

Denise Diniz de Barros

MODELAGEM FINANCEIRA PARA PROJETOS DE TRATAMENTO DE
RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL, COM BASE NO MECANISMO DE
DESENVOLVIMENTO LIMPO DO PROTOCOLO DE QUIOTO

Dissertação submetida ao corpo docente do Instituto de Pós-Graduação em Administração – COPPEAD da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Administração.

Orientador: Celso Funcia Lemme

Rio de Janeiro

Julho de 2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Denise Diniz de Barros

MODELAGEM FINANCEIRA PARA PROJETOS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL, COM BASE NO MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO DO PROTOCOLO DE QUIOTO

Dissertação submetida ao corpo docente do Instituto de Pós-Graduação em Administração – COPPEAD da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Administração.

Aprovada por:

PROF.: Celso Funcia Lemme – Orientador (COPPEAD – UFRJ)

PROF.: Julio Cesar de Faria Alvim Wasserman (UFF)

PROF.: Carlos Eduardo Frickmann Young (IE – UFRJ)

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Julho de 2006

Barros, Denise Diniz.

Modelagem financeira para projetos de tratamento de resíduos sólidos no Brasil, com base no mecanismo de desenvolvimento limpo do Protocolo de Quioto / Denise Diniz de Barros.- Rio de Janeiro: UFRJ/Coppead, 2006. xvi, 132 f.:il

Dissertação (Mestrado em Administração) -Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Coppead de Administração, Rio de Janeiro, 2006.
Referências bibliográficas: f. 108-110.
Orientador: Celso Funcia Lemme

1. Avaliação de Projetos. 2. Resíduos Sólidos. 3. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. 4. Protocolo de Quioto. 5. Finanças Ambientais - Teses. I. Lemme, Celso Funcia (Orient.). II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Pós-Graduação e m Administração. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a oportunidade de ter estudado em uma instituição de tanta qualidade acadêmica, que tanto contribuiu para meu crescimento profissional e pessoal, com professores tão conceituados, interessados no desenvolvimento dos alunos e organizados em prol do crescimento do reconhecimento do Coppead. Agradeço em especial todo suporte e ensino do professor Celso Funcia Lemme, orientador da minha dissertação e professor das cadeiras de Finanças Corporativas.

Muito obrigada à minha mãe, que sempre se dedicou a mim e apoiou tudo o que fiz e ao meu namorado (futuro marido) Cesar, que foi e é um companheiro nota mil e me ajudou em todos os aspectos antes, durante o mestrado e durante o intercâmbio em Wharton.

Obrigada aos meus colegas do Coppead e amigos, que entre churrascos, provas e trabalhos foram ótimos amigos que vou levar comigo para sempre.

Principalmente, obrigada a Deus, pelas oportunidades e felicidades que me foram dadas e por toda a força recebida para lidar com as adversidades.

RESUMO

BARROS, Denise Diniz. **Modelagem Financeira para Projetos de Tratamento de Resíduos Sólidos no Brasil, com base no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Quioto.** Rio de Janeiro, 2006. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) – Coppead, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

A emergência do mercado mundial de créditos de carbono pode gerar novas oportunidades de criação de valor para empresas e prefeituras no Brasil, com os mecanismos de flexibilização do Protocolo de Quioto abrindo a possibilidade para que as reduções de Gases de Efeito-Estufa (GEE) sejam negociadas mundialmente e com a inserção dos países em desenvolvimento no mercado através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Como muitas oportunidades de redução de emissões têm menor custo em países em desenvolvimento, o mecanismo aumenta a eficiência econômica para consecução das metas iniciais de redução de GEE. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um modelo para análise de viabilidade financeira de projetos de aterros sanitários com venda de créditos de carbono e geração de energia através do biogás. As fórmulas para projeções de créditos de carbono estão explicitadas e é possível por meio delas se ter uma noção aproximada de quanto um aterro com uma determinada taxa de depósito de resíduos geraria de CERs e energia. O NovaGerar, projeto pioneiro do aterro sanitário de Nova Iguaçu, foi utilizado como estudo de caso para desenvolvimento do modelo. Os resultados do estudo indicam viabilidade financeira do empreendimento e podem ajudar tanto os empreendedores, na busca de oportunidades, como as prefeituras na tomada de decisões de investimento e planejamento de seus serviços de saneamento, bem como abrir portas e encurtar caminhos na direção de estruturar projetos de aterros sanitários que melhorem as condições de saúde e bem-estar da população local. Existem 5.612 municípios no Brasil e cerca de 100 deles, segundo o Banco Mundial, estariam aptos a montar projetos similares ao NovaGerar; se o fizessem, considerando que tivessem população e perfil de geração de resíduos semelhantes aos de Nova Iguaçu, seu total de redução de emissão de carbono equivalentes seria de 807,6 milhões de toneladas. O valor gerado pela reprodução do NovaGerar seria bastante elevado, pois, desconsiderando as especificidades de cada localidade e considerando que negociações da venda de CERs fossem feitas pelo preço dos CERs do NovaGerar, a receita bruta estimada de seria de 2,7 bilhões de euros.

Palavras Chave: Protocolo de Quioto, Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, Resíduos Sólidos, Avaliação Econômica de Projetos, Finanças Ambientais

Rio de Janeiro
Julho de 2006

ABSTRACT

BARROS, Denise Diniz. **Modelagem Financeira para Projetos de Tratamento de Resíduos Sólidos no Brasil, com base no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Quioto.** Rio de Janeiro, 2006. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) – Coppead, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

The rise of the worldwide carbon credits market opens some new opportunities to add value for companies and municipalities in Brazil, through the flexible mechanisms of Kyoto Protocol. The developing countries are included in Kyoto Protocol through the Clean Development Mechanism (CDM), that creates the possibility to trade the reductions of Greenhouse Gases (GHG) in the market. As a lot of opportunities of emission reductions in developing countries are less pricey, the mechanism increases the economical efficiency of the fulfillment of the goals of reduction of GHG. The goal of this dissertation was to develop a model of analysis of financial viability of projects in landfills with the sale of carbon credits and the generation of energy through the biogas. The formulas to estimate the carbon credits are shown and it is possible, by using them, to have an approximate notion of how many CERs and energy a landfill with a determined rate of deposit of waste would generate. The pioneer project of the landfill in Nova Iguaçu, NovaGerar, was used as a case study so as to develop the model. The results of this study indicate the financial viability of the landfill projects and this work can help either entrepreneurs seeking opportunities as well as municipalities in the decision making process of investments and planning so that doors are open and paths are shortened towards structuring projects of landfills that can improve the health conditions and wellness of the population. There are 5,612 municipalities in Brazil and around 100, according to the World Bank, are able to structure similar projects to NovaGerar; if they would do so, considering they would have the same population and the same profile of waste generation, its total of carbon equivalent emission reduction would be of 807.6 million tons. Disregarding the specifics of each place and assuming that the price negotiated for the CERs would be the same as NovaGerar's, the value generated by such a replication would be very high and the estimated gross revenues would reach 2.7 billion euros.

Key Words: Kyoto Protocol, Clean Development Mechanism, Landfill, Solid Waste, Analysis of Projects, Environmental Finance

Rio de Janeiro
July, 2006

LISTA DE SIGLAS

- AND** – Autoridade Nacional Designada
- ANEEL** – Agência Regulatória de Energia Elétrica
- ASSEMAE** – Associação dos Servidores Municipais de Água e Esgoto
- BAU** - *business as usual* ou cenário onde há continuidade da situação atual
- BIRD** – Banco Internacional para a Reconstrução e Desenvolvimento
- BHGB** – Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara
- BNH** – Banco Nacional de Habitação
- BOT** – contrato *Build-Operate-Transfer*
- c** – Tempo desde que o aterro foi fechado (anos), no Modelo de Decomposição de Primeira Ordem
- CER** – Certificado de Redução de Emissão – o mesmo que ERU
- COP** – Conferência das Partes
- CQMC** – Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima ou UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Exchange
- CTR Nova Iguaçu** – Central de Tratamento de Resíduos de Nova Iguaçu
- DNV** – Det Norske Veritas
- D_{CH₄}** – densidade do metano expresso em toneladas de metano por metro cúbico de metano.
- EC_{CH₄}** – energia contida no metano medida em GJ/tCH₄
- EG_y** – quantidade de eletricidade gerada durante o ano em MWh
- EMLURB** – Empresa Municipal de Limpeza Urbana do município de Nova Iguaçu
- ERPA** – contrato de compra de reduções de emissão, ou *Emission Reduction Purchase Agreement*
- ERU** – Emission Reduction Unit ou Unidade de Redução de Emissão – o mesmo que CER

FAE – Fator de Ajuste de Eficácia

F_{CH₄y} – percentual de metano do biogás, medido periodicamente durante o ano

FE – eficiência do *flare* expressada como uma fração do metano destruído, que é analisado a cada trimestre

FEEMA - Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do Rio de Janeiro

GEE – Gases de Efeito Estufa

GSA – Acordo de cessão dos direitos de uso do biogás do aterro, ou *Gas Supply Agreement*

GWP_{CH₄} – valor aprovado de potencial de aquecimento global do metano (21)

HR – taxa de aquecimento medida em GJ/MWh

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia

k – Taxa de geração de metano (1/ano), ou seja: taxa na qual o metano é solto de cada libra de lixo, no Modelo de Decomposição de Primeira Ordem

Kcal – quilo calorias

L₀ – Potencial de geração de metano a partir do lixo (cf/lb) ou seja: a quantidade total de biogás que uma libra de lixo gera durante toda a sua vida no Modelo de Decomposição de Primeira Ordem

LFG – biogás ou *landfill gas*

LFG_y – quantidade em m³ de biogás queimada em *flares* durante o ano, medida através de um medidor de fluxo contínuo

MAE – Mercado Atacadista de Energia

MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

MDeletricidade_y – quantidade de metano destruída em um projeto no período *y* devido à geração de energia elétrica

MDflared_y – quantidade de metano destruída em um projeto no período *y* devido à combustão em *flares*

MDlinhadabase_y – quantidade de metano que seria destruída na falta da atividade do projeto no período *y*

MDprojeto_y – quantidade de metano destruída pelo projeto no período *y*

Nm³ – metros cúbicos normais

ONU – Organização das Nações Unidas ou *United Nations* (UN)

PDD – Documento do Desenho do Projeto ou *Project Design Document*

PLANASA – Plano Nacional de Saneamento

PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, publicada pelo IBGE

PPA – Contrato de Longo Prazo de Compra e Venda de Energia, ou *Power Purchase Agreement*

R – Taxa média anual de lixo depositado durante a vida útil do aterro sanitário (lb) no Modelo de Decomposição de Primeira Ordem

RE_y – Redução da Emissão de gases alcançada no período *y*

RMRJ – Região Metropolitana do Rio de Janeiro

SPE – Sociedade de Propósito Específico

t – Tempo desde que o aterro foi aberto (anos), no Modelo de Decomposição de Primeira Ordem

TIR – taxa interna de retorno

TUSD – tarifa pelo uso dos sistemas de distribuição de energia

UNFCCC – o mesmo que CQMC

VPL – valor presente líquido

WB NCDF - A Organização de Desenvolvimento Limpo do Banco Mundial da Holanda

LISTA DE TABELAS, FIGURAS E EQUAÇÕES

TABELAS

Tabela 1.1 – Visão Geral dos Serviços de Coleta e Aterro dos Municípios da Região Metropolitana do Rio de Janeiro que fazem parte da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara

Tabela 2.1 – População e Densidade Demográfica, 2000 e Índice de Desenvolvimento Humano, 2003

Tabela 2.2 – Concentrações Globais de Gás Carbônico, Gás Metano e Óxido Nitroso geradas por Atividades Humanas

Tabela 4.1 – Percentual de Biogás a ser Coletado ao Longo dos Anos em Adrianópolis

Tabela 4.2 – Cronograma Previsto para a Instalação de Motores e Potência Instalada Total ao Ano

Tabela 4.3 – Dados a serem coletados de forma a monitorar as emissões provenientes da atividade do projeto

Tabela 4.4 – Grupo de Controle do NovaGerar

Tabela 4.5 – Constantes Utilizadas no Cálculo das Emissões

Tabela 4.6 – Variáveis Sujeitas a Modificações Utilizadas no Cálculo das Emissões

Tabela 5.1 – Premissas Gerais

Tabela 5.2 – Premissas Comerciais

Tabela 5.3 – Premissas Operacionais

Tabela 5.4 – Percentual da Receita Bruta de CERs repassados à Operadora

Tabela 5.5 – Projeção da Disposição Anual de Resíduos para a Geração de CERs

Tabela 5.6 – Premissas do Aterro de Marambáia

Tabela 5.7 – Premissas do Aterro de Adrianópolis

Tabela 5.8 – Parâmetros e Fatores de Conversão utilizados nos cálculos da geração de biogás e créditos de carbono

Tabela 5.9 – Projeção do Biogás a ser gerado nos dois Aterros

Tabela 5.10 – Projeção dos CERs a serem gerados nos dois aterros por meio da queima controlada em *flares*

Tabela 5.11 – VPL dos Créditos de Carbono Vendidos entre 2005 e 2022

Tabela 5.12 – VPL dos Créditos de Carbono Vendidos entre 2005 e 2012

Tabela 5.13 – Total de MWh/ano que Podem ser Vendidos

Tabela 5.14 – Custo Anual de Peças e Manutenção para a Geração de Energia

Tabela 5.15 – Investimentos para a Geração de Energia Elétrica

Tabela 5.16 – VPL da Geração de Energia Elétrica

FIGURAS

Figura 2.1 – Mapa dos Municípios da Região Metropolitana do Rio de Janeiro

Figura 2.2 – Plano de Monitoramento do Fluxo de Biogás

Figura 4.1 – Os Principais Participantes do Projeto NovaGerar

Figura 4.2 – Limites do Projeto NovaGerar

EQUAÇÕES

Equação 2.1:

Geração Anual de Biogás (cf) = 0,10 cf/lb * 2.000 lb/ton * estoque de lixo (ton)

Equação 2.2:

Geração Anual de Biogás (m³) = 0,3048 m³/lb * 2.000 lb/ton * estoque de lixo (ton) = 609,6 m³/ton * estoque de lixo (ton)

Equação 2.3:

$$LFG = 2L_0R(e^{-kc} - e^{-kt})$$

Equação 2.4:

$$RE_y = (MDprojeto_y - MDlinhadabase_y) \times GWP_CH_4$$

Equação 2.5:

$$MDlinhadabase_y = MDprojeto_y \times FAE$$

Equação 2.6:

$$RE_y = MDprojeto_y (1 - FAE) \times GWP_CH_4$$

Equação 2.7:

$$MDprojeto_y = MDflared_y + MDeletricidade_y$$

Equação 2.8:

$$MDflared_y = LFG_y \times F_CH_{4y} \times FE \times D_CH_4$$

Equação 2.9:

$$MDeletricidade_y = EG_y \times HR/EC_CH_4$$

Equação 5.1

$$R = R_f + \beta \cdot (R_m - R_f) + \text{Risco País}$$

Equação 5.2

$$\text{Biogás m}^3 \cdot 50\% = \text{metano m}^3$$

Equação 5.3

Metano $m^3 * 98\% =$ volume líquido de metano queimado no flare m^3

Equação 5.4

Volume líquido de metano queimado no flare $m^3 * 0,00067899 \text{ tCH}_4/m^3\text{CH}_4 =$
 $=$ toneladas de CH_4

Equação 5.5

Toneladas de $\text{CH}_4 * 21 =$ redução de emissão em toneladas de CO_2eq

Equação 5.6

Energia Bruta Produzida (MWh/ano) = Quantidade Total de Motores * Potência dos Motores * (1-Perdas) * Disponibilidade do Equipamento * 365 * 24

Equação 5.7

Energia em MWh * 10.000 GJ/MWh = energia em GJ

Equação 5.8

Energia em GJ / 0,0357 GJ/ $m^3\text{CH}_4 =$ energia em $m^3\text{CH}_4$

Equação 5.9

Energia em $m^3\text{CH}_4 * 0,000679 \text{ tCH}_4/m^3\text{CH}_4 =$ toneladas de CH_4

Equação 5.10

Toneladas de $\text{CH}_4 * 21 =$ redução de emissão em toneladas de CO_2eq

SUMÁRIO

1	Introdução	1
1.2	Objetivo	3
1.3	Motivação	4
1.4	Relevância	4
1.5	Delimitação	8
2	Referencial Teórico	9
2.1	Avaliação Empresarial, Social e Ambiental	9
2.2	O Tratamento dos Resíduos Sólidos no Brasil	12
2.2.1	Os Diferentes Tipos de Tratamento do Lixo	12
2.2.2	A Situação Atual do Tratamento dos Resíduos Sólidos no Brasil	16
2.2.3	Panorama Geral do Tratamento dos Resíduos Sólidos na Região Metropolitana do Rio de Janeiro	20
2.3	O Efeito Estufa e o Protocolo de Quioto	25
2.3.1	Comércio de Emissões	29
2.3.2	Implementação Conjunta	30
2.3.3	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL): Possível Financiador para Projetos de Aterros Sanitários	31
2.4	Biogás em Aterros Sanitários e os Créditos de Carbono	35
2.4.1	Aproximação Simples	38
2.4.2	Modelo de Decomposição de Primeira Ordem (First Order Decay Model)	39
2.4.3	Teste de Bomba	41
2.4.4	Correções de Forma a Contar com a Eficiência de Coleta	41
2.5	Metodologia para Comprovar Adicionalidade em Aterros Sanitários	42
3	Metodologia	48
4	Estudo de Caso: Projeto NovaGerar	53
4.1	Central de Tratamento de Resíduos de Nova Iguaçu	53
4.2	O projeto NovaGerar	55
4.3	Os agentes envolvidos	57
4.4	Objetivo e Estágio Atual do Projeto	60
4.5	Limites do Projeto	63
4.6	Tecnologia Empregada	65
4.7	Metodologia de Linha de Base e Adicionalidade Aplicadas ao Projeto	67
4.8	Monitoramento	71
4.9	Desenvolvimento Sustentável e Consulta Pública aos Stakeholders	75
4.10	Validação do Projeto	77
4.11	Riscos Envolvidos	77
5	Modelo Financeiro	81
5.1	Premissas Financeiras	81
5.1.1	Premissas Gerais	81
5.1.2	Premissas Comerciais	82
5.1.3	Premissas Operacionais	82
5.1.4	Premissas de Investimento	84
5.1.5	Fontes de Recursos para Investimentos	84
5.1.6	Custo de Capital	85
5.2	Premissas e Cálculo das Emissões de GEE de Acordo com as Fontes	86

5.2.1	Projeção de Depósito de Lixo e Cálculo do Biogás Resultante	87
5.2.2	Cálculo da Transformação do Metano e Reduções de GEE	91
5.2.2.1	Cálculo da Combustão do Metano em Flares.....	91
5.2.2.2	Cálculo da Combustão do Metano em Geradores de Eletricidade	93
5.3	Avaliação da Venda de CERs	95
5.4	Avaliação da Venda de Energia	98
6	Conclusões e Sugestões para Pesquisas Futuras	103
7	Referências Bibliográficas.....	108
8	Anexos.....	111

1 Introdução

O setor de saneamento básico engloba as atividades de abastecimento de água, coleta de esgoto, drenagem urbana e coleta e tratamento de lixo. Por ser de vital importância para a saúde e bem estar das populações, o saneamento básico deve ser uma questão importante a ser tratada pelas políticas públicas.

As políticas governamentais para o setor de saneamento básico, principalmente até a década de 1960, foram caracterizadas por medidas esporádicas e localizadas, sem atender plenamente à demanda provocada pelo crescimento da população urbana. Com a precariedade de atendimento por parte dos municípios, os efeitos da falta de investimentos se fizeram sentir nas altas taxas de mortalidade infantil e no agravamento da deterioração sanitária (IBGE, 2002).

De acordo com o IBGE (2002), no período entre 1964 e 1985, o Estado brasileiro esvaziou a atuação dos governos locais, que se tornaram simples gestores da política central. Os recursos do setor de Saneamento Básico passaram a ser gerenciados pelo Banco Nacional da Habitação (BNH) que, através do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), incentivou a criação de companhias estaduais, sob a forma de economia mista, e a concessão dos serviços pelos municípios aos estados. O objetivo do PLANASA era encaminhar uma solução permanente e realista para eliminar o déficit do abastecimento de água e do esgotamento sanitário.

A combinação entre o acirramento da crise econômica, no início dos anos de 1980, e a adoção de um modelo de poder centralizado no BNH, resultou em uma política seletiva que privilegiava as grandes empresas estaduais em detrimento das prefeituras e interesses locais. Os governos estaduais tornaram-se os responsáveis

pelas negociações com os municípios e, ao mesmo tempo, se beneficiaram com recursos do PLANASA na medida em que conseguiram a adesão dos municípios ao plano. Em contrapartida, os estados passaram a lidar com a resistência de municípios que se opuseram ao que consideravam como uma ingerência na vida das populações locais.

Em 1985, os municípios que não aderiram ao PLANASA fundaram a Associação dos Servidores Municipais de Água e Esgoto (ASSEMAE), composta, principalmente, de municípios de porte médio do Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul, com o objetivo de promover e fortalecer as capacidades administrativas, técnicas e financeiras dos municípios para a prestação de Serviços Públicos de Saneamento Municipais (IBGE, 2002).

O Governo Federal encontrou dificuldades em cumprir as metas por ele estipuladas para a década de 80 (90% da população urbana com serviço de abastecimento de água de boa qualidade e 65% com serviço de esgotamento sanitário), mesmo agregando os resultados da contribuição dos serviços municipais de abastecimento de água e de esgotamento sanitário prestados pelos municípios que não aderiram ao PLANASA. A política centralizada de saneamento básico não incluía metas para o serviço de coleta e tratamento de lixo, a despeito de suas implicações para o meio ambiente e para a saúde da população (IBGE, 2002).

A partir da Constituição de 1988, a ênfase na descentralização e privatização trouxe de volta a responsabilidade de políticas públicas ao poder local. A limpeza urbana, incluindo coleta e tratamento dos resíduos sólidos, por ser um serviço público de interesse local, é definida, na Constituição Federal de 1988 (inciso V do Art.30), como uma responsabilidade dos municípios, inclusive os provenientes dos estabelecimentos de serviços de saúde. Assim sendo, ainda que a execução desses

tipos de serviços possa ser repassada a terceiros, através de contratos de terceirização ou de concessão, a responsabilidade por sua gestão e fiscalização permanece com os municípios (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2004).

Entretanto, como a capacidade dos municípios em atender às demandas na implantação e no aprimoramento dos serviços de saneamento básico é baixa e desigual, o processo de municipalização dos serviços de saneamento básico, incluindo nestes o manejo sustentável de resíduos sólidos, encontra problemas (IBGE, 2002).

Com a conhecida dificuldade dos governos brasileiros de todas as esferas em realizar investimentos, mesmo em setores prioritários, faz-se necessário encontrar alternativas de financiamento para tais áreas. O Mercado de Créditos de Carbono, lançado a partir do Protocolo de Quioto, apresenta uma oportunidade para a realização de investimentos em Aterros Sanitários, a partir da venda de reduções de emissão de carbono equivalentes para países que têm o compromisso de reduzir suas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE)¹ por meio do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

1.2 Objetivo

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um modelo financeiro para análise de viabilidade econômica de projetos de aterros sanitários com venda de créditos de carbono e geração de energia através do biogás. O NovaGerar, projeto pioneiro do aterro sanitário de Nova Iguaçu, foi utilizado como estudo de caso para desenvolver o modelo financeiro.

¹ Os seguintes gases são considerados GEE: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hexafluoreto de enxofre (SF₆) e as famílias dos perfluorcarbonos (compostos completamente fluorados, em especial erfluormetano CF₄ e perfluoretano C₂F₆) e dos hidrofluorcarbonos (HFCs) (MIGUEZ apud ROCHA, 2003).

Os resultados de tal estudo devem servir para indicar alternativas de investimentos que adicionem valor ao conjugar os benefícios ambientais e financeiros, atendendo aos objetivos dos governos, da população em geral e do empresariado. Ao mesmo tempo, tal estudo pode ajudar as prefeituras na tomada de decisões de investimento e planejamento de seus serviços de saneamento, bem como abrir portas e encurtar caminhos na direção de estruturar projetos de aterros sanitários que melhorem as condições de saúde e bem-estar da população local.

1.3 Motivação

Conseguir aliar os conhecimentos de finanças com problemas reais da sociedade brasileira, mais especificamente da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), contribuindo com uma alternativa econômica para uma questão importante é uma grande motivação. A conclusão do curso de Mestrado se torna uma conquista maior ainda quando se pode, quem sabe, ajudar a contribuir para a melhora nas condições de vida de parte da população fluminense.

1.4 Relevância

De acordo com informações da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) (IBGE, 2002), uma parcela significativa mas não passível de ser estimada do lixo urbano da RMRJ não é coletada, coincidentemente nas regiões onde extratos menos favorecidos da população residem. Poucos recursos são destinados pelas prefeituras para o tratamento de resíduos sólidos. O tratamento do lixo industrial e proveniente de estabelecimentos saúde é precário. A situação dos 1.503 catadores de lixo e das centenas de residentes dos 46 lixões da RMRJ é precária. A localização da maioria dos destinos dos resíduos sólidos também é um fato preocupante.

A deficiência de coleta e a falta de locais adequados para receber o lixo gerado pela população refletem na necessidade de aumento dos gastos com saúde: resíduos sólidos mal estocados contaminam o solo, são foco de proliferação de doenças, obstruem os sistemas de drenagem e promovem a poluição das águas superficiais e subterrâneas. Desta forma, investir em saneamento contribui para diminuir gastos com saúde e danos ambientais (CIBG, 2001).

Na Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara (BHBG)² residem cerca de 10 milhões de habitantes e existem, aproximadamente, seis mil indústrias. Estima-se que um terço da população da região resida em favelas e outro terço em áreas com condições precárias de urbanização e saneamento. De acordo com um estudo feito pela Comissão de Meio Ambiente da Alerj, os vazadouros de lixo, localizados às margens dos rios contribuintes e da própria Baía de Guanabara, são uma das principais fontes de poluição da Baía (PDBG, 2005).

A pesquisa ainda denuncia que a navegação comercial está impossibilitada nas águas da região interior da Baía de Guanabara. A vida marinha foi extinta em extensas áreas. Nos últimos 20 anos, a pesca comercial foi prejudicada em 90% e os manguezais foram reduzidos à metade de sua extensão original. A taxa de assoreamento está estimada em 1 centímetro por ano, sendo que em algumas regiões sobe para 4 centímetros ao ano. As águas da Baía de Guanabara estão abaixo de todo e qualquer padrão de qualidade ambiental e os índices de balneabilidade das 53 praias do interior estão alterados (PDBG, 2005).

² A Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara (BHBG) é formada por 15 municípios dos quais 12 fazem parte da RMRJ (Belford Roxo, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí, Magé, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, Rio de Janeiro, São Gonçalo, São João de Meriti e Tanguá) e três não pertencem à RMRJ (Rio Bonito, Petrópolis, Cachoeiras de Macacu) fazem parte da BHBG (PROTETORES DA VIDA, 2001).

De acordo com CIBG (2001), das quase 13.000 toneladas de lixo geradas por dia na bacia da Baía de Guanabara, 4.000 não chegam a ser coletadas, sendo vazadas em terrenos baldios, rios e canais. Das 9.000 toneladas por dia que são coletadas, 8.000 vão para o aterro de Gramacho, cuja vida útil estará esgotada em poucos anos. O restante do lixo é lançado em vazadouros, sem medidas de controle adequadas. A despoluição da Baía de Guanabara depende das políticas de saneamento da região metropolitana do Rio de Janeiro, entre elas um melhor e mais abrangente tratamento dos resíduos sólidos, pois não é possível estancar a poluição apenas no final do processo.

A maioria dos empregos da população da RMRJ está no setor de comércio e serviços, sendo o turismo um grande gerador de renda. Além disso, a importância de se controlar a poluição não se resume à renda e saúde, mas afeta também o lazer e o bem estar da população (PDBG, 2005).

Conforme apresentado na tabela 1.1 a seguir, com dados provenientes de PROTETORES DA VIDA (2001), os municípios pertencentes coincidentemente à RMRJ e à BHBG são muito dependentes do aterro sanitário de Gramacho para o depósito de seus resíduos sólidos urbanos ou os estocam em lixões sem tratamento dos resíduos. Ao mesmo tempo, nenhum deles trata de forma adequada seus resíduos provenientes de estabelecimentos de saúde.

Tabela 1.1: Visão Geral dos Serviços de Coleta e Aterro dos Municípios da Região Metropolitana do Rio de Janeiro que fazem parte da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara

Município	Destinação do Lixo	Lixo domiciliar por habitante/dia	Lixo domiciliar total/dia	% de lixo domiciliar não coletado	Lixo séptico
Belford Roxo	Lixão com 10.000 m ² , sem drenagem de biogás ou tratamento de chorume.	0,5 quilo	216 toneladas	ND	1.240 kg/dia
Duque de Caxias	AS de Gramacho, com área de 1.300.000 m ²	0,5 quilo	377 toneladas	13%	descarregado junto ao lixo comum, no AS de Gramacho
Guapimirim	Lixão com 100 mil m ² e duas nascentes represadas na gleba	ND	32 toneladas	ND	colocados num buraco e queimados, transportados em caçamba comum
Itaboraí	Lixão com 250.000 m ² , sem drenagem de biogás ou tratamento de chorume. Existe usina de triagem e compostagem junto ao vazadouro.	0,6 quilo	108 toneladas	13%	coleta realizada junto com coleta domiciliar, depositados em área separada
Nilópolis	2500 toneladas/mês enviado para AS de Gramacho passando por Estação de Transferência local	0,57 quilo	87 toneladas	ND	não há serviços específicos, coleta realizada junto com coleta domiciliar
Niterói	757 toneladas/dia para AC Morro do Céu. Possui balança mas não trata o chorume, entorno ocupado por residências, chegando ao limite da capacidade	0,86 quilo	396 toneladas	ND	ND
Nova Iguaçu	AS Nova Gerar	0,64 quilo	550 toneladas	15%	7 ton/dia levado por caminhão exclusivo para AS de Gramacho
Rio de Janeiro	AS Gramacho	ND	3838 toneladas	ND	ND
São Gonçalo	AC local recebe 720 ton/dia, faz fronteira com APA de Guapimirim. Não drena gás e não trata chorume. Usina de Compostagem e Reciclagem paralisadas	0,60 quilo	527 toneladas	ND	600 kg/dia levado por caminhão exclusivo para lixão. Depósito feito de maneira imprópria.
São João de Meriti	6 toneladas/dia enviado para AS de Gramacho passando por uma Estação de Transferência	0,74 quilo	327 toneladas	ND	veículos exclusivos mas sem segregação de lixo séptico no depósito dos mesmos
Tanguá	Usina de triagem e compostagem própria, sem tratamento adequado. Áreas rurais: coleta seletiva e produção de adubo	0,64 quilo	15 toneladas	ND	colocados num buraco e queimados

Legenda:

AS = Aterro Sanitário;

AC = Aterro Controlado;

ND = Não Disponível

Fonte: Protetores da Vida, disponível em: <www.protetoresdavid.org>, acesso em 5 de Março de 2005. Coletado através de pesquisa com as prefeituras. Para Rio de Janeiro, Comlurb, disponível em: <www.rio.rj.gov.br/comlurb>, acesso em 22 de Fevereiro de 2005.

Aliado a isto, o aterro sanitário de Gramacho se encontra no final de sua vida útil e será preciso investir em um novo depósito dos resíduos sólidos urbanos que possa substituir o aterro sanitário antigo. O novo aterro deve ser projetado para que minimize a poluição ao meio ambiente, evite doenças e resolva o problema dos catadores na RMRJ.

Tudo isso mostra a necessidade de se encontrar alternativas para o setor, que necessita de pesados investimentos. Tratar desta questão com investimentos que não sejam provenientes do setor público é bastante desejado, visto que não se poder contar com grandes montantes de recursos provenientes das pequenas prefeituras da RMRJ.

1.5 Delimitação

O presente trabalho concentra seus esforços em desenvolver um instrumento financeiro para o exame de alternativas para o problema do tratamento dos resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, nos moldes do projeto de aterro sanitário NovaGerar do município de Nova Iguaçu, também parte da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Sendo assim, o trabalho não visou tratar o problema do saneamento básico em sua forma completa, nem tampouco os resultados e conclusões obtidos podem ser generalizados para outros limites temporais, geográficos e setoriais diferentes do delimitado.

O presente estudo está organizado em seis capítulos principais, com diversas tabelas nos anexos. A introdução é o primeiro deles. O segundo apresenta o referencial teórico a ser utilizado no tratamento da questão abordada pelo trabalho. O terceiro descreve a metodologia utilizada na pesquisa. O quarto discorre sobre o estudo de caso do projeto NovaGerar. O quinto capítulo apresenta um modelo para a análise da viabilidade de projetos de aterros sanitários sob o guarda-chuva do MDL. A sexta parte do trabalho apresenta a conclusão e oferece sugestões para pesquisas futuras. As planilhas completas estão no anexo.

2 Referencial Teórico

O referencial teórico do presente estudo se divide em quatro partes. A primeira faz uma revisão das formas de avaliação de empresas pelas óticas empresarial e social, tratando do processo de internalização das externalidades. A segunda aborda o tratamento dos resíduos sólidos no Brasil e especificamente na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, sua situação atual e as diferentes alternativas de tratamento de lixo existentes. A terceira trata do Efeito Estufa e do Protocolo de Quioto, apresentando as diversas formas de participação dos países no acordo, inclusive o MDL. A quarta se concentra em apresentar o MDL como possível financiador para projetos de aterros sanitários, caso este a ser tratado pelo presente estudo.

2.1 Avaliação Empresarial, Social e Ambiental

A avaliação empresarial mede a geração de valor do projeto específico para o empresário por meio de diversas ferramentas. A mais conhecida delas, o Fluxo de Caixa Descontado (FCD), tem seu foco temporal no futuro, na medida que traz a valor presente os fluxos de caixa futuros esperados através de taxa de desconto explícita (o custo de capital do projeto). A soma do fluxo de caixa livre trazido a valor presente com o valor da perpetuidade do projeto ou empresa gera um Valor Presente (VP) do investimento (LEMME, 2001).

Segundo Contador (2000), a avaliação empresarial de projetos leva em consideração apenas a ótica privada do empresário, sem examinar os impactos ambientais causados pelas ações das empresas.

Todos os efeitos, positivos ou negativos, causados involuntariamente por uma empresa a terceiros, são chamados externalidades. As externalidades ocorrem

principalmente quando o direito de propriedade é imperfeitamente estabelecido e exercido (quando alguma coisa não é de ninguém, como a atmosfera, não existe proprietário para reclamar e exigir indenização em caso de poluição ou estrago do mesmo). Outra característica das externalidades é a impossibilidade das mesmas serem neutralizadas ou minimizadas por seu gerador a custos e despesas nulos (CONTADOR, 2000).

Do ponto de vista da situação ótima para a sociedade, quando existem custos externos sobre terceiros, haverá excesso de produção privada. Ao contrário, haverá escassez de produção privada quando existem benefícios externos. A intervenção do Estado pode garantir níveis ótimos de produção de bens que geram externalidades, compensando os custos ou benefícios e internalizando as externalidades (FAMINOW, 1998). Desta forma, faz-se necessário encontrar outras alternativas de avaliação de projetos visto que a não incorporação das externalidades na avaliação pode distorcer ou prejudicar a eficiência na alocação de recursos de longo prazo (CONTADOR, 2000).

Segundo Contador (2000), a avaliação social de projetos tem como objetivo observar a sociedade como um todo e demonstrar se o conjunto da economia está sendo prejudicado ou favorecido por um determinado projeto privado. Existe consenso de que os países menos desenvolvidos são caracterizados por divergências substanciais entre os preços normalmente observados nos mercados e os chamados preços sociais. Além das diferenças entre os preços sociais e de mercado, as externalidades e as transferências governamentais, como impostos e subsídios, fazem com que os resultados das avaliações financeiras de projetos pelos empresários não necessariamente coincidam com os resultados de avaliações que considerem a sociedade como um todo.

Para que o enfoque da avaliação de um projeto seja considerado social é necessário ignorar as fronteiras particulares de interesses de indivíduos, famílias, empresas e regiões e eliminar as transferências entre indivíduos, tais como impostos e subsídios. Também é necessário incorporar os efeitos indiretos do projeto em outras atividades ou pessoas, ou seja, é preciso internalizar as externalidades (CONTADOR, 2000).

Segundo Andrade (2003), a avaliação e a internalização das externalidades em projetos empresariais demandam que haja uma compreensão do valor dos benefícios ambientais prestados pela natureza e da perda de valor por conta de sua deterioração. De acordo com Faminow (1998), os serviços ecológicos são frequentemente citados como exemplo de bens públicos devido à impossibilidade de exclusão dos mesmos e pela oferta conjunta de tais bens, devido ao seu padrão de custos.

Para Contador (2000), a situação ideal, sob o ponto de vista alocativo, seria internalizar completamente as externalidades, transformando a poluição, por exemplo, em um produto com preços de mercado. Como o número de externalidades passíveis de internalização através de mecanismos de mercado é muito pequeno, é necessário o desenvolvimento de metodologias de cálculo para quantificar os efeitos do projeto sobre o meio ambiente em comparação com os benefícios financeiros.

O Protocolo de Quioto criou uma alternativa para que haja a internalização das externalidades que afetam o clima do planeta, na medida que exige a diminuição das causas do efeito estufa para os países do Anexo I e criou mecanismos de mercado para a negociação de redução de emissão de carbono, através de um mercado de títulos ambientais, formando desta forma preços para a poluição através da oferta e demanda de certificados de redução de emissão.

Ao mesmo tempo, o correto tratamento de resíduos sólidos, por meio de aterros sanitários, é um serviço ecológico considerado um bem público, visto que não se pode excluir alguns indivíduos de seus benefícios e o bem é oferecido de forma conjunta pelo governo ou seu representante lícito. Além disso, a transformação de um lixão em aterro sanitário (definidos a seguir) elimina externalidades negativas para diversos setores, como a saúde e o turismo.

2.2 O Tratamento dos Resíduos Sólidos no Brasil

A destinação final dos resíduos sólidos pode ser feita de diversas maneiras, sendo que a mais comum entre os municípios brasileiros é o lixão ou vazadouro, conforme detalhado nos sub-itens abaixo.

2.2.1 Os Diferentes Tipos de Tratamento do Lixo

O lixo de uma cidade - composto pelos resíduos domiciliares, de estabelecimentos comerciais, de indústrias, de logradouros públicos, dos estabelecimentos de saúde, da varrição das ruas, da remoção de terra e entulho - pode ter destinos diversos de acordo com o município onde é coletado. Existem diversas destinações possíveis do lixo, sendo as mais conhecidas o lixão ou vazadouro, o aterro controlado e o aterro sanitário.

Segundo Ambiente Brasil (2005), o lixão é um local onde há uma inadequada disposição final de resíduos sólidos, que se caracteriza pela simples descarga dos dejetos sobre o solo a céu aberto, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública. Não é levada em consideração a área em que está sendo feita a descarga nem o escoamento dos líquidos formados que, uma vez percolados, podem contaminar as águas superficiais e subterrâneas. Adicionalmente, também

ocorre a liberação de gases, principalmente o metano, que é combustível, e o espalhamento de lixo pela redondeza.

Os resíduos assim lançados acarretam problemas à saúde pública, como proliferação de vetores de doenças, geração de maus odores e, principalmente, a poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas através do chorume³, comprometendo os recursos hídricos. Além disso, não há controle sobre os tipos de resíduos recebidos nesses locais, verificando-se, até mesmo, a disposição de dejetos originados dos serviços de saúde e das indústrias. Comumente, os lixões são associados a fatos altamente indesejáveis, como a criação de porcos e a problemas sociais, como a existência de catadores, que muitas vezes, residem no próprio local (AMBIENTE BRASIL, 2005).

Em um aterro controlado, os resíduos sólidos são confinados no solo e cobertos com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho, reduzindo os riscos à saúde pública e os impactos ambientais, visto que a extensão da área de disposição é minimizada e a poluição é localizada. Geralmente, os aterros controlados não dispõem de impermeabilização de base, o que compromete a qualidade das águas subterrâneas, nem sistemas de tratamento de chorume ou de dispersão dos gases gerados. Este método é preferível ao lixão, mas, devido aos problemas ambientais que causa e aos seus custos de operação, a qualidade é inferior à do aterro sanitário (AMBIENTE BRASIL, 2005).

Segundo Ambiente Brasil (2005), um aterro sanitário, por sua vez, utiliza critérios de engenharia e normas operacionais específicas e permite o confinamento seguro em termos de controle de poluição ambiental e proteção à saúde pública. A forma de disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo, através de

³ Chorume é um líquido de cor preta, mal cheiroso e de elevado potencial poluidor produzido pela decomposição da matéria orgânica contida no lixo.

confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente solo, de acordo com normas operacionais específicas, evita danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais.

Antes de se projetar o aterro, são feitos estudos geológicos e topográficos para selecionar a área a ser destinada para que sua instalação não comprometa o meio ambiente. É feita a impermeabilização do solo através de combinação de argila e lona plástica para evitar infiltração dos líquidos percolados. Os líquidos percolados são captados através de tubulações e escoados para lagoa de tratamento. Para evitar o excesso de águas de chuva, são colocados tubos de drenagem ao redor do aterro, que permitem desvio dessas águas. A quantidade de lixo depositada é controlada na entrada do aterro através de balança (AMBIENTE BRASIL, 2005).

Os gases liberados durante a decomposição são captados e podem ser queimados com sistema de purificação de ar ou ainda utilizados como fonte de energia. Entre a superfície inferior do aterro e o mais alto nível do lençol freático deve haver uma camada de espessura mínima de 1,5 metro de solo insaturado, que deve ser de baixa permeabilidade (argiloso). O aterro deve ser localizado a uma distância mínima de 200 metros de qualquer curso d'água. A arborização deve ser adequada nas redondezas para evitar erosões, espalhamento da poeira e retenção dos odores. Também devem ser construídos poços de monitoramento para avaliar a ocorrência de vazamentos e contaminação do lençol freático. O efluente da lagoa deve ser monitorado pelo menos quatro vezes ao ano (AMBIENTE BRASIL, 2005).

Embora apresente garantias razoáveis do ponto de vista sanitário, a solução aterro sanitário tem duas grandes desvantagens: desperdiça matérias-primas, já que os materiais com que se produziram os objetos se perdem definitivamente, e ocupa sucessivos locais para deposição, à medida que os mais antigos se vão esgotando.

Numa perspectiva de médio e longo prazo este segundo problema é grave, pois normalmente apenas um número reduzido de locais reúne todas as condições necessárias para ser escolhido (AMBIENTE BRASIL, 2005).

Além dos aterros, existem outros processos na destinação do lixo, como, por exemplo, as usinas de compostagem, os incineradores e a reciclagem.

A incineração é um processo de decomposição térmica, onde há redução de peso, do volume e das características de periculosidade dos resíduos, com a conseqüente eliminação da matéria orgânica e da capacidade de transmissão de doenças, através da combustão controlada. A redução de volume é geralmente superior a 90% e em peso, superior a 75%. A incineração em alta temperatura, com a utilização de tochas de plasma, é a melhor técnica disponível e mais segura para tratar resíduos danosos à saúde pública, como resíduos industriais e resíduos hospitalares, mas é necessário todo cuidado no acondicionamento, na coleta, no transporte, no armazenamento, tratamento e disposição desses materiais. Entretanto, a utilização de plasma (temperaturas entre 3 mil e 4 mil graus) tem um custo elevado, e a incineração comum, a temperaturas mais baixas (entre 400 e 500 graus) queima o lixo mas libera compostos que prejudicam a saúde humana e desta forma não é recomendado (REVISTA GERENCIAMENTO AMBIENTAL, 2005). Segundo o IBGE (2002), apenas 0,2% dos municípios utilizam a incineração para tratar seus resíduos sólidos.

De acordo com Ambiente Brasil (2005), a compostagem é o processo de reciclagem da matéria orgânica formando um adubo. A técnica propicia um destino útil para os resíduos orgânicos, evitando sua acumulação em aterros e melhorando a estrutura dos solos agrícolas. Esse processo permite dar um destino aos resíduos orgânicos domésticos, como restos de comidas e resíduos do jardim. O produto da

compostagem é largamente utilizado em jardins e hortas, como adubo orgânico, evitando o uso de fertilizantes sintéticos. Segundo o IBGE (2002), 0,4% dos municípios utilizam seus resíduos sólidos para compostagem.

A reciclagem transforma o lixo em uma fonte de riquezas e é de enorme importância para a gestão dos resíduos sólidos nos municípios. Entretanto, pode ser inviável operacionalmente para quantidades de lixo muito grandes por conta do custo elevado. Segundo Ambiente Brasil (2005), o perfil do lixo produzido nas grandes cidades brasileiras se apresenta da seguinte forma: 39%: papel e papelão; 16%: metais ferrosos; 15%: vidro; 8%: rejeito; 7%: plástico filme; 2%: embalagens longa vida; e 1%: alumínio. O Brasil é considerado um grande reciclador de alumínio, mas ainda reaproveita pouco os vidros, o plástico, as latas de ferro e os pneus que consome. De acordo com o IBGE (2002), apenas 2,8% dos municípios têm programas formais de reciclagem, apesar da existência de catadores nos lixões e aterros representar uma forma de reciclagem, apesar de pouco desejada.

2.2.2 A Situação Atual do Tratamento dos Resíduos Sólidos no Brasil

O manejo sustentável de resíduos sólidos é um problema importante no Brasil, bem como nos outros países latino-americanos e do Caribe. Segundo a Divisão de Meio Ambiente do Banco Interamericano de Desenvolvimento (1997), é consenso que:

“A característica geral do setor na América Latina e Caribe é a falta de políticas e planejamentos locais e o escasso apoio dado aos operadores dos serviços de limpeza em nível local. Acredita-se que as ineficiências do setor se devem às debilidades institucionais, gerenciais e financeiras das entidades operadoras, geralmente municípios, o que nas áreas urbanas se manifesta em

serviços de qualidade e cobertura inferior aos de energia, abastecimento de água e serviços de esgoto”.

Adicionalmente, de acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) de 2000 do IBGE (2002) houve um aumento significativo da demanda por serviços de tratamento de resíduos sólidos urbanos entre 1989 e 2000:

“Deve-se notar que houve um aumento significativo na quantidade de lixo coletada, em parte decorrente do aumento dos índices de coleta e em parte decorrente de mudanças nos padrões de consumo – se consome, por exemplo, muito mais embalagens e produtos descartáveis atualmente do que há dez anos. A massa de lixo coletada se ampliou de 100 mil toneladas em 1989 para 154 mil toneladas em 2000 – um crescimento de 54%, enquanto entre 1991 e 2000 a população cresceu 15,6%”.

Há também uma tendência de aumento da geração de lixo domiciliar per capita informada pelas autoridades, em proporção direta com o número de habitantes. Nas cidades com até 200 mil habitantes, pode-se estimar a quantidade coletada, variando entre 450 e 700 gramas por habitante/dia; acima de 200 mil habitantes, essa quantidade aumenta para a faixa entre 800 e 1 200 gramas por habitante/dia. Quando a PNSB foi realizada, estimou-se que eram coletadas 125.281 toneladas de lixo domiciliar, diariamente, em todos os municípios brasileiros. Trata-se de uma quantidade expressiva de resíduos, para os quais deve ser dado um destino final adequado, sem prejuízo à saúde da população e sem danos ao meio ambiente (IBGE, 2002).

Ao contrário dos sistemas de água e esgoto, onde as instalações físicas, como barragens, adutoras, redes coletoras e estações de tratamento dão permanência física ao sistema e a continuidade operacional é mais fácil de ser mantida, os

sistemas de limpeza urbana são constituídos essencialmente de serviços, os quais necessitam, para sua operação, do pleno engajamento da administração municipal, garantindo um fluxo de recursos permanente para sua realização. Isto gera uma certa fragilidade do setor, especialmente em épocas de mudanças de administração e renovações contratuais. Um aterro sanitário pode se transformar em um lixão em questão de dias, bastando que os equipamentos ali alocados não estejam mais disponíveis e operantes. A redução ou o colapso do fluxo de recursos para o sistema de coleta de lixo, por exemplo, pode prejudicar a situação de salubridade de uma cidade de um momento para outro (IBGE, 2002).

De acordo com a PNSB de 1989, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e editada em 1991, 76% do total dos municípios depositavam seus resíduos sólidos em lixões sem nenhum tratamento, 13% dos municípios utilizavam aterros controlados e 10% deles depositavam seu lixo em aterros sanitários, sendo que em apenas 1% dos municípios os dejetos passavam por algum tipo de tratamento, que podia ser compostagem, reciclagem ou incineração (AMBIENTE BRASIL apud IBGE, 2005). A PNSB posterior, com dados do ano 2000, indicou uma evolução dos resultados em número de municípios: 63,6% deles utilizam lixões e 32,2%, aterros adequados (13,8% sanitários, 18,4% aterros controlados), sendo que aproximadamente 5% não informaram para onde vão seus resíduos (IBGE, 2002). No estado do Rio de Janeiro, a Comissão de Meio Ambiente da Assembléia Legislativa constatou que 65 dos 92 municípios despejam o lixo em terrenos inadequados, sem qualquer tipo de tratamento (DESTINO, 2005).

O tratamento precário dado aos dejetos sólidos em grande parte dos municípios do Brasil se traduz em poluição para o meio ambiente, por meio da contaminação do solo, do ar e da água, culminando em doenças que aumentam a

mortalidade infantil e pioram as condições de vida da população. Desta forma, o correto tratamento de dejetos sólidos pode gerar externalidades positivas tanto para área de saúde quanto para o desenvolvimento econômico, fazendo com que seus benefícios sejam maiores do que os imediatamente evidentes e, desta forma, superem seus custos.

A situação de destinação final do lixo coletado no país, em peso, parece mais favorável: 47,1% dos resíduos sólidos urbanos coletados são depositados em aterros sanitários, 22,3% em aterros controlados e apenas 30,5% em lixões, ou seja, mais de 69% de todo o lixo coletado no Brasil estaria tendo um destino final adequado em aterros sanitários e/ou controlados. No entanto, como a pesquisa foi feita por meio de questionários respondidos pelos municípios, sem quaisquer verificações por parte do IBGE, vale ressaltar que alguns informantes podem ter sido demasiadamente otimistas de modo a evitar a exposição de deficiências do sistema. Outro ponto importante é que apenas 0,1% do lixo passa por triagem (IBGE, 2002).

Entretanto, apesar da recente evolução relatada no depósito dos resíduos sólidos, é necessário investir neste setor: 20% da população brasileira ainda não conta com serviços regulares de coleta (IBAM 2005a) e a capacidade de geração de externalidades e seu componente social do tratamento dos dejetos sólidos é significativa.

Segundo o IBGE (2002), os serviços de limpeza urbana empregavam 317.744 pessoas em todo o Brasil no ano 2000. O setor não se mostra forte apenas na geração de empregos e no setor terciário de prestação de serviços, mas também no estímulo à produção de equipamentos, como caminhões do tipo compactador, basculante, pipa e poliguindaste, pás carregadeiras, tratores, varredeiras, veículos de

tração animal e outras ferramentas e utensílios, como vassouras, ceifadeiras, papeleiras e contêineres.

Além do emprego formal, os lixões também geram ocupações informais. Em 2000, existiam 24.340 catadores em lixões no Brasil, dos quais 22% eram menores de 14 anos que, adequadamente ou não, também sobreviviam de forma relacionada a esta atividade (IBGE, 2002).

Ainda segundo o IBGE (2002), é possível prever que, em prazo curto, caso não haja retrocesso nas decisões políticas atuais, que hoje têm a limpeza urbana como um setor merecedor de investimentos financeiros e em recursos humanos, a situação do país neste setor irá melhorar significativamente, contribuindo assim para melhores condições de saúde e bem-estar da população brasileira. A PNSB de 2000 do IBGE acredita que, assim como a década de 1970 foi a da água, com projetos em todo o país, alavancados pelo Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), a partir da década de 1990 em diante, estendendo-se pelo século XXI, observa-se uma tomada de consciência importante no que diz respeito à gestão dos resíduos sólidos.

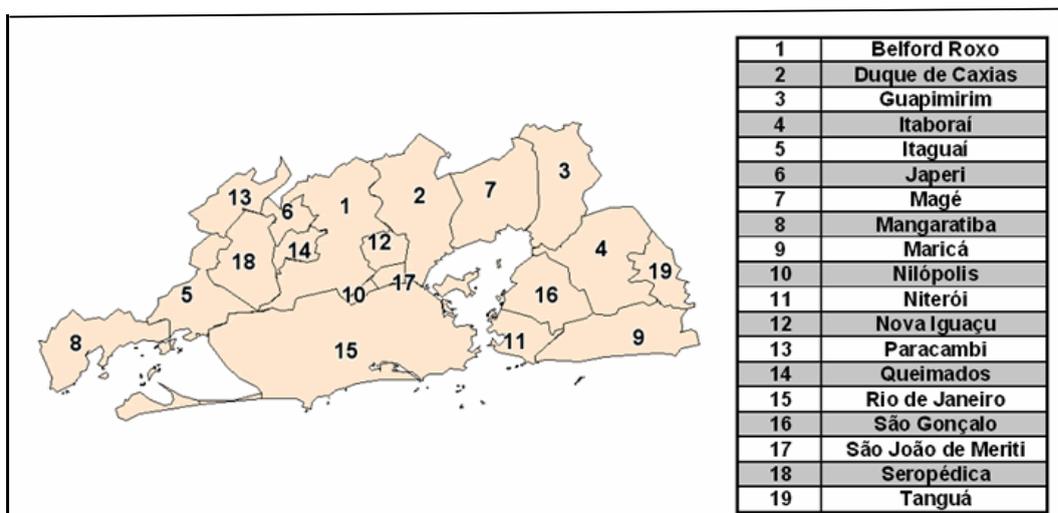
O poder público municipal, maior responsável pelo setor, vem sendo apoiado, do ponto de vista econômico, por programas federais e estaduais, pressionado não apenas pela população, cada vez mais consciente das questões ambientais, mas também pelos órgãos de controle ambiental e pelo Ministério Público (IBGE, 2002).

2.2.3 Panorama Geral do Tratamento dos Resíduos Sólidos na Região Metropolitana do Rio de Janeiro

De acordo com a classificação do IBGE, 19 municípios compõem a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ): Belford Roxo, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí, Itaguaí, Japeri, Magé, Mangaratiba, Maricá, Nilópolis, Niterói,

Nova Iguaçu, Paracambi, Queimados, Rio de Janeiro, São Gonçalo, São João de Meriti, Serópédica e Tanguá. O mapa dos municípios pertencentes a RMRJ se encontra a seguir, na figura 2.1.

Figura 2.1: Mapa dos Municípios da Região Metropolitana do Rio de Janeiro



fonte: IBGE, obtido em: <<http://www.ibge.gov.br/ibgeteen/mapas/home.html>>, acessado em 10 de Março de 2005

De acordo com o Censo de 2000 do IBGE, a população da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) é de aproximadamente 10,8 milhões de pessoas, dentre as quais aproximadamente um terço vive em regiões com condições de saneamento ruins e com acesso precário aos serviços de coleta de lixo. A tabela 2.1 abaixo apresenta o índice de desenvolvimento humano por cada cidade da RMRJ, bem como sua população e sua densidade demográfica.

Tabela 2.1 – População e Densidade Demográfica (2000) e Índice de Desenvolvimento Humano (2003)

Município	Pop 2000	hab/km2	IDH-M
Belford Roxo	434.474	5.430,9	0,742
Duque de Caxias	775.456	1.667,6	0,753
Guapimirim	37.952	105,1	0,739
Itaboraí	187.479	438,0	0,737
Itaguaí	82.003	295,0	ND
Japeri	83.278	1.003,3	0,724
Magé	205.830	533,2	0,746
Mangaratiba	24.901	69,8	ND
Maricá	76.737	211,4	ND
Nilópolis	153.712	8.090,1	0,788
Niterói	459.451	3.507,3	0,886
Nova Iguaçu	920.599	1.649,8	0,762
Paracambi	40.475	226,1	0,771
Queimados	121.993	1.564,0	0,732
Rio de Janeiro	5.857.904	1.261,1	0,842
São Gonçalo	891.119	3.350,3	0,782
São João do Meriti	449.476	12.842,2	0,774
Seropédica	65.260	244,4	0,759
Tanguá	26.057	182,2	0,722
RMRJ	10.894.156	2.245,9	-

Legendas:

ND – Não Disponível

Pop 2000 - População Residente em 2000 (Censo IBGE)

Hab/Km2 - Densidade Demográfica 2000 (@Cidades, IBGE)

IDH-M - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (PNUD, ONU, 2003)

fonte: obtido em <http://www.ippur.ufrj.br/observatorio/metrodada/ibrm/ibrm_rj.htm>, acessado em 10 de Março de 2005

Segundo o IBGE (2002), dos 19 municípios da RMRJ, apenas cinco coletam lixo de mais de 90% da população, um município coleta lixo em menos de 50% da população e 13 coletam entre 70 e 90% do lixo gerado em seus territórios. De acordo com Anuário Estatístico do Rio de Janeiro apud Carvalho Filho (2005), 37% do lixo gerado no Estado do Rio de Janeiro, fora da Capital, não é coletado, é queimado, lançado em terrenos baldios ou despejado nos rios, lagoas ou mar.

De acordo com IBGE (2002), a quantidade diária de lixo coletado na RMRJ é estimada em 13.158 toneladas, das quais 3.313 toneladas são encaminhadas para vazadouros a céu aberto, 20 toneladas são destinadas a vazadouros em áreas alagadas, 3.020 toneladas são encaminhadas para aterros controlados e 6.805 toneladas têm como destinação final aterros sanitários.

Como apenas 8,4% dos municípios brasileiros, em número, pesam efetivamente em balanças o lixo coletado ou 64,7% do lixo urbano no Brasil é pesado (na medida em que as grandes cidades, que geram a maior parcela da produção de lixo, dispõem deste equipamento de medição), a quantidade de lixo coletada é estimada, geralmente, considerando-se o número de viagens realizadas pelos caminhões de coleta, sua capacidade volumétrica e peso específico do lixo da cidade dentro do caminhão de coleta, em geral obtido empiricamente (IBGE, 2002).

Em 15 dos 19 municípios analisados, menos de 5% do orçamento municipal é utilizado com a limpeza urbana (IBGE, 2002).

Segundo o IBGE (2002), somente cinco municípios dos dezenove da RMRJ realizam a coleta seletiva, atingindo um número estimado de 507.412 residências, sendo que a coleta seletiva recupera em tais localidades papel/papelão, plásticos, vidros e metais. Em apenas dois dos cinco municípios a coleta seletiva é feita em todo o município. Em quatro dos cinco municípios que realizam a coleta seletiva, o material coletado é comercializado. Somente três cidades têm serviços de reciclagem.

Apenas dois municípios controlam a disposição do lixo industrial. Nos dois casos, tais dejetos têm a mesma destinação final dos demais resíduos, sendo que um deles os depositam em vazadouros e o outro em um aterro sanitário (IBGE, 2002).

Dos dezoito municípios da RMRJ que coletam lixo séptico de unidades de saúde, apenas um deles trata tal lixo por meio de incinerador. Cinco municípios realizam sua queima a céu aberto, um município queima tais dejetos em um forno, dois municípios tratam o lixo séptico de formas alternativas e nove municípios não realizam qualquer tratamento do lixo séptico (IBGE, 2002).

De acordo com a PNSB do IBGE (2002), na RMRJ existem 43 distritos com serviços de limpeza urbana⁴, onde existem 46 lixões, sete vazadouros em áreas alagadas, quatorze aterros controlados, treze aterros sanitários, uma usina de compostagem, três usinas de reciclagem.

Dos quinze municípios da RMRJ que têm área para a disposição final dos resíduos dentro do próprio município, doze das áreas pertencem à prefeitura e três são de particulares. Duas das quinze áreas recebem lixo proveniente de outros municípios. Destes quinze municípios, seis têm localização do destino dos dejetos sólidos dentro do perímetro urbano, sendo que três são próximos a residências, um é próximo a áreas com atividade agropecuária e dois são próximos a áreas de proteção ambiental. Nove dos quinze municípios têm a localização do destino do lixo fora do perímetro urbano, mas mesmo assim sujeita a problemas já que três são próximos a residências, quatro são próximos a áreas com atividade agropecuária e dois são próximos a áreas de proteção ambiental. (IBGE, 2002)

Na RMRJ existem 1.503 catadores de lixo, dispostos por aterros e lixões de doze municípios, sendo que cinquenta e um deles têm até quatorze anos de idade. Das quatrocentas pessoas que residem em três lixões da RMRJ, cem delas têm até quatorze anos. O número de residentes abaixo dos 14 anos nos lixões apresentado pela pesquisa é maior do que a quantidade de catadores de lixo nesta faixa etária, o que pode representar alguma falha nos números mas também pode significar que nem sempre o menor que vive em tal comunidade trabalha como catador. Em apenas cinco destes municípios existe algum tipo de trabalho envolvendo os catadores. A importância do setor é verificada pela existência de 20.489 trabalhadores ocupados nos serviços de limpeza urbana na RMRJ.

⁴ Um mesmo município pode apresentar mais de uma unidade de destinação final dos resíduos coletados.

2.3 O Efeito Estufa e o Protocolo de Quioto

De acordo com Hawken et al (1999), a atmosfera foi criada durante bilhões de anos por meio de uma enorme diversidade de processos. Esta camada fina conserva a energia irradiada pelo sol, permitindo que a Terra seja um planeta quente e que haja vida.

O carbono atmosférico, há dezenas de milhões de anos vem sendo fixado e a matéria orgânica gerada pode ficar preservada em ambientes anóxicos, evoluindo ao longo de milênios para formas orgânicas cada vez mais hidrogenadas, constituindo os reservatórios de petróleo e gás. A queima de combustíveis fósseis, não incluindo as queimadas, transforma anualmente cerca de 6,5 bilhões de toneladas de carbono em dióxido de carbono (Hawken et al,1999). O ciclo natural da vida emite quantidades muito maiores de dióxido de carbono, pela troca constante entre o crescimento das plantas verdes com sua decomposição, do que as provocadas pela queima de combustível. No entanto, aumentar estes ciclos naturais, mesmo em quantidades relativamente pequenas de carbono fóssil, tende a ampliar desproporcionalmente a quantidade de dióxido de carbono na atmosfera e à medida que o dióxido de carbono se acumula, ele vai recobrir gradualmente o planeta (Hawken et al,1999).

O dióxido de carbono constitui apenas $\frac{1}{2.800}$ do volume da atmosfera. Em conjunto com os outros gases-traço, tornam a superfície da Terra cerca de 15° C mais quente, de forma que até uma porção adicional relativamente pequena é capaz de elevar significativamente a temperatura do planeta (Hawken et al,1999).

De acordo com Hawken et al (1999), se a atmosfera não tivesse gases de efeito estufa, quase toda a radiação solar chegaria à superfície da Terra e retornaria imediatamente ao espaço. Como a radiação infravermelha é parcialmente retida pelas moléculas de CO₂ da atmosfera, o chamado efeito

estufa mantém a temperatura da terra relativamente elevada e faz com que a vida seja possível.

Além da utilização de combustíveis fósseis, existem outros processos, como desmatamento, queimadas, poluição das fábricas, má disposição e tratamento do lixo, flatulência de gado, entre outros, que aumentam significativamente a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) e influem diretamente na alteração do clima global. Sem o desflorestamento amazônico, o Brasil ocupa o 16º lugar na lista dos países que mais emitem carbono. Com o desmatamento, o Brasil figura entre os sete maiores emissores de GEE no mundo (TAUTZ, 2004).

As ações decorrentes das atividades econômica e industrial acarretam alterações na biosfera e resultaram no crescimento significativo da concentração dos GEE na atmosfera durante o período de 1750 a 1998, conforme tabela 3 abaixo (ROCHA, 2003).

Tabela 2.2 – Concentrações Globais de Gás Carbônico, Gás Metano e Óxido Nítrico geradas por Atividades Humanas:

	CO ₂ (gás carbônico)	CH ₄ (gás metano)	N ₂ O (óxido nítrico)
Concentração em 1750	280 ppm	700 ppb	270 ppb
Concentração em 1998	365 ppm	1745 ppb	314 ppb

Fonte: Adaptado de ROCHA (2003) p.1 apud Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC
 Legenda: ppm = partes por milhão; ppb = partes por bilhão

Em decorrência de toda a preocupação global com os problemas relacionados às mudanças do clima, foi criado pela Organização das Nações Unidas (ONU) um Comitê Internacional que preparou a redação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (CQMC), adotada em Maio de 1992 e assinada por 154 países e pela Comunidade Européia, com o compromisso da redução das emissões de GEE por todos os signatários (PICOLO et al, 2003).

Devido à maior necessidade de comprometimento das partes signatárias com os objetivos estabelecidos na CQMC, no sentido de adotarem critérios mais mensuráveis e metas de redução de emissão, a III Conferência das Partes (COP 3) da CQMC, em Dezembro de 1997, em Quioto, no Japão, adotou o Protocolo de Quioto (PICOLO et al, 2003).

Com o objetivo reduzir as emissões antrópicas dos GEE e desta forma diminuir o perigo do aquecimento global, mitigando as mudanças climáticas, os países industrializados, pertencentes ao chamado Anexo I, foram chamados a ratificar o Protocolo de Quioto, aceitando reduzir as emissões de dióxido de carbono e os demais gases de efeito estufa entre 2008 e 2012 em limites pré-determinados, tendo como base o ano de 1990. Tais compromettimentos de redução foram delimitados no chamado Anexo B. Os países em desenvolvimento - por ainda precisarem atender às demandas básicas de desenvolvimento e não terem sido responsáveis pelo aquecimento global até o presente momento - foram liberados das reduções dos GEE (ANDRADE, 2003).

O Protocolo de Quioto entrou em vigor em 16 de Fevereiro de 2005, noventa dias após a Federação Russa, responsável por 17,4% das emissões de GEE em 1990, tê-lo ratificado. Para que o Protocolo de Quioto entrasse em vigor, era necessário que fosse ratificado por 55% dos países do Anexo 1 e por países que representassem 55% das emissões de GEE do Anexo 1 em 1990. Os Estados Unidos, responsável pela emissão de 36,1% e a Austrália, com 2,1% das emissões, ainda não assinaram o Protocolo de Quioto (PICOLO et al, 2003).

Apesar disso, um grupo de empresas americanas - que inclui a Ford, Dupont, Bayer, Motorola e IBM - se prontificou a reduzir voluntariamente suas emissões, gradativamente a cada ano, por meio de uma bolsa que determina a quantidade total

de emissões das empresas membro (mecanismo *cap and trade*) e permite negociação de redução de emissão entre as empresas que reduziram a mais do que o necessário e outras que ainda precisam atingir as suas metas estabelecidas, chamada Chicago Climate Exchange (CCX, 2005).

O Protocolo de Quioto rege apenas o primeiro período de comprometimento, entre 2008 e 2012, sendo que novos protocolos devem surgir para delimitar os compromissos para os próximos períodos, o que é um risco para os desenvolvedores de projetos atrelados ao mercado de carbono (UNEP FI, 2005).

Os compromissos de redução de emissão são expressos em dióxido de carbono equivalente, sendo que, por exemplo, uma tonelada de gás metano é considerada equivalente a 21 toneladas de dióxido de carbono (IBAM, 2005b).

A teoria diz que não importa onde as emissões ocorram, já que o aquecimento acontece no mundo inteiro, então as reduções não necessariamente precisam ser feitas dentro do mesmo país que deve reduzi-las. Desta forma, o tratado de Quioto apenas delimita as reduções no âmbito dos países desenvolvidos e deixa tais países e suas indústrias decidirem como vão fazer para reduzir as emissões. Além das reduções das emissões pelo próprio país, existem três mecanismos flexíveis disponíveis: comprar e vender reduções internas entre os países do Anexo I; utilizar o mecanismo de implementação conjunta (Joint Implementation – JI) com países do Anexo I; ou lançar mão do mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL). (UNFCCC, 2005a)

Entretanto, o Protocolo de Quioto, posteriormente confirmado pelas decisões da Conferência das Partes 7 (COP 7), prevê que tais mecanismos flexíveis devem ser apenas suplementares e não podem substituir a realização de ações domésticas

pelos países que fazem parte do Anexo I para a redução de emissão (PICOLO et al., 2003).

A decisão 15 da COP 7 reforçou e ampliou a disposição do artigo 6.1 do protocolo e estabeleceu que apenas podem participar dos mecanismos flexíveis os países que cumprirem suas obrigações de levantamento interno e comunicação externa da estimativa das emissões antrópicas e das remoções por sumidouros (PICOLO et al., 2003).

A questão da adicionalidade é endereçada de duas formas distintas. A primeira diz respeito a projetos de redução de emissão: só devem ser aceitos projetos que promovam reduções ou remoções adicionais às que ocorreriam sem a implementação do referido projeto. A outra questão da adicionalidade (decisão 17 da COP 5) estabelece que a formação de fundos públicos de países desenvolvidos para projetos de MDL não deve resultar em redução do montante de verba já antes destinada à assistência oficial para os países em desenvolvimento (PICOLO et al., 2003).

Os três mecanismos flexíveis disponíveis – Comércio de Emissões, Implementação Conjunta e Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - estão descritos nas próximas seções.

2.3.1 Comércio de Emissões

O comércio de reduções de emissões, como determinado no artigo 17 do Protocolo de Quioto, permite que países do Anexo I adquiram unidades de redução de emissões de carbono ou carbono equivalentes de outros países do Anexo I, usando as unidades compradas para cumprir seus objetivos de emissão dentro do Protocolo de Quioto. Isto permite que as partes consigam reduzir suas emissões a

um custo de oportunidade mais baixo, independente de onde as oportunidades existam (UNFCCC, 2005b).

Apenas participantes do Anexo I do Protocolo de Quioto, com comprometerimentos de redução e limitação determinados no Anexo B do protocolo, podem participar de tais negociações. A transferência de unidades de redução podem então ser feitas quando eles não mais necessitarem de tais unidades para cumprir seus objetivos de redução de emissão (UNFCCC, 2005b).

Segundo UNFCCC b (2005), existe limitação imposta pelo Protocolo de Quioto ao comércio de emissões, de forma que um determinado país não venda sua parte das reduções e não consiga cumprir seus próprios comprometerimentos de redução.

Políticas climáticas podem instituir obrigações de redução de emissão a nível nacional ou regional, como por exemplo a Inglaterra e a União Européia, que têm seus próprios mercados de comercialização de redução de emissões. Para que todas estas trocas estejam sob o guarda-chuva do Protocolo de Quioto, existem regras a serem cumpridas (UNFCCC, 2005b).

2.3.2 Implementação Conjunta

O mecanismo de Implementação Conjunta, sob o artigo 6 do Protocolo de Quioto, oferece uma alternativa para que os países do Anexo I implementem projetos que reduzam emissões ou retirem carbono da atmosfera em outros países do Anexo I, em troca de certificados de redução de emissão (CERs), que podem ser usados para atingir as metas de redução sob o protocolo (UNFCCC, 2005c).

Espera-se que a maioria dos projetos de implementação conjunta aconteça em países do Anexo I com economias em transição na Europa Oriental. O conceito

de adicionalidade deve envolver os projetos de Implementação Conjunta: a redução das emissões deve ser adicional à que poderia ter ocorrido sem o projeto. Os países do anexo I não podem usar ERUs gerados de usinas nucleares para atingir suas metas de redução de emissões (UNFCCC, 2005c).

2.3.3 Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL): Possível Financiador para Projetos de Aterros Sanitários

O mecanismo de desenvolvimento limpo, definido no Artigo 12 do Protocolo de Quioto, permite que os países do Anexo I implementem projetos que reduzam emissões em países não pertencentes ao Anexo I. Os Certificados de Redução de Emissões (CERs) gerados por tais atividades podem ser usadas pelos países do Anexo I para ajudar a atingir suas metas sob o Protocolo de Quioto. O artigo 12 também ressalta que tais projetos devem ajudar o país em desenvolvimento que hospeda o projeto a atingir o desenvolvimento sustentável, por meio de adição de recursos financeiros e tecnológicos, e desta forma contribuir para o objetivo de controlar as alterações climáticas do mundo. Assim como na Implementação Conjunta, projetos que utilizem energia nuclear não podem ser utilizados para atingir a meta estabelecida (UNFCCC d, 2005).

Nos países em desenvolvimento, os custos relacionados à implementação de projetos que diminuam emissões de GEE são, em geral, menores do que nos países desenvolvidos, e desta forma, o MDL se torna atrativo para os países pertencentes ao Anexo I. Ao mesmo tempo, não importa onde as reduções de emissão de carbono tenham sido feitas, visto que o efeito sobre a atmosfera é global (CARBONO BRASIL apud AMBIENTE BRASIL, 2005).

Após uma longa demora nas negociações políticas, o MDL foi finalmente regulamentado e embasado legalmente no Acordo de Marrakesh, em 2001. Desde que a decisão de conectar o Esquema de Comercialização de Emissões da União Européia com o Protocolo de Quioto foi tomada em 2004, o MDL é amplamente reconhecido como uma ferramenta potencialmente barata para cumprir as obrigações de redução de emissão do Protocolo de Quioto (UNEP FI, 2005).

Os projetos MDL poderão ser implementados nos setores energético, de transporte e florestal e o Brasil pode se beneficiar do MDL por meio de projetos em todos estes setores. Os aterros sanitários, questão tratada no presente trabalho, se encaixam como uma das formas de geração de energia alternativas por meio da gestão da degradação da biomassa. Dentre as alternativas da gestão da degradação da biomassa, o biogás gerado em aterros sanitários tem um alto poder calorífico, de 5.100 kcal por Nm³, maior do que o quilo de lenha (2.500 kcal) e do que o quilo de bagaço de cana (1.750 kcal), perdendo apenas para os combustíveis fósseis, como Carvão Mineral, Óleo Diesel, Gás Natural e Óleo Combustível (BANCOR, 2003).

Dentro do setor florestal, projetos de florestamento e reflorestamento podem ser realizados. No entanto, projetos que visam à redução do desmatamento e queimadas ou a conservação de florestas estão excluídos deste mecanismo até o momento. Como a maior parte das emissões de CO₂ do Brasil provem de desmatamentos e queimadas, a maior contribuição do Brasil para a redução de emissões seria através da mitigação e do controle do desmatamento e queimadas (CARBONO BRASIL apud AMBIENTE BRASIL, 2005).

O protocolo estabelece que as reduções de emissão resultantes de um projeto de MDL devem ser certificadas para que tenham validade como créditos de

carbono. A certificação deve assegurar que: (i) a participação das partes envolvidas é voluntária; (ii) os benefícios são reais, mensuráveis e de longo prazo, relacionados à mitigação da mudança do clima; (iii) existe redução de emissão adicional à que ocorreria na ausência do projeto; e (iv) haverá promoção do desenvolvimento sustentável (PICOLO et Al, 2003).

Por benefícios reais, entende-se que é preciso que ocorra a efetiva implementação do projeto que reduza a emissão de GEE. Ter benefícios mensuráveis significa que as emissões evitadas devem ser calculadas, medidas e monitoradas (PICOLO et Al, 2003).

A adicionalidade das reduções da emissão deve ser verificada segundo uma linha de base, em um cenário de referência, devendo ser estes estabelecidos conforme metodologia aprovada e registrada pela Convenção Quadro das Nações Unidas ou transparentemente detalhada para aprovação. O cenário de referência estabelece o ponto de partida da linha de base do projeto e a partir deste cenário é que são calculadas as emissões evitadas pelo projeto candidato (PICOLO et al, 2003).

Como parte da adicionalidade, o desenvolvedor do projeto deve realizar uma análise de investimento, de forma que haja evidência de que o projeto não seria uma opção econômica plausível sem que este se beneficie da venda de CERs por meio do MDL ou que barreiras específicas da implementação do projeto possam ser superadas através do registro como um projeto de MDL (UNEP FI, 2005).

A certificação de projetos deve ter sempre em vista que é imprescindível que o projeto contribua com o desenvolvimento social, econômico e na erradicação da pobreza de forma a promover o desenvolvimento sustentável do país não incluído no Anexo I. Um projeto que não comprove sua contribuição para o desenvolvimento

sustentável não pode ser registrado pelos órgãos criados como base institucional para implementação e operação do MDL. Dentro dos critérios de elegibilidade do projeto, deve haver comprovação de realização de consulta pública em relação aos *stakeholders* a cerca do impacto social e ambiental do projeto (PICOLO et al, 2003).

O processo de registro de um projeto sob o MDL é longo e complexo, pois demanda um número de passos adicionais se comparado com projetos convencionais. Algumas organizações internacionais e nacionais devem ser envolvidas e um documento do desenho do projeto (PDD) deve ser desenvolvido. Dependendo do tamanho do projeto e do tipo, os custos de transação de um projeto de MDL variam entre 50 mil e 250 mil dólares (UNEP FI, 2005).

De acordo com UNEP FI (2005), demora aproximadamente de um a três anos do estágio inicial da idéia do projeto para chegar a seu registro. Além disso, o futuro do MDL é incerto, visto que não existe ainda decisão sobre a regulação do MDL após o período de comprometimento regido pelo Protocolo de Quioto (2008 a 2012). Mesmo assim, um número crescente de agentes, especialmente instituições multilaterais e governos nacionais, estão se envolvendo com o MDL e ajudando seu mercado a amadurecer.

O *Project Design Document* (PDD) ou documento do desenho do projeto estabelece quais informações devem constar no documento de apresentação do projeto à Autoridade Nacional Designada (AND). O PDD deve ter o seguinte conteúdo: estudos de linha de base e o plano de monitoramento; aspectos institucionais e econômicos; aspectos tecnológicos; aspectos técnicos associados à mitigação dos GEE; aspectos técnicos associados ao desenvolvimento sustentável; avaliações ambientais e sociais e consultas e/ou parecer dos grupos de interesse (PICOLO et al, 2003)

Um projeto candidato ao MDL deve percorrer quatro etapas: a primeira é a validação, que é uma avaliação independente do projeto por uma Entidade Operacional acerca dos requisitos do projeto de MDL; a segunda é o registro, que consiste de uma aceitação formal pelo Conselho Executivo de um projeto validado como projeto de MDL; a terceira é a verificação, uma revisão periódica independente para a verificação posterior da efetiva redução de emissão ocorrida nas instalações do projeto de MDL; e a quarta é a certificação, que consiste de uma garantia, por escrito, pela Entidade Operacional de que, durante um período especificado, o projeto atingirá a redução de emissões antrópicas de GEE conforme apurado na verificação (PICOLO et al, 2003).

É interessante observar que há a possibilidade de utilizar as reduções certificadas de emissões obtidas durante o período de 2000 a 2008 para auxiliar no cumprimento das reduções estabelecidas durante o período compreendido entre 2008 e 2012 (CARBONO BRASIL apud AMBIENTE BRASIL).

2.4 Biogás em Aterros Sanitários e os Créditos de Carbono

Os resíduos sólidos urbanos contêm significativa parcela de matéria orgânica biodegradável. Após serem dispostos nos aterros sanitários, eles passam por um processo de digestão anaeróbica. A matéria orgânica é assim transformada em um gás conhecido como biogás, que é composto basicamente por gás metano, dióxido de carbono, nitrogênio e gás sulfídrico. Pelas características do lixo no Brasil, o biogás gerado na maioria dos aterros sanitários apresenta elevada concentração de metano (acima de 55%) e de dióxido de carbono (acima de 30%) (IBAM, 2005b).

O biogás gerado nos aterros sanitários, por contar em sua composição com metano e dióxido de carbono, contribui para o efeito estufa e, conseqüentemente,

para o aquecimento global. Assim, o biogás deve ser drenado e queimado para a mitigação dos efeitos causados pelo seu lançamento na atmosfera, transformando o metano em dióxido de carbono e vapor d'água (IBAM, 2005b).

Face ao elevado poder calorífico do biogás, em muitos aterros sanitários do mundo estão sendo implantadas unidades de geração de energia elétrica, através da queima do biogás. A geração de biogás em um aterro sanitário é iniciada alguns meses após o início do aterramento dos resíduos e continua até cerca de 15 anos após o encerramento da operação da unidade (IBAM, 2005b).

De acordo com IBAM (2005b), para que seja possível a recuperação energética do biogás, um aterro sanitário deve contar com um sistema de impermeabilização superior, para evitar a fuga do biogás para a atmosfera, com poços de drenagem de biogás e com rede de coleta e bombas de vácuo, de forma a encaminhar o biogás para a unidade de geração de energia. Também é necessário equipamentos, chamados grupos geradores, para gerar energia.

De acordo com EPA (1996), antes da implantação do projeto de geração de energia a partir do biogás, deve haver uma triagem dos possíveis projetos, que utilize critérios para determinar se um aterro tem as características corretas para gerar energia a partir de gás e que estime a quantidade de gás a ser coletada, fator crítico para determinar se a recuperação de energia do biogás é uma opção viável economicamente.

Segundo Banco Mundial apud IBAM (2005b), para que o biogás possa ser explorado comercialmente através de sua recuperação energética, o aterro sanitário deve receber no mínimo 200 toneladas/dia de resíduos, ter uma capacidade mínima de recepção da ordem de 500 mil toneladas e altura mínima de carregamento de dez metros.

Ainda de acordo com EPA (1996), o fluxo de biogás e sua quantidade dependem de diversos fatores, dentre os quais a quantidade de lixo estocado, a profundidade do aterro, sua idade, o fato de ainda estar aberto ou não e a quantidade de chuva que recebe. Os melhores candidatos à recuperação de energia são aterros que já têm pelo menos um milhão de toneladas de lixo estocadas, que ainda recebem lixo ou que foram fechados há poucos anos e cuja profundidade é no mínimo de 40 pés, ou 12,20 metros.

Portanto, a implantação de unidades de geração de energia elétrica deve ser precedida por estudos de viabilidade técnica e econômica, de forma a indicar o potencial de geração de biogás no aterro sanitário, em função da quantidade e da composição dos resíduos aterrados, além de avaliar o custo da geração de energia elétrica em comparação com o valor cobrado pela concessionária local.

Uma regra de bolso, de acordo com a publicação do EPA (1996), considera que uma taxa de geração de gás a partir de 1 milhão de pés cúbicos por dia (1 mmcf/dia) é economicamente viável. Entretanto, isto é apenas indicativo e é necessário entender as especificidades de cada localidade para se avaliar o projeto.

Algumas outras características, como o clima, o tipo de lixo e a necessidade de utilização da energia gerada nas proximidades, devem ser analisadas por ajudarem a identificar o potencial de recuperação de energia. A umidade é necessária para as bactérias quebrarem a matéria orgânica e, portanto, em áreas com precipitação média muito baixa, abaixo de 25 polegadas (ou 635 milímetros) ao ano, a quantidade de geração de gás a cada ano é relativamente baixa. O tipo de lixo predominante no aterro também é importante. O metano é gerado a partir da decomposição de material orgânico natural, como restos de alimento, e desta forma, aterros que contenham grandes proporções de lixo orgânico sintético ou material inerte, como plástico e lixo

de demolição ou construção, que apresentam decomposição lenta, devem ser candidatos menos atrativos para a recuperação energética. Isto demonstra a necessidade de associar programas de seleção do lixo, visando à reciclagem dos materiais de composição lenta. Ao mesmo tempo, a existência de um usuário para gás dentro ou perto do aterro pode transformar um aterro pequeno em um bom candidato para a recuperação energética (EPA, 1996).

Uma vez que os critérios de elegibilidade de exploração energética de aterros sanitários tenham sido cumpridos, a venda de créditos de carbono, decorrentes da redução de emissão de GEE na atmosfera, pode ajudar a viabilizar economicamente a recuperação ambiental de lixões e a implantação de energia elétrica em aterros sanitários (IBAM, 2005b). A empresa NovaGerar, de Nova Iguaçu, utilizou o mecanismo de MDL para tornar viável a construção de um novo aterro sanitário e explorar a possível geração de energia através de biogás em seu aterro novo e no seu antigo aterro, que teve suas operações encerradas recentemente.

De acordo com EPA (1996), existem diversas maneiras de estimar ex-ante o fluxo de biogás, que podem ser mais ou menos sofisticadas. Três delas estão descritas abaixo. Quanto mais sofisticadas, mais precisas são, porém mais complexas são as estimativas. Os dois primeiros métodos apresentados são estimativas e, portanto, o operador do aterro sanitário deve assumir que a quantidade real do fluxo de gás pode ser 50% maior ou menor. O último método apresentado utiliza dados do próprio aterro e, portanto, deve fornecer estimativas mais precisas.

2.4.1 Aproximação Simples

Uma aproximação simples da produção de biogás pode ser estimada usando a quantidade de lixo estocada como a única variável. A aproximação da produção de

biogás é derivada da razão quantidade de lixo/ fluxo de biogás observada em diversos outros projetos em operação, mas que podem ter características bastante diferentes do projeto em questão. Desta forma, tal método de aproximação simples deve ser utilizado apenas como ferramenta de seleção preliminar.

Os especialistas em biogás desenvolveram uma regra de bolso pela qual a taxa de geração de biogás varia de 0,05 a 0,20 pés cúbicos (cf) de gás por libra (lb) de lixo por ano, com uma média de 0,10 cf de biogás por lb por ano (EPA, 1996).

A equação resultante desta regra está apresentada abaixo e em seguida convertida para o sistema métrico:

Equação 2.1:

$$\text{Geração Anual de Biogás (cf)} = 0,10 \text{ cf/lb} * 2.000 \text{ lb/ton} * \text{estoque de lixo (ton)}$$

Equação 2.2: conversão para o sistema métrico

$$\text{Geração Anual de Biogás (m}^3\text{)} = 0,3048 \text{ m}^3\text{/lb} * 2.000 \text{ lb/ton} * \text{estoque de lixo (ton)} = 609,6 \text{ m}^3\text{/ton} * \text{estoque de lixo (ton)}$$

Como a quantidade de biogás gerado declina ao longo do tempo, com o envelhecimento do lixo, tal estimativa só é apropriada para os primeiros dois anos do projeto, se não for adicionado mais lixo. Além disso, o operador do aterro deve ajustar para baixo sua estimativa grosseira do fluxo de biogás ao longo da vida do projeto em 2 ou 3 por cento a cada ano (EPA, 1996).

2.4.2 Modelo de Decomposição de Primeira Ordem (First Order Decay Model)

Esta abordagem, retirada de EPA (1996), é utilizada para considerar taxas de geração de biogás variáveis ao longo da vida útil do aterro sanitário de um projeto proposto. Entender a taxa de fluxo de gás ao longo do tempo é crítico para avaliar a

viabilidade econômica do projeto. Este método foi utilizado pela NovaGerar para estimar seu fluxo de produção de biogás de forma a projetar quantos CERs a empresa geraria e poderia vender para viabilizar o projeto de seus dois aterros sanitários.

Para aplicar o modelo é necessário que o operador do aterro saiba ou estime as seguintes variáveis:

- R = Taxa média anual de lixo depositado durante a vida útil do aterro sanitário (lb)

- t = Tempo desde que o aterro foi aberto (anos)

- c = Tempo desde que o aterro foi fechado, se aplicável (anos)

- k = Taxa de geração de metano a partir do lixo (1/ano)

- L_0 = Potencial de geração de metano a partir do lixo (cf/lb)

O modelo de decomposição de primeira ordem é o seguinte:

Equação 2.3:

$$LFG = 2L_0R(e^{-kc} - e^{-kt})$$

Onde:

LFG = Quantidade total de biogás gerado no ano corrente (cf)

O potencial de geração de metano a partir do lixo, L_0 , representa a quantidade total de biogás que uma libra de lixo gera durante toda a sua vida e, portanto, é muito maior do que a constante de geração de gás por ano utilizada no método de Aproximação Simples. A constante de decomposição, k, representa a taxa à qual o metano é solto de cada libra de lixo.

Se tais termos fossem conhecidos com certeza, o modelo de Decomposição de Primeira Ordem calcularia a quantidade de biogás gerada de forma relativamente

precisa. Entretanto, os valores de L_0 e k variam bastante e são difíceis de estimar de forma precisa para um aterro sanitário específico.

Como os valores de L_0 e k são dependentes em parte das condições climáticas locais e características da decomposição do lixo, aterros similares em regiões vizinhas podem consultar uns aos outros, de forma a diminuir as variações dos valores potenciais. O valor médio de tais variáveis nos Estados Unidos para aterros sanitários municipais com capacidade de 2,5 milhões de toneladas de lixo ou mais, de acordo com a Environment Protection Agency (EPA), é de 2,72 cf/lb para L_0 e 0,05/ano para k . Felipetto utiliza 2,003157 cf/lb para L_0 e 0,09 para k .

Por conta da incerteza das variáveis L_0 e k , a estimativa do fluxo derivado deste modelo deve variar de menos 50% a até 50% a mais do valor encontrado.

2.4.3 Teste de Bomba

O teste de bomba é o método mais preciso para estimar a quantidade de gás e envolve diversos procedimentos, como instalação de dutos e mecanismos para monitorar a pressão e assim medir o gás coletado sob uma variedade de taxas de extração controladas. Quando se conduz um teste de bomba, é importante que os dutos sejam colocados em localidades que representem bem os resíduos de onde o gás será eventualmente retirado, já que as taxas de geração de gás podem variar de acordo com a localização dentro do aterro por conta de uma possível falta de homogeneidade do lixo. O teste também pode avaliar a qualidade do biogás retirado mas é sua realização envolve custos altos (EPA, 1996).

2.4.4 Correções de Forma a Contar com a Eficiência de Coleta

Antes de estimar a geração de gás pelos dois primeiros métodos apresentados e projetar um sistema de recuperação de energia, é necessário corrigir pela eficiência do biogás. Existem vários fatores que afetam a eficiência total de coleta de um sistema de extração de biogás e tal eficiência pode variar entre 50 e 90 por cento (EPA, 1996). A permeabilidade da camada de cobertura do aterro determina quanto do biogás gerado deve escapar através da cobertura. O espaçamento entre os dutos e sua profundidade também afetam a eficiência de coleta, assim como o chorume, o nível de água e condições meteorológicas.

Multiplicar a geração total de biogás estimada pelos dois primeiros métodos apresentados por um percentual entre 75% e 85%, que é seguido pelo PDD do NovaGerar, deve fornecer uma estimativa razoável do biogás disponível para recuperação energética. Mesmo os resultados do terceiro método ainda devem ser corrigidos pela eficiência de coleta, visto que os resultados do Teste de Bomba podem não fornecer um indicador de fluxo de gás através do aterro sanitário (EPA, 1996).

2.5 Metodologia para Comprovar Adicionalidade de Aterros Sanitarios

Existem diversas metodologias registradas como normas para registro dos projetos de MDL na Convenção Quadro das Nações Unidas para Mudanças do Clima para comprovar a adicionalidade da redução de emissões de carbono em aterros sanitários. As diferenças entre elas residem na existência de exigências do governo para que uma determinada parte do biogás seja queimado em *flares*⁵ por meio de leis ou licitações e se há geração de energia com o biogás.

⁵ *Flare*: de acordo com a EPA é um mecanismo de controle que queima materiais perigosos para prevenir seu lançamento no meio ambiente e pode ser operado continuamente ou intermitentemente, normalmente no alto de um poste. www.epa.gov/OCEPAterms/fterms.html

Caso a geração de energia não supere o consumo do aterro sanitário, a metodologia de linha de base deve ser a AM002 (Emissão de Gases de Efeito Estufa através da captura de gás de aterro sanitário e queima por meio de *flare* onde a linha de base é estabelecida por um contrato público de concessão). Esta metodologia é similar à AM003 na medida que concentra toda sua mensuração na parte da queima via *flares*, presente na AM003.

A metodologia AM0003 é aplicável quando o gás capturado é queimado em *flares* ou é usado para gerar eletricidade, mas não se reivindica créditos de carbono por ter evitado a geração de energia por outras fontes, visto que a predominância de energia limpa na matriz energética brasileira não traria benefícios significantes (a adicionalidade seria pequena) e agregaria complexidades. A AM0003 é aplicável quando as únicas alternativas plausíveis são o cenário base (com modificações pequenas) e o projeto proposto.

A metodologia utilizada para avaliar a linha de base do projeto NovaGerar é a AM003, que foi registrada junto às Nações Unidas, para atender as características do NovaGerar, cuja produção e venda de eletricidade supera a quantidade de eletricidade comprada para operar o sistema de coleta de gás metano (*Approved Baseline Methodology AM0003*, 2004). A metodologia, registrada com o objetivo de servir ao projeto NovaGerar e considerada uma metodologia simplificada, é explicada nesta seção, de forma a embasar o estudo de caso apresentado neste trabalho.

O documento de licitação do NovaGerar, que rege a sua concessão, prevê uma pequena remediação em uma de suas localidades, Marambáia, que foi desativada em 2003. Desta forma, todas as reduções de emissões provenientes de Marambáia são descontadas em 20% do seu total, muito mais do que o que seria

reduzido pela remediação do lixão, como forma de demonstrar que as reduções são adicionais ao que teria sido reduzido na ausência do projeto.

Segundo a metodologia AM0003, a redução da emissão de gases alcançada pela atividade do projeto (RE_y) durante um dado ano é a diferença entre a quantidade de metano destruída ($MD_{projeto_y}$) e a quantidade de metano que seria destruída na falta da atividade do projeto ($MD_{linhadabase_y}$) multiplicada pelo valor aprovado de potencial de aquecimento global do metano (GWP_{CH_4}):

Equação 2.4:

$$RE_y = (MD_{projeto_y} - MD_{linhadabase_y}) \times GWP_{CH_4}$$

A quantidade de metano destruída na falta do projeto é o montante de gases do aterro que seriam queimados através do *flare* levando em consideração a eficiência dos sistemas de coleta de gás que seriam impostos pelos requerimentos contratuais ou regulatórios, ou seja, o Fator de Ajuste de Eficácia (FAE). O valor utilizado como FAE é 0,20.

Pode haver desvios de tal valor que devem ser propostos e justificados. No caso do NovaGerar, a metodologia foi criada para satisfazer seu caso, desta forma, 0,20 é o valor correto e leva em consideração as exigências da prefeitura de Nova Iguaçu no momento em que fechou contrato com a S.A. Paulista. O FAE deve ser revisado no início de cada novo período de crédito⁶ levando em consideração a quantidade de queima através de *flare* de GEE que ocorre como prática comum da indústria no momento. Assim sendo, a fórmula a seguir passa a valer:

Equação 2.5:

$$MD_{linhadabase_y} = MD_{projeto_y} \times FAE$$

⁶ Para o projeto NovaGerar, o primeiro período de crédito é de sete anos, sendo renovável por mais dois períodos de sete anos cada um.

Para o Documento de Desenho do Projeto ou *Project Design Document* (PDD), as estimativas *ex ante* de redução de emissões são apenas projeções que servem de referência, visto que as reduções de emissões serão determinadas *ex post*, via medição da quantidade real de metano capturada e destruída logo que o projeto se torne operacional.

Desta forma, a estimativa de redução de emissão em um dado ano é:

Equação 2.6:

$$RE_y = MD_{projeto_y} (1 - FAE) \times GWP_{CH_4}$$

A Redução de Emissões e Metano Destruído ao ano pelo Projeto são medidos em toneladas de CO₂ equivalentes. FAE é expresso como um decimal e o valor aprovado de potencial de aquecimento global do metano (GWP_{CH₄}), até 31 de Dezembro de 2012, está estipulado em 21, segundo a metodologia AM003.

O metano destruído pela atividade do projeto durante um dado ano é determinado pela quantidade monitorada de metano realmente queimada em *flares* e usada para gerar eletricidade, de forma que:

Equação 2.7:

$$MD_{projeto_y} = MD_{flared_y} + MD_{eletricidade_y}$$

Desta forma, a primeira parte da equação, que mensura *ex-ante* a parte do metano queimada através do *flare* é:

Equação 2.8:

$$MD_{flared_y} = LFG_y \times F_{CH_4} \times FE \times D_{CH_4}$$

Onde LFG_y é a quantidade em m^3 de biogás queimada em *flares* durante o ano, medida através de um medidor de fluxo contínuo, F_{CH_4y} é o percentual de metano do biogás, medido periodicamente durante o ano. FE é a eficiência do *flare* expressada como uma fração do metano destruído, que é analisado a cada trimestre. D_{CH_4} é a densidade do metano expresso em toneladas de metano por metro cúbico de metano. De acordo com a metodologia AM0003, a densidade padrão do metano é $0,0006498 \text{ tCH}_4/m^3\text{CH}_4$, calculada pela Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA), mas no caso das condições de temperatura e pressão da localidade do NovaGerar, a densidade que deve ser utilizada é de $0,000678999 \text{ tCH}_4/m^3\text{CH}_4$. O tempo de trabalho do *flare* também é levado em consideração, e é medido através de um contador de tempo.

A segunda parte da equação, que quantifica, *ex-ante*, a parte do metano transformada em energia elétrica é apresentada abaixo:

Equação 2.9:

$$MDeletricidade_y = EG_y * HR/EC_{CH_4}$$

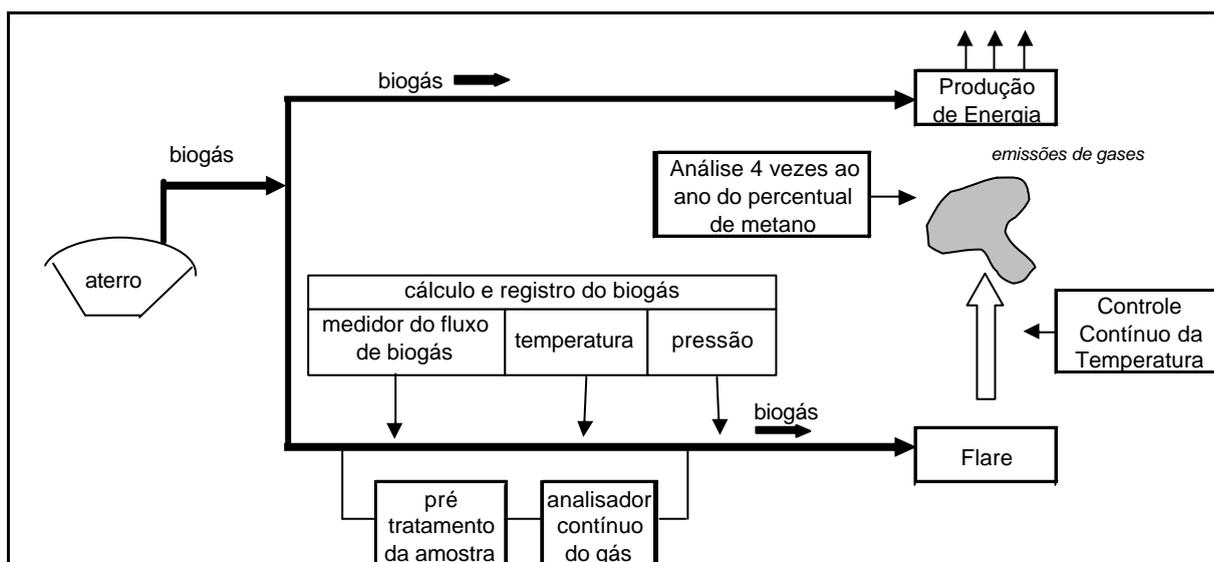
A quantidade de metano destruído pela geração de eletricidade é a quantidade de eletricidade gerada durante o ano (EG_y) medido em MWh, HR é a taxa de aquecimento medida em GJ/MWh, que é determinada por meio de testes periódicos, e EC_{CH_4} é a energia contida no metano, medida em GJ/t CH_4 .

O monitoramento da redução de emissão de GEE é feito por meio de mensuração direta da quantidade de gás do aterro capturada e destruída na plataforma de *flare* e das unidades de eletricidade geradas. O plano de monitoramento mede continuamente a quantidade e qualidade do gás queimado no *flare* e da eletricidade gerada.

Para estimar o vazamento, é necessário medir a eletricidade utilizada para bombear o equipamento do sistema de coleta. A eletricidade vendida ao sistema deve ser deduzida da eletricidade comprada antes de calcular qualquer vazamento.

Esta metodologia de monitoramento permite mensuração direta e contínua das quantidades reais de gás de aterro queimadas em *flare* e do percentual de metano contido no biogás queimado em *flare* usando um medidor de fluxo contínuo e um analisador contínuo de metano. O analisador contínuo de metano é importante porque o percentual de metano do biogás capturado pode variar em mais de 20% durante um único dia devido às condições da rede de captura de gás.

Figura 2.2 – Plano de Monitoramento do Fluxo de Biogás



fonte: Metodologia de Linha de Base AM0003, página 7

3 Metodologia

O presente trabalho utilizou um estudo de caso para ilustrar a possibilidade de criação de valor para empresas e projetos no Brasil, com base no tratamento dos resíduos sólidos urbanos, através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Quioto. A partir do caso em questão estruturou-se um modelo financeiro que pode contribuir para a difusão e multiplicação de projetos desta natureza, associando benefícios ambientais e financeiros. Visto que esta espécie de conhecimento ainda é pouco difundida no Brasil e no mundo e que não existe uma amostra significativa de projetos similares, a alternativa escolhida para tratar o assunto foi um estudo exploratório.

O NovaGerar foi escolhido como caso a ser tratado visto que foi o projeto pioneiro no Brasil na utilização dos gases provenientes de aterros sanitários para a geração de energia e redução das emissões de metano, arrecadando recursos por meio do MDL de forma a viabilizar o projeto e permitir a construção de um aterro sanitário por uma prefeitura. Quando o projeto NovaGerar foi concebido, não havia nenhum aterro no Brasil que tivesse sido projetado para canalizar e utilizar toda a quantidade de gás gerado. Desta forma, o projeto abre portas para realização de projetos similares no Brasil.

As informações utilizadas neste estudo de caso foram coletadas a partir de dados primários e secundários. Os dados primários foram coletados a partir de entrevistas estruturadas e correspondências eletrônicas com a engenheira Adriana Vilela Montenegro Felipetto e a assessora de imprensa Roberta Rocha da empresa S.A. Paulista (a ser descrita no próximo capítulo), em diversas ocasiões, e com Cynthia Souza, da Associação Ecológica Ecomarapendi, organização não governamental contratada pela S.A. Paulista para apresentar a Central de

Tratamento de Resíduos e suas ações ambientais aos visitantes, no dia 14 de Julho de 2005.

Os dados secundários foram disponibilizados ao público por meio dos *websites* dos diferentes agentes envolvidos. O Banco Mundial, em sua divisão de fundos de financiamento de projetos de MDL disponibilizou o seguinte documento:

- Financing ERPAs: A Case Study of the NovaGerar Landfill Gas Project, Apresentação de Bruce Usher, CEO do EcoSecurities Group Limited, feita no Carbon Finance Risk Mitigation Workshop Public-Private Infrastructure Advisory Facility & CDCF-Plus, 19 de Novembro de 2003, Paris. Disponível em: <http://carbonfinance.org/pcf/router.cfm?Page=DocLib&Dtype=39&ActionType=ListItems>> Acesso em: 26 jan. 2005

A ONU, abriu os principais documentos do projeto para conhecimento público, através de sua página voltada para a CQMC. O link <http://cdm.unfccc.int/Projects/DNV-CUK1095236970.6/view.html> apresenta toda a documentação disponível sobre o Projeto NovaGerar que foi necessária para seu registro como projeto de MDL nas Nações Unidas. Os documentos abaixo foram retirados de tal página:

- Project Design Document (Documento de Desenho do Projeto) preparado pela EcoSecurities para a Unidade de Financiamento de Carbono do Banco Mundial – de Fevereiro de 2004;
- Formulário de Requerimento de Registro, versão 2, entregue em Novembro de 2002 e assinado pelo responsável da Entidade Operacional Designada (Det Norske Veritas) em 3 de Setembro de 2004;
- Carta de Aprovação do governo da Holanda de 31 de Agosto de 2004;
- Carta de Autorização do governo da Holanda;

- Carta de Aprovação do governo do Brasil de 2 de Junho de 2004;
- Carta de Autorização do governo do Brasil;
- Plano de Monitoramento para projeto NovaGerar preparado pela EcoSecurities para a Divisão de MDL do Banco Mundial da Holanda, em Fevereiro de 2004;
- Relatório de Validação para o projeto NovaGerar preparado pela Det Norske Veritas, para a Unidade de Financiamento de Carbono do Banco Mundial. Emitido em: 5 de Junho de 2003. Terceira revisão em: 9 de Março de 2004;

O Ministério da Ciência e Tecnologia disponibilizou em seu *website* o documento abaixo:

- Relatório de Validação para o projeto NovaGerar preparado pela Det Norske Veritas, emitido em: 28 de Fevereiro de 2005, com a inclusão dos anexos B e C;

A empresa de engenharia S/A Paulista colocou em seu *website* o seguinte documento:

- Pesquisa de Opinião sobre a Remediação do Lixão e Implantação do Aterro Sanitário de Nova Iguaçu com Aproveitamento Energético do Gás Metano, feita pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Rio de Janeiro, em Fevereiro de 2003;

O Jornal O Globo publicou a seguinte reportagem, feita pelo jornalista Ayadano André Motta:

- Um mundo melhor, a começar pela Baixada, Caderno Razão Social, Fevereiro de 2005, p. 12

O website da empresa S.A. Paulista para o Centro de Tratamento de Resíduos de Nova Iguaçu – www.ctrnovaiguacu.com.br – colocou à disposição diversas reportagens transmitidas pela televisão e outras publicadas em jornais, além de comunicados da empresa feitos por sua assessoria de imprensa.

- Reportagem do Globo Ecologia, TV Globo, sem data
- Reportagem do RJTV, TV Globo, sem data
- Reportagem do Jornal do SBT, sem data
- Reportagem do Jornal da Globo, TV Globo, sem data
- Reportagem do RJ TV 2ª Edição, TV Globo, sem data
- Reportagem do Jornal da Band, TV Bandeirantes, sem data
- Especial Globonews “Kioto, o Protocolo da Vida”, Fevereiro de 2005
- Reportagem do Canal Futura, sem data
- “Muda o Clima em Kioto”, por Flavia Paroini, Revista Carta Capital, 1 de Dezembro de 2004, Editorial Economia

Dentro do website do projeto NovaGerar (<http://www.novagerar.com.br/projetoMGEGE.html>), está à disposição do público o Relatório Ambiental de Geração de Energia, feito para o Banco Mundial em Abril de 2003.

Para desenvolver o modelo financeiro, foram utilizadas equações retiradas da metodologia AM003 do website da UNFCCC e do livro “Turning a Liability into an Asset” do EPA, ambos citados nas Referências Bibliográficas. As medidas das fórmulas muitas vezes não estão expressas pelo sistema internacional de medidas. Foi uma decisão mantê-las como apresentadas na literatura, já que são conhecidas desta forma, mas ao longo do texto são apresentadas algumas conversões, toda vez que em que se mostra necessário para a compreensão. Seria conveniente, entretanto, a sua padronização em caso de divulgação do estudo junto à comunidade acadêmica.

Os documentos listados além das entrevistas concedidas serviram como base para a estruturação das premissas do modelo financeiro e foram utilizados para a preparação do estudo de caso, ocorrida entre os meses de Maio e Agosto de 2005.

4 Estudo de Caso: Projeto NovaGerar

A Central de Tratamento de Resíduos de Nova Iguaçu (CTR Nova Iguaçu) é o empreendimento que serve como base para o desenvolvimento do projeto NovaGerar. Uma breve descrição do CTR Nova Iguaçu é desenvolvida na seção abaixo, seguida por outras sub divisões que tratam do projeto NovaGerar.

4.1 Central de Tratamento de Resíduos de Nova Iguaçu

Em 2001, após uma licitação pública, a empresa de construção S.A. Paulista recebeu da Empresa Municipal de Limpeza Urbana do município de Nova Iguaçu (EMLURB) uma concessão de vinte anos, mais vinte anos de monitoramento posterior, para administrar o lixão de Marambáia e implantar o aterro sanitário de Adrianópolis, distantes dez quilômetros do centro de Nova Iguaçu e um quilômetro das linhas de transmissão de energia.

A implantação do novo aterro sanitário e o encerramento do lixão existente fazem parte de um programa iniciado pelo município de Nova Iguaçu que conseguiu aumentar o regime de coleta de lixo urbano para 90% do lixo gerado pela cidade.

A S.A. Paulista é uma empresa de engenharia e construção civil de médio porte, especializada em construção civil pesada como estradas, ferrovias, portos, aeroportos, indústrias e saneamento e também opera a maior estação de transferência de resíduos domésticos na América do Sul, a Transbordo Ponte Pequena, responsável por 60% de todo o lixo doméstico da cidade de São Paulo.

A S.A. Paulista é responsável pelo desenvolvimento do projeto da nova Central de Tratamento de Resíduos de Nova Iguaçu, também conhecida como Adrianópolis, compreendendo o licenciamento ambiental, a implantação e operação do aterro sanitário de Adrianópolis, além da instalação de uma unidade de

tratamento de resíduos de saúde, duas unidades de tratamento de chorume, uma unidade de reciclagem de resíduos de construção civil e uma unidade de aproveitamento energético do biogás. O aterro sanitário de Adrianópolis foi concebido para ser um aterro moderno e está autorizado a receber resíduos urbanos, industriais e de saúde (ambulatoriais e hospitalares). A limpeza pública, coleta e transporte dos resíduos estão fora do escopo do projeto.

Sua remuneração básica é a seguinte:

- Uma tarifa por tonelada de resíduos domiciliares e públicos recebidos por mês da Prefeitura de Nova Iguaçu, valor este definido na Proposta Comercial vencedora da licitação. Vale ressaltar que deste valor seria descontado um percentual de 20%, a título de franquia, pela propriedade do terreno ser da própria prefeitura e não da concessionária;

- Outras receitas da CTR, como a disposição de resíduos industriais não perigosos de grandes geradores, resíduos de saúde, créditos de carbono e geração de energia, seriam permitidas. Para tanto, um percentual de 10% da Receita Bruta deveria ser direcionado a título de outorga para a prefeitura de Nova Iguaçu.

No contrato de concessão, a S.A. Paulista também se comprometeu a reabilitar o lixão de Marambáia, aberto em 1986 e encerrado em 13 de Fevereiro de 2003, e que tem aproximadamente dois milhões de toneladas de lixo depositados. Entretanto, o contrato definia um escopo de reabilitação bastante limitado, por pretender apenas evitar acidentes com a possível combustão espontânea do biogás presente. Segundo a reportagem de O Globo, na época do seu fechamento, Marambáia recebia cerca de 1.500 toneladas de detritos por dia. Adrianópolis entrou em operação no dia 13 de Fevereiro de 2003, em uma área de 1,2 milhão de metros quadrados.

Apesar do contrato ter sido firmado em 2001 e a licença prévia de instalação ter sido outorgada no final de 2001, o aterro sanitário de Adrianópolis só começou a ser construído em Agosto de 2002, por conta de processos na justiça contra a instalação do aterro sanitário acionados por organizações não governamentais atuantes na causa ecológica. No dia 13 de Fevereiro de 2003, o aterro ficou pronto para operar e recebeu sua licença de operação. Neste mesmo dia, o fluxo de resíduos foi desviado de Marambáia para Adrianópolis e a recuperação do lixão de Marambáia começou a ser realizada.

Por conta de sua proximidade da cidade do Rio de Janeiro, Nova Iguaçu, que tem cerca de 920 mil habitantes, hospeda atualmente cerca de 600 indústrias e 2.400 estabelecimentos comerciais.

A CTR Nova Iguaçu foi organizada como uma Sociedade de Propósito Específico (SPE)⁷, abaixo da empresa S.A. Paulista, sua única patrocinadora.

O investimento total da empreiteira desde o licenciamento ambiental até a recuperação paisagística foi feito com recursos próprios e chegou a US\$ 15 milhões (ou cerca de R\$ 40 milhões em Fevereiro de 2005), sendo que cerca de US\$ 800 mil foram utilizados para estruturar o projeto nos moldes do MDL.

4.2 O projeto NovaGerar

O projeto NovaGerar começou a ser desenvolvido em 2001 e também foi organizado como uma SPE. A CTR Nova Iguaçu, junto com a S.A. Paulista, seu único acionista, cedeu os direitos de uso do biogás dos dois aterros para a sociedade de propósito específico NovaGerar. Seus dois patrocinadores são a CTR

⁷ Uma SPE é uma entidade jurídica e economicamente separada dos seus patrocinadores, mantida fora do balanço patrimonial dos acionistas e que detém os ativos e passivos do projeto. Tem como objetivo a implantação do projeto e, portanto, seu tempo de duração é limitado.

Nova Iguaçu (e, em última instância, a S.A. Paulista) com 50% e a EcoSecurities, empresa de consultoria em finanças ambientais, com 50%.

A S.A. Paulista optou por celebrar uma *joint-venture* com a empresa de consultoria, dividindo os lucros do NovaGerar com a consultoria sem que a mesma participasse nos investimentos, em vez de remunerar a EcoSecurities por seus serviços de consultoria prestados na elaboração dos documentos para ingresso no Protocolo de Quioto.

Esta opção se mostrou mais viável para a empresa de engenharia na época, cujo foco do negócio se centrava na construção pesada e na satisfação das demandas de licenciamento e construção do empreendimento. Desta forma foi feito o compartilhamento dos riscos e retornos do projeto, pioneiro nesta atividade no Brasil, quando existia uma forte incerteza em relação à sua aprovação junto às Nações Unidas para a venda de seus créditos de carbono gerados.

Com o sucesso de tal empreendimento, tal modelo de negócio necessitou ser reavaliado de forma a melhor balancear os interesses dos sócios. No momento em que este trabalho é escrito, a S.A. Paulista está em vias de adquirir a participação da EcoSecurities no projeto, de forma a ter liberdade de explorar a marca já consolidada e expandir tal negócio para outros aterros sanitários.

O NovaGerar foi o primeiro projeto no mundo a ser registrado oficialmente como um projeto de MDL do Protocolo de Quioto e sua realização foi capaz de gerar uma mudança de paradigma na maneira como se encara o lixo no Brasil. A inscrição do projeto ocorreu em 18 de Novembro de 2004, três meses antes do dia 16 de Fevereiro de 2005, quando o Protocolo de Quioto entrou em vigor oficialmente e quase quatro anos após o início de seu desenvolvimento.

Em países como o Brasil, onde existem aterros sanitários em poucas cidades, a estruturação de projetos como o NovaGerar representa uma oportunidade para promover melhores práticas e aprimorar os padrões de gestão de resíduos e aterros, de forma a criar valor para empreendedores brasileiros e contribuir para o desenvolvimento sustentável.

De acordo com o Banco Mundial (2005), o projeto pode servir de modelo para ser replicado em mais de cem outras cidades no Brasil e, portanto, é um projeto que deve ser estudado e entendido em profundidade.

4.3 Os agentes envolvidos

Além da EcoSecurities e da S.A. Paulista, diversos outros agentes estão envolvidos no projeto NovaGerar.

A geração de energia só é possível com uma autorização feita pela agência regulatória de Energia Elétrica (ANEEL).

A LIGHT, concessionária de energia elétrica do Estado do Rio de Janeiro, por sua vez, deve fechar acordos para estender a linha de transmissão de energia para a CTR Nova Iguaçu.

As licenças ambientais da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do Rio de Janeiro (FEEMA) são necessárias para que o aterro sanitário possa ser construído e operado.

O acordo de cessão dos direitos de uso do biogás do aterro, ou *Gas Supply Agreement* (GSA), permite que a SPE NovaGerar possa fazer o reaproveitamento do biogás.

Um acordo foi feito para que a SPE NovaGerar pudesse vender seu excedente de energia no atacado, por meio do Mercado Atacadista de Energia

(MAE). Os principais compradores da energia passível de ser produzida são a Light, empresa de transmissão de energia do Estado do Rio de Janeiro, e a prefeitura de Nova Iguaçu. Para tanto, será preciso firmar contratos de longo prazo de compra e venda de energia.

A empresa Det Norske Veritas (DNV) atuou como Entidade Operacional realizando a validação do projeto, de forma a comprovar que a realização do que foi proposto nos documentos do projeto era factível. Esta certificação é tratada mais ao final do capítulo e é passo indispensável para o registro da operação junto à Organização das Nações Unidas.

Foi contratada uma empresa inglesa de extenso conhecimento e experiência mundial em aproveitamento de gás em aterros. Um contrato *Build-Operate-Transfer* (BOT)⁸ foi celebrado. A empresa contratada se compromete a fazer todos os investimentos, implanta e opera os sistemas de gás, cobrando um preço fixo para a operação e manutenção das unidades e um preço variável como percentual dos créditos de carbono recebidos para pagamento dos investimentos realizados.

A Organização de Desenvolvimento Limpo do Banco Mundial da Holanda (WB NCDF), que financia projetos de MDL, é o comprador dos CERs do Projeto NovaGerar, em nome do governo da Holanda e seu consignatário, ou trustee, é o Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD).

O WB NCDF foi criado em Abril de 2002, a partir de um acordo entre o governo da Holanda e o BIRD, pelo qual o Banco Mundial se compromete a prestar assistência ao governo da Holanda na aquisição de CERs gerados por projetos de MDL. O objetivo inicial do WB NCDF era investir até €70 milhões nos dois primeiros

⁸ BOT: constrói – administra pelo tempo determinado em contrato – devolve ao dono do empreendimento

anos de seu acordo. Sua capitalização total em Novembro de 2004 era de €136 milhões, ou aproximadamente 31 milhões de toneladas de carbono equivalentes.

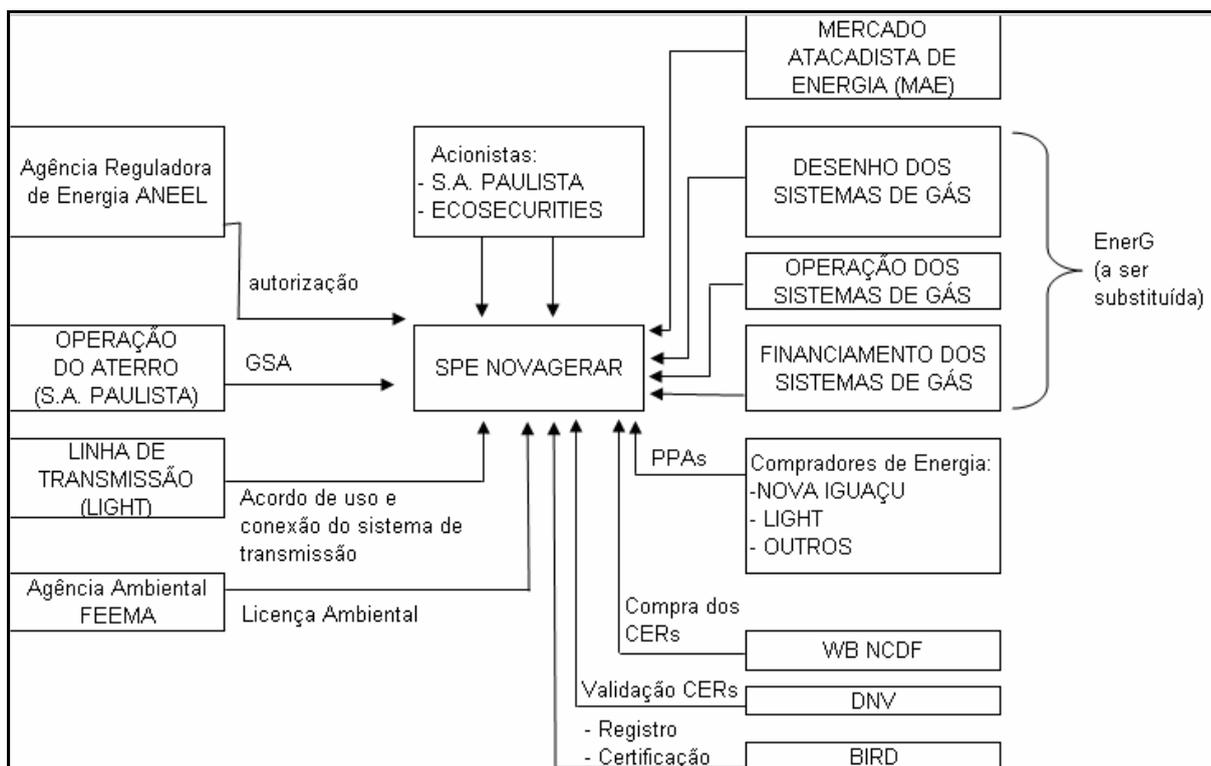
Segundo o acordo, realizado em 2 de Setembro de 2004, o *trustee* deve servir como ponto focal para toda comunicação relacionada ao Projeto NovaGerar com o Comitê Executivo e o Secretariado da UNFCCC, em particular sobre as instruções em relação à alocação dos CERs após sua emissão.

Na carta de aprovação do governo da Holanda, assinada em 31 de Agosto de 2004, o governo afirma que deve utilizar financiamento público para a compra dos CERs mas que este financiamento é separado e não conta para as obrigações do estado holandês para com a assistência oficial ao desenvolvimento, condição necessária para a utilização do MDL.

O acordo de venda foi feito para 2,535 milhões de toneladas de CO₂equivalentes entre o ano de 2004 e 2012 inclusive. O montante de €8.492.250 é entregue em parcelas correspondentes à geração de CERs, sessenta dias após a comprovação da geração dos créditos de carbono.

A figura 4.1 abaixo apresenta os principais participantes do projeto.

Figura 4.1 – Os Principais Participantes do Projeto NovaGerar



Fonte: Apresentação Responsabilidade Social e Monitoramento Ambiental da empresa S.A. Paulista

4.4 Objetivo e Estágio Atual do Projeto

O objetivo do NovaGerar é a redução das emissões de gases de efeito estufa por meio da geração de energia contida no biogás ou através da queima controlada do gás presente nas duas localidades citadas. Para tanto, o projeto exige investimentos em canalização de gás, sistema de drenagem de chorume, *flares* para a queima controlada do biogás e, em caso de opção pela geração de energia, é necessário contar com plantas modulares de geração de eletricidade e geradores de energia em cada uma das localidades. Os geradores fazem a combustão do metano e produzem eletricidade que é encaminhada para a linha de transmissão. O excesso de gás do aterro e todo o gás coletado em períodos quando a energia não é produzida deve ser queimado em *flares*.

Na época em que o projeto foi aprovado, o PDD esperava que a geração de energia e a queima dos gases através de *flares*, reduzissem as emissões de GEE em 14,072 milhões de toneladas de CO₂ equivalentes nos próximos 21 anos. Além disso, era esperado que a realização do projeto em questão evitasse a geração de energia que poderia ser produzida por meio de combustíveis fósseis, na medida que uma determinada quantidade da energia limpa seria produzida e vendida localmente. Vale ressaltar, entretanto, que estas reduções não seriam reivindicadas por meio do Protocolo de Quioto para o projeto NovaGerar.

O efeito positivo causado na saúde e bem estar da área local é a principal externalidade positiva do projeto, visto que o chorume passa a ser tratado e deixa de afetar a qualidade da água da região. Entretanto, o valor de tal externalidade positiva causada não foi calculado no presente trabalho. O projeto também deve ter um impacto pequeno, mas positivo, no nível de emprego local. Além disso, como condição da licença municipal, o NovaGerar deve doar aproximadamente 10% da eletricidade que vier a ser gerada no local para o município de Nova Iguaçu, que deve utilizar tal benefício para iluminação pública em geral.

Pelo fato de o NovaGerar ser um projeto pioneiro, ocorreram algumas alterações no projeto inicial e fez-se necessário efetuar alguns ajustes. As negociações entre os dois acionistas para a venda da parte da EcoSecurities no NovaGerar consumiram as atenções dos acionistas e contribuíram para prejudicar o andamento do cronograma de investimentos planejado.

Uma nova empresa deve ser contratada para gerir o aproveitamento do biogás. O contrato atual prevê que a empresa cobre um preço fixo e um percentual dos créditos de carbono recebidos para realizar a geração de energia, se for viável, ou a queima controlada do biogás em *flares*. O monitoramento do processo também

faz parte das responsabilidades da empresa. O novo contrato com um outro fornecedor, ainda não fechado, deve prever apenas um percentual dos créditos de carbono como remuneração, seguindo a lógica de compartilhamento de riscos e retornos de um *Project Finance*. Enquanto não se chega ao fim de tais negociações, há um atraso no cronograma de reduções de emissão, visto que ainda não existem *flares* para a queima controlada com a eficiência desejada nem os equipamentos para geração de energia. O monitoramento do processo tampouco está sendo feito de forma auditável, pois depende de determinados equipamentos que devem ser instalados por conta da empresa operadora.

Novas projeções mais realistas de redução de emissões foram calculadas. O percentual de perdas do biogás produzido passou a ser considerado variável de acordo com o avanço do aterro, com o percentual de perdas decrescendo com os anos, à medida que as células são encerradas e seladas e não sofrem mais os impactos e perdas de operação. Este aperfeiçoamento na forma de projetar o biogás capturado, junto com valores mais realistas de estoque e depósito de lixo, traz resultados mais realistas, mas reduz a projeção de créditos de carbono a serem gerados.

O atraso da queima controlada, das medições apuradas e a melhor estimativa das reduções, aliados ao grande aumento dos preços dos créditos de carbono ocorrido no mercado internacional com a entrada oficial em vigor do Protocolo de Quioto e do Mercado Europeu, são motivos para que haja uma repactuação do contrato de compra e venda de reduções de emissão (ERPA) firmado com o Governo da Holanda.

No novo *Emission Reduction Purchase Agreement* (ERPA), ou o contrato de compra de reduções de emissão, as partes estão dispostas a corrigir o preço dos

créditos de carbono, antes pactuados em € 3,35 por tonelada, e um novo cronograma de entrega está sendo estudado. O novo ERPA deve ser assinado assim que forem finalizadas as negociações de compra e venda entre os acionistas do projeto.

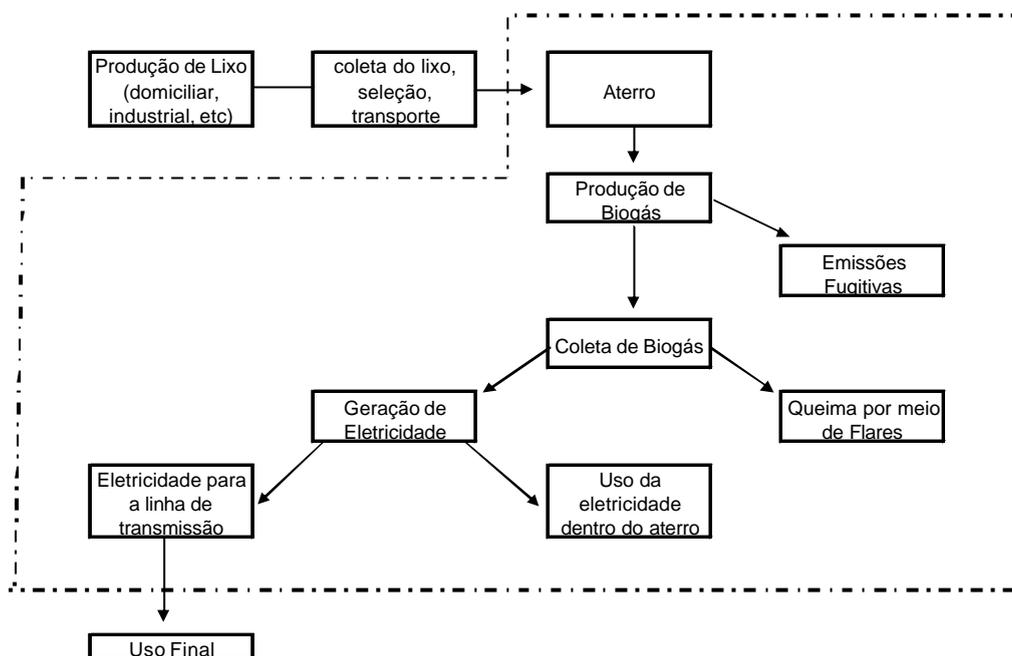
Outra alteração em curso é o questionamento sobre a viabilidade de geração de energia. Os preços oferecidos para a energia proveniente do aterro no momento que este trabalho foi desenvolvido (ano de 2005) não tornam viável a geração de eletricidade. Ao mesmo tempo, não há diferença na quantidade de créditos de carbono gerados pela queima do biogás em flares ou sua combustão para a geração de energia. O biogás será então queimado em flares e a possibilidade de geração de energia fica em aberto. Só serão comprados os equipamentos caso haja uma demanda garantida de longo prazo a preços compensadores e a prefeitura só se beneficia da sua parte na energia caso haja viabilidade financeira na sua geração.

O NovaGerar só deve pensar em comercializar os créditos de carbono que porventura sobrem após servir o que foi pactuado com o BIRD e o governo holandês.

4.5 Limites do projeto

Os limites do projeto, conforme delimitado no documento de concepção, o PDD, estão apresentados na figura 4.2.

Figura 4.2 – Limites do Projeto



Fonte: PDD, pág 14

Apenas a área compreendida dentro da linha pontilhada na figura acima é considerada na mitigação das emissões de carbono equivalente. Os cálculos do PDD consideram que é possível estimar que apenas 85% do biogás gerado nos aterros será capturado, de forma que os 15% restantes devem ser consideradas emissões fugitivas, contra 100% de emissões fugitivas no cenário BAU.

De acordo com projeções mais recentes, apresentadas na tabela 4.1 a seguir, a captura do biogás gerado no aterro de Adrianópolis (CTR Nova Iguaçu) deve ser variável, de acordo com o avanço do aterro e o encerramento das células. Para Marambáia, é previsto que em 2005 o aproveitamento do biogás seja de 50% e a partir de então passe a ser capturado 85%.

Tabela 4.1 – Percentual de Biogás a ser Coletado ao Longo dos Anos em Adrianópolis

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
% gás coletado	67%	68%	70%	71%	73%	75%	76%	78%	80%
% perdas	33%	32%	30%	29%	27%	25%	24%	22%	20%

fonte: Felipetto (2005), p. 91

Não são contabilizadas as emissões de GEE: (i) como consequência do transporte dos equipamentos às localidades de Marambáia e Adrianópolis; (ii) derivados do transporte do lixo até as localidades; (iii) devido à construção e reforma das localidades de depósito do lixo. A construção dos sistemas de coleta e utilização do biogás levaria a um aumento de emissão de GEE. Entretanto, estas emissões são insignificantes e também ocorreriam se fosse construída capacidade de geração de energia de outra forma.

4.6 Tecnologia Empregada

A tecnologia empregada no projeto é considerada de ponta, de forma a minimizar problemas na administração do condensado, tratar o chorume de forma adequada, coletar o máximo possível de gás e minimizar os custos.

É utilizada uma manta sintética, de forma a impermeabilizar o solo e evitar a contaminação do mesmo pelo chorume. Uma rede subterrânea de dutos e tubos foi instalada, para canalizar o biogás tanto para a geração de energia como para ser queimado por meio de *flares*.

O processo de geração de energia dentro do complexo é dividido em quatro sistemas de utilização completamente independentes, de forma a melhorar o gerenciamento, visto que pequenas instalações de até 4MW são menos complexas do que apenas uma de 10MW. Ao mesmo tempo, diminui-se os riscos associados a

grandes complexos. Este processo de geração de energia permite que uma instalação seja comprada de cada vez, de acordo com a demanda.

Cada sistema independente consiste em até quatro geradores e uma bomba de gás de 2.500 m³/hora com alta temperatura de combustão. O biogás será fornecido a cada gerador por meio de uma tubulação de envio comum que passa por baixo de cada gerador e pode ser destinado ao *flare* para ser queimado, como alternativa. Os sistemas independentes são interligados de forma a fornecer o grau de flexibilidade necessário.

Como a geração de energia é feita a partir de pequenas unidades de geradores modulares, é possível realocar o equipamento a outras localidades quando há diminuição do volume de gás ao longo do tempo, conforme apresentado na tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Cronograma Previsto para a Instalação de Motores e Potencia Instalada Total ao Ano

Anos	No de Motores em Operação			Potência Instalada (KW)		
	Marambáia	Adrianópolis	Total Motores	Marambáia	Adrianópolis	Total
2003	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0
2005	1	2	3	726	1452	2178
2006	1	3	4	726	2179	2905
2007	1	4	5	726	2905	3631
2008	1	6	7	726	4357	5083
2009	1	8	9	726	5809	6535
2010	1	10	11	726	7262	7988
2011	1	11	12	726	7988	8714
2012	0	12	12	0	8714	8714
2013	0	12	12	0	8714	8714

fonte: Relatório Ambiental de Geração de Energia página 22, Abril de 2003

Vale ressaltar que a política da empresa é de realizar os investimentos nos equipamentos de geração de energia apenas se os preços de eletricidade praticados no mercado permitirem o retorno do investimento. Caso não seja possível celebrar um contrato de longo prazo de venda de energia a um preço que torne viável a

produção de energia elétrica, o biogás deve ser apenas queimado por meio de *flares*.

Os créditos de carbono, sendo concedidos quando há destruição do metano tanto pela combustão do biogás para a geração de energia quanto pela sua queima controlada por meio de flares, formam as receitas que tornam possível construir um aterro sanitário sofisticado nas condições da CTR Nova Iguaçu, fazendo possível evitar emissões fugitivas e permitindo que o meio ambiente não sofra alterações por conta do depósito dos resíduos sólidos. As receitas provenientes da possível geração de energia devem ser confrontadas apenas com seus custos de geração, não alterando o projeto proposto e aprovado pelas Nações Unidas.

4.7 Metodologia de linha de base e adicionalidade aplicadas ao projeto

A linha de base e a adicionalidade do projeto devem ser calculadas de forma a mostrar que existe redução de emissões de carbono-equivalentes adicional à que ocorreria na ausência do projeto e que os benefícios de mitigação das mudanças climáticas são reais, mensuráveis e de longo prazo.

Para determinar a linha de base e adicionalidade do projeto, é necessário seguir um número de passos, uma vez que as alternativas de cenários tenham sido reduzidas para duas: o *business as usual* (BAU), que é a continuidade da situação atual, onde a utilização do biogás não é feita e as emissões de carbono-equivalentes não são alteradas, e o projeto alternativo proposto, que utiliza o biogás para a geração de energia e promove redução das emissões de carbono.

1º passo: fornecer uma justificativa convincente de que não existe cenário de base plausível além dos cenários do projeto alternativo proposto e do BAU. O cenário de linha de base é definido como o cenário mais provável no futuro, na

ausência do projeto proposto sob o MDL. De acordo com a análise das práticas atuais e a regulação atual⁹ e previsível no setor de gestão de detritos sólidos, o único cenário plausível é a continuidade do lançamento sem controle de gases provenientes da deterioração do lixo na atmosfera e a não utilização do biogás para a geração de energia, como acontece na maior parte dos municípios do Brasil.

Dada a atual regulação do setor no Brasil, a localização do aterro de Adrianópolis (cinco quilômetros distante da parte urbana da cidade) e o final da operação do lixão de Marambaia, não existe razão para que fosse instalado um sistema intermediário de tratamento do biogás, que ventilasse e coletasse algum gás para sua queima de forma a diminuir o odor e a aumentar a segurança, mas sem a geração de créditos de carbono e o possível aproveitamento energético, visto que seria economicamente não atraente já que envolveria custos sem receitas correspondentes. Desta forma, o BAU é determinado como a linha de base para o projeto NovaGerar.

2º passo: calcular a Taxa Interna de Retorno (TIR) para o cenário do projeto alternativo proposto sem incluir a receita da venda dos CERs, com premissas que tendem a maximizar a TIR do cenário projetado, de forma que se comprove a real necessidade da receita dos CERs para a viabilização do projeto.

O cálculo deve incluir o custo incremental do investimento, das operações e manutenção bem como todos os outros custos de transformar o cenário BAU no projeto proposto. O cálculo também deve incluir todas as receitas geradas pela

⁹ A legislação brasileira não exige que aterros coletem ou canalizem o biogás. Nos poucos casos onde há coleta do biogás, ela é feita por razões de segurança (evitar explosões), e freqüentemente as quantidades efetivamente capturadas são muito baixas, devido ao alto nível de chorume (que freqüentemente não é drenado ou tratado) que bloqueia os tubos de drenagem. A implementação de uma legislação de proteção ambiental é muito demorada e o Ministério do Meio Ambiente brasileiro não tem planos de implementar uma legislação exigindo a coleta e queima dos gases de aterros sanitários no médio prazo.

atividade do projeto, incluindo receitas de venda de eletricidade e diminuições de custos devido às compras de eletricidade evitadas.

Para que seja garantido que a TIR calculada foi a máxima possível de ser alcançada, deve ser obtida a opinião de especialistas e o projeto deve ser validado pela Entidade Operacional.

3º passo: é necessário determinar se a TIR máxima do projeto sem os créditos de carbono é significativamente abaixo de uma TIR esperada e aceitável para um projeto ou alternativa de investimento comparável no mesmo país. Para tanto, é necessário saber as taxas de juros de títulos do governo local ou outras estimativas apropriadas de custo de capital, além de obter pareceres de especialistas sobre a TIR adequada para este projeto ou para projetos comparáveis. Outras *hurdle rates*¹⁰ que possam ser aplicadas para o país ou setor também podem ser usadas.

A escolha de uma TIR aceitável deve ser justificada. Se a TIR do projeto é claramente e significativamente abaixo de uma TIR considerada aceitável, então a realização do projeto não é economicamente atrativa sem a receita proveniente dos créditos de carbono. Como o projeto não seria realizado no futuro sem o incentivo dos créditos de carbono, ele não faz parte da linha de base. Desta forma, prova-se que o projeto é adicional.

4º passo: Analisar o desenvolvimento previsto do cenário mais provável durante o período de crédito e fornecer uma descrição resumida do projeto.

Os determinantes da linha de base são: as leis aplicáveis para aterros sanitários e a utilização econômica do biogás. Se a regulação para captura de biogás se modificar, o cenário de linha de base deve ser modificado no futuro para

¹⁰ *Hurdle rate* significa taxa de barreira: abaixo de uma certa taxa existe uma barreira para o desenvolvimento do projeto.

cumprir tais exigências. Também é possível que haja mudanças na utilização de biogás que gerem aumento de lucratividade suficiente para o biogás, sem que haja necessidade de financiamento por meio de créditos de carbono. Se isto ocorrer, o cenário de base também deve ser modificado.

Mesmo sem exigências regulatórias, de forma a ser conservador e para melhorar a integridade do projeto, todas as reduções de emissões provenientes de Marambáia são descontadas de 20%. Isto se deve ao contrato entre o operador e as autoridades municipais, que prevê remediação do lixão existente e instalação de uma rede rudimentar de drenagem de gás e alguns *flares* por questões de segurança.

O documento da licitação exige a instalação de poços de drenagem passivos com 50 metros de intervalo e com dois metros de profundidade. Apesar de ser incerto o volume exato de gás que este sistema capturaria, é muito provável que o volume capturado seja bastante baixo dado que a maior parte do metano é gerado em camadas mais profundas do aterro. O fluxo de gás das camadas mais superficiais, onde a decomposição é na maior parte aeróbica, poderia ser tão baixa que não seria possível queimar por meio de *flares*, sendo possível apenas fazer exaustão dos gases.

Os documentos do leilão não especificam o percentual de gás a ser coletado e queimado através de *flares*. Dado que Marambáia está localizada longe dos centros urbanos, é razoável assumir que não mais de 20% do gás seria queimado em *flares* (ao contrário de simplesmente exaustão) para suficientemente mitigar o risco de explosões. Não é feito desconto nas reduções das emissões de GEE em Adrianópolis visto que não há exigências contratuais nem regulatórias para queimar o biogás por meio de *flares*.

4.8 Monitoramento

As projeções apresentadas nos documentos e calculadas no presente trabalho são apenas estimativas que servem de referência para as reais reduções de emissões, de forma a ajudar na projeção do fluxo de caixa do empreendimento e para fechamento de contratos de compra e venda de créditos de carbono.

A medição da quantidade real de metano capturada e destruída, o verdadeiro crédito de carbono, deve começar a ser feita logo que o projeto se torne operacional, de forma a permitir que o pagamento pelos créditos de carbono efetivamente gerados seja efetuado. Para tanto, os dados da tabela 4.3 devem ser coletados para monitorar e calcular diretamente as reduções de emissão.

Tabela 4.3 – Dados a serem coletados de forma a monitorar as emissões provenientes da atividade do projeto

	Dados a serem verificados	Unidade dos dados	Mensuração (m), cálculo (c) ou estimativa	Frequência de gravação dos dados	Proporção dos dados monitorados
1	Fluxo de biogás para os flares	M ³	m	Contínua	100%
2	Eletricidade bruta produzida	MWh	m	Contínua	100%
3	Taxa de aquecimento do gerador	GJ/MWh	m & c	Semi-anual	Semi-anual ou dependendo da variação ocorrida em relação à mensuração anterior
4	Eficiência do flare	%	m & c	Semi-anual	Semi-anual ou dependendo da variação ocorrida em relação à mensuração anterior
5	Fração do Metano no biogás	%	m & c	Contínua	100%

Fonte: PDD, página 17

Tais dados devem ser arquivados em planilha eletrônica por dois anos além da duração do período de crédito do projeto. Os dados de 1, 2 e 5 devem ser agregados mensalmente e anualmente. Os dados de 3 e 4 podem ser usados para corrigir eventuais não conformidades.

Práticas de controle de qualidade e certificação de qualidade devem ser implementadas no contexto do projeto NovaGerar, como: (i) Registro Diário de Monitoramento, que monitora diariamente a performance das máquinas por meio de ligações de telemetria entre o escritório e as máquinas; (ii) Registro de Monitoramento do Campo de Gás, que semanalmente analisa cada poço de gás, procurando por anomalias de forma a corrigi-las; (iii) lista de verificação rotineira para todos os técnicos locais; (iv) auditoria das localidades pelos gerentes de engenharia, operações e treinamento; (v) revisões periódicas nos geradores de energia de acordo com período de serviço, de forma a monitorar variações na taxa de aquecimento (HR) dos geradores, que deve se manter constante por conta da manutenção rigorosa; (vi) e calibragem mensal do equipamento de mensuração, de acordo com as exigências do Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO).

Ações corretivas devem ser tomadas uma vez que se tenha detectado não conformidade a partir das constatações das práticas de controle. Além disso, o NovaGerar deve colocar à disposição do município o Manual Operacional, que inclui um mapeamento dos procedimentos para treinamento, instalação de capacidade, manejo correto do equipamento, planos de emergência e segurança. A FEEMA monitora o cumprimento do Manual Operacional como uma pré-condição para o fornecimento da licença operacional para o projeto e as operações no aterro sanitário.

Os dados a serem monitorados têm baixo nível de incerteza e a todos foram destinados procedimentos de controle de qualidade e certificação de qualidade. O medidor do fluxo de biogás para os *flares* e o analisador da fração do metano no biogás devem ser sujeitos a manutenção regular e teste para garantir a precisão, assim como a eletricidade produzida, de forma a avaliar se há vazamentos no sistema, que por sua vez é duplamente verificada pela companhia de distribuição de eletricidade. A taxa de aquecimento do gerador e a eficiência do *flare* também devem ser monitoradas regularmente, com verificação anual para a taxa de aquecimento do gerador e calibragem anual para a eficiência do *flare*.

Uma vistoria dos doze aterros sanitários apresentados na tabela 4.4 abaixo e que formam o grupo de controle do NovaGerar será conduzida a cada sete anos, de forma a rever as premissas do empreendimento e garantir que as premissas da linha de base ainda se mantêm ou indicar se a linha de base do projeto deve ser reavaliada.

Tabela 4.4 – Grupo de Controle do NovaGerar:

Depósitos de Lixo	Total do lixo depositado (milhões de toneladas)	Taxa de depósito (toneladas/dia)	Estado Atual de Tratamento
Natal (RN)	8,0	450,0	Sem sistema de exaustão e sem queima via flare
Salvador (BA)	2,5	2.500,0	Apenas sistema de exaustão natural, sem queima controlada via flare
São João (SP)	17,0	6.500,0	Apenas sistema de exaustão natural, sem queima controlada via flare
Cariacica (ES)	4,3	800,0	Sem sistema de exaustão e sem queima via flare
Marambaia (RJ)	3,0	1.100,0	Sem sistema de exaustão e sem queima via flare
Guarulhos (SP)	3,5	1.000,0	Apenas sistema de exaustão natural, sem queima controlada via flare
Itaquacetuba (SP)	2,0	2.000,0	Apenas sistema de exaustão natural, sem queima controlada via flare
Maua (SP)	3,0	1.500,0	Apenas sistema de exaustão natural, sem queima controlada via flare
Osasco (SP)	3,4	500,0	Apenas sistema de exaustão natural, sem queima controlada via flare
Florianópolis (SC)	1,2	350,0	Apenas sistema de exaustão natural, sem queima controlada via flare
Gravatá (RS)	4,3	1.000,0	Apenas sistema de exaustão natural, sem queima controlada via flare
João Pessoa (PB)	2,8	400,0	Sem sistema de exaustão e sem queima via flare
Total	55,0	18.100	

fonte: Plano de Monitoramento, Abril de 2004, página 14

O valor calorífico do metano, seu potencial de aquecimento global e sua densidade, apresentados na tabela 4.5 abaixo, são considerados constantes e por isso estão fora do escopo de monitoramento.

Tabela 4.5 – Constantes Utilizadas no Cálculo das Emissões

Constante	Valor	Referência
Valor Calorífico do Metano (GJ/m ³ CH ₄)	0,0357	US EPA
Potencial de Aquecimento Global do Metano	21	UNFCCC
Densidade do Metano (t/m ³)	0,00067899	US EPA

fonte: página 15 do Plano de Monitoramento

As variáveis na tabela 4.6 abaixo foram derivadas de consultorias e companhias de engenharia. Como os valores estão sujeitos a modificações ao longo do tempo, serão alvos de procedimentos periódicos de controle de qualidade para confirmação e validação.

Tabela 4.6 – Variáveis Sujeitas a Modificações Utilizadas no Cálculo das Emissões

Variáveis	Valor	Referência
Fração do Metano no Biogás (%)	50	EnerTech Consulting Engineers
Taxa de Aquecimento do Gerador (GJ/MWh)	10.000	EnerG
Eficiência do Flare (%)	98	EnerG

fonte: página 15 do Plano de Monitoramento

Além disso, uma revisão anual da legislação brasileira em relação à coleta e queima por meio de *flares* do biogás deve ser feita como parte do Plano de Monitoramento. Caso mudanças regulatórias ocorridas passem a requerer um certo nível de *flaring* mesmo em aterros já operantes, deve ser decidido se as Reduções de Emissões reivindicadas da localidade de Adrianópolis devem ser descontadas por um determinado percentual e se o desconto de 20% ainda é apropriado para Marambáia ou deve ser aumentado. O desconto deve ser proposto pelo NovaGerar

e ser revisto e verificado pela Entidade Operacional Designada no contexto da verificação periódica.

Adicionalmente, o NovaGerar garante que a equipe encarregada receberá o treinamento apropriado na implementação do Plano de Monitoramento e do projeto em si.

Devido aos atrasos na recontração da empresa especializada na montagem dos equipamentos para queima, aproveitamento do biogás e monitoramento das reduções de emissão de GEE, o Plano de Monitoramento só começou a ser implementado no final do ano de 2005.

4.9 Desenvolvimento Sustentável e Consulta Pública aos Grupos de Interesse

O protocolo estabelece que as reduções de emissão resultantes de um projeto de MDL devem ser certificadas para que tenham validade como créditos de carbono. A certificação deve assegurar que, dentre outros aspectos, a participação das partes envolvidas é voluntária e que haverá promoção do desenvolvimento sustentável (PICOLO et al, 2003).

O governo brasileiro não estabeleceu ainda nenhuma meta de desenvolvimento sustentável. Desta forma, foram escolhidos alguns indicadores para o desenvolvimento sustentável por serem coerentes com o projeto: monitoramento da qualidade da água e do solo, da biodiversidade, do cuidado com a saúde do trabalhador, da criação de empregos, da remediação de Marambáia e da restauração da mata nativa.

O desenvolvimento sustentável é promovido, pois as melhores práticas de tratamento dos resíduos sólidos têm impactos ambientais positivos significativos tanto no sentido de mitigar o efeito estufa quanto no aspecto local, já que o

tratamento de lixo gera externalidades positivas para a população local, além da potencial geração de energia limpa para o município e para venda.

Durante o processo de encerramento do lixão de Marambáia, foram realizados vários programas de capacitação, de forma que as pessoas que ganhavam seu sustento ali pudessem ser inseridas no mercado de trabalho. Parte desse pessoal foi contratada para trabalhar nos viveiros do aterro. Outros, depois de profissionalizados, foram absorvidos por outras empresas do município. Também foi organizada, em parceria com a prefeitura, uma cooperativa de reciclagem de lixo e todos os antigos catadores passaram a receber cestas básicas mensais do município.

O processo de consulta para o projeto NovaGerar incluiu ambas as localidades, Marambáia e Adrianópolis, e foi desenvolvido pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental e o relatório sobre a pesquisa foi colocado à disposição do público. O projeto foi explicado em audiência pública para os grupos de interesse. Os grupos alvos foram divididos em: (i) representantes do setor público; (ii) organizações não-governamentais; (iii) representantes do setor privado; (iv) organização internacional de mudança climática; e (v) catadores de lixo.

Nenhum dos grupos de interesse se opôs ao projeto e todos participaram dele de forma voluntária. 50% dos grupos de interesse reconhecem a contribuição do projeto para a mitigação dos impactos do aquecimento global. Os grupos consideravam importante a iniciativa e acreditavam que o projeto deve trazer apenas benefícios para a cidade e a população. Além disso, os *stakeholders* consideram que o projeto contribui para o desenvolvimento sustentável.

Todos os catadores de lixo antes presentes em Marambáia foram entrevistados e oitenta deles foram legalmente contratados para a construção das duas localidades pela empresa S.A. Paulista.

4.10 Validação do Projeto

A validação do projeto, que começou em Novembro de 2002 e terminou em Agosto de 2004, foi feita pela empresa Det Norske Veritas. A validação do projeto consistiu em três etapas:

- 1) Revisão dos documentos do desenho do projeto e metodologia de monitoramento, entre Dezembro de 2002 e Fevereiro de 2004;
- 2) Entrevistas com os *stakeholders*, em Fevereiro de 2004;
- 3) Resolução de questões levantadas e validação final do relatório de opinião (Fevereiro de 2003 a Agosto de 2004).

De acordo com o relatório da empresa DNV, os cálculos e a documentação das emissões de GEE estavam completos e transparentes. As metodologias e cálculos eram apropriados e deveriam ser suficientemente precisos. Entretanto, os valores usados para a eficiência de coleta de gás não foram vistos como conservadores e o projeto pode resultar em menor redução de emissões do que o estimado.

Novas estimativas de eficiência de coleta de gás foram adotados pelo NovaGerar após seu registro como projeto de MDL, o que regulariza tal situação.

4.11 Riscos Envolvidos

De acordo com a apresentação “Financing ERPAs: A Case Study of NovaGerar Landfill Gas Project”, da EcoSecurities, os riscos específicos do projeto são divididos em duas categorias: riscos operacionais e de contrapartes. Os riscos operacionais do projeto englobam os riscos de construção, de performance e de subprodução de CERs.

Os riscos operacionais são tratados pela literatura clássica de *project finance* e desta forma, podem ser mitigados quando as tecnologias são maduras. No caso do projeto NovaGerar, pelo fato de sua tecnologia não ser ainda madura, o risco de subprodução de CERs é um ponto importante e que está sendo tratado no novo ERPA.

Uma possível sub produção dos créditos de carbono pode acontecer devido ao pioneirismo do projeto, que torna difícil a projeção das reduções de emissão de GEE. Para os próximos projetos de aterros sanitários, tal preocupação será menos relevante por conta da experiência adquirida neste projeto pioneiro. Entretanto, tal sub produção de créditos de carbono não deve atrapalhar o serviço do novo ERPA, com cronograma de entrega já ajustado para o atraso na produção dos créditos de carbono.

Dentro dos riscos de construção, é possível destacar a alteração na escolha do parceiro para gerar o aproveitamento e queima do biogás canalizado, que levou ao atraso da produção de CERs.

Os riscos de contraparte envolvem a quebra de contrato da compra das reduções de emissão, tanto da parte do comprador quanto da parte do vendedor. Também pode haver fraude, falência por parte do desenvolvedor do projeto ou

quebra no contrato de PPA¹¹. Os riscos de contraparte podem ser mitigados com um forte suporte de estrutura e documentação e mesmo em casos de falência do desenvolvedor do projeto, cujo risco é baixo, o projeto continua a funcionar. Para tanto, o projeto NovaGerar e a CTR Nova Iguaçu foram desenvolvidos como empresas de propósito específico, segregando assim seus ativos e passivos das empresas S.A. Paulista e EcoSecurities. Além disso, o contrato de compra dos CERs é feito com um valor fixo, em uma moeda forte proveniente de um país comprador desenvolvido.

Os riscos em relação ao financiamento de créditos de carbono se dividem em quatro tipos: risco político, risco país, risco do tempo de desenvolvimento e risco da indefinição do mercado (*Grey Market*).

Os riscos políticos percebidos na época do desenvolvimento inicial eram elevados, pois o Protocolo de Quioto ainda não tinha sido ratificado. Havia também os riscos da regulamentação do MDL, que ainda persistem, pois existem limites à sua utilização. O país hospedeiro também apresenta um risco político, na medida que é necessária a sua aprovação do projeto, o que pode representar um gargalo se não houver rapidez de análise. As agências ambientais costumam representar barreiras fortes ao desenvolvimento de projetos relacionados ao meio ambiente e no caso do NovaGerar e da CTR Nova Iguaçu as licenças ambientais, bem como as ONGs atuantes nas causas ambientais, tiveram importância significativa ao atrasar o início das obras.

O risco país se subdivide em risco de câmbio e localização dos vendedores de CERs em países subdesenvolvidos. O risco de câmbio teve um papel importante no

¹¹ Do inglês *Power Purchase Agreement*: nome comum a contratos de longo prazo de compra e venda do produto delimitados em *Project Finance*, de forma a garantir a demanda e assegurar que o projeto repagará seus credores com sua receita.

projeto, pois na época de desenvolvimento das projeções econômicas o Real estava muito desvalorizado. Existem seguros para risco país caso seja necessário.

O *Timing Risk* ou Risco do Tempo de Desenvolvimento representa a necessidade de se completar o processo de aprovação do MDL e processar a documentação necessária antes do desembolso do financiamento, caso o desenvolvedor opte por receber financiamento para executar o projeto. O processo de aprovação do MDL, no caso do NovaGerar, foi colocado nas mãos de uma consultoria especializada em finanças ambientais, a EcoSecurities, e desta forma, mitigando seus riscos. Em troca da prestação de tal serviço, a EcoSecurities recebeu uma participação de 50% da SPE NovaGerar.

O Risco de Mercado não definido, ou *Grey Market*, é muito forte para projetos sob o guarda-chuva do Protocolo de Quioto, visto que ainda não há regulamentação do mercado de créditos de carbono após o primeiro período de compromisso que termina em 2012. Entretanto, isto pode ser encarado como uma oportunidade de negócio e não somente como um risco.

A realização da geração de energia elétrica e sua atratividade dependem de fatores relacionados ao setor elétrico brasileiro. De acordo com o PDD, os formuladores do projeto acreditam que os preços das tarifas de energia representam um risco, visto que no passado foram mantidos baixos devido às políticas governamentais e o mercado livre de energia no Brasil ainda é bastante incipiente.

Outro risco importante relacionado à venda de eletricidade é a mensuração da quantidade exata de produção de biogás e da performance da produção de energia, dado que não existia nenhum aterro sanitário no Brasil gerando eletricidade e desta forma esta é uma tecnologia desconhecida pelos investidores.

5 Modelo Financeiro

A geração de créditos de carbono por meio do NovaGerar é um negócio derivado do tratamento de resíduos feito pela CTR Nova Iguaçu. Portanto, o modelo financeiro só deve compreender o NovaGerar, visto que o tratamento de resíduos e a construção da CTR Nova Iguaçu, acordados previamente entre a concessionária da prefeitura de Nova Iguaçu, se realizaria mesmo sem os créditos de carbono.

A apresentação do modelo financeiro se divide em quatro partes. A primeira apresenta as premissas financeiras do projeto NovaGerar; a segunda expõe as premissas utilizadas para o cálculo das emissões de GEE; a terceira apresenta a avaliação econômica do projeto de venda de CERs, com o cálculo da adicionalidade, e a quarta expõe as premissas utilizadas para o cálculo da geração de energia elétrica e avalia a viabilidade econômica de tal atividade.

5.1 Premissas Financeiras

As premissas do modelo financeiro estão divididas em premissas gerais, que incluem as premissas macroeconômicas às quais os projetos desta categoria estão sujeitos; premissas comerciais, que são referentes aos preços que formam a receita do projeto; as premissas operacionais, que apresentam as características das despesas e custos; as premissas de investimento, que apresentam as necessidades de capital seu cronograma de utilização; e por último, a fonte dos recursos.

5.1.1 Premissas Gerais

Com todas as modificações ocorridas no projeto, algumas de suas premissas gerais apresentadas no PDD foram descartadas e novas premissas, de acordo com

Felipetto (2005), passaram a vigorar. A tabela 5.1 abaixo apresenta as premissas gerais.

Tabela 5.1 – Premissas Gerais

Premissas Gerais		Fonte
Ano Base	2005	Felipetto (2005)
Taxa de Câmbio US\$/Euro	1.15	PDD
Taxa de Câmbio R\$/US\$	3.00	PDD
Impostos sobre a Receita Bruta	11.25%	Felipetto (2005)
Imp. Renda + Contrib. Social (>R\$ 240.000)	34%	PDD
Imp. Renda + Contrib. Social (<R\$ 240.000)	24%	PDD

5.1.2 Premissas Comerciais

O preço da tonelada de carbono, premissa comercial importante, está em vias de ser reajustado junto ao Banco Mundial e ao governo da Holanda. Entretanto, para a presente análise, será utilizado o valor já pactuado entre as partes, apresentado na tabela 5.2 abaixo.

Tabela 5.2 – Premissas Comerciais

Premissas Comerciais		Fonte
Carbono		
Preço do Carbono (Euro/tCO ₂)	3.35	PDD
% das vendas de Carbono devido ao Município	10%	PDD
Toneladas de Carbono já contratadas	2,535,000	Banco Mundial

As primeiras 2,535 milhões de toneladas de créditos de carbono a serem geradas pelo NovaGerar, negociadas com o governo da Holanda para serem entregues entre 2004 e 2012 inclusive, e se o valor não for repactuado, devem render o montante de € 8.492.250, a ser entregue em parcelas anuais correspondentes à geração de CERs, sessenta dias após a comprovação da geração dos créditos de carbono.

5.1.3 Premissas Operacionais

As premissas operacionais englobam os custos de operação, fixos e variáveis, da planta de biogás, que ainda devem ser alterados por conta da troca da operadora a ser formalizada nos próximos meses, bem como os custos de transação

– auditorias anuais de verificação, pagamentos ao Banco Mundial relativos às missões de verificação e certificação do empreendimento - por conta do registro do NovaGerar como projeto de MDL no Protocolo de Quioto.

A recuperação ambiental de Marambáia exigida no contrato de concessão era superficial. Entretanto, por conta das exigências das Nações Unidas para aprovar o NovaGerar como um projeto de MDL, faz-se necessário incorrer em despesas de remediação do lixão, como o plantio de mudas de espécies nativas e serviços de manutenção e recirculação de chorume. Tais despesas estão estimados em R\$ 100 mil por ano até 2008 e R\$ 70 mil ao ano entre 2008 e o término da concessão, devido à redução do potencial poluidor do chorume. As premissas operacionais são apresentadas nas tabelas 5.3 e 5.4.

Tabela 5.3 – Premissas Operacionais

Premissas Operacionais	
Custo Fixo Planta de Gás (Euros/ano)	78,000
% Receita Bruta de CERs devidos à Operadora	variável - ver tabela 5.4
Aluguel de Marambáia (R\$/mês)	4,000
Custos de Verificação (US\$/ano)	6,000
Pagamentos ao Banco Mundial (US\$/ano)	20,000
Custos Administrativos (US\$/ mês)	6,850
Custos Recuperação Marambáia (R\$/ano)	100 mil até 2008 e 70 mil depois

fonte: Felipetto (2005)

Tabela 5.4 – Percentual da Receita Bruta de CERs repassados à Operadora

% Créditos de Carbono repassados à Operadora	
2005	-
2006	28%
2007	28%
2008	28%
2009	26%
2010	24%
2011	22%
2012	20%
2013 em diante	18%

fonte: Felipetto (2005)

Felipetto (2005) considera em seus cálculos que o custo fixo anual da operação da planta de gás é em euros e que os custos administrativos são em

dólares. Uma parte dos custos da operação da planta são referentes à contratação de pessoal no Brasil enquanto a outra parte deve englobar despesas em euros. As despesas administrativas provavelmente foram expressas em dólares apenas por conveniência. Desta forma, o risco de exposição cambial é um pouco menor do que o apresentado na tabela 5.3.

5.1.4 Premissas de Investimento

Uma grande parte do capital físico necessário como investimento é empregada por conta da construção do aterro sanitário, e, portanto não deve ser contabilizada neste negócio, visto que tal investimento existiria mesmo sem a realização do NovaGerar, de modo a realizar o armazenamento dos resíduos. Outra parte significativa foi segregada e estruturada de forma a se tornar responsabilidade da operadora de biogás. O NovaGerar destina uma percentual determinado de sua receita líquida com os CERs em contrapartida para a empresa, e desta forma transforma um investimento em uma despesa.

O Capital de Giro necessário para o negócio foi projetado para ser correspondente a um ano de custos operacionais.

5.1.5 Fontes de Recursos para Investimentos

Segundo O Globo, a S.A. Paulista investiu apenas recursos próprios na CTR Nova Iguaçu e no projeto NovaGerar. O investimento total foi de US\$ 15 milhões, sendo que deste total, US\$ 800 mil foram utilizados para estruturar o projeto nos moldes do MDL, incluindo neste valor o registro e também os investimentos na parte de engenharia do projeto. A S.A. Paulista arcou com a parte de engenharia

enquanto a EcoSecurities foi responsável pelo registro do projeto nas Nações Unidas.

5.1.6 Custo de Capital

Como o empreendimento foi inteiramente financiado por capital próprio, Felipetto (2005) calculou o custo de capital (R) por meio do modelo CAPM através da fórmula:

Equação 5.1

$$R = R_f + \beta \cdot (R_m - R_f) + \text{Risco País}$$

O beta do projeto (β) foi retirado da tabela betas desalavancados de países emergentes, para a atividade de Disposição de Lixo Não Perigosa, de Damodaran (2005). O beta, de 0,90, representa o risco do setor comparado ao mercado americano.

A taxa livre de risco (R_f) utilizada foi a taxa de longo prazo dos títulos do Tesouro dos Estados Unidos, de 4,65% em 2 de Fevereiro de 2005. O prêmio de risco do mercado (média dos retornos do índice S&P 500 – R_m -- menos o retorno dos títulos do Tesouro dos Estados Unidos -- R_f) foi de 4,82%, segundo Damodaran (2005).

Os fluxos de caixa a serem descontados são reais, com poder de compra constante. Desta forma, o custo de capital nominal calculado pelo CAPM foi ajustado pela inflação dos Estados Unidos. O valor utilizado do Índice de Preços ao Consumidor americano foi de 2,66%, referente ao dia 7 de Fevereiro de 2005.

A estimativa de risco país utilizada por Felipetto (2005), calculada pelo banco JP Morgan, foi de 3,94% em 17 de Dezembro de 2004.

Desta forma, o custo de capital calculado por Felipetto (2005) para o projeto foi de 10%. Enquanto isso, o custo de capital utilizado no PDD foi de 15%, não sendo explicitados os cálculos. Alega-se apenas que o custo de capital não pode ser muito inferior aos títulos do governo brasileiro dentro do país, visto que o projeto tem riscos superiores ao risco soberano. Para que 15% seja superior à remuneração dos títulos brasileiros no período, deduz-se que a taxa de 15% seja real, em vez de nominal, casando-se então com os fluxos de caixa reais projetados. Para o presente trabalho, o valor presente líquido (VPL) do projeto foi calculado por meio das duas taxas reais.

5.2 Premissas e Cálculo das Emissões de GEE de Acordo com as Fontes

O cálculo das emissões de GEE é feito em duas etapas: a primeira faz a ligação entre a quantidade de lixo estocada e depositada no aterro e a quantidade de biogás gerada a partir deste depósito; a segunda trata da transformação do metano contido no biogás em eletricidade ou a combustão do metano em *flares* e, portanto, se subdivide em duas partes. O Total de Certificados de Redução de Emissão é, então, a soma do Cálculo da Combustão do Metano em Geradores de Eletricidade com o da Combustão do Metano em *flares*. Vale ressaltar que para Marambáia, seu resultado total é descontado por um fator de 20%, por conta de sua linha de base, enquanto o resultado de Adrianópolis também é descontado por um fator de 20% de forma a ser conservador em relação às possíveis mudanças na legislação ambiental brasileira.

5.2.1 Projeção de Depósito de Lixo e Cálculo do Biogás Resultante

Segundo a prefeitura, é esperado que Adrianópolis receba em média 950 toneladas ao dia de resíduos sólidos urbanos (considerando o mês com 26 dias). O aumento anual de geração de resíduos deve ser de 3% entre 2005 e 2007, 2% entre 2008 e 2010 e a partir de então, é projetada uma estabilidade, com crescimento zero, em função de uma melhoria esperada no sistema de coleta seletiva de materiais recicláveis.

A estimativa da quantidade de resíduos industriais a serem tratados na planta é baseada na situação atual e no inventário de resíduos do IBAMA. A CTR Nova Iguaçu recebe em média 1.000 toneladas ao dia de resíduos industriais, o que representa 8% do total do inventário de resíduos da FEEMA (12.500 toneladas/dia). É esperado que este percentual se mantenha até 2007 e que caia para 6% entre 2008 e 2010 e 5% a partir de 2011, por conta de novos entrantes no mercado e programas de reciclagem e reutilização dentro das indústrias.

Nova Iguaçu está inserida na RMRJ e possui diversos municípios em seu entorno que encaminham seus resíduos ao aterro de Gramacho. Como o aterro de Gramacho possui vida útil limitada, estima-se que, a partir de 2007, os municípios de São João de Meriti, Nilópolis e Mesquita passarão a encaminhar seus resíduos à CTR Nova Iguaçu, representando um acréscimo de 661 toneladas ao dia de resíduos a partir de 2007, com crescimento similar ao de Nova Iguaçu desta data em diante.

Os resíduos de serviços de saúde são uma última categoria. O tratamento térmico dos resíduos em equipamento especial permite que estes sejam depositados nos mesmos locais que os outros resíduos sem que haja contaminação do solo. Entretanto, tais resíduos não são contabilizados como geradores de créditos

de carbono, devido à sua natureza pouco orgânica após o tratamento. É esperado que sejam recebidas 2 toneladas ao dia de resíduos hospitalares em 2005, 3 toneladas em 2006, 6 toneladas em 2007 e 2008 e 7 toneladas a partir de 2009.

A quantidade de resíduos considerada para o cálculo da geração de gás na CTR Nova Iguaçu contempla, então, o total de resíduos urbanos da cidade de Nova Iguaçu e dos outros municípios de seu entorno, bem como 50% do total dos resíduos industriais e de grandes geradores comerciais. Tal percentual se deve ao fato de que parte do resíduo proveniente de estabelecimentos industriais possui reduzidos percentuais de matéria orgânica, que é o maior insumo para a produção de gás. A tabela 5.5 apresenta as projeções da S.A. Paulista para a disposição de resíduos ao longo dos anos de operação da CTR Nova Iguaçu.

Tabela 5.5 – Projeção da Disposição Anual de Resíduos para a Geração de CERs

ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
(1) Prefeitura de Nova Iguaçu									
Disposição Diária (t)	979	1.008	1.039	1.059	1.081	1.102	1.102	1.102	1.102
Dias no ano	313	313	313	313	313	313	313	313	313
Disposição Annual (t)	306.427	315.620	325.088	331.590	338.222	344.986	344.986	344.986	344.986
<i>Taxa de crescimento ao ano</i>	3%	3%	2%	2%	2%	0%	0%	0%	0%
(2) Industriais									
Disposição Diária (t)	1.000	1.000	1.000	750	750	750	625	625	625
Dias no ano	313	313	313	313	313	313	313	313	313
Disposição Annual (t)	313.000	313.000	313.000	234.750	234.750	234.750	195.625	195.625	195.625
% Inventário FEEMA RJ (12.500T/dia)	8%	8%	8%	6%	6%	6%	5%	5%	5%
Parcela Considerada Orgânica (%)	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Disposição Anual para geração de CERs	156.500	156.500	156.500	117.375	117.375	117.375	97.813	97.813	97.813
(3) Outros Municípios									
Disposição Diária (t)	0	0	661	674	688	701	701	701	701
Dias no ano	313	313	313	313	313	313	313	313	313
Disposição Annual (t)	0	0	206.893	211.031	215.251	219.557	219.557	219.557	219.557
<i>Taxa de crescimento ao ano</i>			2%	2%	2%	0%	0%	0%	0%
Disposição Diária Total de Resíduos para Geração de CERs (t)	1.979	2.008	2.700	2.484	2.518	2.554	2.429	2.429	2.429
Disposição Anual Total de Resíduos para Geração de CERs (t)	462.927	472.120	688.481	659.996	670.848	681.918	662.355	662.355	662.355

ano	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
(1) Prefeitura de Nova Iguaçu									
Disposição Diária (t)	1.102	1.102	1.102	1.102	1.102	1.102	1.102	1.102	1.102
Dias no ano	313	313	313	313	313	313	313	313	313
Disposição Annual (t)	344.986	344.986	344.986	344.986	344.986	344.986	344.986	344.986	344.986
Taxa de crescimento ao ano	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
(2) Industriais									
Disposição Diária (t)	625	625	625	625	625	625	625	625	625
Dias no ano	313	313	313	313	313	313	313	313	313
Disposição Annual (t)	195.625	195.625	195.625	195.625	195.625	195.625	195.625	195.625	195.625
% Inventário FEEMA RJ (12.500T/dia)	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Parcela Considerada Orgânica (%)	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Disposição Anual para geração de CERs	97.813	97.813	97.813	97.813	97.813	97.813	97.813	97.813	97.813
(3) Outros Municípios									
Disposição Diária (t)	701	701	701	701	701	701	701	701	701
Dias no ano	313	313	313	313	313	313	313	313	313
Disposição Annual (t)	219.557	219.557	219.557	219.557	219.557	219.557	219.557	219.557	219.557
Taxa de crescimento ao ano	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Disposição Diária Total de Resíduos para Geração de CERs (t)	2.429	2.429	2.429	2.429	2.429	2.429	2.429	2.429	2.429
Disposição Anual Total de Resíduos para Geração de CERs (t)	662.355	662.355	662.355	662.355	662.355	662.355	662.355	662.355	662.355

fonte: premissas de Felipetto (2005)

A partir da metodologia do Modelo de Decomposição de Primeira Ordem (First Order Decay Model), de certos parâmetros e fatores de conversão (tabela 5.8) e das premissas de Marambáia (tabela 5.6) e de Adrianópolis (tabela 5.7), os cálculos da quantidade de biogás gerados a cada ano estão resumidos na tabela 5.9. As principais premissas utilizadas no cálculo são: (i) o potencial teórico do volume de biogás gerado pela massa de resíduos (L_0); (ii) a taxa de geração de biogás ao ano; e (iii) o crescimento esperado da taxa anual de disposição de resíduos. Alguns fatores de conversão também são explicitados. As tabelas completas, com os cálculos da geração de biogás, metano e total das emissões reduzidas e conseqüente geração de créditos de carbono se encontram nos anexos 1 e 2.

Tabela 5.6 - Premissas do Aterro de Marambáia

Aterro de Marambáia	
Início das Operações	1987
Fim das Operações	2002
Estimativa de Lixo depositado no local (T)	1.800.000
Média diária de depósito de lixo (t/dia) (365d)	330
Média diária de depósito de lixo (t/dia) (313d)	382,5
Média anual de depósito de lixo (lbs /ano) = R	265.536.831

fonte: Felipetto (2005)

Tabela 5.7 - Premissas do Aterro de Adrianópolis

Aterro de Adrianópolis	
Início das Operações	2003
Fim das Operações	2023
Estimativa de Lixo depositado no local (t)	3.958
Média diária de depósito de lixo (t/dia) (365d)	1.742,8
Média diária de depósito de lixo (t/dia) (313d)	2.032,4
Média anual de depósito de lixo (lbs /ano) = R	1.402.423.459

fonte: Felipetto (2005); estimativa de lixo depositado no local atualizado 2005 (data-base das projeções)

As projeções da tabela 5.5 consideram que o aterro de Adrianópolis deve começar sua operação recebendo cerca de duas mil toneladas de lixo diárias em 2003 e que deve atingir duas mil e quatrocentas toneladas no final da sua vida útil, em 2023. Ao mesmo tempo, Felipetto (2005), conforme a tabela 5.7, apresenta uma média anual de depósito de resíduos de 1,4 milhões de libras (cerca de 2.032 toneladas diárias considerando 313 dias úteis no ano). A discrepância de dados se deve a diferenças na taxa de crescimento anual da disposição de resíduos. Como existem diversas incertezas neste negócio, foi feita a opção de utilizar neste trabalho a menor quantidade projetada de lixo, conforme a tabela 5.7.

Tabela 5.8 - Parâmetros e Fatores de Conversão utilizados nos cálculos da geração de biogás e créditos de carbono

Parâmetros e Fatores de Conversão	Fonte:
1 pé cúbico (cubic foot) =	0,0283 m ³
1 tonelada =	2204,6 lbs
Lo (cf/lb) =	2,003157
k (1/ano) =	0,09
proporção de metano no gás de aterro =	50%
Densidade do Metano =	0,04237 lbs/cf
Densidade do Metano =	0,00067899 t/m ³

Tabela 5.9 – Projeção do Biogás a ser gerado nos dois Aterros

ano	Adrianópolis		Marambáia		Adrianópolis + Marambáia		
	m3 de Biogás Produzido por hora	m3 de Biogás Produzido por ano	m3 de Biogás Produzido por hora	m3 de Biogás Produzido por ano	Total de m3 de Biogás Produzido por ano	Total Acumulado de Biogás produzido (m3/ano)	
1	2005	2.176	19.061.220	1.943	17.024.488	36.085.707	36.085.707
2	2006	3.188	27.923.550	1.776	15.559.210	43.482.760	79.568.468
3	2007	5.939	52.027.194	1.623	14.220.047	66.247.242	145.815.709
4	2008	6.824	59.780.812	1.484	12.996.145	72.776.957	218.592.666
5	2009	7.987	69.966.254	1.356	11.877.582	81.843.836	300.436.502
6	2010	9.095	79.669.935	1.239	10.855.293	90.525.228	390.961.729
7	2011	9.700	84.973.631	1.133	9.920.990	94.894.622	485.856.351
8	2012	10.492	91.909.661	1.035	9.067.102	100.976.763	586.833.115
9	2013	11.216	98.248.714	946	8.286.708	106.535.422	693.368.537
10	2014	11.877	104.042.173	865	7.573.481	111.615.654	804.984.191
11	2015	12.481	109.336.996	790	6.921.640	116.258.636	921.242.827
12	2016	13.034	114.176.099	722	6.325.903	120.502.002	1.041.744.829
13	2017	13.539	118.598.707	660	5.781.440	124.380.147	1.166.124.975
14	2018	14.000	122.640.666	603	5.283.838	127.924.504	1.294.049.479
15	2019	14.422	126.334.738	551	4.829.064	131.163.803	1.425.213.282
16	2020	14.807	129.710.866	504	4.413.433	134.124.299	1.559.337.581
17	2021	15.159	132.796.415	460	4.033.574	136.829.989	1.696.167.569
18	2022	15.481	135.616.394	421	3.686.409	139.302.803	1.835.470.372

5.2.2 Cálculo da Transformação do Metano e Reduções de GEE

Uma vez calculada a quantidade de biogás produzida anualmente pelos dois aterros sanitários, é possível quantificar as reduções anuais de emissão de CO₂equivalentes.

5.2.2.1 Cálculo da Combustão do Metano em Flares

O volume de biogás (em m³) canalizado para os *flares*, multiplicado pela fração de metano do biogás (50%, de acordo com a EnerTech Consulting Engeneers) é igual ao volume de metano queimado nos *flares*. Esta quantidade, multiplicada pela eficiência do *flare* (98% no caso do NovaGerar), resulta no volume líquido de metano queimado no *flare*. O volume líquido do metano queimado no *flare*, multiplicado pelo fator de conversão de massa (0,00067899 tCH₄/m³CH₄) e pelo fator de aquecimento global do metano (21), resulta na redução anual das emissões devido à combustão do metano em flares, em CO₂ equivalentes. Os cálculos passo a passo são apresentados abaixo:

Equação 5.2

$$\text{Biogás m}^3 * 50\% = \text{metano m}^3$$

Equação 5.3

$$\text{Metano m}^3 * 98\% = \text{volume líquido de metano queimado no flare m}^3$$

Equação 5.4

$$\text{Volume líquido de metano queimado no flare m}^3 * 0,00067899 \text{ tCH}_4/\text{m}^3\text{CH}_4 = \\ = \text{toneladas de CH}_4$$

Equação 5.5

$$\text{Toneladas de CH}_4 * 21 = \text{redução de emissão em toneladas de CO}_2\text{eq}$$

A tabela abaixo apresenta as quantidades das reduções de metano, em toneladas de CO₂equivalentes, para o período proposto. Para os cálculos dos CERs, é considerado que todo o volume de biogás é queimado em *flares* e, portanto, sofre uma redução de 2% em seu total:

Tabela 5.10 – Projeção dos CERs a serem gerados nos dois aterros por meio da queima controlada em *flares*

ano	Total de Emissões em tCO ₂ (linha de Base) = m3 biogás produzido por ano X densidade do metano X 50% X 21	Total de Emissões Fugitivas (tCO ₂) = Total Emissões X (1 - % de biogás coletado)	Total de Reduções de Emissão (tCO ₂) = Total Emissões X % de biogás coletado	80% do Total de Reduções de Emissão (tCO ₂)	Total Acumulado dos CERs (80%) Adrianópolis	Total Acumulado dos CERs (80%) - Marambáia	98% do Total Acumulado de Reduções de Emissão (tCO ₂)	
1	2005	257.269	105.533	151.737	121.389	72.840	48.550	118.962
2	2006	310.006	80.344	229.662	183.729	181.138	123.981	299.016
3	2007	472.303	126.484	345.819	276.655	388.855	192.919	570.139
4	2008	518.856	137.497	381.359	305.087	630.937	255.924	869.124
5	2009	583.497	147.383	436.114	348.892	922.246	313.507	1.211.038
6	2010	645.390	153.608	491.782	393.425	1.263.045	366.133	1.596.595
7	2011	676.541	156.004	520.537	416.430	1.631.378	414.230	2.004.696
8	2012	719.903	153.854	566.050	452.840	2.040.261	458.187	2.448.479
9	2013	759.533	162.962	596.571	477.257	2.477.344	498.361	2.916.191
10	2014	795.752	171.286	624.466	499.573	2.940.201	535.077	3.405.772
11	2015	828.854	178.894	649.960	519.968	3.426.613	568.633	3.915.341
12	2016	859.106	185.846	673.260	538.608	3.934.553	599.301	4.443.177
13	2017	886.755	192.201	694.554	555.644	4.462.168	627.330	4.987.708
14	2018	912.024	198.008	714.016	571.213	5.007.765	652.946	5.547.496
15	2019	935.119	203.316	731.803	585.442	5.569.796	676.357	6.121.230
16	2020	956.225	208.167	748.058	598.447	6.146.846	697.753	6.707.707
17	2021	975.515	212.600	762.915	610.332	6.737.623	717.308	7.305.833
18	2022	993.145	216.652	776.493	621.194	7.340.946	735.179	7.914.603
Total		13.085.795	2.990.638	10.095.157	8.076.125	7.340.946	735.179	7.914.603

5.2.2.2 Cálculo da Combustão do Metano em Geradores de Eletricidade

Caso haja geração de energia elétrica, os cálculos da projeção de geração de biogás são os mesmos e não existe mudança significativa na quantidade de créditos de carbono resultantes quando estes forem produzidos por meio da combustão para a geração de eletricidade, visto que o excedente que não é utilizado para a geração de eletricidade é queimado em *flares*.

Os cálculos para a projeção dos créditos de carbono devem ser baseados na quantidade de biogás que é aproveitada para gerar energia e seguem passos característicos. A quantidade de energia bruta em MWh/ano é dada pela equação 5.6.

Equação 5.6

$$\text{Energia Bruta Produzida (MWh/ano)} = \text{Quantidade Total de Motores} * \text{Potência dos Motores} * (1 - \text{Perdas}) * \text{Disponibilidade do Equipamento} * 365 * 24$$

Os dados do fabricante atestam que as perdas devem ser consideradas de 5%, a disponibilidade do equipamento é de 90% e os motores têm potência de 1,025 MW.

A quantidade Total de Motores é dada pela soma da quantidade de motores em cada uma das duas localidades. Por sua vez, a quantidade de motores em cada localidade é função do fluxo de m³/hora de biogás, apresentado na tabela 5.9, dividido por 596 m³/MWh de consumo específico, também fornecido pelo fabricante dos equipamentos. Tal número deve ser inteiro e arredondado para baixo, de forma que a instalação do equipamento só deve ocorrer caso haja biogás suficiente para permitir seu total aproveitamento.

Para que sejam calculados os créditos de carbono gerados, a eletricidade bruta anual produzida em MWh deve ser multiplicada pela taxa de aquecimento do gerador (HR) em GJ/MWh, que para o projeto NovaGerar foi calculado em 10.000, segundo a consultoria EnerG. O resultado é o total de energia em GJ. Para converter GJ para toneladas de CH₄, é necessário utilizar as seguintes taxas de conversão: 0,0357 GJ/m³CH₄ e 0,000679 tCH₄/m³CH₄, de forma que, primeiro se divide o total de energia em GJ por 0,0357, encontrando m³CH₄ e depois se multiplica o valor encontrado por 0,000679, encontrando assim toneladas de CH₄. Uma vez encontrado o montante, este deve ser multiplicado por 21 para que sejam encontradas as emissões anuais em CO₂-equivalentes evitadas por meio da geração de energia elétrica. Os cálculos passo a passo são apresentados abaixo:

Equação 5.7

$$\text{Energia em MWh} * 10.000 \text{ GJ/MWh} = \text{energia em GJ}$$

Equação 5.8

$$\text{Energia em GJ} / 0,0357 \text{ GJ/m}^3\text{CH}_4 = \text{energia em m}^3\text{CH}_4$$

Equação 5.9

Energia em m^3CH_4 * 0,000679 $\text{tCH}_4/\text{m}^3\text{CH}_4$ = toneladas de CH_4

Equação 5.10

Toneladas de CH_4 * 21 = redução de emissão em toneladas de CO_2eq

No caso do NovaGerar, se houver geração de energia, não devem ser requeridos créditos de carbono devido à geração de energia limpa adicional em relação à matriz energética do país e todo o excedente de biogás que não for utilizado para a geração de energia deve ser queimado por meio de *flares*. Como a projeção da geração de créditos de carbono por meio da queima controlada de *flares* já é satisfatória, e não varia significativamente se for feito com a geração de energia e o excedente queimado em *flares*, não é necessário refazer os cálculos

Em caso de comercialização, para que a projeção de vendas de energia elétrica seja realizada, é necessário que o consumo de energia elétrica na geração de eletricidade, de 1.577 MWh/ano em cada uma das localidades, seja deduzido da energia bruta gerada.

5.3 Avaliação da Venda de CERs

Dadas as premissas financeiras e a projeção de créditos de carbono a serem gerados, os resultados do fluxo de caixa do projeto NovaGerar, considerando que haverá um novo período de comprometimento após o Protocolo de Quioto no qual os CERs continuam a ser vendidos pelo mesmo valor, estão apresentados na tabela 5.11 abaixo. O VPL do projeto é de R\$ 9,7 milhões, considerando o custo de capital

de 10% e R\$ 6,1 milhões, considerando o custo de capital de 15%. A taxa interna de retorno é de 50%. Os cálculos detalhados estão apresentados no Anexo 3.

Tabela 5.11 – VPL dos Créditos de Carbono Vendidos entre 2005 e 2022

Taxa de Desconto	10%	15%
VPL	R\$ 9.746.226,34	R\$ 6.130.390,08

Alguns cenários alternativos foram traçados a seguir e seus cálculos estão apresentados no Anexo 4:

- Atraso na produção de CERs : se a produção de CERs começar apenas em 2007, o VPL à taxa de 10% passa a ser de R\$ 9,0 milhões ou à taxa de 15%, R\$ 5,5 milhões. A TIR seria de 41%, o que não modificaria a viabilidade do projeto.

- Cotação do dólar permanece no patamar de 2,10 R\$/dólar e a cotação do euro permanecer equivalente ao dólar: as receitas de CERs caem, assim como determinados custos, como o da planta de gás, o de verificação e pagamentos ao Banco Mundial. Não se considerou que os custos administrativos caíssem. Neste cenário, o VPL seria R\$ 4,9 milhões à taxa de 10% ou R\$ 2,9 milhões à taxa de 15%. A TIR atingiria 36%.

- Risco Brasil se consolida no patamar mais baixo apresentado no ano de 2006 e a taxa de desconto do projeto é revista e diminuída. Como cenário, calculou-se que se o Risco Brasil passasse a ser de 200 pontos básicos, com tudo mais constante, a taxa de desconto calculada por Felipetto passaria a ser de 8,1%. A partir de uma regra de três, a taxa de desconto do PDD passaria a ser 12,2%. Aplicadas ao mesmo fluxo de caixa do cenário base, o VPL aumentaria consideravelmente para R\$ 11,7 milhões (a 8,1%) e R\$ 7,9 milhões (12,2%), com a TIR permanecendo igual.

- Se os três cenários acima apresentados acontecessem ao mesmo tempo, o VPL do projeto seria de R\$ 6,0 milhões (a 8,1%) ou R\$ 3,9 milhões (a 12,2%). A TIR atingiria 36%, e o projeto ainda seria viável.

Caso não haja um novo período de comprometimento ou as novas regras do próximo período de comprometimento exijam que o Brasil passe para o grupo de países que têm metas de redução de emissões de GEE ou a canalização e tratamento do biogás em aterros sanitários se torne uma metodologia usual e/ou obrigatória no Brasil, perdendo seu caráter adicional (condição para projetos de MDL), a venda de créditos de carbono só conseguirá ser efetuada até 2012. Neste caso, o VPL do projeto é de R\$ 3,3 milhões, considerando o custo de capital de 10% e de R\$ 2,4 milhões, considerando o custo de capital de 15%, conforme a tabela abaixo. A TIR do projeto é de 44%. Os cálculos detalhados se encontram no Anexo 5.

Tabela 5.12 – VPL dos Créditos de Carbono Vendidos entre 2005 e 2012

Taxa de Desconto	10%	15%
VPL	R\$ 3.270.205,23	R\$ 2.375.332,51

No caso das vendas de CERs só conseguirem ser efetuadas até 2012, o cenário alternativo em que o início na produção de CERs aconteça em 2007 e o Risco Brasil e o dólar estão baixos (conforme premissas já apresentadas), o VPL do projeto é de R\$ 3,6 milhões (à taxa de 8,1%) e R\$ 2,8 milhões (à taxa de 12,2%), com a TIR em 42%. Os cálculos detalhados estão no Anexo 5.

Após todos os cálculos, o projeto aparenta solidez e se mostra adicional, na medida que sem a receita de CERs, não seria economicamente viável incorrer nos custos e despesas específicos para a redução de emissão de GEE, visto que não havia exigências contratuais neste sentido e o valor presente líquido seria negativo,

da ordem de R\$ 10,3 milhões negativos considerando o período de 2005 a 2022, a taxa de desconto de 10% e a necessidade de pagamento de todos os fornecedores de serviços e despesas.

5.4 Avaliação da Venda de Energia

A geração de biogás apresentada no Anexo 1 serve de insumo para a geração de energia. Os cálculos da projeção de geração de energia líquida, conforme as premissas e cálculos apresentados na seção 5.2.2.2, estão apresentados no Anexo 6. O total máximo de MWh/ano que podem ser vendidos, considerando todas as premissas conservadoras de aproveitamento de biogás, foi extraído do Anexo 6 e encontra-se na tabela 5.13 abaixo.

Tabela 5.13 – Total de MWh/ano que Podem ser Vendidos

MWh/ano para venda	
2005	19.877
2006	35.231
2007	58.262
2008	65.939
2009	73.616
2010	88.971
2011	96.648
2012	104.325
2013	112.002
2014	119.679
2015	119.679
2016	127.356
2017	128.933
2018	128.933
2019	136.610
2020	136.610
2021	144.287
2022	144.287

As tarifas médias do MW/h praticados no setor de energia em 2004, segundo ANEEL apud Felipetto (2005) para a região Sudeste variam de acordo com a classe de consumo. Os consumidores industriais pagam em média R\$ 140,50 pelo MW/h enquanto os consumidores comerciais na média compram o MW/h por 237,15. O

MAE permite que tais consumidores livres comprem diretamente sua energia de produtores independentes, o mesmo não podendo acontecer com consumidores residenciais.

Considerando que é necessário pagar uma tarifa pelo uso dos sistemas de distribuição relativa à concessionária Light (TUSD), que em 2004 estava firmada em R\$ 27,74 por MW/h e que a região de Nova Iguaçu é caracterizada por uma maior quantidade de indústrias, é feita uma média ponderada do preço, considerando 70% dos consumidores como industriais e o restante como comerciais, para que se possa antecipar a viabilidade do projeto. O preço unitário seria então de R\$ 141,76 por MW/h, fixo durante o período, visto que só se produziria energia caso fosse celebrado um PPA, contrato que normalmente é válido por 15 anos. Vale ressaltar que o preço unitário deve ainda ser deduzido da tarifa do consumidor por demanda contratada, que em 2004 foi definida em R\$ 17,20 por MW/h.

A receita bruta ainda deve ser deduzida em: (i) 10%, por conta da outorga à prefeitura de Nova Iguaçu; (ii) Imposto sobre a Receita, de 18,25%; e Aluguel de Marambáia, que neste caso representa 10% da Receita Bruta gerada pelo antigo Lixão de Marambáia.

Os custos operacionais compreendem o Custo de Mão de Obra, Custo de Supervisão, Custo de Peças e Manutenção, que é variável de acordo com as horas de utilização, Custo de Comunicação, uma alíquota de 0,5% sobre o capital instalado multiplicado por R\$ 173,23/kW e a Tarifa de Geração de R\$ 2,03/kW. Os custos de Peças e Manutenção foram apresentados por Felipetto (2005) até 2013, e entre 2013 e 2020, período compreendido dentro dos 15 anos do PPA, foi assumido um valor fixo, conforme a tabela 5.14 abaixo.

Tabela 5.14 – Custo Anual de Peças e Manutenção para a Geração de Energia

Custo de Peças e Manutenção	
2005	6.000
2006	74.550
2007	89.850
2008	156.150
2009	191.400
2010	162.450
2011	1.659.150
2012	1.842.000
2013	809.250
2014	1.000.000
2015	1.000.000
2016	1.000.000
2017	1.000.000
2018	1.000.000
2019	1.000.000
2020	1.000.000

fonte: Felipetto (2005) até 2013. A partir de então, valor assumido pela autora.

Assume-se na projeção que a energia poderia começar a ser produzida e vendida em 2006, visto que neste ano já começa um maior fluxo de biogás. Considerando um contrato de PPA de 15 anos, o término do negócio ocorreria em 2020, quando ainda haveria energia passível de ser gerada, mas o equipamento já estaria todo depreciado. O valor contínuo do empreendimento em 2020 é nulo.

Os investimentos para a geração de energia elétrica envolvem os equipamentos e seus valores estimados estão apresentados na tabela 5.15 abaixo.

Tabela 5.15 – Investimentos para a Geração de Energia Elétrica

	Valor unitário	moeda	câmbio	Valor unitário Reais	Valor com IPI
Investimento Inicial:					
(a) Sistema de tratamento de biogás: chiller, trocadores de calor, etc	478.200	R\$		478.200	502.110
(b) Compressores	2.011.500	R\$		2.011.500	2.112.075
Total: (a) + (b)					2.614.185
Investimento por Motor:					
(a) Grupos Geradores	615.650	US\$	3,00	1.846.950	1.939.298
(b) Quadros de Comando	88.100	R\$		88.100	92.505
(c) Transformador + outros	208.400	R\$		208.400	218.820
(d) Sistema de Arrefecimento (radiadores)	264.200	R\$		264.200	277.410
(e) Filtros e Protetores do sistema de gás	215.300	R\$		215.300	226.065
(f) Containers de tratamento acústico	380.600	R\$		380.600	399.630
(g) Montagem Geral	225.420	R\$		225.420	236.691
Total: (a) + (b) + (c) + (d) + (e) + (f) + (g)					3.390.419

fonte: Felipetto (2005)

De forma a fazer valer os investimentos em equipamentos para a geração de energia, é necessário limitar a compra de equipamentos aos primeiros anos de vida do projeto. Desta forma, foi estimado nesta análise que os equipamentos só serão comprados até o sétimo ano de operação, que corresponde ao ano de 2012, de forma que o número de geradores é inferior ao potencial de geração de energia das duas localidades. O cronograma de investimentos nos equipamentos de geração de energia e a depreciação ao longo do período do empreendimento estão no Anexo 7.

A variação do capital de giro é referente a dois meses de custos operacionais.

O custo de capital para a venda de energia é diferente do valor utilizado para trazer a valor presente o projeto de venda de créditos de carbono apenas por seu beta. Segundo Damodaran (2005), o beta para a geração de energia por meio de fontes alternativas é de 0,81, o que faz com que o custo de capital atinja um valor menor, de 9,58%. Segundo o PDD, o custo de capital utilizado em todo o empreendimento é de 15%, de forma a ser compatível com os títulos de dívida do governo brasileiro. Nesta análise, ambas as taxas foram utilizadas, apesar da falta de precisão dos parâmetros utilizados para se chegar ao custo de capital de 15%.

O fluxo de caixa de geração de energia se encontra no Anexo 8. O VPL da geração de energia, quando considerado o custo de capital de 9,58%, é negativo mas pequeno. Entretanto, quando o custo de capital de 15% é tomado como o valor a ser considerado, o VPL é negativo, apresentando valores altos, conforme apresentado na tabela 5.16 abaixo.

Tabela 5.16 – VPL da Geração de Energia Elétrica

Taxa de Desconto	9,58%	15%
VPL	(824.211)	(10.293.781)
TIR	9,23%	

Independente da taxa de desconto escolhida, o empreendimento não seria viável já que o VPL seria negativo. Entretanto, caso o preço da energia vendida fosse mais elevado, valeria a pena prosseguir com o investimento. De forma a avaliar qual seria o valor mínimo para o MWh produzido, foi utilizado o recurso de Atingir Metas da planilha EXCEL, de forma a encontrar o valor que faria o VPL ser zero no caso do custo de capital ser de 15%. O preço encontrado, já descontado dos R\$ 27,74 de encargo de TUSD, é de R\$ 189,18, conforme apresentado no Anexo 9. Este valor seria 33,5% maior do que a tarifa média calculada mas ainda inferior ao valor pago pelos consumidores comerciais (R\$ 209,38 por MW/h já deduzido o TUSD).

6 Conclusões e Sugestões para Pesquisas Futuras

O presente trabalho apresenta uma contribuição brasileira para a área de Finanças Ambientais, oferecendo uma alternativa de criação de valor para o empreendedor privado e proporcionando apoio à gestão pública no desafio de promover a melhoria ambiental e social.

Apesar do MDL não ser um mecanismo perfeito por se basear conceito de adicionalidade e não ser premiar os projetos que são bons mas sim os projetos que ainda têm o que melhorar em termos ambientais, existem numerosas oportunidades para o Brasil. Esta dissertação tenta propagar o conhecimento técnico necessário a realizar uma delas.

A interdisciplinaridade desta dissertação de mestrado, englobando conhecimentos em administração, economia, física, química e biologia, apresenta uma tendência das pesquisas nas universidades para o futuro e consiste em um recurso para alavancar o potencial de geração de conhecimento. Entretanto, algumas dificuldades se apresentam, como as medidas das fórmulas, que muitas vezes não estão expressas pelo sistema internacional.

O projeto NovaGerar foi pioneiro na geração de créditos de carbono e na possível geração de energia a partir do depósito de resíduos sólidos. Ao mesmo tempo que incorreu em dificuldades por conta de suas incertezas, abriu portas para que seu modelo de negócio seja replicado.

Existem ao todo 5.612 municípios no Brasil e cerca de 100 deles estariam aptos a montar projetos similares ao NovaGerar. Destes, o Banco Mundial está em vias de escolher 30 para assessorar na estruturação dos projetos.

Caso todos os municípios da RMRJ passem a tratar seus resíduos da mesma forma que Nova Iguaçu, considerando o tamanho de suas populações e

desconsiderando os municípios de São João de Meriti, Nilópolis e Mesquita, cujos resíduos é esperado que passem a ser tratados na CTR Nova Iguaçu, o total de reduções de emissão de carbono atingiria 49,7 milhões de toneladas, considerando o período de 2005 a 2022. Se tais CERs fossem vendidos ao mesmo preço dos negociados pelo NovaGerar, a receita estimada de tais negócios atingiria 166 milhões de euros.

Se os 100 municípios que teriam condições de replicar o projeto NovaGerar segundo o Banco Mundial o fizessem, considerando que estes tivessem a mesma população e perfil de geração de resíduos de Nova Iguaçu, seu total de redução de emissão de carbono equivalentes seria de 807,6 milhões de toneladas.

O valor gerado pela reprodução do NovaGerar seria bastante elevado. Desconsiderando as especificidades de cada localidade e considerando que negociações da venda de CERs fossem feitas pelo preço dos CERs do NovaGerar, a receita bruta estimada de seria de 2.7 bilhões de euros.

A Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara, formada por 15 municípios dos quais 12 deles fazem parte da RMRJ, também seria afetada positivamente pelo tratamento de resíduos sólidos da região, reduzindo externalidades negativas e contribuindo em muito com seu programa de despoluição.

Em municípios pequenos, onde não seria economicamente viável replicar o modelo do NovaGerar por conta da falta de escala, existe a possibilidade de realizar a incineração com a utilização de plasma ou a alternativa de realizar a construção de aterros intermunicipais. Em aterros intermunicipais, um maior montante de resíduos passaria a ser depositado, o que permitiria o aproveitamento dos resíduos para a geração de CERs e energia.

Em relação ao projeto, as projeções indicam que é possível gerar energia a partir dos aterros em questão, a uma tarifa que consiga remunerar o empreendedor e ao mesmo tempo seja passível de ser pago por determinados compradores, como o Comercial, ou mesmo o Industrial, caso o mesmo esteja disposto a pagar mais do que sua tarifa habitual por uma energia proveniente de resíduos, de forma a constar como uma de suas ações ambientais e sociais.

De forma a aumentar a confiabilidade na geração de biogás e por consequência na geração de CERs e energia e assim mitigar o risco de performance, seria importante para a S.A. Paulista incorporar outros empreendimentos em aterros sanitários sob o guarda-chuva do NovaGerar. Com um maior montante de resíduos em operação, um aterro pode cobrir possíveis falhas em outro sem que haja atraso ou quebra dos contratos de ERPA ou PPA.

Ainda no NovaGerar, de acordo com as projeções, existe um maior potencial de energia do que se planeja explorar. Este não aproveitamento do potencial total de geração de energia se deve aos elevados investimentos em maquinário que necessitam de tempo em operação para que haja o devido retorno. Como os PPAs têm prazo de duração e após o pico de geração de energia projetada ocorre uma queda no potencial de energia a ser gerado, seria interessante otimizar a utilização do maquinário em conjunto com outros aterros que possam estar em outras fases de seu ciclo de vida. Tal compartilhamento das máquinas, que podem ser deslocadas, traria uma diminuição dos custos de operação de uma planta de geração de energia, permitiria que PPAs mais longos e maiores fossem celebrados e possivelmente faria com que os preços de tal energia fossem mais baixos, aumentando assim a quantidade de compradores interessados. Isto apresenta mais uma razão para que novos aterros sejam adicionados ao NovaGerar.

Como sugestão para pesquisas futuras, é possível citar:

- O estudo de projetos similares, também derivados de aterros sanitários ou aterros controlados, ainda em fase de implementação, como o Vega na Bahia e Bandeirantes em São Paulo. Avaliar se é possível encaixá-los no modelo desenvolvido no presente trabalho.
- Uma avaliação social e ambiental do Projeto NovaGerar, com o objetivo de quantificar as externalidades positivas causadas na saúde e bem estar da área local pelo tratamento do chorume, além da possível geração de energia para o município e o pequeno impacto no nível de emprego local.
- A operação de créditos de carbono nas bolsas de valores brasileiras.
- O desenvolvimento de instrumentos de *hedge* para alguns fatores de risco.
- O aprofundamento do estudo sobre custo de capital para avaliação de projetos desta natureza, uma vez que o beta utilizado não é referente a créditos de carbono e sim à geração de energia por fontes alternativas e aterros sanitários, o que pode não representar o risco do novo mercado de créditos de carbono e portanto sub-avaliar o custo de capital.
- O estudo do risco do *grey market* de uma forma profunda, de forma a propor alternativas ao tratamento conservador de se considerar o período de créditos limitado a 2012.
- Uma avaliação de outros indicadores para medir o desempenho de projetos na área ambiental por conta de uma possível inadequação do valor presente líquido e da taxa interna de retorno.
- Uma avaliação sobre impactos em projetos desse tipo decorrentes da volatilidade dos preços da energia elétrica e dos créditos de carbono;

- Uma comparação dos custos de geração de energia por queima de biogás com o custo da utilização de combustível fóssil ou da média da matriz energética brasileira, avaliando o impacto ao meio ambiente por meio das emissões de carbono.

7 Referências Bibliográficas

AMBIENTE BRASIL. **Coleta e Disposição Final do Lixo**. Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=/residuos/index.php3&cont_eudo=/residuos/lixo.html> Acesso em: 22 fev. 2005

ANDRADE, Alexandre. **A Criação de Valor para Pequenas Empresas Brasileiras de Siderurgia a Partir da Inserção no Mercado de Carbono**: Um Estudo de Caso. Rio de Janeiro: Instituto Coppead de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003,154p. Dissertação. (Mestrado em Administração)

BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO (BID), Divisão de Meio Ambiente, Departamento de Programas Sociais e Desenvolvimento Sustentável. **“Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales em América Latina y Caribe”**, Washington, D.C., Julho de 1997

BANCO MUNDIAL, **Brasil tem Primeiro Projeto de Carbono Registrado no Mundo**, Bonn, Alemanha, Novembro de 2004. Disponível em: <www.obancomundial.org/index.php/content/view_document/2179.html> Acesso em: 25 mar. 2005

BANCOR. Bancor Internacional, Consultoria e Implementação do Meio Ambiente. **Consulta Pública Sobre Proinfra**, 15 de Agosto de 2003. Disponível em: <www.bancor.com.br> Acesso em: 9 mar. 2005

CARBONO BRASIL, **Redução de emissões através de Kyoto**. Disponível em: <<http://www.carbonobrasil.com.br/textos.asp?tld=63&idioma=1>> Acesso em: 9 mar. 2005

CARVALHO FILHO, Paulo. **Usinas, solução para o lixo urbano?** Disponível em: <www.rio.rj.gov.br/comlurb/artigos> Acesso em: 22 fev. 2005

CCX. Chicago Climate Exchange. **About CCX**. Disponível em: <www.chicagoclimatex.com/about/> Acesso em: 10 mar. 2005

CIBG. Centro de Informações da Baía de Guanabara. **Situação Ambiental Atual**, 6 de Abril de 2001. Disponível em: <www.cibg.rj.gov.br> Acesso em 1 mar. 2005

CONTADOR, Cláudio R. **Projetos Sociais**: avaliação e prática. Impacto ambiental; externalidades; benefícios e custos sociais. São Paulo: Atlas, 4.ed., 2000

DAMODARAN, A., "Estimating Equity Risk Premiums", Stern School of Business. Disponível em: <<http://www.stern.nyu.edu>> Acesso em 1 de agosto de 2005.

DESTINO do Lixo em Discussão. **RJTV**, Rio de Janeiro, 18 de fev. de 2005. Disponível em: <www.rjtv.globo.com/RJTV/0,19125,VRV0-3114-80414-20050218,00.html> Acesso em: 22 fev. 2005

EPA. Environment Protection Agency. **Turning a Liability into an Asset: Landfill Gas-to-Energy Project Development Handbook**, Setembro de 1996. Disponível em: <www.epa.gov> Acesso em: 25 de maio 2005

FAMINOW, M. D. Os Projetos e o Meio Ambiente. In: _____. **Projetos Empresariais e Públicos**. São Paulo: Atlas, 1998. Cap. 12.

FELIPETTO, Adriana Vilela Montenegro, **Avaliação de Concessionária de Tratamento de Resíduos com Opções Reais**. Rio de Janeiro: Faculdades Ibmecc, 2005. 154f. (Dissertação de Mestrado Profissionalizante em Administração).

HAWKEN, Paul, LOVINS, Amory, LOVINS, L. Hunter. **Capitalismo Natural, Criando a Próxima Revolução Industrial**. 1999. 3ª edição. Editora Pensamento-Cultrix.

IBAM. Instituto Brasileiro de Administração Municipal. **O Cenário dos Resíduos Sólidos no Brasil**, Disponível em: <<http://www.ibam.org.br/publique/media/Boletim1a.pdf>> Acesso em 1 mar. 2005

_____. **Biogás em Aterros Sanitários e Créditos de Carbono**, Disponível em: <www.ibam.org.br/publique/media/Boletim2a.pdf> Acesso em 1 mar. 2005

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2000**. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/pnsb.pdf>> Acesso em: 28 fev. 2005

LEMME, Celso F. **Revisão dos Modelos de Avaliação de Empresas e suas Aplicações nas Práticas de Mercado**. Revista de Administração, São Paulo, v.36, n.2, p.117-124, abril/junho 2001

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos, 2002**, Brasília: 2004

PDBG. Programa de Despoluição da Baía de Guanabara. **As causas da Poluição**. Disponível em: <www.feema.rj.gov.br/programa/pdbg-1.htm> Acesso em 1 mar. 2005

PICOLO, Angelo; CASTRO, Daniella; TEIXEIRA, Elaine; SABATINI, Luciana. Mecanismos de Desenvolvimento Limpo. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE (ENGEMA), **Anais**, Rio de Janeiro: 2003.

PROTETORES DA VIDA. **Banco de Dados**, 2001. Disponível em: <www.protetoresdavid.org.br> Acesso em 2 mar. 2005

REVISTA GERENCIAMENTO AMBIENTAL. **Incineração**, Março / Abril 2002, Nº 19, Ano 4

ROCHA, Marcelo Theodoro. **Aquecimento Global e o Mercado de Carbono: Uma aplicação do Modelo CERT**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2003. 214f. (Tese, Doutorado em Ciências. Concentração: Economia Aplicada).

TAUTZ, Carlos. **Quioto Atrás do Prejuízo**, 12 dez. 2004. Disponível em: <<http://www.carbonobrasil.com.br/noticias.asp?iNoticia=5812&iTipo=2&page=0&idoma=1>> Acesso em: 22 fev. 2005

UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Exchange. **The Mechanisms under the Kyoto Protocol: Joint Implementation, the Clean Development Mechanism and Emissions Trading**. Disponível em: <www.unfccc.int/kyoto_mechanisms/items/1673.php> Acesso em: 10 mar.2005

_____ **Clean Development Mechanism**. Disponível em: <www.unfccc.int/kyoto_mechanisms/cdm/items/2718.php> Acesso em: 10 mar. 2005

_____ **Emissions Trading**. Disponível em: <www.unfccc.int/kyoto_mechanisms/emissions_trading/items/2731.php> Acesso em: 10 mar. 2005

_____ **Joint Implementation**. Disponível em: <www.unfccc.int/kyoto_mechanisms/ji/items/1674.php> Acesso em: 10 mar. 2005

_____ **Approved Baseline Methodology AM0003: Simplified Financial Analysis for Landfill Gas Capture Projects**, Jan. 2004. Disponível em: <www.cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/CDMWF_AM_529250970> Acesso em: 4 abr. 2005

UNEP FI. United Nations Environment Programme Financial Initiatives. **Finance For Carbon Solutions, The Clean Development Mechanism: The Financial Sector Perspective**, Janeiro de 2005. Disponível em: <www.unepfi.org/fileadmin/documents/CEO_briefing_finance_for_carbon_solutions_2004.pdf> Acesso em: 8 fev. 2005

8 Anexos:

Anexo 1: Quantidade de Gás e Cálculo dos Créditos de Carbono – Adrianópolis (Modelo First Order Decay (EPA):

$$LFG=2LoR((e^{(-kc)})-(e^{(-kt)}))$$

ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2LR	4.088.764.619	4.169.959.357	6.080.955.327	5.829.360.625	5.925.213.737	6.022.983.911	5.850.199.740	5.850.199.740	5.850.199.740
K	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
C	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10
T	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-KC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-KT	-0,18	-0,27	-0,36	-0,45	-0,54	-0,63	-0,72	-0,81	-0,9
EXP-KC	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
EXP-KT	0,84	0,76	0,70	0,64	0,58	0,53	0,49	0,44	0,41
EXP-KC-EXP-KT	0,16	0,24	0,30	0,36	0,42	0,47	0,51	0,56	0,59
Biogás Produzido (cu ft/ano)	673.541.331	986.697.892	1.838.416.756	2.112.396.184	2.472.305.787	2.815.192.062	3.002.601.819	3.247.691.197	3.471.686.022
Biogás Produzido (m3/ano)	19.061.220	27.923.550	52.027.194	59.780.812	69.966.254	79.669.935	84.973.631	91.909.661	98.248.714
Biogás Produzido (m3/hora)	2.176	3.188	5.939	6.824	7.987	9.095	9.700	10.492	11.216
Proporção do Gás Coletado	67%	68%	70%	71%	73%	75%	76%	78%	78%
(a) Emissões Evitadas (m3/hora) = bioqás x % gás coletado	1.458	2.168	4.157	4.845	5.831	6.821	7.372	8.184	8.748
(b) Densidade do Metano (t/m3) = 0,000679									
(c) Proporção de Metano no Bioqás (50%)									
(d) Emissões Evitada (t/ano) = (a) x (b) x (c) x 24 x 365	4.336	6.446	12.364	14.410	17.340	20.286	21.925	24.338	26.017
(e) Poder de Aquecimento Global CH4 = 21									
(f) Emissões Reduzidas de Carbono (d)x(e)	91.050	135.373	259.646	302.603	364.137	425.999	460.416	511.103	546.354
(g) Desconto de 20%									
(h) Total das Emissões Reduzidas	72.840	108.298	207.717	242.082	291.309	340.799	368.333	408.882	437.083
(i) Total Acumulado das Emissões Reduzidas	72.840	181.138	388.855	630.937	922.246	1.263.045	1.631.378	2.040.261	2.477.344

ano	2014 10	2015 11	2016 12	2017 13	2018 14	2019 15	2020 16	2021 17	2022 18
2LR	5.850.199.740	5.850.199.740	5.850.199.740	5.850.199.740	5.850.199.740	5.850.199.740	5.850.199.740	5.850.199.740	5.850.199.740
K	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
C	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1
T	11	12	13	14	15	16	17	18	19
-KC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-KT	-0,99	-1,08	-1,17	-1,26	-1,35	-1,44	-1,53	-1,62	-1,71
EXP-KC	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
EXP-KT	0,37	0,34	0,31	0,28	0,26	0,24	0,22	0,20	0,18
EXP-KC-EXP-KT	0,63	0,66	0,69	0,72	0,74	0,76	0,78	0,80	0,82
Biogás Produzido (cu ft/ano)	3.676.401.879	3.863.498.084	4.034.491.141	4.190.767.028	4.333.592.435	4.464.125.028	4.583.422.835	4.692.452.822	4.792.098.727
Biogás Produzido (m3/ano)	104.042.173	109.336.996	114.176.099	118.598.707	122.640.666	126.334.738	129.710.866	132.796.415	135.616.394
Biogás Produzido (m3/hora)	11.877	12.481	13.034	13.539	14.000	14.422	14.807	15.159	15.481
Proporção do Gás Coletado	78%	78%	78%	78%	78%	78%	78%	78%	78%
(a) Emissões Evitadas (m3/hora) = biogás x % gás coletado	9.264	9.735	10.166	10.560	10.920	11.249	11.550	11.824	12.075
(b) Densidade do Metano (t/m3) = 0,000679									
(c) Proporção de Metano no Biogás (50%)									
(d) Emissões Evitadas (t/ano) = (a) x (b) x (c) x 24 x 365	27.551	28.953	30.235	31.406	32.476	33.454	34.348	35.165	35.912
(e) Poder de Aquecimento Global CH4 = 21									
(f) Emissões Reduzidas de Carbono (d)x(e)	578.571	608.015	634.925	659.519	681.996	702.538	721.313	738.471	754.153
(g) Desconto de 20%									
(h) Total das Emissões Reduzidas	462.857	486.412	507.940	527.615	545.597	562.031	577.050	590.777	603.322
(i) Total Acumulado das Emissões Reduzidas	2.940.201	3.426.613	3.934.553	4.462.168	5.007.765	5.569.796	6.146.846	6.737.623	7.340.946

Anexo 2: Quantidade de Gás e Cálculo dos Créditos de Carbono – Marambaia (Modelo First Order Decay (EPA):

$$LFG=2LoR((e^{(-kc)})-(e^{(-kt)}))$$

ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2LR	1.063.823.924	1.063.823.924	1.063.823.924	1.063.823.924	1.063.823.924	1.063.823.924	1.063.823.924	1.063.823.924	1.063.823.924
K	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
C	3	4	5	6	7	8	9	10	11
T	18	19	20	21	22	23	24	25	26
-KC	-0,27	-0,36	-0,45	-0,54	-0,63	-0,72	-0,81	-0,9	-0,99
-KT	-1,62	-1,71	-1,8	-1,89	-1,98	-2,07	-2,16	-2,25	-2,34
EXP-KC	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
EXP-KT	0,20	0,18	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10
EXP-KC-EXP-KT	0,57	0,52	0,47	0,43	0,39	0,36	0,33	0,30	0,28
Biogás Produzido (cu ft/ano)	601.571.999	549.795.410	502.475.170	459.227.728	419.702.542	383.579.242	350.565.031	320.392.314	292.816.527
Biogás Produzido (m3/ano)	17.024.488	15.559.210	14.220.047	12.996.145	11.877.582	10.855.293	9.920.990	9.067.102	8.286.708
Biogás Produzido (m3/hora)	1.943	1.776	1.623	1.484	1.356	1.239	1.133	1.035	946
Proporção do Gás Coletado	50%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
(a) Emissões Evitadas (m3/hora) = biogás x % gás coletado	972	1.510	1.380	1.261	1.153	1.053	963	880	804
(b) Densidade do Metano (t/m3) = 0,000679									
(c) Proporção de Metano no Biogás (50%)									
(d) Emissões Evitada (t/ano) = (a) x (b) x (c) x 24 x 365	2.890	4.490	4.103	3.750	3.428	3.133	2.863	2.617	2.391
(e) Poder de Aquecimento Global CH4 = 21									
(f) Emissões Reduzidas de Carbono (d)x(e)	60.687	94.289	86.173	78.756	71.978	65.783	60.121	54.947	50.217
(g) Desconto de 20%									
(h) Total das Emissões Reduzidas	48.550	75.431	68.939	63.005	57.582	52.626	48.097	43.957	40.174
(i) Total Acumulado das Emissões Reduzidas	48.550	123.981	192.919	255.924	313.507	366.133	414.230	458.187	498.361

ano	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2LR	1.063.823.924	1.063.823.924	1.063.823.924	1.063.823.924	1.063.823.924	1.063.823.924	1.063.823.924	1.063.823.924	1.063.823.924
K	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
C	12	13	14	15	16	17	18	19	20
T	27	28	29	30	31	32	33	34	35
-KC	-1,08	-1,17	-1,26	-1,35	-1,44	-1,53	-1,62	-1,71	-1,8
-KT	-2,43	-2,52	-2,61	-2,7	-2,79	-2,88	-2,97	-3,06	-3,15
EXP-KC	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
EXP-KT	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04
EXP-KC-EXP-KT	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12
Biogás Produzido (cu ft/ano)	267.614.156	244.580.923	223.530.133	204.291.159	186.708.061	170.638.320	155.951.682	142.529.105	130.261.794
Biogás Produzido (m3/ano)	7.573.481	6.921.640	6.325.903	5.781.440	5.283.838	4.829.064	4.413.433	4.033.574	3.686.409
Biogás Produzido (m3/hora)	865	790	722	660	603	551	504	460	421
Proporção do Gás Coletado	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
(a) Emissões Evitadas (m3/hora) = bioqás x % gás coletado	735	672	614	561	513	469	428	391	358
(b) Densidade do Metano (t/m3) = 0,000679									
(c) Proporção de Metano no Biogás (50%)									
(d) Emissões Evitada (t/ano) = (a) x (b) x (c) x 24 x 365	2.185	1.997	1.825	1.668	1.525	1.394	1.274	1.164	1.064
(e) Poder de Aquecimento Global CH4 = 21									
(f) Emissões Reduzidas de Carbono (d)x(e)	45.895	41.945	38.335	35.035	32.020	29.264	26.745	24.443	22.340
(g) Desconto de 20%									
(h) Total das Emissões Reduzidas	36.716	33.556	30.668	28.028	25.616	23.411	21.396	19.555	17.872
(i) Total Acumulado das Emissões Reduzidas	535.077	568.633	599.301	627.330	652.946	676.357	697.753	717.308	735.179

Anexo 3: Fluxo de Caixa dos CERs – 2005 a 2022

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
CERs CTR Nova Iguaçu (tCO2/ano)	Apêndice 1	72.840	108.298	207.717	242.082	291.309	340.799	368.333	408.882	437.083
CERs Marambaia (tCO2/ano)	Apêndice 2	48.550	75.431	68.939	63.005	57.582	52.626	48.097	43.957	40.174
Total de CERs (tCO2/ano)		121.389	183.729	276.655	305.087	348.892	393.425	416.430	452.840	477.257
Preço dos CERs vendidos (R\$)	11,56									
Receita Bruta (R\$)		0	2.123.452	3.197.443	3.526.047	4.032.315	4.547.015	4.812.887	5.233.695	5.515.900
% das vendas de CERs devidos ao Município	10%									
Impostos sobre a Receita Bruta	11,25%									
Receita Líquida (R\$)		0	1.696.107	2.553.957	2.816.430	3.220.811	3.631.928	3.844.293	4.180.414	4.405.825
Custo Fixo Planta de Gás (R\$)	78.000 Euros/ano	269.100	269.100	269.100	269.100	269.100	269.100	269.100	269.100	269.100
% Créditos de Carbono devidos à Operadora (%)	variável	-	28%	28%	28%	26%	24%	22%	20%	18%
% Créditos de Carbono devidos à Operadora (R\$)	variável	-	594.567	895.284	987.293	1.048.402	1.091.284	1.058.835	1.046.739	992.862
Aluguel de Marambaia (R\$)	4000/mês	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000
Custos de Verificação (R\$)	6.000 US\$/ano	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000
Pagamentos ao Banco Mundial	20.000 US\$/ano	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000
Custos Administrativos	US\$ 6.850/ mês	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600
Custos Recuperação Marambaia (R\$/ano)	100 mil até 2008 e 70 mil depois	100.000	100.000	100.000	100.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000
Total dos Custos Operacionais		741.700	1.336.267	1.636.984	1.728.993	1.760.102	1.802.984	1.770.535	1.758.439	1.704.562
Margem Bruta		(741.700)	359.841	916.973	1.087.437	1.460.709	1.828.944	2.073.758	2.421.975	2.701.263
Imposto de Renda (<R\$ 240.000)	24%	0	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600
Imposto de Renda (>R\$ 240.000)	34%	0	40.746	230.171	288.129	415.041	540.241	623.478	741.871	836.829
Variação do Capital de Giro	1 ano de C.Operac.	741700								
Fluxo de Caixa Livre		(1.483.400)	261.495	629.202	741.708	988.068	1.231.103	1.392.680	1.622.503	1.806.833

		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
CERs CTR Nova Iguaçu (tCO2/ano)	Apêndice 1	462.857	486.412	507.940	527.615	545.597	562.031	577.050	590.777	603.322
CERs Marambaia (tCO2/ano)	Apêndice 2	36.716	33.556	30.668	28.028	25.616	23.411	21.396	19.555	17.872
Total de CERs (tCO2/ano)		499.573	519.968	538.608	555.644	571.213	585.442	598.447	610.332	621.194
Preço dos CERs vendidos (R\$)	11,56									
Receita Bruta (R\$)		5.773.816	6.009.533	6.224.962	6.421.850	6.601.792	6.766.246	6.916.546	7.053.910	7.179.452
% das vendas de CERs devidos ao Município	10%									
Impostos sobre a Receita Bruta	11,25%									
Receita Líquida (R\$)		4.611.835	4.800.114	4.972.189	5.129.453	5.273.181	5.404.539	5.524.591	5.634.311	5.734.587
Custo Fixo Planta de Gás (R\$)	78.000 Euros/ano	269.100	269.100	269.100	269.100	269.100	269.100	269.100	269.100	269.100
% Créditos de Carbono devidos à Operadora (%)	variável 18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%
% Créditos de Carbono devidos à Operadora (R\$)	variável	1.039.287	1.081.716	1.120.493	1.155.933	1.188.323	1.217.924	1.244.978	1.269.704	1.292.301
Aluguel de Marambaia (R\$)	4000/mês	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000
Custos de Verificação (R\$)	6.000 US\$/ano	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000
Pagamentos ao Banco Mundial	20.000 US\$/ano	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000
Custos Administrativos	US\$ 6.850/ mês	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600
Custos Recuperação Marambaia (R\$/ano)	100 mil até 2008 e 70 mil depois	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000
Total dos Custos Operacionais		1.750.987	1.793.416	1.832.193	1.867.633	1.900.023	1.929.624	1.956.678	1.981.404	2.004.001
Margem Bruta		2.860.848	3.006.698	3.139.995	3.261.820	3.373.159	3.474.915	3.567.913	3.652.907	3.730.586
Imposto de Renda (<R\$ 240.000)	24%	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600
Imposto de Renda (>R\$ 240.000)	34%	891.088	940.677	985.998	1.027.419	1.065.274	1.099.871	1.131.490	1.160.388	1.186.799
Variação do Capital de Giro	1 ano de C.Operac.									(741.700)
Fluxo de Caixa Livre		1.912.160	2.008.421	2.096.397	2.176.801	2.250.285	2.317.444	2.378.823	2.434.919	3.227.887

Taxa de Desconto	10%	15%
VPL	R\$ 9.746.226,34	R\$ 6.130.390,08

TIR	50%
-----	-----

Anexo 4: Cenários Alternativos dos Fluxo de Caixa dos CERs – 2005 a 2022

a) Produção de CERs começando em 2007:

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
CERs CTR Nova Iguaçu (tCO2/ano)	Apêndice 1	72.840	108.298	207.717	242.082	291.309	340.799	368.333	408.882
CERs Marambaia (tCO2/ano)	Apêndice 2	48.550	75.431	68.939	63.005	57.582	52.626	48.097	43.957
Total de CERs (tCO2/ano)		121.389	183.729	276.655	305.087	348.892	393.425	416.430	452.840
Preço dos CERs vendidos (R\$)	11,56								
Receita Bruta (R\$)		0	0	3.197.443	3.526.047	4.032.315	4.547.015	4.812.887	5.233.695
% das vendas de CERs devidos a impostos sobre a Receita Bruta	10% 11,25%								
Receita Líquida (R\$)		0	0	2.553.957	2.816.430	3.220.811	3.631.928	3.844.293	4.180.414
Custo Fixo Planta de Gás (R\$)	78.000 Euros/ano	269.100	269.100	269.100	269.100	269.100	269.100	269.100	269.100
% Créditos de Carbono devidos à variável	variável	-	28%	28%	28%	26%	24%	22%	20%
% Créditos de Carbono devidos à variável	variável	-	0	895.284	987.293	1.048.402	1.091.284	1.058.835	1.046.739
Aluguel de Marambáia (R\$)	4000/mês	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000
Custos de Verificação (R\$)	6.000 US\$/ano	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000
Pagamentos ao Banco Mundial	20.000 US\$/ano	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000
Custos Administrativos	US\$ 6.850/ mês	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600
Custos Recuperação Marambáia (R\$)	100 mil até 2008 e 70 mil depois	100.000	100.000	100.000	100.000	70.000	70.000	70.000	70.000
Total dos Custos Operacionais		741.700	741.700	1.636.984	1.728.993	1.760.102	1.802.984	1.770.535	1.758.439
Margem Bruta		(741.700)	(741.700)	916.973	1.087.437	1.460.709	1.828.944	2.073.758	2.421.975
Imposto de Renda (<R\$ 240.000)	24%	0	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600
Imposto de Renda (>R\$ 240.000)	34%	0	(333.778)	230.171	288.129	415.041	540.241	623.478	741.871
Variação do Capital de Giro	1 ano de C.Operac.	741.700							
Fluxo de Caixa Livre		(1.483.400)	(465.522)	629.202	741.708	988.068	1.231.103	1.392.680	1.622.503

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
CERs CTR Nova Iguaçu (tCO2/ano)	437.083	462.857	486.412	507.940	527.615	545.597	562.031	577.050	590.777	603.322
CERs Marambaia (tCO2/ano)	40.174	36.716	33.556	30.668	28.028	25.616	23.411	21.396	19.555	17.872
Total de CERs (tCO2/ano)	477.257	499.573	519.968	538.608	555.644	571.213	585.442	598.447	610.332	621.194
Preço dos CERs vendidos (R\$)										
Receita Bruta (R\$)	5.515.900	5.773.816	6.009.533	6.224.962	6.421.850	6.601.792	6.766.246	6.916.546	7.053.910	7.179.452
% das vendas de CERs devidos ao Município										
Impostos sobre a Receita Bruta										
Receita Líquida (R\$)	4.405.825	4.611.835	4.800.114	4.972.189	5.129.453	5.273.181	5.404.539	5.524.591	5.634.311	5.734.587
Custo Fixo Planta de Gás (R\$)	269.100	269.100	269.100	269.100	269.100	269.100	269.100	269.100	269.100	269.100
% Créditos de Carbono devidos à	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%
% Créditos de Carbono devidos à	992.862	1.039.287	1.081.716	1.120.493	1.155.933	1.188.323	1.217.924	1.244.978	1.269.704	1.292.301
Aluguel de Marambaia (R\$)	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000
Custos de Verificação (R\$)	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000
Pagamentos ao Banco Mundial	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000
Custos Administrativos	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600
Custos Recuperação Marambaia (R\$)	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000
Total dos Custos Operacionais	1.704.562	1.750.987	1.793.416	1.832.193	1.867.633	1.900.023	1.929.624	1.956.678	1.981.404	2.004.001
Margem Bruta	2.701.263	2.860.848	3.006.698	3.139.995	3.261.820	3.373.159	3.474.915	3.567.913	3.652.907	3.730.586
Imposto de Renda (<R\$ 240.000)	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600
Imposto de Renda (>R\$ 240.000)	836.829	891.088	940.677	985.998	1.027.419	1.065.274	1.099.871	1.131.490	1.160.388	1.186.799
Variação do Capital de Giro										(741.700)
Fluxo de Caixa Livre	1.806.833	1.912.160	2.008.421	2.096.397	2.176.801	2.250.285	2.317.444	2.378.823	2.434.919	3.227.887

Taxa de Desconto	10%	15%
VPL (2005 a 2022)	R\$ 9.085.301,95	R\$ 5.498.201,54
TIR (2005 a 2022)	41%	

b) Dólar estabilizado e baixo (cotação de R\$ 2,10/ US\$):

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
CERs CTR Nova Iguaçu (tCO2/ano)	Apêndice 1	72.840	108.298	207.717	242.082	291.309	340.799	368.333	408.882
CERs Marambaia (tCO2/ano)	Apêndice 2	48.550	75.431	68.939	63.005	57.582	52.626	48.097	43.957
Total de CERs (tCO2/ano)		121.389	183.729	276.655	305.087	348.892	393.425	416.430	452.840
Preço dos CERs vendidos (R\$)	7,04								
Receita Bruta (R\$)		0	1.292.536	1.946.269	2.146.290	2.454.452	2.767.748	2.929.583	3.185.727
% das vendas de CERs devidos ao Impostos sobre a Receita Bruta	10% 11,25%								
Receita Líquida (R\$)		0	1.032.413	1.554.583	1.714.349	1.960.494	2.210.739	2.340.005	2.544.600
Custo Fixo Planta de Gás (R\$)	78.000 Euros/ano	163.800	163.800	163.800	163.800	163.800	163.800	163.800	163.800
% Créditos de Carbono devidos à variável	variável	-	28%	28%	28%	26%	24%	22%	20%
% Créditos de Carbono devidos à variável	variável	-	361.910	544.955	600.961	638.158	664.260	644.508	637.145
Aluguel de Marambaia (R\$)	4000/mês	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000
Custos de Verificação (R\$)	6.000 US\$/ano	12.600	12.600	12.600	12.600	12.600	12.600	12.600	12.600
Pagamentos ao Banco Mundial	20.000 US\$/ano	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000
Custos Administrativos	US\$ 6.850/ mês	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600
Custos Recuperação Marambaia (R\$)	100 mil até 2008 e 70 mil depois	100.000	100.000	100.000	100.000	70.000	70.000	70.000	70.000
Total dos Custos Operacionais		613.000	974.910	1.157.955	1.213.961	1.221.158	1.247.260	1.227.508	1.220.145
Margem Bruta		(613.000)	57.503	396.627	500.388	739.336	963.479	1.112.496	1.324.454
Imposto de Renda (<R\$ 240.000)	24%	0	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600
Imposto de Renda (>R\$ 240.000)	34%	0	(62.049)	53.253	88.532	169.774	245.983	296.649	368.714
Varição do Capital de Giro	1 ano de C.Operac.	613.000							
Fluxo de Caixa Livre		(1.226.000)	61.952	285.774	354.256	511.962	659.896	758.248	898.140

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
CERs CTR Nova Iguaçu (tCO2/ano)	437.083	462.857	486.412	507.940	527.615	545.597	562.031	577.050	590.777	603.322
CERs Marambaia (tCO2/ano)	40.174	36.716	33.556	30.668	28.028	25.616	23.411	21.396	19.555	17.872
Total de CERs (tCO2/ano)	477.257	499.573	519.968	538.608	555.644	571.213	585.442	598.447	610.332	621.194
Preço dos CERs vendidos (R\$)										
Receita Bruta (R\$)	3.357.504	3.514.496	3.657.977	3.789.108	3.908.952	4.018.482	4.118.585	4.210.072	4.293.685	4.370.101
% das vendas de CERs devidos ao Município										
Impostos sobre a Receita Bruta										
Receita Líquida (R\$)	2.681.806	2.807.204	2.921.809	3.026.550	3.122.276	3.209.763	3.289.720	3.362.795	3.429.581	3.490.618
Custo Fixo Planta de Gás (R\$)	163.800	163.800	163.800	163.800	163.800	163.800	163.800	163.800	163.800	163.800
% Créditos de Carbono devidos à	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%
% Créditos de Carbono devidos à	604.351	632.609	658.436	682.039	703.611	723.327	741.345	757.813	772.863	786.618
Aluguel de Marambaia (R\$)	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000
Custos de Verificação (R\$)	12.600	12.600	12.600	12.600	12.600	12.600	12.600	12.600	12.600	12.600
Pagamentos ao Banco Mundial	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000
Custos Administrativos	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600
Custos Recuperação Marambaia (R\$)	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000
Total dos Custos Operacionais	1.187.351	1.215.609	1.241.436	1.265.039	1.286.611	1.306.327	1.324.345	1.340.813	1.355.863	1.369.618
Margem Bruta	1.494.456	1.591.595	1.680.373	1.761.510	1.835.664	1.903.436	1.965.374	2.021.982	2.073.717	2.121.000
Imposto de Renda (<R\$ 240.000)	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600
Imposto de Renda (>R\$ 240.000)	426.515	459.542	489.727	517.313	542.526	565.568	586.627	605.874	623.464	639.540
Varição do Capital de Giro										(613.000)
Fluxo de Caixa Livre	1.010.341	1.074.452	1.133.046	1.186.597	1.235.538	1.280.268	1.321.147	1.358.508	1.392.653	2.036.860

Taxa de Desconto	10%	15%
VPL (2005 a 2022)	R\$ 4.904.418,92	R\$ 2.864.755,99

TIR (2005 a 2022)	36%
-------------------	-----

c) Risco Brasil mais baixo (200 pontos básicos):

Taxa de Desconto	8,1%	12,2%
VPL (2005 a 2022)	R\$ 11.720.028,42	R\$ 7.941.052,01

TIR (2005 a 2022)	50%
-------------------	-----

d) Produção começando em 2007 e Risco Brasil e dólar estabilizados e baixos:

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
CERs CTR Nova Iguaçu (tCO2/ano)	Apêndice 1	72.840	108.298	207.717	242.082	291.309	340.799	368.333	408.882
CERs Marambaia (tCO2/ano)	Apêndice 2	48.550	75.431	68.939	63.005	57.582	52.626	48.097	43.957
Total de CERs (tCO2/ano)		121.389	183.729	276.655	305.087	348.892	393.425	416.430	452.840
Preço dos CERs vendidos (R\$)	7,04								
Receita Bruta (R\$)		0	0	1.946.269	2.146.290	2.454.452	2.767.748	2.929.583	3.185.727
% das vendas de CERs devidos a impostos sobre a Receita Bruta	10% 11,25%								
Receita Líquida (R\$)		0	0	1.554.583	1.714.349	1.960.494	2.210.739	2.340.005	2.544.600
Custo Fixo Planta de Gás (R\$)	78.000 Euros/ano	163.800	163.800	163.800	163.800	163.800	163.800	163.800	163.800
% Créditos de Carbono devidos à variável	variável	-	28%	28%	28%	26%	24%	22%	20%
% Créditos de Carbono devidos à variável	variável	-	0	544.955	600.961	638.158	664.260	644.508	637.145
Aluguel de Marambaia (R\$)	4000/mês	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000
Custos de Verificação (R\$)	6.000 US\$/ano	12.600	12.600	12.600	12.600	12.600	12.600	12.600	12.600
Pagamentos ao Banco Mundial	20.000 US\$/ano	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000
Custos Administrativos	US\$ 6.850/ mês	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600
Custos Recuperação Marambaia (R\$)	100 mil até 2008 e 70 mil depois	100.000	100.000	100.000	100.000	70.000	70.000	70.000	70.000
Total dos Custos Operacionais		613.000	613.000	1.157.955	1.213.961	1.221.158	1.247.260	1.227.508	1.220.145
Margem Bruta		(613.000)	(613.000)	396.627	500.388	739.336	963.479	1.112.496	1.324.454
Imposto de Renda (<R\$ 240.000)	24%	0	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600
Imposto de Renda (>R\$ 240.000)	34%	0	(290.020)	53.253	88.532	169.774	245.983	296.649	368.714
Variação do Capital de Giro	1 ano de C.Operac.	613.000							
Fluxo de Caixa Livre		(1.226.000)	(380.580)	285.774	354.256	511.962	659.896	758.248	898.140

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
CERs CTR Nova Iguaçu (tCO2/ano)	437.083	462.857	486.412	507.940	527.615	545.597	562.031	577.050	590.777	603.322
CERs Marambaia (tCO2/ano)	40.174	36.716	33.556	30.668	28.028	25.616	23.411	21.396	19.555	17.872
Total de CERs (tCO2/ano)	477.257	499.573	519.968	538.608	555.644	571.213	585.442	598.447	610.332	621.194
Preço dos CERs vendidos (R\$)										
Receita Bruta (R\$)	3.357.504	3.514.496	3.657.977	3.789.108	3.908.952	4.018.482	4.118.585	4.210.072	4.293.685	4.370.101
% das vendas de CERs devidos ao Município										
Impostos sobre a Receita Bruta										
Receita Líquida (R\$)	2.681.806	2.807.204	2.921.809	3.026.550	3.122.276	3.209.763	3.289.720	3.362.795	3.429.581	3.490.618
Custo Fixo Planta de Gás (R\$)	163.800	163.800	163.800	163.800	163.800	163.800	163.800	163.800	163.800	163.800
% Créditos de Carbono devidos à	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%
% Créditos de Carbono devidos à	604.351	632.609	658.436	682.039	703.611	723.327	741.345	757.813	772.863	786.618
Aluguel de Marambaia (R\$)	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000
Custos de Verificação (R\$)	12.600	12.600	12.600	12.600	12.600	12.600	12.600	12.600	12.600	12.600
Pagamentos ao Banco Mundial	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000
Custos Administrativos	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600
Custos Recuperação Marambaia (R\$)	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000
Total dos Custos Operacionais	1.187.351	1.215.609	1.241.436	1.265.039	1.286.611	1.306.327	1.324.345	1.340.813	1.355.863	1.369.618
Margem Bruta	1.494.456	1.591.595	1.680.373	1.761.510	1.835.664	1.903.436	1.965.374	2.021.982	2.073.717	2.121.000
Imposto de Renda (<R\$ 240.000)	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600
Imposto de Renda (>R\$ 240.000)	426.515	459.542	489.727	517.313	542.526	565.568	586.627	605.874	623.464	639.540
Variação do Capital de Giro										(613.000)
Fluxo de Caixa Livre	1.010.341	1.074.452	1.133.046	1.186.597	1.235.538	1.280.268	1.321.147	1.358.508	1.392.653	2.036.860

Taxa de Desconto	8,1%	12,2%
VPL (2005 a 2022)	R\$ 6.023.786,94	R\$ 3.884.034,78

TIR (2005 a 2022)	36%
-------------------	-----

Anexo 5: Fluxo de Caixa dos CERs – 2005 a 2012

Cenário Base:

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
CERs CTR Nova Iguaçu (tCO2/ano)	Anexo 1	72.840	108.298	207.717	242.082	291.309	340.799	368.333	408.882
CERs Marambaia (tCO2/ano)	Anexo 2	48.550	75.431	68.939	63.005	57.582	52.626	48.097	43.957
Total de CERs (tCO2/ano)		121.389	183.729	276.655	305.087	348.892	393.425	416.430	452.840
Preço dos CERs vendidos (R\$)	11,56								
Receita Bruta (R\$)		0	2.123.452	3.197.443	3.526.047	4.032.315	4.547.015	4.812.887	5.233.695
% das vendas de CERs devidos ao Município	10%								
Impostos sobre a Receita Bruta	11,25%								
Receita Líquida (R\$)		0	1.696.107	2.553.957	2.816.430	3.220.811	3.631.928	3.844.293	4.180.414
Custo Fixo Planta de Gás (R\$)	78.000 Euros/ano	269.100	269.100	269.100	269.100	269.100	269.100	269.100	269.100
% Créditos de Carbono devidos à Operadora (%)	variável	-	28%	28%	28%	26%	24%	22%	20%
% Créditos de Carbono devidos à Operadora (R\$)	variável	-	594.567	895.284	987.293	1.048.402	1.091.284	1.058.835	1.046.739
Aluguel de Marambaia (R\$)	4000/mês	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000
Custos de Verificação (R\$)	6.000 US\$/ano	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000
Pagamentos ao Banco Mundial	20.000 US\$/ano	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000
Custos Administrativos	US\$ 6.850/ mês	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600
Custos Recuperação Marambaia (R\$/ano)	100 mil até 2008 e 70 mil depois	100.000	100.000	100.000	100.000	70.000	70.000	70.000	70.000
Total dos Custos Operacionais		741.700	1.336.267	1.636.984	1.728.993	1.760.102	1.802.984	1.770.535	1.758.439
Margem Bruta		(741.700)	359.841	916.973	1.087.437	1.460.709	1.828.944	2.073.758	2.421.975
Imposto de Renda (<R\$ 240.000)	24%	0	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600
Imposto de Renda (>R\$ 240.000)	34%	0	40.746	230.171	288.129	415.041	540.241	623.478	741.871
Variação do Capital de Giro	1 ano de C.Operac.	741700							(741.700)
Fluxo de Caixa Livre		(1.483.400)	261.495	629.202	741.708	988.068	1.231.103	1.392.680	2.364.203

Taxa de Desconto	10%	15%
VPL	R\$ 3.270.205,23	R\$ 2.375.332,51

TIR	44%
-----	-----

Cenário em que produção começa em 2007 e Risco Brasil e dólar estabilizados e baixos:

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
CERs CTR Nova Iguaçu (tCO2/ano)	Anexo 1	72.840	108.298	207.717	242.082	291.309	340.799	368.333	408.882
CERs Marambaia (tCO2/ano)	Anexo 2	48.550	75.431	68.939	63.005	57.582	52.626	48.097	43.957
Total de CERs (tCO2/ano)		121.389	183.729	276.655	305.087	348.892	393.425	416.430	452.840
Preço dos CERs vendidos (R\$)	11,56								
Receita Bruta (R\$)		0	0	3.197.443	3.526.047	4.032.315	4.547.015	4.812.887	5.233.695
% das vendas de CERs devidos ao Município	10%								
Impostos sobre a Receita Bruta	11,25%								
Receita Líquida (R\$)		0	0	2.553.957	2.816.430	3.220.811	3.631.928	3.844.293	4.180.414
Custo Fixo Planta de Gás (R\$)	78.000 Euros/ano	163.800	163.800	163.800	163.800	163.800	163.800	163.800	163.800
% Créditos de Carbono devidos à Operadora (%)	variável	-	28%	28%	28%	26%	24%	22%	20%
% Créditos de Carbono devidos à Operadora (R\$)	variável	-	0	895.284	987.293	1.048.402	1.091.284	1.058.835	1.046.739
Aluguel de Marambaia (R\$)	4000/mês	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000
Custos de Verificação (R\$)	6.000 US\$/ano	12.600	12.600	12.600	12.600	12.600	12.600	12.600	12.600
Pagamentos ao Banco Mundial	20.000 US\$/ano	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000
Custos Administrativos	US\$ 6.850/ mês	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600	246.600
Custos Recuperação Marambaia (R\$/ano)	100 mil até 2008 e 70 mil depois	100.000	100.000	100.000	100.000	70.000	70.000	70.000	70.000
Total dos Custos Operacionais		613.000	613.000	1.508.284	1.600.293	1.631.402	1.674.284	1.641.835	1.629.739
Margem Bruta		(613.000)	(613.000)	1.045.673	1.216.137	1.589.409	1.957.644	2.202.458	2.550.675
Imposto de Renda (<R\$ 240.000)	24%	0	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600
Imposto de Renda (>R\$ 240.000)	34%	0	(290.020)	273.929	331.887	458.799	583.999	667.236	785.629
Variação do Capital de Giro	1 ano de C.Operac.	613000							(613.000)
Fluxo de Caixa Livre		(1.226.000)	(380.580)	714.144	826.650	1.073.010	1.316.045	1.477.622	2.320.445

Taxa de Desconto	8,1%	12,2%
VPL	R\$ 3.633.135,17	R\$ 2.788.072,63
TIR	42%	

Anexo 6: Energia passível de ser vendida a partir da geração esperada de biogás

ano		2005 1	2006 2	2007 3	2008 4	2009 5	2010 6	2011 7	2012 8	2013 9
(a) Biogás CTR (m3/hora)	Anexo 1	1.458	2.168	4.157	4.845	5.831	6.821	7.372	8.184	8.748
(b) Biogás Mar. (m3/hora)	Anexo 1	972	1.510	1.380	1.261	1.153	1.053	963	880	804
(c) Biogás Recuperável Total (m3/hora)	= (a) + (b)	2.430	3.677	5.537	6.106	6.983	7.874	8.335	9.064	9.552
(d) Consumo Específico (m3/MWh)	596									
(e) MW Passível de Gerar - CTR	= (a)/(d)	2,45	3,64	6,98	8,13	9,78	11,44	12,37	13,73	14,68
(f) MWh Passível de Gerar - Mar.	= (b)/(d)	1,63	2,53	2,32	2,12	1,93	1,77	1,62	1,48	1,35
(g) MWh/ano Passível de Gerar - Total	= (c)/(d)	4,08	6,17	9,29	10,25	11,72	13,21	13,98	15,21	16,03
(h) Quantidade de Motores CTR	= int{(e)/(l)}	2	3	6	7	9	11	12	13	14
(i) Quantidade de Motores Mar.	= int{(f)/(l)}	1	2	2	2	1	1	1	1	1
(j) Total de Motores	= (h) + (i)	3	5	8	9	10	12	13	14	15
(l) Potência dos Motores (MWh)	1,025									
(m) Perdas	5%									
(n) Disponibilidade do Equipamento	90%									
(o) Energia Bruta a ser Gerada MWh/ano	= (j) * (l) * {1 - (m)} * (n) * 365 * 24	23.031	38.385	61.416	69.093	76.770	92.125	99.802	107.479	115.156
(p) Consumo para geração de energia	1.577	3.154	3.154	3.154	3.154	3.154	3.154	3.154	3.154	3.154
(q) MWh/ano passível de ser vendido	= (o) - (p)	19.877	35.231	58.262	65.939	73.616	88.971	96.648	104.325	112.002

ano		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
		10	11	12	13	14	15	16	17	18
(a) Biogás CTR (m3/hora)	Anexo 1	9.264	9.735	10.166	10.560	10.920	11.249	11.550	11.824	12.075
(b) Biogás Mar. (m3/hora)	Anexo 1	735	672	614	561	513	469	428	391	358
(c) Biogás Recuperável Total (m3/hora)	= (a) + (b)	9.999	10.407	10.780	11.121	11.433	11.718	11.978	12.216	12.433
(d) Consumo Específico (m3/MWh)	596									
(e) MW Passível de Gerar - CTR	=(a)/(d)	15,54	16,33	17,06	17,72	18,32	18,87	19,38	19,84	20,26
(f) MWh Passível de Gerar - Mar.	=(b)/(d)	1,23	1,13	1,03	0,94	0,86	0,79	0,72	0,66	0,60
(g) MWh/ano Passível de Gerar - Total	=(c)/(d)	16,78	17,46	18,09	18,66	19,18	19,66	20,10	20,50	20,86
(h) Quantidade de Motores CTR	=int{(e)/(l)}	15	15	16	17	17	18	18	19	19
(i) Quantidade de Motores Mar.	=int{(f)/(l)}	1	1	1	0	0	0	0	0	0
(j) Total de Motores	=(h) + (i)	16	16	17	17	17	18	18	19	19
(l) Potência dos Motores (MWh)	1,025									
(m) Perdas	5%									
(n) Disponibilidade do Equipamento	90%									
(o) Energia Bruta a ser Gerada MWh/ano	=(j) * (l) * {1 - (m)} *(n) * 365 * 24	122.833	122.833	130.510	130.510	130.510	138.187	138.187	145.864	145.864
(p) Consumo para geração de energia	1.577	3.154	3.154	3.154	1.577	1.577	1.577	1.577	1.577	1.577
(q) MWh/ano passível de ser vendido	=(o)-(p)	119.679	119.679	127.356	128.933	128.933	136.610	136.610	144.287	144.287

Anexo 8: Fluxo de Caixa da Comercialização de Energia, com preço de mercado – 2006 a 2020

ano		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
Motores Utilizados na Geração			3	5	8	9	10	12	13	13
MWh/ano para venda	Anexo 6		35.231	58.262	65.939	73.616	88.971	96.648	104.325	105.902
Média do Preço de Energia	R\$ 141,76									
(-) Tarifa por Demanda Contratada	R\$ 17,20									
= Receita Bruta			4.388.401	7.257.160	8.213.412	9.169.665	11.082.170	12.038.423	12.994.676	13.191.107
(-) Outorga à Prefeitura de N.Iguaçu	10%		438.840	725.716	821.341	916.967	1.108.217	1.203.842	1.299.468	1.319.111
(-) Impostos sobre a Receita	18,25%		800.883	1.324.432	1.498.948	1.673.464	2.022.496	2.197.012	2.371.528	2.407.377
(-) 10% Receita Marambáia	10%		75.982	171.607	171.607	171.607	75.982	75.982	75.982	0
= Receita Líquida			3.072.696	5.035.405	5.721.516	6.407.627	7.875.475	8.561.586	9.247.698	9.464.619
(-) Custo de Mão de Obra	R\$23.393 mês		280.716	280.716	280.716	280.716	280.716	280.716	280.716	280.716
(-) Custo de Supervisão	R\$15.000 mês		180.000	180.000	180.000	180.000	180.000	180.000	180.000	180.000
(-) Custo de Peças e Manutenção	variável									
(-) Custo de Comunicação	R\$2.000 mês		24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000
	= 0,5%*									
(-)Alíquota sobre Cap.Instalado	motores*1.025 * 173,23		26.634	44.390	71.024	79.902	88.780	106.536	115.414	115.414
(-) Tarifa de Geração (TUSD)	R\$ 2,03/kW		124.675	199.480	224.415	249.350	299.221	324.156	349.091	349.091
= Lucro da Atividade			2.436.671	4.306.818	4.941.360	5.593.658	7.002.758	7.646.178	8.298.477	8.515.398
(-) Depreciação	Anexo 7		1.304.419	2.291.738	2.574.273	3.190.713	3.529.755	3.906.468	3.906.468	3.906.468
= Resultado Bruto			1.132.252	2.015.080	2.367.087	2.402.946	3.473.004	3.739.711	4.392.009	4.608.930
Imposto de Renda (<R\$ 240.000)	24%		57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600
Imposto de Renda (>R\$ 240.000)	34%		303.366	603.527	723.210	735.402	1.099.221	1.189.902	1.411.683	1.485.436
= Resultado Líquido			771.286	1.353.953	1.586.278	1.609.944	2.316.182	2.492.209	2.922.726	3.065.894
(+) Depreciação	Anexo 7		1.304.419	2.291.738	2.574.273	3.190.713	3.529.755	3.906.468	3.906.468	3.906.468
(-) Variação do Capital de Giro	2 meses C.Oper.		106.004	15.427	8.595	5.636	9.791	7.115	5.636	-
(-) Investimentos	Anexo 7	19.566.278	10.171.256	3.390.419	3.390.419	6.780.837	3.390.419	3.390.419	-	-
= Fluxo de Caixa Livre		(19.566.278)	(8.201.555)	239.846	761.537	(1.985.816)	2.445.727	3.001.143	6.823.558	6.972.362

ano		2014 9	2015 10	2016 11	2017 12	2018 13	2019 14	2020 15	2021
Motores Utilizados na Geração		13	13	13	13	13	13	13	
MWh/ano para venda	Anexo 6	105.902	105.902	105.902	105.902	105.902	105.902	105.902	
Média do Preço de Energia	R\$ 141,76								
(-) Tarifa por Demanda Contratada	R\$ 17,20								
= Receita Bruta		13.191.107	13.191.107	13.191.107	13.191.107	13.191.107	13.191.107	13.191.107	
(-) Outorga à Prefeitura de N.Iguaçu	10%	1.319.111	1.319.111	1.319.111	1.319.111	1.319.111	1.319.111	1.319.111	
(-) Impostos sobre a Receita	18,25%	2.407.377	2.407.377	2.407.377	2.407.377	2.407.377	2.407.377	2.407.377	
(-) 10% Receita Marambáia	10%	0	0	0	0	0	0	0	
= Receita Líquida		9.464.619	9.464.619	9.464.619	9.464.619	9.464.619	9.464.619	9.464.619	
(-) Custo de Mão de Obra	R\$23.393 mês	280.716	280.716	280.716	280.716	280.716	280.716	280.716	
(-) Custo de Supervisão	R\$15.000 mês	180.000	180.000	180.000	180.000	180.000	180.000	180.000	
(-) Custo de Peças e Manutenção	variável								
(-) Custo de Comunicação	R\$2.000 mês = 0,5%*	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	
(-) Alíquota sobre Cap.Instalado	motores*1.025 * 173,23	115.414	115.414	115.414	115.414	115.414	115.414	115.414	
(-) Tarifa de Geração (TUSD)	R\$ 2.03/kW	349.091	349.091	349.091	349.091	349.091	349.091	349.091	
= Lucro da Atividade		8.515.398	8.515.398	8.515.398	8.515.398	8.515.398	8.515.398	8.515.398	
(-) Depreciação	Anexo 7	3.906.468	3.906.468	3.906.468	3.906.468	3.906.468	3.906.468	3.906.468	
= Resultado Bruto		4.608.930	4.608.930	4.608.930	4.608.930	4.608.930	4.608.930	4.608.930	
Imposto de Renda (<R\$ 240.000)	24%	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	
Imposto de Renda (>R\$ 240.000)	34%	1.485.436	1.485.436	1.485.436	1.485.436	1.485.436	1.485.436	1.485.436	
= Resultado Líquido		3.065.894	3.065.894	3.065.894	3.065.894	3.065.894	3.065.894	3.065.894	
(+) Depreciação	Anexo 7	3.906.468	3.906.468	3.906.468	3.906.468	3.906.468	3.906.468	3.906.468	
(-) Variação do Capital de Giro	2 meses C.Oper.	-	-	-	-	-	-	-	(158.204)
(-) Investimentos	Anexo 7	-	-	-	-	-	-	-	
= Fluxo de Caixa Livre		6.972.362	6.972.362	6.972.362	6.972.362	6.972.362	6.972.362	6.972.362	158.204

Taxa de Desconto	9,58%	15%
VPL	(824.211)	(10.293.781)

TIR	9,23%
-----	-------

Anexo 9: Fluxo de Caixa da Comercialização de Energia com preço mínimo para haver decisão de geração de energia – 2006 a 2020

ano		2005 0	2006 1	2007 2	2008 3	2009 4	2010 5	2011 6	2012 7	2013 8
Motores Utilizados na Geração			3	5	8	9	10	12	13	13
MWh/ano para venda	Anexo 6		35.231	58.262	65.939	73.616	88.971	96.648	104.325	105.902
Média do Preço de Energia	R\$ 189,18									
(-) Tarifa por Demanda Contratada	R\$ 17,20									
= Receita Bruta			6.059.210	10.020.199	11.340.529	12.660.858	15.301.517	16.621.847	17.942.176	18.213.395
(-) Outorga à Prefeitura de N.Iguaçu	10%		605.921	1.002.020	1.134.053	1.266.086	1.530.152	1.662.185	1.794.218	1.821.340
(-) Impostos sobre a Receita	18,25%		1.105.806	1.828.686	2.069.646	2.310.607	2.792.527	3.033.487	3.274.447	3.323.945
(-) 10% Receita Marambáia	10%		104.911	236.944	236.944	236.944	104.911	104.911	104.911	0
= Receita Líquida			4.242.572	6.952.549	7.899.885	8.847.222	10.873.928	11.821.264	12.768.601	13.068.111
(-) Custo de Mão de Obra	R\$23.393 mês		280.716	280.716	280.716	280.716	280.716	280.716	280.716	280.716
(-) Custo de Supervisão	R\$15.000 mês		180.000	180.000	180.000	180.000	180.000	180.000	180.000	180.000
(-) Custo de Peças e Manutenção variável										
(-) Custo de Comunicação	R\$2.000 mês		24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000
(-) Alíquota sobre Cap. Instalado	= 0,5%* motores*1.025 * 173,23		26.634	44.390	71.024	79.902	88.780	106.536	115.414	115.414
(-) Tarifa de Geração (TUSD)	R\$ 2,03/kW		124.675	199.480	224.415	249.350	299.221	324.156	349.091	349.091
= Lucro da Atividade			3.606.547	6.223.962	7.119.730	8.033.253	10.001.211	10.905.856	11.819.379	12.118.890
(-) Depreciação	Anexo 7		1.304.419	2.291.738	2.574.273	3.190.713	3.529.755	3.906.468	3.906.468	3.906.468
= Resultado Bruto			2.302.128	3.932.224	4.545.456	4.842.540	6.471.456	6.999.388	7.912.912	8.212.422
Imposto de Renda (<R\$ 240.000)	24%		57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600
Imposto de Renda (>R\$ 240.000)	34%		701.124	1.255.356	1.463.855	1.564.864	2.118.695	2.298.192	2.608.790	2.710.624
= Resultado Líquido			1.543.405	2.619.268	3.024.001	3.220.076	4.295.161	4.643.596	5.246.522	5.444.199
(+) Depreciação	Anexo 7		1.304.419	2.291.738	2.574.273	3.190.713	3.529.755	3.906.468	3.906.468	3.906.468
(-) Variação do Capital de Giro	2 meses C. Oper.		106.004	15.427	8.595	5.636	9.791	7.115	5.636	-
(-) Investimentos	Anexo 7	19.566.278	10.171.256	3.390.419	3.390.419	6.780.837	3.390.419	3.390.419	-	-
= Fluxo de Caixa Livre		(19.566.278)	(7.429.436)	1.505.161	2.199.261	(375.683)	4.424.706	5.152.530	9.147.354	9.350.667

ano		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
		9	10	11	12	13	14	15	
Motores Utilizados na Geração		13	13	13	13	13	13	13	
MWh/ano para venda	Anexo 6	105.902	105.902	105.902	105.902	105.902	105.902	105.902	
Média do Preço de Energia	R\$ 189,18								
(-) Tarifa por Demanda Contratada	R\$ 17,20								
= Receita Bruta		18.213.395	18.213.395	18.213.395	18.213.395	18.213.395	18.213.395	18.213.395	
(-) Outorga à Prefeitura de N.Iguaçu	10%	1.821.340	1.821.340	1.821.340	1.821.340	1.821.340	1.821.340	1.821.340	
(-) Impostos sobre a Receita	18,25%	3.323.945	3.323.945	3.323.945	3.323.945	3.323.945	3.323.945	3.323.945	
(-) 10% Receita Marambáia	10%	0	0	0	0	0	0	0	
= Receita Líquida		13.068.111	13.068.111	13.068.111	13.068.111	13.068.111	13.068.111	13.068.111	
(-) Custo de Mão de Obra	R\$23.393 mês	280.716	280.716	280.716	280.716	280.716	280.716	280.716	
(-) Custo de Supervisão	R\$15.000 mês	180.000	180.000	180.000	180.000	180.000	180.000	180.000	
(-) Custo de Peças e Manutenção	variável								
(-) Custo de Comunicação	R\$2.000 mês	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	
(-) Alíquota sobre Cap.Instalado	= 0,5%*								
(-) Alíquota sobre Cap.Instalado	motores*1.025 *	115.414	115.414	115.414	115.414	115.414	115.414	115.414	
(-) Tarifa de Geração (TUSD)	173,23								
(-) Tarifa de Geração (TUSD)	R\$ 2,03/kW	349.091	349.091	349.091	349.091	349.091	349.091	349.091	
= Lucro da Atividade		12.118.890	12.118.890	12.118.890	12.118.890	12.118.890	12.118.890	12.118.890	
(-) Depreciação	Anexo 7	3.906.468	3.906.468	3.906.468	3.906.468	3.906.468	3.906.468	3.906.468	
= Resultado Bruto		8.212.422	8.212.422	8.212.422	8.212.422	8.212.422	8.212.422	8.212.422	
Imposto de Renda (<R\$ 240.000)	24%	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	
Imposto de Renda (>R\$ 240.000)	34%	2.710.624	2.710.624	2.710.624	2.710.624	2.710.624	2.710.624	2.710.624	
= Resultado Líquido		5.444.199	5.444.199	5.444.199	5.444.199	5.444.199	5.444.199	5.444.199	
(+) Depreciação	Anexo 7	3.906.468	3.906.468	3.906.468	3.906.468	3.906.468	3.906.468	3.906.468	
(-) Variação do Capital de Giro	2 meses C.Oper.	-	-	-	-	-	-	-	(158.204)
(-) Investimentos	Anexo 7	-	-	-	-	-	-	-	
= Fluxo de Caixa Livre		9.350.667	9.350.667	9.350.667	9.350.667	9.350.667	9.350.667	9.350.667	158.204

Taxa de Desconto	9,58%	15%
VPL	13.655.253	-

TIR	15,00%
-----	--------

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)