de GEE. Esse processo procura verificar se as reduções realmente aconteceram. No Projeto NovaGerar essa verificação se deu entre março de 2007 a março de 2008.

g) Emissão das reduções certificadas de Emissões

Após o cumprimento de todas as etapas do projeto e provadas que as reduções de emissões de GEE são reais, mensuráveis e de longo prazo, são originadas as CErS, que são emitidas pelo Comitê Executivo e serão creditadas aos participantes do projeto, no caso do NovaGerar à S.A. Paulista e ao World Bank Netherlands Clean Development Facility.

Das projeções financeiras do projeto NovaGerar, o quadro 10 a seguir mostra a análise financeira do mesmo:

Quadro 10 – Projeções financeiras do Projeto NovaGerar – valores em US\$

Projeto Novagerar -projeções financeiras				
Fase 1				
Queima de gás		Resultados financeiros	21 anos	Até 2012
Preço do Carbono (/tCO2)	3,35	Venda Bruta do Carbono	37.058.196	9.515.492
Taxa de Câmbio US\$/	1,15	% de Vendas Líquidas à Municipalidade	(3.705.820)	(951.549)
Taxa de Câmbio R\$/US\$	3,00	Venda Líquida de Carbono	33.352.376	8.563.943
Preço Líquido do carbono (tCO2) (deduzido de 2,0% da taxa de adaptação)	3,78	Operação e Manutenção da Planta de Gás + Custo de Capital	(3.619.349)	(2.803.349)
% da venda de Carbono à Municipalidade	10,0%	Aluguel de Terreno	(160.000)	(160.000)
Operação e Manutenção mensal da Planta de Gás	6.800	Despesas Administrativa (ano)	-	-
Taxa de Desconto	15,0%	Custos Banco Mundial	-160.000	-160.000
Fluxo de Caixa Líquido - Credito de Carbono (a)			29.413.027	5.440.594
Valor Presente Líquido			4.152.428	1.782.082
Total de CERs Vendidos p/ PCF (tCO2)				2.520.360
Fase 2				
Geração de energia		Resultados financeiros	21 anos	Até 2012
Tarifa (R\$/MWh)	130,00	Vendas Brutas de Eletricidade (US\$)	59.103.720	18.448.560
Taxa anual de evolução da Tarifa (%)	0,0%	Taxas (PIS+COFINS)	(11.022.844)	(3.440.656)
Tarifa mínima (US\$/MWh)	43,33	% de Vendas Líquida à Municipalidade	(4.808.088)	(1.500.790)
Impostos (PIS+COFINS) - %	18,65%	Royalty ao Proprietário	(125.066)	(125.066)
% de Royalty ao Proprietário	10,0%	Vendas Líquidas de Eletricidade	43.147.723	13.382.047
% da venda de Eletricidade à Municipalidade	10,0%	Operação,Manutenção da Planta de Energia + Custo de Capital	(52.374.989)	(16.348.262)
Aluguel Terreno (US\$/ano)	16.000	Fluxo de Caixa da Geração de Energia	(9.227.266)	(2.966.215)
Operação,Manutenção e Custos de Capital da Planta de Energia (US\$/MWh)	38,4	Valor Presente (Taxa: 15,0%)	(1.691.014)	(1.019.761)
Fluxos de caixa				
Do projeto		Integrado	21 anos	Até 2012
Custos Pré Operacionais (US\$)	150.000	Fluxo de Caixa - Fase 1 e 2	20.185.763	2.474.381
Despesas Administrativas (US\$)	6.850	Custo Pré-Operacional	(150.000)	(150.000)
Custos administrativos devidos ao Banco Mundial (US\$)	20.000	Custos Administrativos do Projeto	(1.644.000)	(822.000)
Taxa de Desconto (%)	15,0%	Imposto de Renda	(4.482.577)	(429.126)
Imposto de Renda (15,0% + 9,0%)	24,0%	Fluxo de Caixa do Projeto	13.909.186	1.073.255
Valor Presente (Taxa: 15,0%)			1.732.954	325.448
Taxa Interna de Retorno			36,2%	23,5%

Fonte: Monteiro 2005, *apud* Segreti e Bitto 2006.

Segundo Segreti e Bitto (2006) a taxa de atratividade mínima prevista no Projeto NovaGerar foi estimada em 15%. Já em relação à venda de Créditos de Carbono (fase 1, do quadro acima), o projeto previu a obtenção de uma receita bruta de US\$ 9,5 milhões até 2012 e um fluxo de caixa líquido positivo de US\$ 5,4 milhões (com valor presente Líquido –VPL de US\$ 1,7 milhões). A receita bruta prevista até o final do projeto, previsto para 2022 é projetado para atingir US\$ 37 milhões, com um fluxo de caixa líquido positivo de US\$ 29,4 milhões (VPL de US\$ 4,1 milhões).

Já na Fase 2, é projetado um prejuízo para a atividade da queima de gases de metano para geração de energia elétrica, em função dos altos custos de operação, manutenção e do capital requerido para o investimento. Dessa forma, a venda de energia elétrica, deveria atingir até 2012, US\$ 18,4 milhões e um fluxo de caixa líquido negativo de US\$ 2,9 milhões (VPL negativo de US\$ 1,0 milhões). Já para o período total (os 21 anos) a receita bruta prevista foi de US\$ 59,1 milhões e fluxo de caixa negativo de US\$ 9,2 milhões (VPL negativo de US\$ 1,7 milhões). (SEGRETI e BITTO, 2006, p. 89)

Embora a venda de energia elétrica produzida no aterro gere uma receita maior em relação à venda do crédito de carbono, a atividade por si só é deficitária. Entretanto, no conjunto (fase 3), quando se agrega o referido crédito, o Projeto NovaGerar tem um valor presente líquido de US\$ 1,7 milhões, com uma taxa interna de retorno (TIR) de 36,2 ao ano. (SEGRETI e BITTO, 2006, p.89)

O projeto se torna viável quando a TIR é comparada com o rendimento dos títulos livres do risco Brasil, sendo a TIR bastante atrativa. Dessa forma, sem o incentivo do MDL, o projeto seria inviável para os investidores (Segreti e Bitto, 2006, p. 89), uma vez que a avaliação financeira para implementação do Projeto seria deficitária.

Projetos como o NovaGerar, deveriam servir como modelo para políticas públicas no Brasil e países que adotam os Mecanismos de Desenvolvimento Limpo por suas vantagens, trazendo consigo benefícios para o meio ambiente e para a economia local, e como desvantagem o custo que envolve desde a conversão do lixo em aterro até a implantação de um projeto.

O Brasil, por exemplo, possui uma quantidade elevada de lixões, que proporciona um prejuízo ambiental, como indicado no capítulo 1, da nocividade do gás metano na atmosfera, que potencializa e acelera o aquecimento global. Muitos municípios brasileiros poderiam se beneficiar com a simples conversão do lixo em aterro sanitário, evitando o problema citado acima. Além disso, como indicado nos capítulos 1 e 2, a geração de créditos de carbono e energia elétrica a partir da captação do biogás de aterros, trás inúmeras vantagens, dentre as

principais, a redução de gases poluentes na atmosfera e a geração de recursos financeiros, dentre outras elencadas no capítulo 2 acerca de aterros sanitários.

Projetos como o citado acima são de difícil aprovação, por conta de todo um processo burocrático que o envolve. Outro ponto que dificulta a conversão e implementação de um projeto de MDL, é a questão do investimento inicial que um município faz, e o custo elevado de manutenção de um aterro, talvez esse seja o principal motivo de muitos dos municípios brasileiros não fazerem a conversão, por conta dos recursos municipais serem escassos. Além disso, a burocracia envolvida e as projeções financeiras, muitas vezes não valem apenas investir em projetos dessa natureza.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A necessidade da preocupação com o meio ambiente a partir da análise do problema do aquecimento global, culminou no Protocolo de Kyoto, um tratado que envolve países desenvolvidos com metas de redução em 5% da emissão de poluentes, com finalidade de reduzir o aquecimento global.

Os países em desenvolvimento, como é o exemplo do Brasil se beneficiaram com os mecanismos de flexibilização, como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), onde os países desenvolvidos dão suporte aos em desenvolvimento para a criação de projetos que visam diminuir as emissões de gases de efeito estufa na atmosfera, dando margem à conversão desses gases poluentes em créditos negociados em bolsa, o chamado crédito de carbono (cada crédito equivale à redução de uma tonelada de gases de efeito estufa na atmosfera).

Tendo-se em vista a discussão acerca da eficácia dos créditos de carbono, se o mesmo reduz ou não os impactos ambientais, tal como o aquecimento global, é visível no capítulo 1, fatores de controvérsias que existe no mercado de carbono, ou seja, a questão que se investiga é que em vez de diminuir os impactos ambientais, a poluição continua aumentando, pondo em dúvida a eficácia dos créditos de carbono. Percebe-se, com isso, que os créditos de carbono podem diminuir, por um lado, as emissões globais de equivalentes em dióxido de carbono (CO₂), mas por outro lado, existem os países que compram esses créditos, para poderem poluir e bater a meta do Protocolo de Kyoto. Dessa forma tratando isso como apenas uma transferência de capacidade de poluir entre os países envolvidos, podendo anular o efeito da eficácia do referido Protocolo.

Outro limitador acerca dos créditos de carbono, que inibe a criação de projetos de MDL, é a burocracia, ou seja, para que um país não anexo 1 do protocolo de Kyoto possa implementar projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, há um processo rigoroso de fiscalização para garantir que a redução das emissões está sendo feita.

O protocolo de kyoto finalizou em 2012, sendo interessante ressaltar que a questão da compra e venda dos créditos de carbono continua, apesar da diminuição do valor do crédito de carbono próximo ao fim do Protocolo de Kyoto em 2012.

Destaca-se ainda, no capítulo 1, que a China a pesar de ser um dos países que mais realizam projetos de MDL, no pós Protocolo de Kyoto ainda continua como país não anexo 1, país este que vem se tornando uma potencia mundial, aumentando sua emissão global de

gases de efeito estufa, algo que preocupa, necessitando que seja tema das conferências futuras acerca do clima.

Por outro lado, os Estados Unidos continuam não adeptos a essa questão de redução de poluição do globo terrestre, o que é um problema, uma vez que esse país é um dos países que mais poluem no mundo. Sua inserção no pós Protocolo de Kyoto traria muitos benefícios, como a real redução dos gases de efeito estufa. Além disso, como os Estados Unidos são países avançados em pesquisa e desenvolvimento, poderiam financiar pesquisas para que os países em desenvolvimento continuassem a desenvolver projetos de MDL, gerando mais recursos financeiros com a venda de créditos de carbono e aumentando o potencial do mercado de carbono.

Destarte, é preciso pensar no futuro do globo terrestre, com a preocupação ambiental, assumindo lugar importante para as estratégias de desenvolvimento energético dos países. Tem-se, como analisado no capítulo 1, que o Gás metano é bastante nocivo, sendo cerca de 21 vezes mais poluente que o dióxido de carbono, sendo um dos fatores que colaboram com o aquecimento global. Vê-se que o potencial de geração de créditos de carbono a partir de aterros sanitários é bastante promissor, uma vez que as questões de mudanças climáticas ainda estão e estarão presentes por muito tempo no que tange ao desenvolvimento da humanidade no tocante ao clima.

Relacionado a isso, no capítulo 2, indica que as localidades que possuem lixão a céu aberto, é uma fonte inacabável de poluição ambiental, por conta da emissão descontrolada do gás metano na atmosfera. Como foi visto, a conversão de um lixão em aterro sanitário possibilita a interrupção da emissão dos gases de efeito estufa presentes no lixão. Sendo assim, aterro sanitário é a principal saída para esse problema, pois além de reduzir os gases emitidos, trás consigo muitas vantagens, tais como a diminuição dos impactos ambientais, como a contaminação do lençol freático ocasionado pelo líquido tóxico que é produzido a partir da decomposição do lixo, podendo o país desenvolver um projeto para o aproveitamento do biogás de aterro, indicado no capítulo 3, gerando receita financeira a partir da venda dos créditos de carbono. Além disso, o aterro sanitário trás a vantagem de redução de vetores de doenças causadas aos humanos que habitam os lixões.

O termo biogás, referido no capítulo 3, se refere a um combustível que tem alto valor energético, que é gerado a partir da fermentação anaeróbica ou anaeróbia da matéria orgânica. Refere-se a uma mistura de gases de proporções variadas, que dependem das condições em que o processo se realiza. É um gás com alto valor energético, que pode ser aproveitado de

diversas formas, como fonte de energia primária ou para sua queima, gerando créditos de carbono a serem negociados em bolsa, no mercado de carbono.

É indicado no capítulo 3 a partir do caso NovaGerar que a taxa de atratividade do projeto foi projetada para 15%, Já em relação à venda de Créditos de Carbono (fase 1 projeto), o projeto previu a obtenção de uma receita bruta de US\$ 9,5 milhões até 2012 e um fluxo de caixa líquido positivo de US\$ 5,4 milhões (com valor presente Líquido-VPL de US\$ 1,7 milhões). A receita bruta prevista até o final do projeto, previsto para 2022 é projetado para atingir US\$ 37 milhões, com um fluxo de caixa líquido positivo de US\$ 29,4 milhões (VPL de US\$ 4,1 milhões).

Percebe-se que apenas o reaproveitamento do biogás para geração de energia primária deixa o projeto como inviável, ou seja, na Fase 2, é projetado um prejuízo para a atividade da queima de gases de metano para geração de energia elétrica, em função dos altos custos de operação, manutenção e do capital requerido para o investimento. Dessa forma, a venda de energia elétrica, deveria atingir até 2012, US\$ 18,4 milhões e um fluxo de caixa líquido negativo de US\$ 2,9 milhões (VPL negativo de US\$ 1,0 milhões). Já para o período total (os 21 anos) a receita bruta prevista foi de US\$ 59,1 milhões e fluxo de caixa negativo de US\$ 9,2 milhões. Porém, a utilização do aterro para a venda de créditos de carbono a partir da captação do biogás deixa o projeto viável em complemento ao processo de geração de energia primária.

Além do mais, o projeto se torna viável quando a TIR é comparada com o rendimento dos títulos livres do risco Brasil, sendo a TIR bastante atrativa. Dessa forma, sem o incentivo do MDL, o projeto seria inviável para os investidores, uma vez que a avaliação financeira para implementação do Projeto seria deficitária.

Tem-se, portanto que a geração de créditos de carbono a partir de aterros sanitários no Projeto estudado é uma boa forma de adquirir recursos para uma região, porém o custo de apenas utilizar os recursos energéticos do aterro sanitário são altos, não dando suporte para a simples utilização energética do biogás, mas em complemento com a venda de créditos de carbono, agrega a arrecadação de recursos, além de colaborar para os países desenvolvidos baterem a meta do protocolo de Kyoto.

Por outro lado, acerca do Projeto NovaGerar, tem-se que o potencial de créditos de carbono a partir de aterros sanitários, é uma boa fonte de recursos para os países em desenvolvimento como o Brasil. Porém, não basta que seja fonte apenas de recursos, mas que consiga realizar seu propósito fim, que é o da redução do aquecimento global. Para isso, é

preciso que todos os países do globo, principalmente os mais poluentes se conscientizem para que o aquecimento global, se não for diminuído, pelo menos seja controlado.

Quando a questão é o meio ambiente, a principal dúvida é aquela do porquê os países desenvolvidos não diminuam suas emissões e dependerem que os países em desenvolvimento assim o façam, a custo de financiamento. Talvez a resposta se dê no sentido de que é mais fácil pagar para poluir (comprar créditos de carbono), do que reduzir a velocidade das indústrias dos países desenvolvidos. Aqui, é bem visível a questão economia versus meio ambiente, que sempre pesa para um lado da balança, ou seja, será que vale a pena para os países desenvolvidos deixarem de poluir, diminuindo suas receitas, ou continuarem a poluir, aumentando suas receitas, em detrimento da preocupação com o meio ambiente? Dessa forma, é necessário fazer escolhas em economia, caindo no custo de oportunidade, no que se deixa de ganhar para manutenção da biodiversidade na Terra.

Portanto, os créditos de carbono a partir de aterros sanitários, apesar de reduzir parte da emissão de gases poluentes, não é suficiente para atender, como deveria, os pressupostos do desenvolvimento sustentável. Porém, Projetos de MDL, como o NovaGerar, servem como modelo, pois além de gerar recursos energéticos e beneficiar o meio ambiente, geram recursos financeiros para quem implanta um projeto de MDL.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Resíduos Sólidos – Classificação, NBR 10004. Brasil, 2004. Disponível em:

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos – procedimento**, NRB 8419, Brasil, 1992. Disponível em:
<<http://pt.scribd.com/doc/61140879/NBR-8419-NB-843-Apresentacao-de-Projetos-de-Aterros-Sanitarios-de-Residuos-Solidos-Urbanos>>. Acesso em 07 de Maio, 2014.

AUGUSTO, André Fernandes. **Mercados de Carbono: Solução ou Impecílio?** UNICAMP- Instituto de Economia- IE. Campinas, SP. 2012.

BANDEIRA, Marcelo Sanguinete. **Análise e Perspectivas do Mercado de Carbono para o Brasil –MDL e REDD**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia. Rio de Janeiro, abril de 2011.

BASTOS, Claudio. **Relatório lixão X aterro sanitário**. Tecnologia em toxicologia ambiental. FURG. Junho 2011. Disponível em
<<http://pt.scribd.com/doc/61762802/Relatorio-Lixao-X-Aterro-Sanitario>> Acesso em: 02 de maio, 2014.

BRASIL. **Mudanças do Clima. Mercado de Carbono**. Núcleo de assuntos estratégico da Presidência da República, Cadernos NAE, nº4, vol. II. Abril 2005

Brasil Escola. **Crédito de Carbono**. 2008. Disponível em:
<<http://www.brasilecola.com/geografia/creditos-carbono.html>> Acesso em: 25 de novembro 2012.

FIGUEIREDO, Natalie Jimenez Vérdi de. **Utilização do Biogás de Aterro Sanitário Para Geração de Energia Elétrica e Iluminação a Gás – Estudo de Caso**. Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 2007

Fundação Getúlio Vargas (FGV). **Mercado Brasileiro de Reduções de Emissões**. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Proposta final de especificação. Rio de Janeiro, junho 2004.

GOMES, Tiago Luís. **Proposta Para o Aproveitamento de Biogás na Obtenção de Créditos de Carbono em Aterro Sanitário e Compostagem com Aeração Horizontal em Camadas**. UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA. **Manual de Operação de Aterros Sanitários**. Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia – CONDER. Secretaria do Planejamento, Ciência e Tecnologia – SEPLANTEC. Bahia, Julho 2012.

GRACINO, Mariana Carvalho da Silva. **Caracterização dos Aterros Sanitários de Araçatuba e Região e o Potencial do Aterro Sanitário da Cidade de Araçatuba Para Produção de Biogás**. Faculdade de Tecnologia de Araçatuba. Araçatuba, 2010.

HENRIQUES, Rachel Martins. **Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos: Uma Abordagem Tecnológica.** UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Março de 2004. Disponível em:
<<http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/rachelh.pdf>> Acesso em 07 de Maio, 2014.

HOPPE, Letícia; ALVIM, Augusto M.; KETZER, João, M. M.; SOUZA, Osmar, T. de. **“Desenvolvimento sustentável e o Protocolo de Quioto: uma abordagem histórica do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo”.** Ensaio FEE, v. 32, n. 1, p. 107-136. Porto Alegre, junho de 2011.

IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Municipal. Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. 2001. Disponível em:
<www.ibam.org.br> Acesso em 18 maio 2014.

LANDIM, Ana Luísa Pinto Ferreira; AZEVEDO, Lizandra Prado de. **O Aproveitamento Energético do Biogás em Aterros Sanitários: Unindo o Útil ao Sustentável.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 27, p. 59-100, mar. 2008.

NAPONUCENA, Alisson C; PATERNOSTRO, André de Góes. **Potencial Geração de Créditos de Carbono a Partir de Aterro Nos Municípios Baianos.** UNIFACS- Universidade de Salvador. Salvador, março, 2008

PECORA, V. **Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica partir do biogás de tratamento de esgoto residencial da USP – Estudo de caso.** São Paulo, 2006. Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia. Disponível em:
<http://cenbio.iee.usp.br/download/publicacoes/tesevan.pdf>. Acesso em 10 de Jun, 2014.

PINHEIRO, Flavio Cotrim. **Mudança Global do Clima: ciência e políticas públicas.** Revista Ciências Moleculares, n 2, dez. 2005.

SEGRETI, João Bosco; BITO, Nelson Satio. **Crédito de Carbono: Um Estudo de Caso da Empresa NovaGerar.** RBGN, São Paulo, Vol 8, n.21 p. 82-91, mai/ago 2006.

SOUZA, Gleice Donini de; RIBEIRO, Wagner Costa. **NovaGerar: Experiência Pioneira do Brasil no MDL.** Cronos, Natal – RN, v.10, n.2, p15-34, jul/dez. 2009. Disponível em:
<<http://ufrn.emnuvens.com.br/cronos/article/viewFile/3285/2673>> Acesso em 20 de maio, 2014.

ROCHA, Maurem Silva; PAIANO, Daniela Braga; Mello, Rafael C. **O Aquecimento Global e o Protocolo de Kyoto.** Unisinos/Unimar. Rio Grande do Sul, 2008. Disponível em:

<http://www.conpedi.org.br/manaus/arquivos/anais/bh/daniela_braga_paiano.pdf> Acesso em: 21 de maio, 2014.

ROCHA, Maurem Silva; Paiano, Daniela Braga. **O protocolo de Quioto e a Nova Proposta Para Quioto 2.** XVIII Congresso Nacional da CONPEDI. São Paulo, 2009. Disponível em:

<http://www.publicadireito.com.br/conpedi/manaus/arquivos/Anais/sao_paulo/2303.pdf> Acesso em: 21 de, 2014.