

# **ANÁLISE DE VIABILIDADE DE PROJETOS DE MDL PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM ATERROS SANITÁRIOS – POTENCIALIDADE ENERGÉTICA NA- CIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**

Carlos Eduardo Sato <sup>1</sup>

Alexandre Augusto Barbosa <sup>2</sup>

## **RESUMO**

A energia é um dos pilares da sociedade moderna para o desenvolvimento econômico e, no contexto atual, as questões ligadas às mudanças climáticas vêm ganhando grande relevância. Neste cenário criou-se a situação de busca por fontes alternativas de energia. Dentre estas possibilidades temos a geração de energia através da queima do metano advindo dos resíduos sólidos. No âmbito do Protocolo de Quioto, foi criado o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). No estudo foi levantado a potencialidade energética dos resíduos sólidos em aterros sanitários, foram realizadas algumas simulações ao variar o parâmetro população de início de projeto. Neste estudo foi demonstrado que 305 municípios possuem a perspectiva para geração de energia, com um potencial de aproximadamente 873,5 MW.

Palavras-chave: Crédito de Carbono; Energias Alternativas; Geração de Energia Elétrica; MDL; Resíduos Sólidos.

---

1 Universidade Federal de Itajubá – Itajubá-MG, CEP: 37500-903 (e-mail: carlos@setorverde.com)

2 Universidade Federal de Itajubá – Itajubá-MG, CEP: 37500-903 (e-mail: barbosa@unifei.edu.br)



## ABSTRACT

Energy is one of the modern society columns for economy growth, and has been attained greater relevance lately in the current context of Climate Change. In this scenery, it has been created the situation of pursuing alternative energy sources, where, among those possibilities, there is the energy generation through burning methane, resulting from solid wastes. Within the Kyoto Protocol ambit, the Clean Development Mechanism (CDM) was created. In this study, an energy potential from solid wastes for the Sanitary Landfill has been raised. It was involved some simulations while parameters vary, such project start up population. It was evidenced in this study that 305 cities have a perspective of energy generation with a potential of approximately 873,5 MW.

Keywords: Carbon Credit; Alternative Energies; Electric Power Generation; Cdm; Solid Wastes.

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e a expansão industrial trazem como consequência uma demanda cada vez maior de energia, além do aumento na geração de resíduos sólidos. Fato que impõe alguns problemas a serem solucionados, como os ligados às questões ambientais, disponibilidade e custos de energia. O processo de exaustão dos recursos naturais e a crescente agressão ao meio ambiente para suprir as necessidades humanas trouxeram consequências ao clima mundial, diagnosticadas nos efeitos das mudanças climáticas que tem provocado fenômenos atípicos em várias regiões do mundo.

A economia mundial, devido aos últimos acontecimentos naturais, tem passado por uma reestruturação em busca de uma sociedade com desenvolvimento sustentável. No âmbito brasileiro podemos citar o racionamento de energia elétrica de 2001 que sofreu com a “seca” dos reservatórios das hidrelétricas. Neste contexto, a diversificação da matriz energética brasileira passou a ser fator estratégico com incentivo de geração a partir de fontes alternativas tais como eólica, biomassa e pequenas centrais hidroelétricas (LIMING, 2006; JARDIM, 2007; MARTINOT et al., 2007; SAGAR & KARTHA, 2007; PEIDONG et al., 2007; MARTINOT et al., 2008; SATO & AZEVE-

DO, 2008; UHLIG et al., 2008; PARO et al., 2008; VARELLA et al., 2008; SILVA et al., 2008; FILHO et al., 2008).

Uma vantagem da utilização do biogás para a geração de energia elétrica é a proximidade da fonte geradora ao centro consumidor; evitando investimentos em linhas de transmissão de energia elétrica.

VANZIN (2006) coloca que o Brasil possui potencial para a utilização do biogás, pois segundo o IBGE (2001), 36,18% dos resíduos sólidos urbanos gerados diariamente são depositados em aterros sanitários, 37% em aterros controlados e 21,2% em lixões; porém, apenas 20 MW são explorados de um potencial superior a 350 MW. Portanto, é relevante estudar a viabilidade econômica para ampliar para todo o país a geração de energia elétrica através desta fonte de energia renovável, o biogás, aproveitando este potencial disponível.

Por isso, este trabalho tem o foco na busca de um tratamento adequado destes resíduos sob a ótica de matéria-prima e fonte de recursos, dentre eles a geração de energia, para um desenvolvimento sustentável.

## **2. MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO (MDL)**

O MDL por se tratar do mecanismo de redução que mais interessa ao nosso país (única maneira de participar de projetos de reduções de gases de efeito estufa (GEE) que permitam as emissões de Redução Certificada de Emissões (RCEs), e conseqüentemente do mercado de carbono) será tratado de neste trabalho.

Em linhas gerais o Protocolo de Quioto tem o objetivo de prestar assistência aos países não inseridos no Anexo I, ou seja, aos países em desenvolvimento da CQNUMC. Viabilizando o desenvolvimento sustentável através da implementação da respectiva atividade de projeto e contribuindo para o objetivo final da Convenção e, por outro lado, auxiliando aos países do Anexo I o cumprimento de seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões de GEE. Adquirindo através de RCEs de GEE em projetos gerados em países em desenvolvimento como forma de cumprir parte do compromisso global.

As reduções de emissão de GEE e/ou remoções de CO<sub>2</sub> atribuídas a um projeto resultam em RCEs, medidas em tonelada de carbono equiva-



lente, sendo uma tonelada de carbono equivalente igual a uma tonelada métrica de dióxido de carbono equivalente, calculada de acordo com o Potencial de Aquecimento Global (Global Warming Potencial - GWP), índice divulgado pelo IPCC e utilizado para uniformizar as quantidades dos diversos gases de efeito estufa em termos de dióxido de carbono equivalente, possibilitando que reduções de diferentes gases sejam somadas. O GWP, que deve ser utilizado para o primeiro período de compromisso (2008-2012), é o publicado no Segundo Relatório de Avaliação do IPCC. Os valores podem ser vistos na TABELA 1.

GABETTA (2006) comenta que para que sejam consideradas elegíveis no âmbito do MDL, as atividades do projeto devem contribuir para o objetivo primordial da Convenção e observar alguns critérios fundamentais, entre os quais o da adicionalidade, pelo qual uma atividade de projeto deve comprovadamente resultar na redução de emissões de GE e/ou remoção de CO<sub>2</sub> (adicional ao que ocorreria na ausência da atividade de projeto do MDL). Além do fato de que o projeto deve contribuir para o desenvolvimento sustentável do país no qual venha a ser implementado. Devendo ser capaz de demonstrar benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo relacionados à mitigação da mudança do clima.

Tabela 1 - Potenciais de aquecimento global de GEE acordados no Protocolo de Quioto.

<b>Gases do Efeito Estufa</b>	<b>Origem mais comum</b>	<b>GWP [tCO<sub>2</sub> eq.]</b>
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	Queima de combustíveis fósseis	1
Metano (CH <sub>4</sub> )	Mineração, aterros, gado, degradação de matéria orgânica.	21
Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O)	Fertilizantes, queima de combustíveis fósseis (ex. transporte)	310
Hidrofluor Carbono (HFCs)	Processos Industriais (refrigeração/ar condicionado)	11.700 a 140
Perfluor Carbono (PFCs)	Processos Industriais (em subst. Aos HFCs)	9.200 a 6.500
Hexafluoreto de Enxofre (SF <sub>6</sub> )	Fluído Dielétrico, longo tempo de vida, 3.200 anos.	23.900

SISTER (2007) coloca que a implementação do projeto de MDL apenas poderá ser realizada caso as reduções já comentadas sejam certificadas pelos organismos competentes, ou seja, a redução dos GEE implementada em países não incluídos no Anexo I do Protocolo de Quioto só poderá contribuir para o cumprimento dos objetivos daqueles países inseridos no Anexo I após terem sido certificados por entidades operacionais designadas (EOD) pela Conferência das Partes, estabelecido no artigo 12 do Protocolo de Quioto.

O processo de certificação do projeto de MDL estabelece as seguintes etapas consecutivas a serem seguidas:

- **Elaboração do Documento de Concepção do Projeto – DCP:** Além da descrição das atividades de projeto e dos respectivos participantes, deverá incluir a descrição da metodologia da linha de base, das metodologias para o cálculo da redução de emissões de gases de efeito, para o estabelecimento dos limites das atividades de projeto e para o cálculo das fugas. Deve ainda conter a definição do período de obtenção de créditos, um plano de monitoramento, a justificativa para adicionalidade da atividade de projeto, relatório de impactos ambientais, comentários dos atores e informações quanto à utilização de fontes adicionais de financiamento. Os responsáveis por essa etapa do processo são os participantes do projeto.
- **Validação/aprovação:** O documento é enviado para a EOD para sua validação; a EOD tem como uma das suas atividades validar os projetos de MDL de acordo com as decisões de Marrakeche. Cabe à EOD verificar se os seguintes quesitos foram incluídos e considerados no DCP apresentado:
  - O projeto do MDL é voluntário e foi aprovado pelo país onde serão implementadas as atividades do projeto;
  - A atividade de projeto do MDL atende aos critérios de elegibilidade;
  - Há de fato uma redução adicional nas emissões de GEE;
  - Foram consideradas fugas (leakage) fora dos limites da atividade de projeto;
  - A análise de impacto ambiental foi realizada segundo a legislação ambiental nacional;
  - O período de obtenção dos créditos foi definido.



No Brasil, corresponde ao processo de avaliação independente de uma atividade de projeto por uma Entidade Operacional Designada – EOD, no tocante aos requisitos do MDL, com base no DCP. A aprovação, por sua vez, é o processo pelo qual a Autoridade Nacional Designada (AND) das Partes envolvidas confirmam a participação voluntária e a AND do país onde são implementadas as atividades de projeto do MDL atesta que dita atividade contribui para o desenvolvimento sustentável do país. Os projetos são analisados pelos integrantes da Comissão Interministerial, que avaliam o relatório de validação e a contribuição da atividade de projeto para o desenvolvimento sustentável do país, segundo cinco critérios básicos: distribuição de renda, sustentabilidade ambiental local, desenvolvimento das condições de trabalho e geração líquida de emprego, capacitação e desenvolvimento tecnológico, e integração regional e articulação com outros setores.

- Registro: A EOD após validar o projeto, envia o documento para a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima, que no Brasil é formada por uma junta interministerial que é presidida pelo Ministério da Ciência e Tecnologia e vice-presidida pelo Ministério do Meio Ambiente. É composta ainda por representantes dos Ministérios das Relações Exteriores; da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; dos Transportes; das Minas e Energia; do Planejamento, Orçamento e Gestão; do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e da Casa Civil da Presidência da República. Esta junta interministerial recebeu o nome de Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima – CIMGC, e a esta comissão, de forma soberana, cabe decidir se os objetivos do projeto do MDL estão sendo cumpridos.

Após esta etapa a Entidade Nacional Designada envia o seu parecer à EOD, que efetuará o registro do projeto de MDL na Junta Executiva. A Junta Executiva supervisiona o funcionamento do MDL. Entre suas responsabilidades destacam-se:

- O credenciamento das Entidades Operacionais Designadas;
- Registro das atividades de projeto do MDL;
- Emissão das RCEs;
- Desenvolvimento e operação do Registro do MDL;
- Estabelecimento e aperfeiçoamento de metodologias para definição da linha de base, e fugas;

- Monitoramento;

Sendo o projeto registrado na Junta Executiva, será emitido um documento de registro do projeto e enviado aos participantes do mesmo.

- Monitoramento: A partir deste momento, haverá o monitoramento do projeto. O processo de monitoramento da atividade de projeto inclui o recolhimento e armazenamento de todos os dados necessários para calcular a redução das emissões de gases de efeito estufa, de acordo com a metodologia de linha de base estabelecida no DCP, que tenham ocorrido dentro dos limites da atividade de projeto e dentro do período de obtenção de créditos. Os participantes do projeto serão os responsáveis pelo processo de monitoramento.
- Verificação/certificação: A Entidade Operacional Designada realizará a verificação que é o processo de auditoria periódico e independente para revisar os cálculos acerca da redução de emissões de gases de efeito estufa ou de remoção de CO<sub>2</sub> resultantes de uma atividade de projeto do MDL que foram enviados ao Conselho Executivo por meio do DCP. Esse processo é feito com o intuito de verificar a redução de emissões que efetivamente ocorreu. Após a verificação, o Conselho Executivo certifica que uma determinada atividade de projeto atingiu um determinado nível de redução de emissões de gases de efeito estufa durante um período de tempo específico, que terá como missão final do processo emitir os Certificados de Emissões Reduzidas aos participantes do projeto.
- Emissão e aprovação das RCEs: A etapa final, quando o Conselho Executivo tem certeza de que, cumpridas todas as etapas, as reduções de emissões de gases de efeito estufa decorrentes das atividades de projeto são reais, mensuráveis e de longo prazo e, portanto, podem dar origem a RCEs. As RCEs são emitidas pelo Conselho Executivo e creditadas aos participantes de uma atividade de projeto na proporção por eles definida e, dependendo do caso, podendo ser utilizadas como forma de cumprimento parcial das metas de redução de emissão de gases de efeito estufa.

A FIGURA 1 mostra o fluxo de transações de um projeto de MDL até a expedição dos Certificados de Emissões Reduzidas.

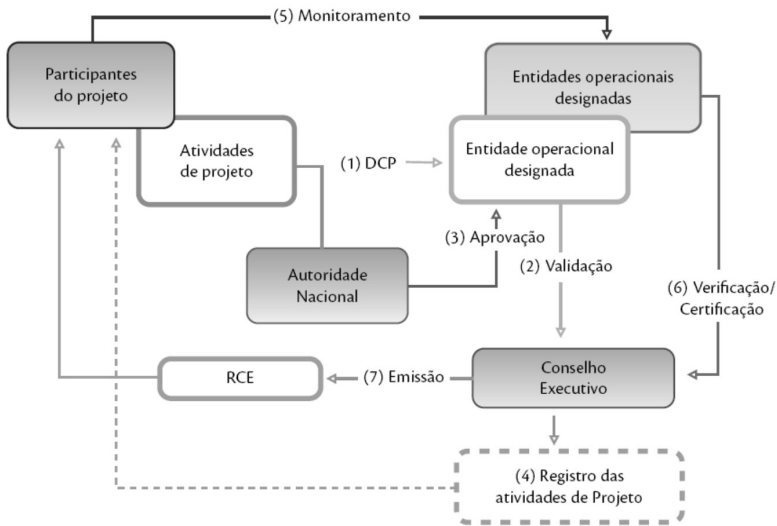


Figura 1 – Ciclo de Projeto de MDL (Fonte: CPMDL (2008))

As Partes Não Anexo I que tiverem ratificado o Protocolo de Quioto, poderão participar, voluntariamente, de atividades de projeto no âmbito do MDL. No caso específico das Partes Não Anexo I, somente são elegíveis para a participação em atividades de projeto MDL aquelas que:

- Tenham suas quantidades atribuídas devidamente calculadas e registradas;
- Tenham um sistema contábil nacional para gases de efeito estufa em vigor;
- Tenham criado um Registro Nacional;
- Tenham enviado o Inventário Nacional de gases de efeito estufa à CQNUMC.

O inventário brasileiro de GEE foi entregue à CQNUMC durante a COP 10 (Buenos Aires – Argentina) no ano de 2004. A utilização dos RCEs para o cumprimento parcial das metas de redução / limitação de emissões, os países do Anexo I, além dos critérios anteriores, deverão ter ratificado o Protocolo de Quioto. As atividades de projeto implementadas pelos países Não Anexo I, iniciadas a partir de 01 de janeiro de 2000, poderão ser elegíveis no âmbito do MDL.



Nesse contexto, o MDL criou grande expectativa ao país, devido aos benefícios que este mecanismo pode trazer. Representando uma fonte de recursos financeiros para projetos de desenvolvimento sustentável; incentivando o maior conhecimento científico e tecnológico. O Brasil está convencido de que o maior conhecimento que resultará desses projetos permitirá a divulgação dos limites da contribuição dos sumidouros de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), e deverá evidenciar ainda mais a necessidade de os países ricos alterarem seus padrões de produção e consumo para que seja efetiva a luta contra o aquecimento global.

As duas áreas principais que atualmente se implementam projetos de MDL são por Redução da Emissão de GEE e por Seqüestro de Carbono. Estas áreas são subdivididas da seguinte forma:

- Redução da Emissão de GEE
  - Destruição de GEEs na fonte (aterros sanitários, biodigestores, processos industriais, minas de carvão);
  - Troca ou mistura de Combustíveis;
  - Energias Renováveis (Biomassa, Eólica, Biogás, PCHs, Solar);
  - Eficiência Energética;
  - Substituição de matéria-prima.
- Seqüestro de Carbono
  - Reflorestamento e Florestamento;
  - Injeção de  $\text{CO}_2$  em campos de petróleo/gás.

Podemos classificar ainda as atividades de projeto em pequena e larga escala. Segundo os Acordos de Marraqueche, são de pequena escala as seguintes atividades de projeto:

- Atividades de projeto de energia renovável com capacidade máxima de produção equivalente a até 15 Megawatts (ou uma equivalência adequada);
- Atividades de projeto de melhoria da eficiência energética, que reduzam o consumo de energia do lado da oferta e/ou da demanda, até o equivalente a 15 Gigawatt/hora por ano;
- Outras atividades de projeto que tanto reduzam emissões antrópicas por fontes quanto emitam diretamente menos do que 15 quilos toneladas equivalentes de dióxido de carbono por ano.

As outras atividades serão, então, classificadas como atividades de projeto de larga escala. A distribuição dos projetos brasileiros por tipo de metodologia, como pode ser observado na FIGURA 2, indica que a maioria das atividades de projeto desenvolvidas no Brasil é de larga escala.

#### Porcentagem dos projetos brasileiros de larga e pequena escala

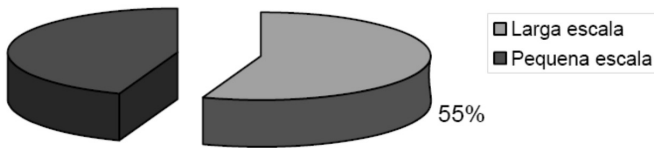


Figura 2 – Distribuição das atividades de projeto no Brasil por tipo de metodologia utilizada. (Fonte: CQNUMC (2008))

### 2.1. Cenário Mundial do MDL

Neste tópico, os dados a seguir foram retirados do relatório disponibilizado pela CQNUMC no dia 30 de Agosto de 2008. A FIGURA 1 mostra o status atual das atividades de projeto em estágio de validação, aprovação e registro. Em 30 de agosto de 2008, um total de 3828 projetos encontrava-se em alguma fase do ciclo de projetos do MDL, sendo 1.102 já registrados pelo Conselho Executivo do MDL e 2.726 em outras fases do ciclo. Como pode ser visto na FIGURA 3, o Brasil ocupa o 3º lugar em número de atividades de projeto, com 310 projetos (8%), sendo que em primeiro lugar encontra-se a China com 1343 e, em segundo, a Índia com 1082 projetos.

Em termos de reduções de emissões projetadas, o Brasil ocupa a terceira posição, sendo responsável pela redução de 311.696.422 de t CO<sub>2</sub>e (FIGURA 4), o que corresponde a 6% do total mundial, para o primeiro período de obtenção de créditos, que podem ser de no máximo 10 anos para projetos de período fixo ou de 7 anos para projetos de período renovável (os projetos são renováveis por no máximo três períodos de 7 anos dando um total de 21 anos).

Dividindo-se as toneladas a serem reduzidas no primeiro período de obtenção de créditos pelo número de anos (7 ou 10) obtém-se uma estimativa anual de redução esperada. No cenário global, o Brasil ocupa a

terceira posição entre os países com maiores reduções anuais de emissões de gases de efeito estufa, com uma redução de 40.842.822 de tCO<sub>2</sub>e/ano (FIGURA 5), o que é igual a 7% do total mundial.

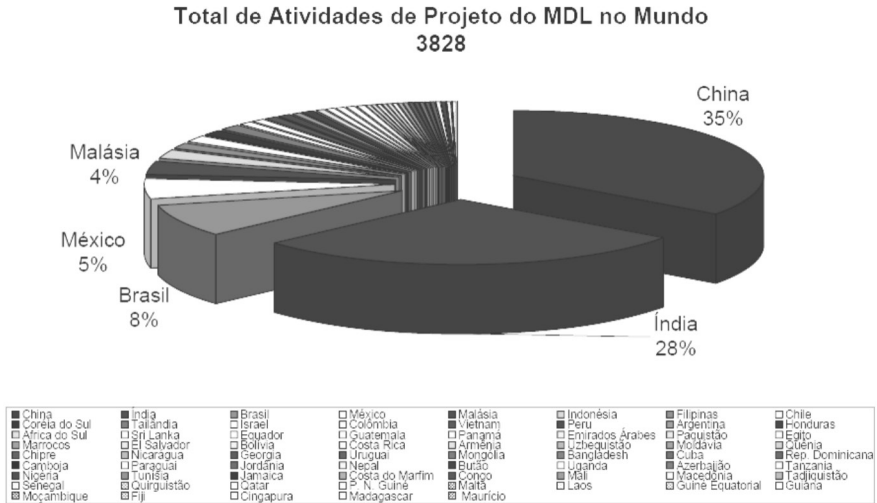


Figura 3 – Número de atividades de projeto no sistema do MDL. (Fonte: CQNUMC (2008))

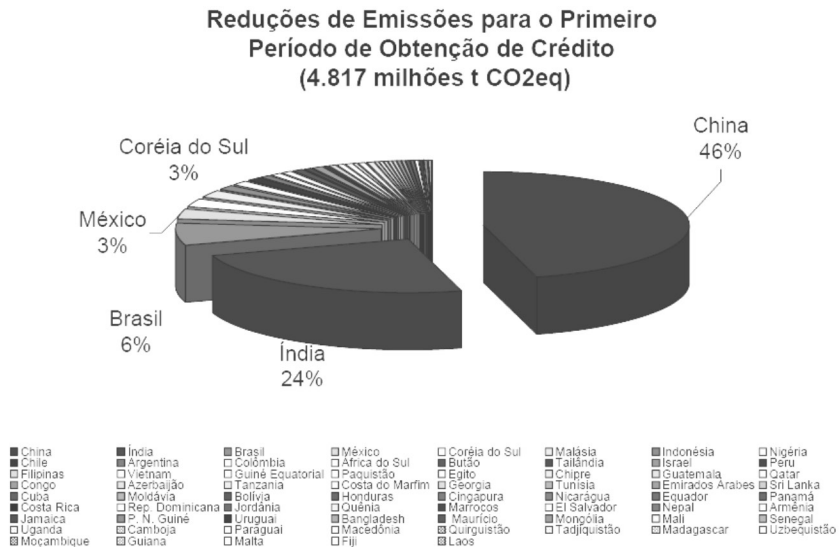


Figura 4– Reduções de emissão projetadas para o primeiro período de obtenção de créditos. (Fonte: CQNUMC (2008))

### Reduções de Emissões Anuais (589 milhões t CO<sub>2</sub>eq)

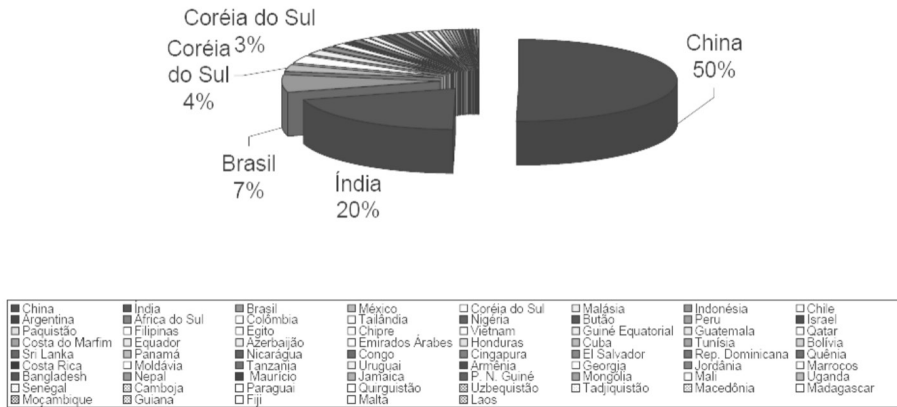


Figura 5– Reduções de emissões anuais projetadas para o primeiro período de obtenção de créditos. (Fonte: CQNUMC (2008))

Segundo ROCHA (2008) a explicação para a concentração dos projetos e das RCE em poucos países e a distribuição desses países no ranking pode ser explicada pelos seguintes fatores:

- Ambiente político-institucional adequado: os países precisam dispor de uma Autoridade Nacional Designada estabelecida e funcionando adequadamente para a aprovação dos projetos; o governo e/ou setor privado precisam estar engajados na elaboração de projetos; é preciso haver uma cultura de investimentos externos estabelecidas no país, entre outros fatores;
- Características das matrizes energéticas dos países: países que utilizam predominantemente combustíveis fósseis (China e Índia - carvão mineral) levam vantagem em relação aos países que utilizam predominantemente fontes renováveis (Brasil – hidroelétrica);
- Características dos projetos: países que possuem projetos que reduzem as emissões de GEE com elevado potencial de aquecimento global, como, por exemplo, HFC-23 (cujo GWP é de 11.700), geram muito mais RCE que os que não usam esses gases.

## 2.2. Cenário Brasileiro do MDL

Assim como na seção anterior, os dados apresentados a seguir foram retirados do relatório do CQNUMC de Agosto de 2008. A FIGURA 6 mostra que a maior parte das atividades de projeto desenvolvidas no Brasil está no setor energético, indicando como o setor mais atrativo perante os participantes de projetos.

### Número de Projetos Brasileiros por Escopo Setorial

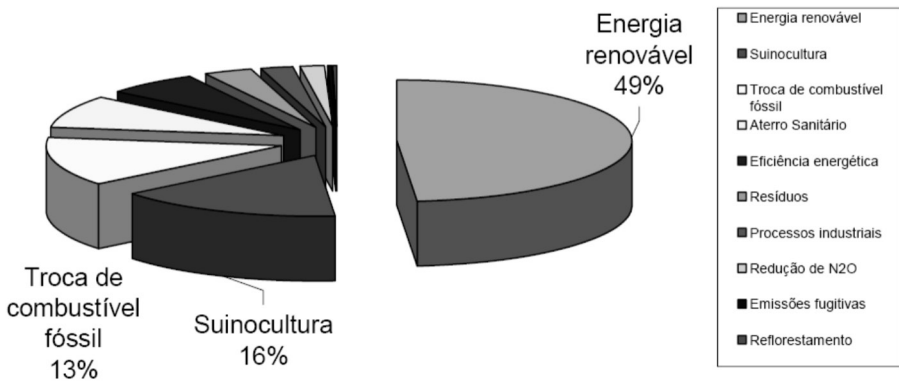


Figura 6 – Distribuição das atividades de projeto no Brasil por escopo setorial.

Fonte: CQNUMC (2008)

A TABELA 2 demonstra que o maior número de projetos brasileiros é desenvolvido na área de geração elétrica e suinocultura, os quais representam a maioria das atividades de projeto (64%). Os escopos que mais reduzirão toneladas de CO<sub>2</sub> e são os de aterro sanitário, geração elétrica e os de redução de N<sub>2</sub>O, totalizando 72% de t CO<sub>2</sub> e a serem reduzidas no primeiro período de obtenção de créditos, o que representa 224.712.213 do total de redução de emissões das atividades de projeto brasileiras.

A TABELA 3 mostra quantas atividades de projeto já foram submetidas, aprovadas, aprovadas com ressalva, ou está em revisão na Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima (CIMGC), a AND brasileira. Atividades de projeto são consideradas submetidas somente após a verificação, pela Secretaria Executiva, de que todos os documentos referentes a es-



As atividades de projeto, exigidas em conformidade com as resoluções da CIMGC, tenham sido devidamente entregues e, assim, essa documentação será tornada pública em meio eletrônico na página do Ministério da Ciência e Tecnologia. As atividades de projeto cuja contribuição para o desenvolvimento sustentável for considerada adequada, mas que apresentem erros de edição ou quaisquer incongruências consideradas de menor relevância pelos membros da Comissão, serão consideradas aprovadas com ressalva. Já as atividades que necessitem de esclarecimentos quanto à descrição da contribuição para o desenvolvimento sustentável ou que apresentem erros de edição ou quaisquer incongruências que os membros da Comissão considerem relevantes, são consideradas em revisão.

Tabela 2 - Distribuição das atividades de projeto no Brasil por tipo de projeto

Projetos em Validação/Aprovação	Nº de Projetos (1)	Redução anual de emissão (2)	Redução de Emissão no 1º período de obtenção de crédito (3)	1 [%]	2 [%]	3 [%]
Energia Renovável	145	16.018.739	112.553.902	47%	39%	36%
Suínocultura	53	2.626.460	24.558.780	17%	6%	8%
Aterro Sanitário	28	9.134.682	67.541.039	9%	22%	22%
Processos Industriais	7	832.946	6.131.592	2%	2%	2%
Eficiência Energética	21	1.490.288	14.535.192	7%	4%	5%
Resíduos	10	1.160.797	9.360.545	3%	3%	3%
Redução de N <sub>2</sub> O	5	6.373.896	44.617.272	2%	16%	14%
Troca de Combustível Fóssil	39	2.907.977	24.284.745	13%	7%	8%
Emissões Fugitivas	1	34.685	242.795	0%	0%	0%
Reflorestamento	1	262.352	7.870.560	0%	1%	3%

Fonte: CQNUMC (2008)

Tabela 3 - Status atual dos projetos na AND brasileira

Projetos aprovados na CIMGC	189
Projetos aprovados com ressalvas na CIMGC	8
Projetos em revisão na CIMGC	6
Projetos submetidos para próxima reunião da CIMGC	6
<b>Total de projetos na CIMGC</b>	<b>209</b>

Fonte: CQNUMC (2008)



que o incentivo a atividades de mitigação, proporcionado pelos programas nacionais, poderia levar tais atividades a práticas obrigatórias, ou mesmo poderia retirar barreiras à sua implementação, conseqüentemente, dificultando a comprovação do requisito da adicionalidade em projetos MDL contemplados nos programas nacionais. Contudo, é preciso ter cautela. Vale lembrar que o Brasil, como país signatário da CQNUMC, está obrigado a “formular, implementar, publicar e atualizar regularmente programas nacionais e, conforme o caso, regionais, que incluam medidas para mitigar a mudança do clima, enfrentando as emissões antrópicas por fontes e remoções antrópicas por sumidouros de todos os gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal, bem como medidas para permitir adaptação adequada à mudança do clima”, nos termos da alínea “b”, § 1º, Art. 4º, da CQNUMC. Além disso, deve-se ter em mente que a análise do critério da adicionalidade há de ser feita caso a caso, considerando o contexto no qual se insere cada projeto (REI e CUNHA, 2005).

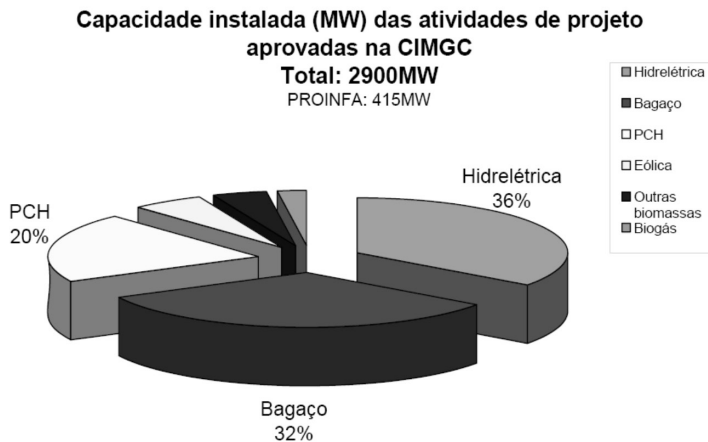


Figura 8 – Capacidade instalada (MW) das atividades de projeto do MDL aprovadas na CIMGC. (Fonte: CQNUMC (2008))

### 2.3. Projetos de MDL em Resíduos Sólidos

A gestão de resíduos tem sido por muitas décadas um grande desafio de diversos setores produtivos; por isso, a ênfase nesse tema vem sendo dada na busca de soluções que envolvam um tratamento de resíduos que garanta o menor impacto ao meio ambiente.



Inicialmente foram buscadas soluções internas em que o gerador do resíduo procurava dar destinação interna por meio de construção de depósitos ou aterros de resíduos. Em um segundo momento buscou-se também minimizar a geração dos resíduos por meio de análise do processo produtivo e aumento de sua eficiência no uso das matérias-primas e reuso dos resíduos. Finalmente, os resíduos ganharam status de co-produtos, que, quando bem manejados e desenvolvidos, ainda atendem a demanda de outros processos ou empresas como sendo insumos desses (DELUPO, 2008).

Apesar de todo o avanço, o foco ambiental não era voltado para os potenciais impactos dos GEE. No caso de RS com alta carga orgânica, a sua destinação gera a formação de um GEE ( $\text{CH}_4$ ) no processo de estocagem final, caso típico dos aterros sanitários.

A ratificação do Protocolo de Quioto e a criação do MDL, que visam diminuir a geração de GEE, geraram uma oportunidade que incentiva a busca para soluções adequadas para os resíduos sólidos urbanos (RSU).

A transformação de emissões de GEE em projetos de MDL, por meio da redução dessas emissões, é possível a partir do atendimento das regras estabelecidas no Artigo 12 do Protocolo de Quioto, e em documentos correlatos. A TABELA 4 apresenta algumas sugestões e possibilidades de projetos relacionados a resíduos sólidos. Outras oportunidades podem existir, mas a tabela serve como um bom guia para identificação de oportunidades.

Tabela 4 – Projetos de tratamentos de resíduos

Aterros Domésticos	Metano gerando biogás
	Aplicação do metano em processos de geração de energia térmica ou elétrica
Cogeração com Biomassa	Deslocamento de energia
	Deslocamento de energia fóssil
Dejetos Animais	Metano evitado
	Metano gerando biogás
	Aplicação do metano em processos de geração de energia térmica ou elétrica
Geração de calor / Energia com Biomassa/ Resíduos	Deslocamento de energia
	Deslocamento de fóssil
	Metano evitado
Compostagem e outros sistemas	Metano evitado



Identificado à possibilidade da elaboração de um projeto de MDL, a atividade selecionada deve ser enquadrada em um dos escopos setoriais existentes, conforme as regras estabelecidas. Escopos que podem ser consultados no sítio UNFCCC.

DELPUPO (2008) coloca que um forte impulsionador desses projetos são os mercados existentes para comercialização das RCEs. O mercado de emissões de GEE reduzidas vem crescendo significativamente de ano para ano, conforme dados do Banco Mundial. Em seu relatório de 2007, esse banco identifica um crescimento de aproximadamente 30% nas transações de redução de emissões em geral de 2005 para 2006 (passando de 378 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> em 2005 para 493 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> em 2006).

### *2.3.1 – Metodologias Aprovadas para Aterros Sanitários*

Em aterros sanitários e em lixões, o gás gerado pela decomposição da matéria orgânica presente nos resíduos sólidos normalmente vai diretamente para a atmosfera. Como o gás de aterro tem um grande potencial de geração de efeito estufa, caso ele consiga ser drenado, canalizado e encaminhado para tratamento específico (a queima eficiente em flares transforma o metano em CO<sub>2</sub>) haverá uma diminuição na emissão de gases de efeito estufa. Onde o que deixou de ser lançado na atmosfera pode ser negociado como créditos de carbono ou emissões reduzidas de carbono.

As metodologias de linha de base já aprovadas para Aterros Sanitários pelo Conselho Executivo do MDL são as seguintes:

- ACM0001 – Metodologia consolidada de linha de base para atividades de projetos com gás de aterro;
- AM0002 – Reduções de emissões de gases de efeito estufa por meio da captação e queima de gás de aterro (a linha de base é estabelecida mediante um contrato de concessão pública);
- AM0003 – Análise financeira simplificada para projetos de captação de gás de aterro (aprovada com base na proposta NM0005: Projeto da Nova Gerar de conversão de gás de aterro em energia);

- AM0010 – Projetos de captação de gás de aterro e geração de eletricidade nos casos em que a captação de gás de aterro não é obrigatória por lei (aprovados com base na proposta NM0010 rev: Projeto de geração de energia a partir de gás de aterro em Durban);
- AM0011 – Recuperação de gás de aterro com geração de eletricidade e nenhuma captação ou destruição de metano no cenário da linha de base (aprovada com base na proposta NM0021: Metodologia do Cerupt para a recuperação de gás de aterro).

### *2.3.2 – Situação dos Projetos de MDL de Resíduos Sólidos*

O estudo realizado neste trabalho além de avaliar várias situações para o estudo de caso, também colocará algumas perspectivas para a geração de energia elétrica por resíduos sólidos. Atualmente, no país já foram aprovados e submetidos juntos à United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) 26 projetos de MDL para resíduos sólidos, e estão distribuídos por região geográfica, conforme a TABELA 5.

Nota-se que dos 26 projetos mais da metade se encontram na região Sudeste do país (FIGURA 9), sendo que um pouco mais da metade dos projetos brasileiros nessa área se encontram no Estado de São Paulo. Devemos ressaltar que dos 14 projetos localizados no Estado (FIGURA 10), 9 estão localizados na região metropolitana do Estado de São Paulo.

Um ponto de vista importante que deve ser ressaltado é que da região Sudeste, apenas o Estado de Minas Gerais ainda não apresenta nenhum projeto de MDL de resíduos sólidos, apesar de existir várias cidades com potencial. No âmbito regional, temos Centro-Oeste brasileiro que é a única região brasileira a qual ainda não apresenta nenhum projeto de MDL, colocando-a como uma região a ser explorada. Desta forma, podemos avaliar através dos dados levantados que o Brasil ainda possui muitas cidades com potenciais para a implantação de projetos de MDL e de geração de energia relacionada a resíduos sólidos, e que devem ser trabalhadas a fim de aproveitar este potencial.



Tabela 5 - Projetos de MDL de resíduos sólidos por região.

Região	Estado	N.º de Projetos	% do Total no Brasil
Sudeste	São Paulo	14	53,85%
	Rio de Janeiro	1	3,85%
	Espírito Santo	2	7,69%
Nordeste	Bahia	3	11,54%
	Pernambuco	1	3,85%
Sul	Santa Catarina	2	7,69%
	Rio Grande do Sul	1	3,85%
Norte	Amazonas	1	3,85%
	Pará	1	3,85%
Total		26	100,00%

Fonte: MCT (2008).

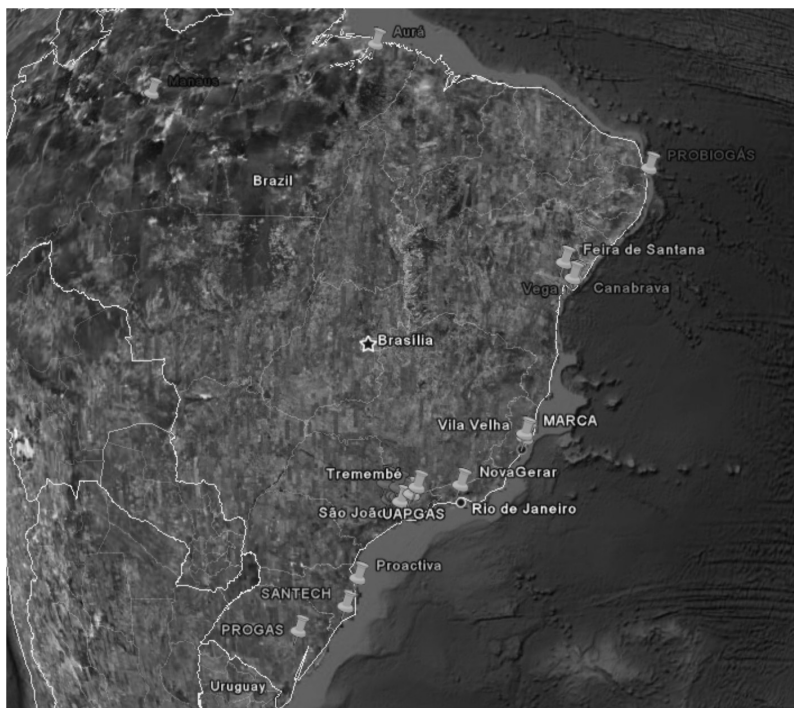


Figura 9 – Localização dos projetos de MDL no Brasil. (Fonte: GOOGLE EARTH (2009)).

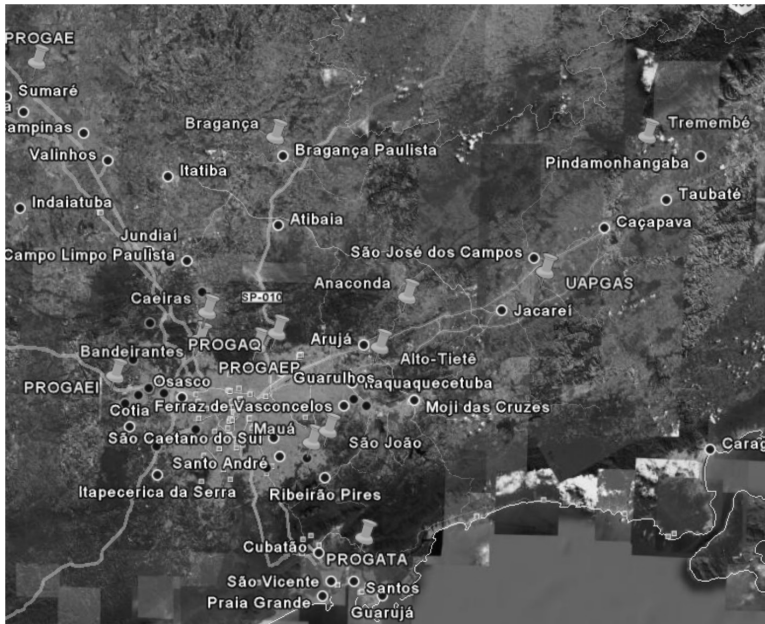


Figura 10 – Localização dos projetos de MDL no Estado de São Paulo. (Fonte: GOOGLE EARTH (2009)).

Na Tabela 6, podemos observar que poucos projetos de MDL possuem a possibilidade da geração de energia, pois apenas cerca de 30 % dos projetos tem o intuito da geração de energia.

Tabela 6 - Projetos de MDL de resíduos sólidos. (Fonte: MCT (2008)).

PROJETO	CIDADE	ESTADO	CAPACIDADE DE GERAÇÃO [MW]	PERÍODO DE CRÉDITO	QUANTIDADE ESTIMADA DE RCE [tCO <sub>2</sub> eq.]
Projeto NovaGerar - Projeto de Energia a partir de Gases de Aterro Sanitário	Nova Iguaçu	RJ	12	2004 - 2025	14.072.803
Projeto Vega Bahia - Projeto de Gás de Aterro de Salvador da Bahia	Salvador	BA	40	2004-2019	13.958.154
Projeto de Energia de Gases de Aterro Sanitário da Empresa MARCA	Cariacica	ES	11	2004 - 2025	4.859.503



(Continuação da Tabela 6)

Projeto de Conversão de Gás de Aterro em Energia no Aterro Lara - Mauá - Brasil	Mauá	SP	10	2005-2025	10.482.918
Projeto ONYX de Recuperação de Gás de Aterro Tremembé - Brasil	Tremembé	SP	-	2003-2012	700.625
Projeto de Recuperação de Gás de Aterro ESTRE - Paulínea (PROGAE)	Paulínia	SP	-	2006-2012	1.487.775
Projeto de Redução de Emissões de Biogás, Caieiras - Brasil	Caieiras	SP	-	2005 - 2024	14.698.336
Projeto Bandeirantes de gás de Aterro e Geração de Energia em São Paulo, Brasil	São Paulo	SP	22	2004-2010	8.971.002
Projeto de Gás do Aterro Sanitário Anaconda	Santa Isabel	SP	-	2006-2012	842.932
Projeto São João de Gás de Aterro e Geração de Energia no Brasil	São Paulo	SP	20	2006-2012	6.211.825
Projeto de Gás de Aterro Sanitário Canabrava - Salvador-BA, Brasil	Salvador	BA	-	2007-2017	2.028.669
Projeto de Gás do Aterro Sanitário do Aurá	Belém	PA	-	2007-2016	3.201.519
Projeto de Gás do Aterro de Bragança - EMBRALIXO/ARAÚNA	Bragança Paulista	SP	-	2006-2012	464.791
Projeto de Gás de Aterro SIL (PROGAS)	Minas do Leão	RS	-	2007-2013	755.166
Projeto de Gás de Aterro Sanitário de Manaus	Manaus	AM	18	2007-2017	9.108.351
Projeto de captura de gás de Aterro Sanitário Alto-Tietê	Itaquaquecetuba	SP	-	2008-2015	3.364.168

(Continuação da Tabela 6)

Projeto de Gás de Aterro Terrestre Ambiental (PROGATA)	Santos	SP	-	2007-2014	701.561
Projeto de captura de gás de Aterro Sanitário Alto-Tietê	Itaquaquecetuba	SP	-	2008-2015	3.364.168
Projeto de Gás de Aterro Terrestre Ambiental (PROGATA)	Santos	SP	-	2007-2014	701.561
Projeto de Gás de Aterro ESTRE Itapevi - (PROGAEI)	Itapevi	SP	-	2007-2014	634.028
Projeto de Gás de Aterro Quitaúna (PROGAQ)	Guarulhos	SP	-	2007-2014	665.216
Projeto de Gás de Aterro CDR Pedreira (PROGAEP)	São Paulo	SP	-	2007-2014	1.304.206
Atividade de projeto de redução de emissão de gás de aterro no Aterro Sanitário SANTECH Resíduos	Içara	SC	-	2008-2015	276.343
Projeto PROBIOGÁS-JP	João Pessoa	PB	-	2007-2014	1.478.057
Projeto de Captura e Queima de Gás de Aterro Sanitário de Tijuquinhas da Proactiva	Biguaçu	SC	-	2008-2015	918.361
URBAM/ARAUNA - Projeto de Gás de Aterro Sanitário (UAPGAS)	São José dos Campos	SP	-	2008 - 2014	818.362
Projeto de redução de emissão do Aterro Vila Velha	Vila Velha	ES	-	2007-2014	661.183
Projeto de Gás de Aterro Sanitário de Feira de Santana	Feira de Santana	BA	1	2008-2015	298.004



### **3. DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO**

Neste trabalho se utilizou como base o Estudo de Caso do futuro Aterro Sanitário no Município de Itajubá-MG, a respeito da análise de Viabilidade de Projeto de MDL para Geração de Energia, e que foi realizado por SATO (2009) em sua dissertação de mestrado.

A ferramenta utilizada para a confecção dos cálculos, gráficos e tabelas deste trabalho foi o Microsoft Excel. Neste estudo foram desenvolvidas com base nos dados de SATO (2009), várias simulações para o potencial nacional de geração de energia, através da variação da população de início de projeto.

Neste estudo também se avaliou além da geração de energia, a viabilidade dos projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) como fonte de recursos que proporcionam um retorno financeiro (Valor Presente Líquido – VPL, quanto maior o valor do VPL mais rápido é o retorno do investimento).

Foi estudado também o ganho econômico para projetos que não geram energia dos resíduos sólidos, mas viáveis para projetos de MDL, consistindo uma opção de queima dos gases de efeito estufa em situações onde a implantação de uma usina de geração se tornaria inviável economicamente.

### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **4.1. Variação da População de Início de Projeto**

Através da variação da população de início de projeto, este estudo teve a intenção de verificar quais valores populacionais viabilizariam os cenários de aterro sanitário com geração de energia e projeto de MDL, aterro sanitário com geração de energia e aterro sanitário com projeto de MDL e sem geração de energia.

Os valores de custo de implantação nesta simulação colocam a totalidade do investimento no primeiro ano de projeto (2008).

Na TABELA 7 são apresentados os resultados obtidos na simulação para o parâmetro estudado.



Tabela 7 – Variação da população de início de projeto

População [hab.]	Média de Disposição [t/dia]	RCE de Projeto acumulado de 2008 - 2100	Capacidade Instalada [MW]	VPL do Projeto com Projeto de MDL e sem Geração de Energia no ano de 2100 [R\$]	VPL do Projeto com Projeto de MDL e com Geração de Energia no ano de 2100 [R\$]	VPL do Projeto sem Projeto de MDL e com Geração de Energia no ano de 2100 [R\$]
93.061	76,23	547.605	1	-1.016.786	-457.240	-2.245.391
94.000	77,00	553.344	1	-991.542	-408.284	-2.221.680
100.000	81,91	590.015	1	-830.238	-95.470	-2.070.170
102.000	83,55	602.238	1	-776.470	8.801	-2.019.666
110.000	90,10	651.133	1	-561.398	425.887	-1.817.653
131.000	107,30	779.482	1	3.168	1.520.738	-1.287.368
150.000	122,87	895.607	1	513.965	2.511.317	-807.586
155.000	126,96	926.166	1,5	-664.564	563.846	-2.978.996
160.000	131,06	956.725	1,5	-530.144	824.525	-2.852.738
170.000	139,25	1.017.843	1,5	-261.303	1.345.882	-2.600.221
180.000	147,44	1.078.962	1,5	7.537	1.867.240	-2.347.704
190.000	155,63	1.140.080	1,5	276.378	2.388.597	-2.095.188
200.000	163,82	1.201.199	1,5	545.218	2.909.954	-1.842.671
210.000	172,01	1.262.317	1,5	814.059	3.431.312	-1.590.154
220.000	180,21	1.323.435	1,5	1.082.899	3.952.669	-1.337.637
228.000	186,76	1.372.330	2	-14.977	2.161.606	-3.433.293
230.000	188,40	1.384.554	2	38.791	2.265.877	-3.382.789
250.000	204,78	1.506.791	2	576.472	3.308.592	-2.877.756
270.000	221,16	1.629.027	2	1.114.153	4.351.307	-2.372.722
300.000	245,74	1.812.383	2	1.920.674	5.915.379	-1.615.172
302.000	247,37	1.824.606	2,5	661.494	3.811.501	-3.862.337
310.000	253,93	1.873.501	2,5	876.566	4.228.587	-3.660.324
320.000	262,12	1.934.619	2,5	1.145.407	4.749.944	-3.407.807
350.000	286,69	2.117.975	2,5	1.951.928	6.314.016	-2.650.257
375.000	307,17	2.270.771	2,5	2.624.029	7.617.410	-2.018.965
380.000	311,26	2.301.330	3	1.445.501	5.669.939	-4.190.375
400.000	327,65	2.423.566	3	1.983.182	6.712.654	-3.685.341
450.000	368,60	2.729.158	3	3.327.384	9.319.441	-2.422.757
460.000	376,79	2.790.277	3,5	2.283.276	7.632.649	-4.467.910
500.000	409,56	3.034.750	3,5	3.358.638	9.718.078	-3.457.842
525.000	430,04	3.187.546	3,5	4.030.739	11.021.472	-2.826.550
530.000	434,13	3.218.106	4	2.852.211	9.074.001	-4.997.961
550.000	450,51	3.340.342	4	3.389.892	10.116.716	-4.492.927
580.000	475,09	3.523.698	4	4.196.413	11.680.788	-3.735.377



Tabela 7 (Continuação) – Variação da população de início de projeto

População [hab.]	Média de Disposição [t/dia]	RCE de Projeto acumulado de 2008 - 2100	Capacidade Instalada [MW]	VPL do Projeto com Projeto de MDL e sem Geração de Energia no ano de 2100 [R\$]	VPL do Projeto com Projeto de MDL e com Geração de Energia no ano de 2100 [R\$]	VPL do Projeto sem Projeto de MDL e com Geração de Energia no ano de 2100 [R\$]
600.000	491,47	3.645.934	4	4.734.094	12.723.503	-3.230.343
610.000	499,66	3.707.053	4,5	3.689.986	11.036.711	-5.275.495
650.000	532,43	3.951.526	4,5	4.765.348	13.122.140	-4.265.428
675.000	552,90	4.104.322	4,5	5.437.449	14.425.534	-3.634.136
680.000	557,00	4.134.881	5	4.258.921	12.478.063	-5.805.547
700.000	573,38	4.257.118	5	4.796.602	13.520.778	-5.300.513
750.000	614,34	4.562.710	5	6.140.804	16.127.565	-4.037.929
760.000	622,53	4.623.829	5,5	5.096.696	14.440.773	-6.083.081
800.000	655,29	4.868.302	5,5	6.172.058	16.526.202	-5.073.014
828.000	678,23	5.039.434	5,5	6.924.811	17.986.003	-4.365.967
830.000	679,87	5.051.657	6	5.665.631	15.882.125	-6.613.133
870.000	712,63	5.296.131	6	6.740.993	17.967.555	-5.603.065
900.000	737,21	5.479.486	6	7.547.514	19.531.627	-4.845.515
905.000	741,30	5.510.045	6,5	6.368.986	17.584.156	-7.016.925
950.000	778,16	5.785.078	6,5	7.578.768	19.930.264	-5.880.600
975.000	798,64	5.937.874	6,5	8.250.869	21.233.658	-5.249.308
980.000	802,73	5.968.433	7	7.072.340	19.286.187	-7.420.718
1.000.000	819,12	6.090.670	7	7.610.022	20.328.902	-6.915.685
2.000.000	1638,23	12.202.509	13,5	17.425.737	43.758.698	-11.533.701
3.000.000	2457,35	18.314.348	20	27.241.453	67.188.494	-16.151.716
4.000.000	3276,47	24.426.188	27	35.744.220	88.410.142	-23.067.401
5.000.000	4095,59	30.538.027	33,5	45.559.936	111.839.938	-27.685.417

Baseando-se na TABELA 7 foram desenvolvidas as FIGURAS 11, 12, 13, 14, 15 e 16, onde são apresentados, respectivamente:

- VPL do projeto com a variação da população inicial de projeto, no cenário de aterro sanitário com geração de energia e projeto de MDL;
- VPL do projeto com a variação da população inicial de projeto, no cenário de aterro sanitário com geração de energia;
- VPL do projeto com a variação da população inicial de projeto, no cenário de aterro sanitário com projeto de MDL e sem geração de energia;

- Comparativo dos três cenários apresentados, analisando o parâmetro população inicial de projeto;
- Comparativo dos três cenários apresentados, analisando o parâmetro da média de disposição diária de resíduos [t/dia];
- Comparativo dos três cenários apresentados, analisando o parâmetro capacidade instalada de geração de energia.

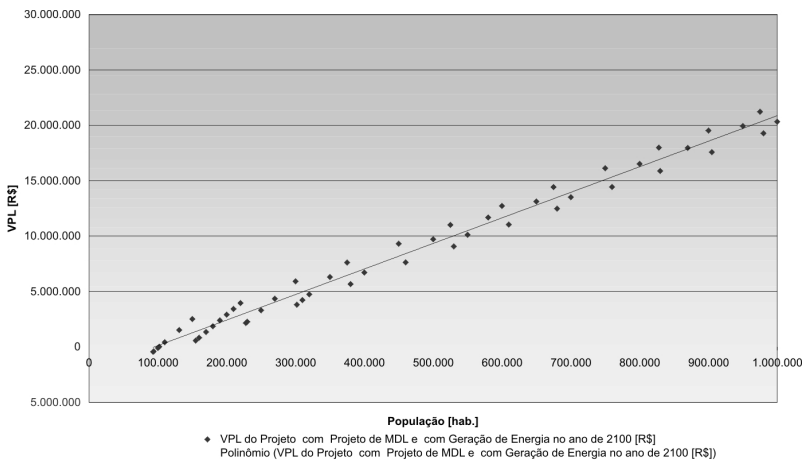


Figura 11 – Variação da população inicial de projeto - Aterro sanitário com geração de energia e projeto de MDL.

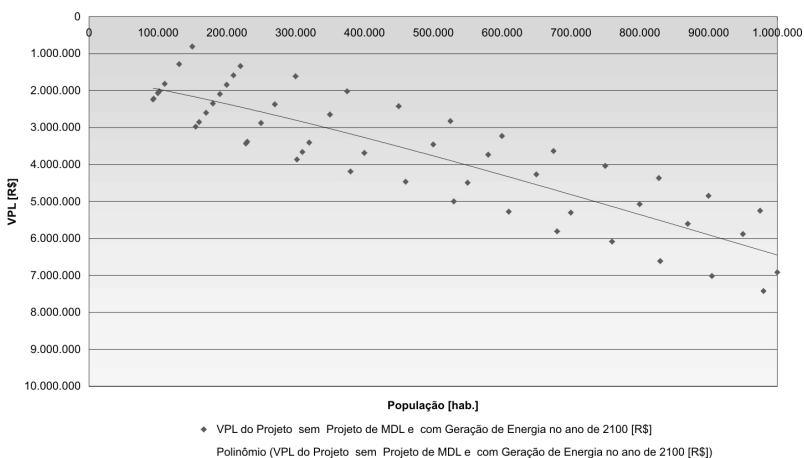


Figura 12 – Variação da população inicial de projeto - Aterro sanitário com geração de energia.

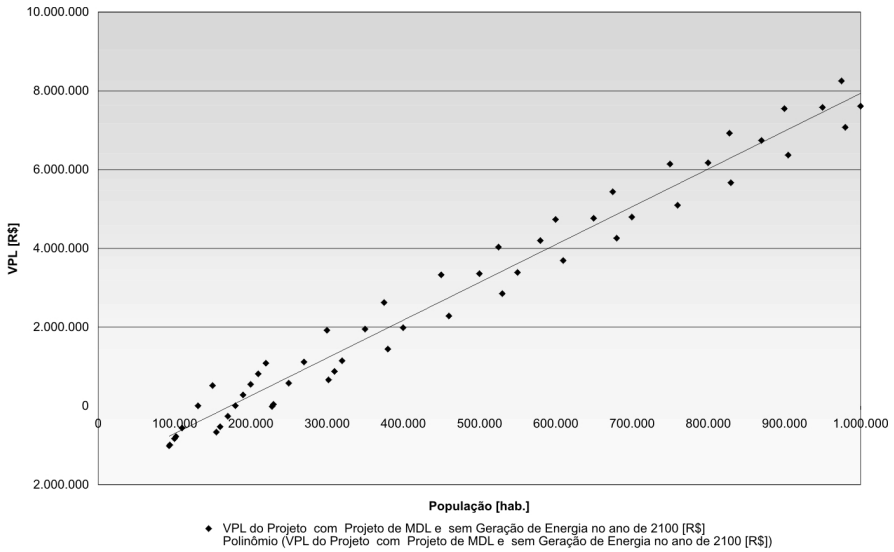


Figura 13 – Variação da população inicial de projeto - Aterro sanitário com projeto de MDL e sem geração de energia

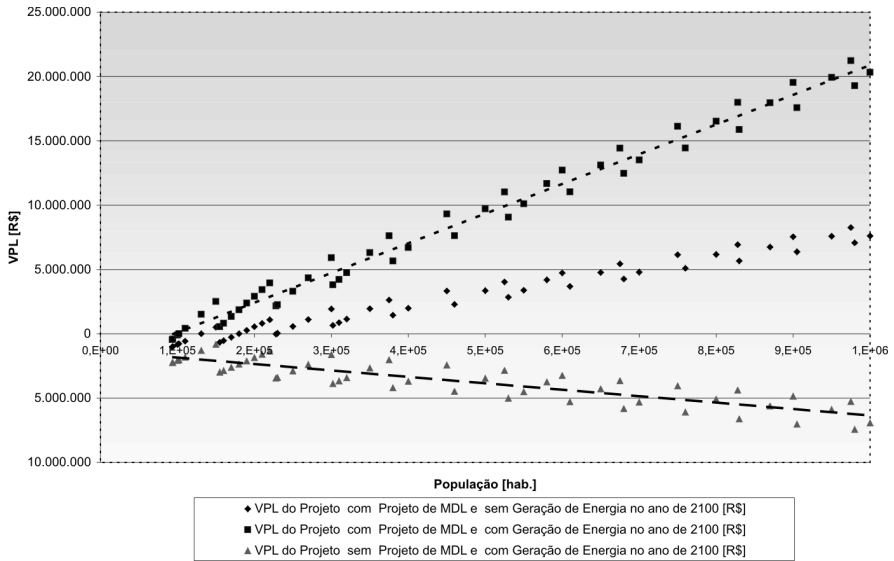


Figura 14 – Comparativo dos três cenários – parâmetro: população inicial de projeto.

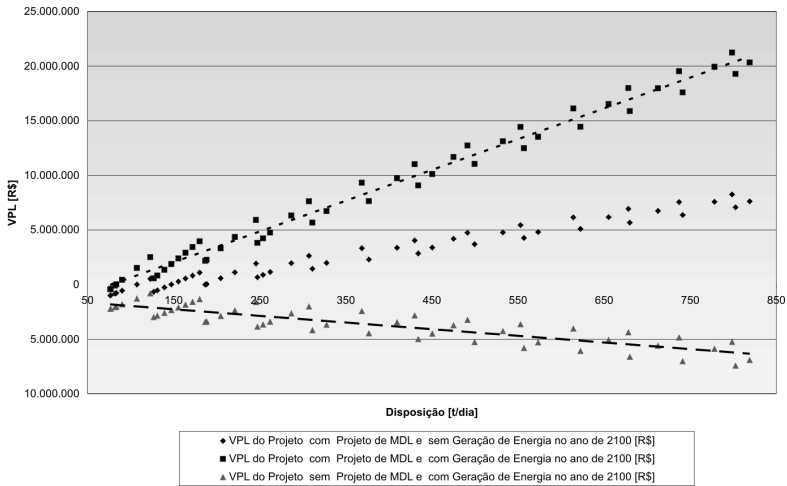


Figura 15 – Comparativo dos três cenários – parâmetro: média de disposição diária de resíduos [t/dia].

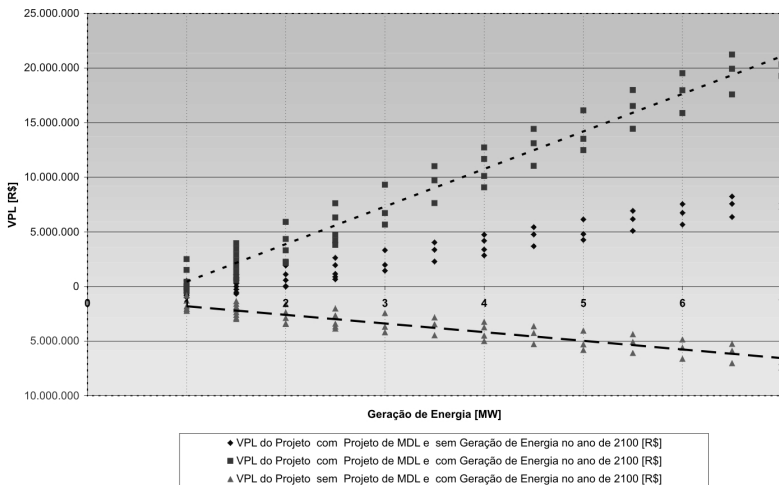


Figura 16 – Comparativo dos três cenários – parâmetro: capacidade instalada de geração de energia.

Analisando os gráficos apresentados, coloca-se as seguintes observações:

- Nos três cenários apresentados, somente na proposta do aterro onde somente será gerada energia (FIGURA 12) é que o VPL não se torna positivo em nenhuma das possibilidades apresentadas;



- No cenário onde o aterro sanitário possui tanto a geração de energia como o projeto de MDL (FIGURA 11) foi observado que a partir de uma população inicial acima de 102.000 habitantes o VPL do projeto começa a ser positiva, mais precisamente no ano de 2046 (38 anos após o início do projeto). Importante ressaltar que no cenário onde existe o consórcio entre MDL e geração de energia, nota-se que neste tipo de escolha é claro o cenário favorável para esta situação, principalmente ocasionado pela viabilidade do quase sempre o VPL se apresentar de forma positiva;
- Na opção onde é implantado apenas o projeto de MDL no aterro sanitário (FIGURA 13) é observado que um projeto deste tipo só começa a ser viável economicamente a partir de uma população de 131.000 habitantes. Entretanto, existe uma variação por conta do número de geradores a serem instalados no projeto do aterro, que somente se estabiliza de forma positiva a partir de uma população superior a 230.000 habitantes. Portanto, na faixa dos 130.000 a 230.000 habitantes, deve ser realizada uma avaliação mais criteriosa devido a variação do número de geradores implantados no empreendimento;
- A FIGURA 12 nos indica que a inserção de projetos de MDL viabiliza a instalação de plantas geradoras de energia. outro ponto importante que foi levantado no estudo é que a implantação conjunta do MDL com a geração de energia torna o investimento muito mais atrativo se comparado com a implantação de um aterro com somente uma das alternativas;
- Através dos dados da FIGURA 15 podemos constatar que na situação onde há implantação da geração de energia e projeto de MDL, o mínimo de disposição diária necessária para que o projeto tenha um VPL positivo é de 83,55 t/ dia de resíduos. Na situação onde somente existe o projeto de MDL o investimento começa a ser viável a partir de 107,3 t/dia de resíduos, mas deve-se ressaltar que somente após os 188,40 t/dia é que o VPL se estabiliza de maneira positiva. Estes dados são valores inferiores se comparados com as informações estabelecidas por consultorias da área de MDL que só analisam casos a partir de 300 t/dia de resíduos (FILHO, 2008);

- Pode-se observar de forma mais clara que a queda do VPL durante o aumento populacional são dadas conforme são inseridos novos grupos geradores no empreendimento, demonstrando que são necessárias análises mais detalhadas aos projetos onde são observados os picos (FIGURA 16)

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As evoluções da tecnologia e da economia advindas do início da revolução industrial geraram a necessidade de um abastecimento adequado e confiável de energia. Nos últimos anos, as questões relacionadas às mudanças climáticas têm preocupado a sociedade e que vem instigando uma busca por fontes alternativas de geração de energia.

No contexto, o aproveitamento da queima do metano que os aterros sanitários liberam no processo de degradação da matéria orgânica é uma das possibilidades alternativas para a geração de energia. Aliado a este fato, outro problema está na ausência de áreas adequadas para a disposição final dos resíduos, constituindo dois problemas graves que o país enfrenta.

Neste estudo foi ressaltada a importância do aproveitamento da geração de energia a partir dos resíduos sólidos, pois além de se aproveitar de um resíduo que não teria mais valor agregado, estaríamos gerando energia nas proximidades dos maiores mercados consumidores.

Através da problemática das mudanças climáticas é que surgiram os projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), com a finalidade de se reduzir a emissão de gases de efeito estufa no planeta. Desta forma, este trabalho tentou analisar a viabilidade de implantação dos projetos de MDL para aterros sanitários.

No intuito de se procurar situações que possam melhorar o VPL do projeto, baseados nos dados de SATO (2009) realizou-se simulações com a variação da população de início de projeto, a fim de se analisar o comportamento do mesmo.

Na avaliação deste estudo com respeito à viabilidade dos projetos de MDL para projetos de aterro sanitário com geração de energia, baseado na variação populacional, o consórcio entre projeto de MDL e geração de



energia é viável economicamente a partir de uma população inicial de projeto de 102.000 habitantes, com base nos dados pré-estabelecidos neste trabalho.

No caso onde somente é implantado o projeto de MDL, a viabilidade do projeto se dá a partir de uma população de 131.000 habitantes. Entretanto deve se ressaltar que em todas as situações há existência de variações no VPL ocasionadas pelo acréscimo de grupos geradores, que neste estudo variam a cada 500 kW. Neste cenário com apenas o projeto e MDL, a variação por conta do número de geradores a serem instalados no projeto do aterro somente se estabiliza o VPL positivamente a partir de uma população superior a 230.000 habitantes.

Portanto, principalmente na faixa dos 130.000 a 230.000 habitantes é recomendado a futuros estudos relacionar de forma mais criteriosa o melhor conjunto de grupo gerador para cada situação populacional desta faixa, pois neste estudo o objetivo foi mostrar um cenário mais geral não sendo abordado minúcias como esta questão.

Deve-se ressaltar que neste estudo foi possível observar que somente com a inserção de projetos de MDL é que se viabiliza a instalação de plantas geradoras de energia, tornando o investimento mais atrativo se comparado com a implantação de um aterro com somente uma das alternativas.

Outro fato importante que pode ser constatado deste estudo é que na situação onde existe o consórcio da geração de energia com o de MDL, o mínimo de disposição diária necessária para que o projeto tenha um VPL positivo é de 83,55 t/ dia de resíduos. Na situação onde somente há projeto de MDL o projeto começa a ser viável a partir de 107,3 t/dia de resíduos, mas deve ser ressaltado que somente após os 188,40 t/dia é que o VPL se estabiliza de forma positiva. O mais interessante que pode ser retirado destes resultados é que estes valores são inferiores ao parâmetro estabelecido pelas consultorias da área de MDL, que só analisam projetos que tem disposição superior a 300 t/dia de resíduos (FILHO, 2008).

Analisado o panorama atual dos projetos de MDL para resíduos sólidos, constata-se que no Brasil cerca de 65% dos projetos de MDL estão concentrados na região Sudeste, onde no Estado de São Paulo estão alocados 82% do total da região Sudeste.



Através dos dados apresentados sobre o panorama nacional, podemos constatar que poucos locais ainda contemplam dos investimentos de empreendimentos de MDL e de geração de energia por resíduos sólidos. Neste contexto podemos afirmar que o país ainda possui muito potencial a ser explorado, principalmente na questão relacionada à geração de energia. Afinal do total de projetos de MDL apenas 30% tem a perspectiva do aproveitamento de geração de energia.

O fato dos projetos de MDL estarem localizados somente nas maiores cidades brasileiras pode ser ocasionado pela falta de conhecimento sobre a temática de geração de energia através dos resíduos sólidos e dos projetos de MDL, pois a informação desta conotação são melhores difundidas nas grandes cidades. Outro fator importante que pode explicar a localização destes tipos de projetos nas maiores cidades é a maior facilidade de se conseguir aporte de recursos para investimentos do porte de aterros sanitários.

Através da simulação de variação populacional apresentada na FIGURA 13 e com os dados de população do IBGE, pode-se avaliar que no Brasil existem 305 cidades que possuem população superior a 90.000 habitantes que tem a capacidade de receber projetos de MDL e geração de energia, podendo o país gerar algo em torno de 873,5 MW advindo da queima do metano dos resíduos sólidos. A TABELA 8 apresenta o número de cidades por Estado com potencial de geração e a capacidade de geração de energia.

Pode-se dizer que, conforme os dados apresentados na TABELA 8, o país possui um grande potencial pouco explorado, não somente na região Sudeste. Deve-se ressaltar que existem regiões ainda pouco exploradas nesta temática e que poderiam ser aproveitadas de uma melhor forma.

Potencial que deve ser ainda analisado de forma detalhada, pois este estudo analisou apenas de forma geral avaliando o quanto o país poderia gerar se aproveitasse o seu potencial. Uma recomendação que este trabalho coloca para se obter uma avaliação de maior confiabilidade é a elaboração de Planos de Gestão de Resíduos Sólidos para os 305 municípios. No Plano de Gestão além de estruturar administrativamente as prefeituras para as questões dos resíduos, ela auxilia também para o conhecimento da qualidade e da quantidade do biogás, que variam de acordo com a quantidade e a composição dos resíduos, tipos de resíduos, decomposição biológica, condições ambientais e a operação de aterros.



Tabela 8 - Potencial Brasileiro de Geração de Energia por Resíduos Sólidos

Região	Estado	Nº. de cidades	Potencial de Geração [MW]	Potencial da Região [MW]
Centro-Oeste	DF	1	17	61
	GO	10	25	
	MS	3	8,5	
	MT	4	10,5	
Nordeste	AL	2	9	161,5
	BA	16	29,5	
	CE	9	31,5	
	MA	9	19	
	PB	5	12	
	PE	13	36	
	PI	2	7,5	
	RN	3	10,5	
Norte	SE	3	6,5	63
	AC	1	2,5	
	AM	2	13	
	AP	2	4	
	PA	16	33	
	RO	2	4,5	
	RR	1	2,5	
Sudeste	TO	2	3,5	467
	ES	9	20,5	
	MG	33	80,5	
	RJ	29	112,5	
Sul	SP	76	253,5	121
	PR	19	48	
	RS	20	48	
	SC	13	25	

Uma última recomendação para os futuros estudos é de se tentar valorar as externalidades, como o valor social que um projeto de MDL e de Geração de Energia. Desta forma poderíamos conhecer o ganho real da sustentabilidade desses projetos, podendo em muitos casos dar viabilidade para projetos inviáveis no âmbito econômico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CPMDL - CAPACITAÇÃO EM PROJETOS DE MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO (2008). Manual de Capacitação Mudança Climática e Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. Disponível em: <http://www.cgee.org.br/publicacoes/MudancaDoClima.php> Acessado em: 26/ago.2008.

CQNUMC - CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (2008). Status atual das atividades de projetos do MDL no Brasil e no mundo. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/42954.html> Acessado em: 10/set.2008.

DELPUPPO, C. H., org. (2008). Módulo IV.2: Resíduos e efluentes. Manual de Capacitação Mudança Climática e Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. CPMDL. Brasília.

FILHO, F. (2008). "Design de projetos de MDL", apresentado no Fórum Internacional sobre "Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Extração de Biogás", São Paulo, Brasil.

FILHO, G. et al. (2008). Impactos Sócio-Econômico das Pequenas Centrais Hidrelétricas Inseridas no Programa de Incentivo as Pontes Alternativas de Energia (PROINFA), Revista Brasileira de Energia, Vol. 13 no. 1, pp. 145-166, 1º. Sem. de 2008.

GABETTA, H. (2006). A Influência dos Certificados de Emissões Reduzidas - CERs na Viabilidade Econômica de Empreendimentos de Energias Renováveis. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Itajubá, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

GOOGLE EARTH . Disponível em: [http://www.earth.google.com/download\\_earth.html](http://www.earth.google.com/download_earth.html). Acessado em: 09/jan. 2009.

JARDIM, A. (2007). Bioeletricidade: A Energia que vem da Nossa Terra, Revista Brasileira de Energia, Vol. 13 nº. 2, pp. 9-18, 2º. Sem. de 2007.

LIMING, H. (2006). A study of China-India cooperation in renewable energy field. Renewable & Sustainable Energy Reviews. Renewable and Sustainable Energy Reviews 11 (2007), 1739-1757.

LORA, E. & TEIXEIRA, F., org. (2006). Capítulo 3 – Energia e Meio Ambiente.



Conservação de Energia: eficiência energética de equipamentos e instalações – 3ª Edição. FUPAI. Itajubá.

MARTINOT, E. et al. (2007). Renewable Energy Futures: Targets, Scenarios, and Pathways. *Annual Review of Environment and Resources* 2007. 32:205–39.

MARTINOT, E. et al.(2008). Renewable Energy Markets in developing countries. *Annual Review of Environment and Resources* 2002. 27:309–48.

MCT. Mudanças Climáticas. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/index.php>. Acessado em: (07/ nov.2008)

PARO, A. et al. (2008). Estudo Comparativo para Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sanitário X Incineração, *Revista Brasileira de Energia*, Vol. 14 nº. 2, pp. 113-125, 2º. Sem. de 2008.

PEIDONG, Z. et al. (2007). Opportunities and challenges for renewable energy policy in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* xxx (2008), xxx-xxx.

REI, F. e CUNHA, K., org. (2005). Parte III C – Ferramentas para viabilização das oportunidades: Instrumentos legais e regulamentares. *Cadernos NAE / Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República – Nº. 4*. Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica. Brasília.

ROCHA, M., org. (2008). Módulo III: Oportunidades de negócios e avaliação de atratividade. *Manual de Capacitação Mudança Climática e Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo*. CPMDL. Brasília.

SAGAR, A. & KARTHA, S. (2007). Bioenergy and Sustainable Development. *Annual Review of Environment and Resources* 2007. 32:131–67.

SATO, C. & AZEVEDO, E. (2008). Créditos de Carbono no Contexto da Comercialização de Energia Elétrica, *Revista Brasileira de Energia*, Vol. 14 nº. 2, pp. 9-25, 2º. Sem. de 2008.

SATO, C. (2009). Viabilidade de Projetos de MDL para Geração de Energia em Aterros Sanitários – Estudo de Caso no Município de Itajubá – MG. *Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Itajubá, Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia*.

SILVA, E. et al. (2008). Análise da Viabilidade Técnica de um Sistema de Gera-

ção de Energia Elétrica a partir do Uso de Recursos Solar, Eólico e Hidráulico para Geração de Hidrogênio, *Revista Brasileira de Energia*, Vol. 13 nº. 1, pp. 129-143, 1º. Sem. de 2008.

SISTER, G. org. (2007). *Mercado de Carbono e Protocolo de Quioto – Aspectos Negociais e Tributação - 1ª edição*. Ed. Elsevier. São Paulo.

UHLIG, A. et al. (2008). O Uso de Carvão Vegetal na Indústria Siderúrgica Brasileira e o Impacto sobre as Mudanças Climáticas, *Revista Brasileira de Energia*, Vol. 14 nº. 2, pp. 67-85, 2º. Sem. de 2008.

VANZIN, E. (2006), “Procedimento para análise da viabilidade econômica do uso do biogás de aterros sanitários para geração de energia elétrica: aplicação no Aterro Santa Tecla”. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, Programa de Pós-graduação em Engenharia.

VARELLA, F. et al. (2008). Energia Solar Fotovoltaica no Brasil: Incentivos Regulatórios, *Revista Brasileira de Energia*, Vol. 13 nº. 1, pp. 9-22, 1º. Sem. de 2008.