

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL
MESTRADO EM SANEAMENTO AMBIENTAL

**ANÁLISE DO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO
BIOGÁS DO ATERRO SANITÁRIO METROPOLITANO
OESTE EM CAUCAIA SOB A PERSPECTIVA DO
MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO**

ANDRÉ DE FREITAS GOMES LINARD

FORTALEZA

2010

ANDRÉ DE FREITAS GOMES LINARD

**ANÁLISE DO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO
BIOGÁS DO ATERRO SANITÁRIO METROPOLITANO
OESTE EM CAUCAIA SOB A PERSPECTIVA DO
MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil.

Área de concentração: Saneamento Ambiental

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Marisete Dantas de Aquino

FORTALEZA

2010

ERRATA

LINARD, André. **Análise do aproveitamento energético do biogás do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste em Caucaia sob a perspectiva do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo**. 2010. 100 f. Dissertação (Mestrado). Pós-Graduação em Engenharia Civil (área de concentração: Saneamento Ambiental), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

Folha	Linha	Onde se lê	Leia-se
1	3	162 milhões de	162 mil
12	20	evidencia	evidência
16	12	comercias	comerciais
18	1	auxilio	auxílio
18	8	enquanto que	enquanto
27	8	ambos protagonistas	ambos os protagonistas
67	25	Poder-se-ia	Poder-se-iam
73	8	catadores	recicladores
74	18	tempertura	temperatura
75	18	36,086625	76.474,80
75	19	36,086625	76.474,80

ANDRÉ DE FREITAS GOMES LINARD

ANÁLISE DO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO BIOGÁS DO ATERRO
SANITÁRIO METROPOLITANO OESTE EM CAUCAIA SOB A PERSPECTIVA DO
MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil.

Aprovada em 08/11/2010.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Marisete Dantas de Aquino (Orientadora)

Universidade Federal do Ceará – UFC

Prof. Dr. William Magalhães Barcellos

Universidade Federal do Ceará – UFC

Eng. Dr. Francisco Vieira Paiva (Examinador Externo)

A Deus, a meus pais, C  zar e Socorrinha, a meu
irmão, Felipe, e a minha esposa, Isabele.

AGRADECIMENTOS

A Deus Todo Poderoso, pelas bênçãos diariamente concedidas e pelo auxílio imprescindível na concretização deste sonho.

A minha família, pelo apoio e amor sempre presentes e incondicionais, essenciais à realização desta importante etapa de minha vida.

A minha amada esposa, Isabele, pelo amor, pela cumplicidade e pela compreensão, fundamentais para este grande passo dado em minha vida.

À professora Marisete Dantas de Aquino, pela orientação, apoio e confiança no decurso deste trabalho.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao engenheiro Gleydson Amorim, supervisor de Aterro e Transbordo da empresa ECOFOR, pelo acompanhamento técnico durante a visita realizada ao Aterro de Caucaia.

Ao engenheiro Helano Brilhante, chefe da Divisão de Resíduos Sólidos da ACFOR, por conceder-me autorização para visitar o Aterro de Caucaia.

Aos amigos Adriano e Ana Selma, pelos excelentes e divertidos momentos vividos durante o mestrado.

Aos amigos Augusto Regino, Micaella e Leonardo, pelos felizes e imperdíveis *happy hours*.

Ao amigo Marcos Lima, pelas sugestões, idéias e conhecimentos valiosos, que enriqueceram bastante esta dissertação.

E a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

“A natureza é o único livro que oferece um conteúdo valioso em todas as suas folhas.”

Johann Goethe

RESUMO

A geração expressiva de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil tem-se tornado foco convergente de apreensão do Poder Público e da sociedade pela constatação de que à grande parte de todo o montante desse lixo não são dados tratamento nem destinação final apropriados. Dispostos em lixões, aterros controlados e sanitários, os RSU, após ação de mecanismos de degradação, emitem para a atmosfera gases poluentes, sobretudo metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), os quais contribuem para o agravamento do fenômeno do Efeito Estufa. O Protocolo de Quioto, documento adotado no âmbito da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC), estabeleceu metas de redução de emissões de Gases causadores do Efeito Estufa (GEEs) para os países industrializados e, para alcançar efetivamente tal propósito, instituiu um instrumento de flexibilização denominado Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Este estabelecia que as nações desenvolvidas que tivessem dificuldades em cumprir suas quotas de redução de emissões poderiam investir em projetos redutores ou removedores de GEEs em nações em desenvolvimento. Este trabalho analisou o aproveitamento energético do biogás do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste em Caucaia (ASMOC) através dos critérios do MDL, procedendo primeiramente à análise da viabilidade técnica da utilização do Gás do Lixo (GDL) para fins energéticos, como também às diretrizes do MDL, quais sejam: i) Linha de Base, definição do conjunto de emissões de GEEs na ausência do projeto; ii) Adicionalidade, verificação do caráter redutor ou removedor de GEEs do projeto, ou seja, as reduções devem ser adicionais após a implantação deste; iii) viabilidade econômica condicionada à contabilização da receita oriunda das Reduções Certificadas de Emissão (RCEs), título comercializável no Mercado de Carbono que comprova e registra a quantidade de GEEs evitada pela atividade; iv) verificação da contribuição do projeto para o Desenvolvimento Sustentável. Utilizou-se, para o cálculo do biogás gerado no ASMOC e da potência disponível a partir da conversão energética do GDL, o programa Biogás – Geração e Uso Energético (Aterros-Versão 1.0) e, para avaliar a viabilidade econômica do empreendimento, realizou-se análise baseada no Valor Presente Líquido (VPL) e na Taxa Interna de Retorno (TIR). Os resultados demonstraram a viabilidade técnica e econômica do aproveitamento energético do biogás do ASMOC, com implantação de planta geradora de energia elétrica cuja potência é de 10MW, redução de emissões de aproximadamente 9 milhões de toneladas de dióxido de carbono, bem como o MDL constituir ferramenta poderosa no fomento e na viabilização de projetos de aterros energéticos, repercutindo positivamente do ponto de vista ambiental, econômico e social (tríade do Desenvolvimento Sustentável).

Palavras-chaves: Resíduos sólidos urbanos, biogás, aterro sanitário, Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, viabilidade econômica de projetos.

ABSTRACT

The great generation of Municipal Solid Waste (MSW) in Brazil has become a convergent focus of concern of Government and society by the evidence that it's not given appropriate treatment or final disposal to the large part of this amount of garbage. Disposed in landfills, controlled and sanitary landfills, MSW, after the action of degradation mechanisms, emit polluting gases into the atmosphere, mainly methane (CH₄) and carbon dioxide (CO₂), which contribute to the aggravation of the phenomenon of the Greenhouse Effect. The Kyoto Protocol, a document adopted under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), set up limits on emissions of Greenhouse Gases (GHG) for industrialized countries and to effectively get this purpose instituted a flexible instrument called Clean Development Mechanism (CDM). It established that the developed nations that had troubles to accomplish their quotas for reducing emissions could invest in GHG reducer or remover projects in developing nations. This research analyzed the energetic utilization of the biogas from the Caucaia West Metropolitan Sanitary Landfill (ASMOC) through the criteria of the CDM, proceeding firstly the analysis of the technical viability of the energetic utilization of Landfill Gas (LFG) as well as the CDM rules, which are: i) Baseline, definition of the whole GHG emissions in the absence of the project; ii) Additionality, verification of the project GHG reducer or remover feature, ie, reductions must be additional after the project implantation; iii) economic viability linked to the accounting of revenue from the Certified Emission Reductions (CERs), a negotiable deed in the Carbon Market that proves and registers the quantity of GHG avoided by the project; iv) verification of the project contribution to Sustainable Development. It was used for the calculation of the biogas generated in ASMOC and power available from the LFG energetic conversion the software Biogás – Geração e Uso Energético (Aterros-Versão 1.0) and to evaluate the undertaking economic viability analysis was performed based on Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR). The results demonstrated the technical and economic viability of the energetic utilization of ASMOC biogas, with the implementation of electricity generating plant whose output is 10MW, emissions reduction of approximately 9 million tons of carbon dioxide as well as the CDM be a powerful tool in promoting and making possible energetic landfill projects, reflecting positively in terms of environmental, economic and social (Sustainable Development triad).

Keywords: Municipal Solid Waste, biogas, sanitary landfill, Clean Development Mechanism, economic viability of projects.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – O FENÔMENO DO EFEITO ESTUFA	5
FIGURA 2.2 – ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NO HEMISFÉRIO NORTE	6
FIGURA 2.3 – EVOLUÇÃO DAS EMISSÕES DE GEEs ORIUNDAS DE ATIVIDADES ANTROPOGÊNICAS NO TEMPO	7
FIGURA 2.4 – PROPORÇÃO DE CADA GÁS NO CONJUNTO DE EMISSÕES DE GEEs E A CONTRIBUIÇÃO POR ATIVIDADE RELATIVAS AO ANO DE 2004.....	8
FIGURA 2.5 – CONCENTRAÇÕES ATMOSFÉRICAS DE CO ₂ , CH ₄ E N ₂ O AO LONGO DOS ÚLTIMOS 10 MIL ANOS (QUADRO MAIOR) E DESDE 1750 (QUADRO INSERIDO)	10
FIGURA 2.6 – INTER-RELAÇÕES ENTRE NAÇÕES NO MDL.....	19
FIGURA 2.7 – NÚMERO DE ATIVIDADES DE PROJETO NO ÂMBITO DO MDL NO MUNDO.....	22
FIGURA 2.8 – POTENCIAL DE REDUÇÃO DE EMISSÕES PARA O PRIMEIRO PERÍODO DE OBTENÇÃO DE CRÉDITOS	23
FIGURA 2.9 – DISTRIBUIÇÃO DAS ATIVIDADES DE PROJETO POR TIPO DE GEE NO BRASIL	23
FIGURA 2.10 – DISTRIBUIÇÃO DE ATIVIDADES POR ESCOPO SETORIAL	24
FIGURA 2.11 – CICLO DE PROJETO DE MDL	28
FIGURA 2.12 – MATRIZ ENERGÉTICA DO BRASIL.....	31
FIGURA 2.13 – MATRIZ ENERGÉTICA MUNDIAL.....	31
FIGURA 2.14 – COMPOSIÇÃO MÉDIA DO LIXO NO BRASIL.....	33
FIGURA 2.15 – ESTÁGIOS DE FORMAÇÃO DO BIOGÁS DE ATERRO	34
FIGURA 2.16 – ESQUEMA DE UM ATERRO SANITÁRIO	38
FIGURA 3.1 – ENTRADA DA ADMINISTRAÇÃO DO ASMOC.....	42
FIGURA 3.2 – FOTOGRAFIA AÉREA DO ASMOC.....	43
FIGURA 3.3 – TÉCNICA DE DISPOSIÇÃO DOS RSU	44
FIGURA 3.4 – LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO	45
FIGURA 3.5 – DRENO PARA COLETA DE BIOGÁS	45
FIGURA 3.6 – ESCRITÓRIO DA ADMINISTRAÇÃO DO ASMOC	46
FIGURA 3.7 – BALANÇA PARA PESAGEM DOS RSU.....	46
FIGURA 3.8 – MÁQUINAS EM OPERAÇÃO NO ATERRO	47
FIGURA 4.1 – CURVA DE GERAÇÃO DE GÁS METANO NO ASMOC.....	55
FIGURA 4.2 – CURVA DA POTÊNCIA DISPONÍVEL NO ASMOC.....	57
FIGURA 4.3 – COTAÇÃO DOS CRÉDITOS DE CARBONO	64

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 – RESUMO DOS PRINCIPAIS ACONTECIMENTOS NO ÂMBITO DO MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO.....	14
TABELA 2.2 – TEMPOS DE VIDA MÉDIOS NA ATMOSFERA E PAGs DOS GEES.....	17
TABELA 2.3 – SETORES E OS RESPECTIVOS GEES QUE EMITEM.....	21
TABELA 2.4 – DISTRIBUIÇÃO DE ATIVIDADES REDUTORAS DE GEES POR PROJETO NO BRASIL.....	25
TABELA 2.5 – GERAÇÃO <i>PER CAPITA</i> DE LIXO POR FAIXAS POPULACIONAIS E TIPO DE RESÍDUO.....	32
TABELA 2.6 – ATERROS ENERGÉTICOS NO BRASIL.....	40
TABELA 3.1 – FLUXO DE RSU DEPOSITADOS NO ASMOC.....	47
TABELA 3.2 – NATUREZA DOS RSU DO ASMOC.....	48
TABELA 4.1 – GERAÇÃO DE GÁS METANO NO ASMOC.....	56
TABELA 4.2 – POTÊNCIA DISPONÍVEL NO ASMOC.....	57
TABELA 4.3 – SISTEMA DE AMORTIZAÇÃO CONSTANTE (SAC) DO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RSU DO ASMOC.....	59
TABELA 4.4 – QUANTIDADE DE GEES REDUZIDA COM O APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RSU DO ASMOC.....	60
TABELA 4.5 – AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RSU DO ASMOC.....	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACFOR	Autorarquia de Regulação, Fiscalização e Controle dos Serviços Públicos de Saneamento Ambiental de Fortaleza
AND	Autoridade Nacional Designada
ASMOC	Aterro Sanitário Metropolitano Oeste em Caucaia
CE	Conselho Executivo
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CH ₄	Metano
CIMGC	Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima
CO ₂	Dióxido de carbono
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
COP	Conference of Parties (Conferência das Partes)
COP/MOP	<i>Conference of Parties serving as the Meeting of the Parties of the Protocol</i> (Conferência das Partes na qualidade de Reunião das Partes do Protocolo de Quioto)
CQNUMC	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
CSLL	Contribuição Social sobre o Lucro Líquido
EMLURB	Empresa Municipal de Limpeza e Urbanização de Fortaleza
EOD	Entidade Operacional Designada
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GDL	Gás do Lixo
GEE	Gás de Efeito Estufa
HFC	Hidrofluorcarbono
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> (Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima)
IR	Imposto de Renda
MCT	Ministério de Ciência e Tecnologia
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

MF	Ministério da Fazenda
MME	Ministério de Minas e Energia
NO ₂	Óxido nitroso
PAG	Potencial de Aquecimento Global
PFC	Perfluorcarbono
pH	Potencial hidrogeniônico
PIS	Programa de Integração Social
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
RCE	Redução Certificada de Emissão
ReCESA Ambiental	Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento
SAC	Sistema de Amortização Constante
SF ₆	Hexafluoreto de enxofre
SMA-SP	Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa mínima de atratividade
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVOS	3
1.1.1. Objetivo geral.....	3
1.1.2. Objetivos específicos.....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. ALTERAÇÕES GLOBAIS DO CLIMA E O EFEITO ESTUFA	4
2.2. PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (IPCC)	11
2.3. CONVENÇÃO QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (CQNUMC).....	12
2.4. CONFERÊNCIA DAS PARTES (COP) E CONFERÊNCIA DAS PARTES NA QUALIDADE DE REUNIÃO DAS PARTES (COP/MOP)	13
2.5. PROTOCOLO DE QUIOTO	15
2.6. MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO (MDL)	16
2.6.1. Introdução	16
2.6.2. Status das atividades de MDL	22
2.6.3. Estrutura institucional	26
2.6.4. Conceitos fundamentais	27
2.6.5. Ciclo de projeto	28
2.7. A ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL.....	30
2.7.1. A matriz energética	30
2.8. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E BIOGÁS DE ATERRO	32
2.8.1. Disposição dos resíduos sólidos urbanos no Brasil	32
2.8.2. Composição do biogás	33
2.8.3. Formação de biogás em aterro sanitário	34
2.9. ATERROS SANITÁRIOS.....	37
2.9.1. Projeto de aterro sanitário	37
2.9.2. Aterro sanitário energético	40
3. METODOLOGIA.....	42
3.1. ESTUDO DE CASO: ATERRO SANITÁRIO METROPOLITANO OESTE EM CAUCAIA – ASMOC.....	42
3.1.1. Visita técnica ao Aterro.....	42
3.1.2. A concepção do Aterro.....	43
3.1.3. Caracterização do Aterro.....	43
3.2. ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA (EVTE)	48
3.2.1. Análise técnica do uso de biogás do ASMOC.....	48
3.2.2. Análise econômica	51
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4.1. GERAÇÃO DE BIOGÁS NO ASMOC	55
4.2. POTÊNCIA DISPONÍVEL NO ASMOC	57
4.3. INVESTIMENTO NA INFRA-ESTRUTURA DE CAPTAÇÃO E COLETA DE GDL E DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	59
4.4. CONDICIONANTES PARA ELEGIBILIDADE DE PROJETOS NO ÂMBITO DO MDL.....	60
4.5. RESULTADOS ESPERADOS COM O APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RSU DO ASMOC	63
4.5.1. Benefícios ambientais	63
4.5.2. Benefícios econômicos.....	63
4.5.3. Benefícios sociais.....	65
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	66
5.1. CONCLUSÕES DA PESQUISA.....	66
5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
ANEXOS	73

1. INTRODUÇÃO

A expressiva quantidade de lixo produzida no Brasil, sobretudo nos grandes centros urbanos, tem-se tornado problemática significativa para os gestores públicos e para a sociedade. Com geração diária de cerca de 162 milhões de toneladas de lixo (IBGE, 2002), em conjunção com a progressiva escassez de áreas adequadas à destinação final dos resíduos sólidos urbanos (RSU), grande percentual desse montante não está sendo tratado tampouco disposto corretamente.

Em lixões e aterros controlados e sanitários, os RSU, em virtude de processos de decomposição de sua fração orgânica, produzem o chamado biogás ou Gás do Lixo (GDL), cuja composição molecular é formada principalmente por CH_4 (metano) e CO_2 (dióxido de carbono), além da participação de outros gases em proporção inferior, o qual apresenta caráter fortemente poluidor, contribuindo para o agravamento do fenômeno do Efeito Estufa e de suas conseqüências deletérias ao meio ambiente, bem assim a propriedade de ser combustível.

As graves mudanças climáticas resultantes do Efeito Estufa, tais como aumento da temperatura do planeta, elevação do nível dos oceanos, perda da biodiversidade, bem como outros desequilíbrios ambientais, trouxeram luz para o tema e motivaram a adoção de ações efetivas da comunidade internacional.

A reunião de esforços convergiu para a assunção de um tratado multilateral, denominado Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC). Esta, ante a constatação de que as anomalias por que passa o meio ambiente revestiam-se de grande importância, definiu as responsabilidades a serem levadas a cabo pela Parte Países do Anexo I (nações desenvolvidas) e pela Parte Países Não Anexo I (nações em desenvolvimento).

Os países signatários da CQNUMC, mediante processos de reuniões nas quais se debatiam critérios, diretrizes e propostas a respeito da temática Clima, fizeram emergir um instrumento formal de âmbito internacional, conhecido como Protocolo de Quioto, estabelecendo que as nações industrializadas deveriam reduzir suas emissões de Gases do Efeito Estufa (GEEs) em pelo menos 5%, objetivando retornar aos níveis observados no ano de 1990.

O Protocolo de Quioto imputou metas quantificadas de redução dos índices de GEEs na atmosfera somente para os países desenvolvidos signatários. Para tanto, com o intuito de obter êxito na minoração do lançamento desses gases poluentes e tendo ciência também dos obstáculos a serem enfrentados pelos Países do Anexo I, o Protocolo previu um instrumento de flexibilização denominado Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

O MDL resolvia que nações desenvolvidas as quais tivessem dificuldades em implementar medidas internas de minoração da emissão de GEEs, em virtude dos altos custos que teriam sobre si, ou mesmo as que não se inclinassem a efetivá-las, pelas transformações profundas a que teriam de submeter os próprios modelos de produção, poderiam investir em projetos de igual teor em países em desenvolvimento.

Dessa forma, os Países Não Anexo I contribuiriam para sucesso do cumprimento dos objetivos da Convenção, protagonizando um importante papel nesse contexto, e poderiam alcançar, assim, o Desenvolvimento Sustentável, por meio da adoção de tecnologias e técnicas mais limpas e menos intensivas em carbono.

A quantificação das reduções de GEEs conseguidas após a implantação de projetos que atingiram a classificação de atividade de MDL seria convertida em RCEs (Reduções Certificadas de Emissão), também conhecidas como Créditos de Carbono, as quais correspondem a uma tonelada de CO₂. As RCEs constituem títulos que podem ser transacionados em bolsas de valores, leilões e entre países no Mercado de Carbono.

O MDL constitui um instrumento importante de gestão dos resíduos sólidos urbanos, tornando viáveis investimentos em projetos que visem ao aproveitamento do biogás sob a perspectiva ambiental (redução do lançamento de gases poluidores na atmosfera), econômica (obtenção de receita a partir dos Créditos de Carbono) e social (integração e co-participação da comunidade, com elevação do padrão e da qualidade de vida desta).

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo geral

Avaliar o aproveitamento dos RSU do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste em Caucaia (ASMOC) sob a perspectiva do que postula o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

1.1.2. Objetivos específicos

Realizar o estudo de viabilidade técnica e econômica do uso do biogás do ASMOC para geração de energia elétrica;

Analisar o aproveitamento energético do GDL do ASMOC no tocante aos pressupostos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo:

- i) Linha de Base: definição do cenário que reúne o conjunto de emissões de GEEs cuja ocorrência dar-se-ia anteriormente à implantação do projeto;
- ii) Adicionalidade: verificação da efetividade na redução de GEEs atribuída ao projeto;
- iii) Viabilidade econômica atrelada à receita obtida com as RCEs (recursos extras): a exequibilidade do empreendimento está vinculada à previsão dos recursos oriundos dos Créditos de Carbono;
- iv) Verificação da contribuição do projeto para o Desenvolvimento Sustentável.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Alterações globais do clima e o Efeito Estufa

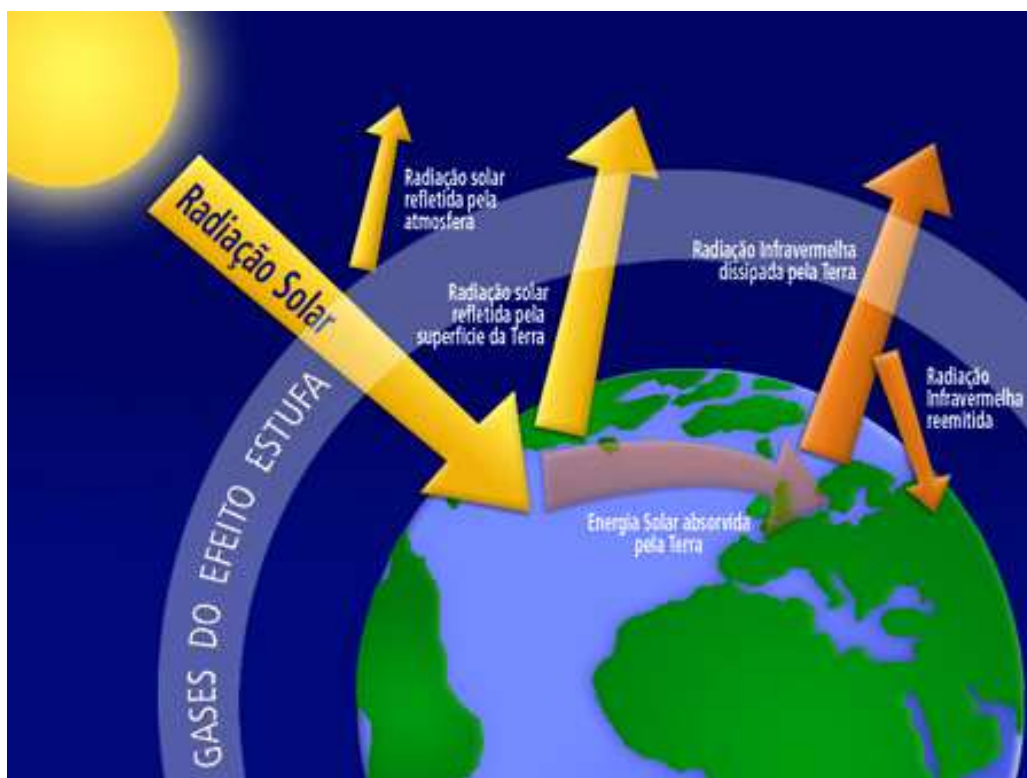
Emergentes de um sistema produtivo que impõe ao meio ambiente uma exploração predatória de seus recursos naturais, estabelecendo uma relação na qual aquele não é capaz de autorrecuperar-se diante das intervenções antropogênicas, as modificações climáticas observadas no planeta têm despertado na sociedade um sentimento de maior responsabilidade, bem como exigido do Poder Público a adoção de políticas adequadas para tratar dessas fenomenologias.

O padrão de produção atual tem intensificado sobremaneira o nível de emissões de gases poluentes na atmosfera, entre os quais estão o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), óxido nitroso (NO_2), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF_6).

Os gases supracitados apresentam a propriedade de reter parte da radiação solar refletida pela superfície da Terra (infravermelha), impedindo que o calor emanado possa dispersar-se em direção ao espaço e formando uma espécie de estufa. Este evento, denominado Efeito Estufa (Figura 2.1), ocorre naturalmente e deve-se a ele a manutenção do equilíbrio térmico do planeta.

Após o advento da industrialização, na qual houve um significativo aumento do uso de combustíveis fósseis e dos ativos ambientais, tem-se observado uma progressiva intensificação desse fenômeno e das conseqüências que dele resultam, como também se tornam cada vez mais perceptíveis os reflexos de um modelo de exploração que não prima pelos critérios de sustentabilidade, isto é, a conjugação dos aspectos ambiental, econômico e social.

Incremento de emissões de gases poluentes na atmosfera, contaminação dos recursos hídricos, dos solos, devastação das florestas vêm desestabilizando a relação outrora harmoniosa entre os seres humanos e o meio ambiente, acarretando resultados deletérios a ambos os protagonistas, como, por exemplo, elevação da temperatura global do planeta, também referenciado como aquecimento global, redução dos reservatórios de água potável, infertilidade dos solos.

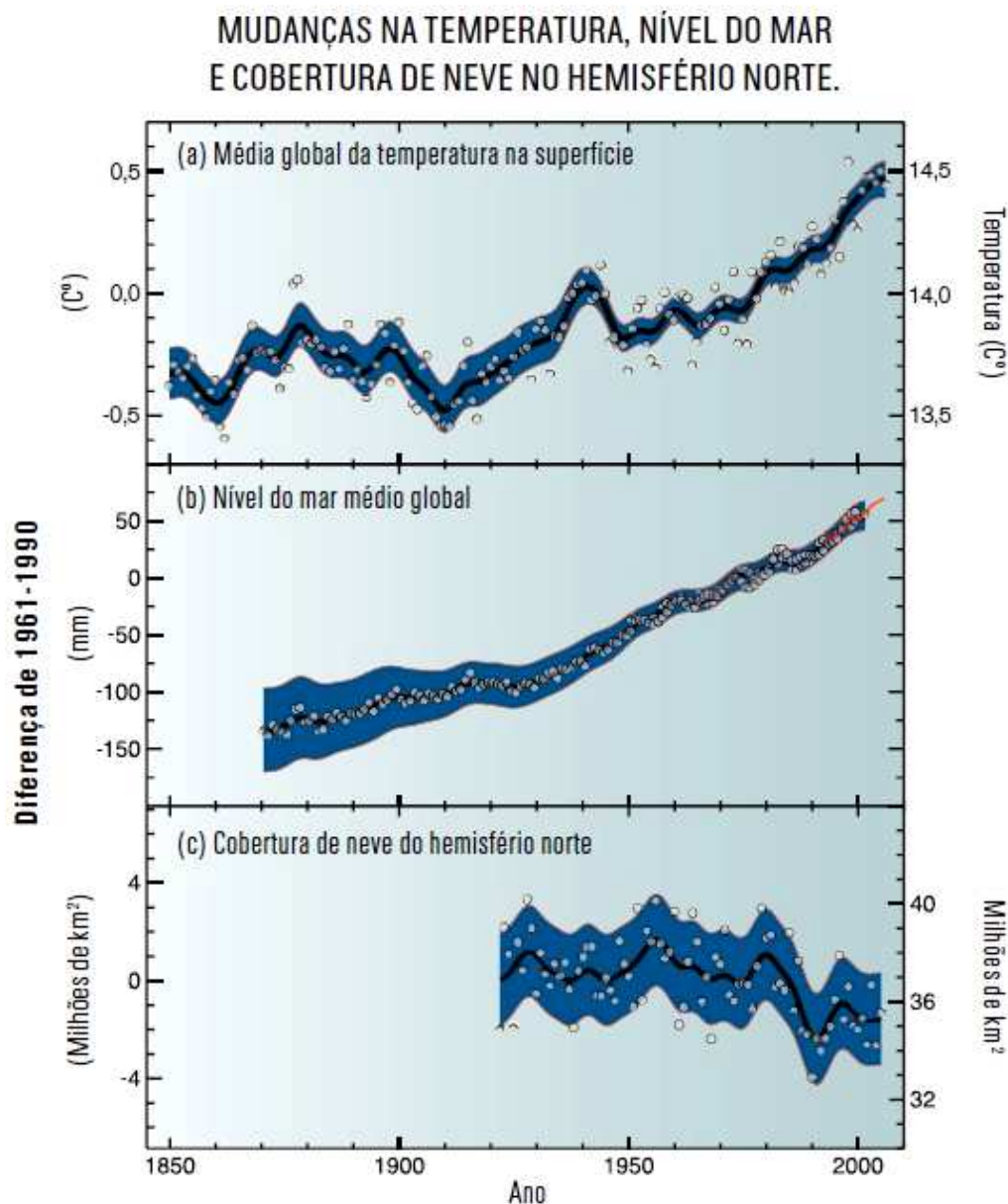


Fonte: Câmara Multidisciplinar de Qualidade de Vida (2010)

Figura 2.1 – O fenômeno do Efeito Estufa

Conforme avaliação do Quarto Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima – IPCC (2007), o aquecimento do clima é patente e respaldado nas observações de elevações nas temperaturas do ar e dos oceanos, no vasto derretimento das geleiras e no aumento global médio do nível dos mares, segundo ilustra a Figura 2.2.

A cultura antropocêntrica do homem ocidental tem despreparado, de forma significativa, a espécie humana para sua convivência em harmonia com a natureza. Apesar de um crescente movimento de conscientização do distanciamento dos seres humanos de seu meio natural, iniciado no século passado, as organizações humanas continuam sendo os maiores agentes de desestabilização dos biótipos. Florestas têm sido destruídas, mananciais de água ameaçados por resíduos sólidos e líquidos, a biodiversidade reduzida, a qualidade do ar comprometida por emissões poluentes e crescem as pragas animais e vegetais da biosfera (MAROUN, 2007, p. 5).



Fonte: Adaptado do Quarto Relatório do IPCC (2007) apud MCT (2009)

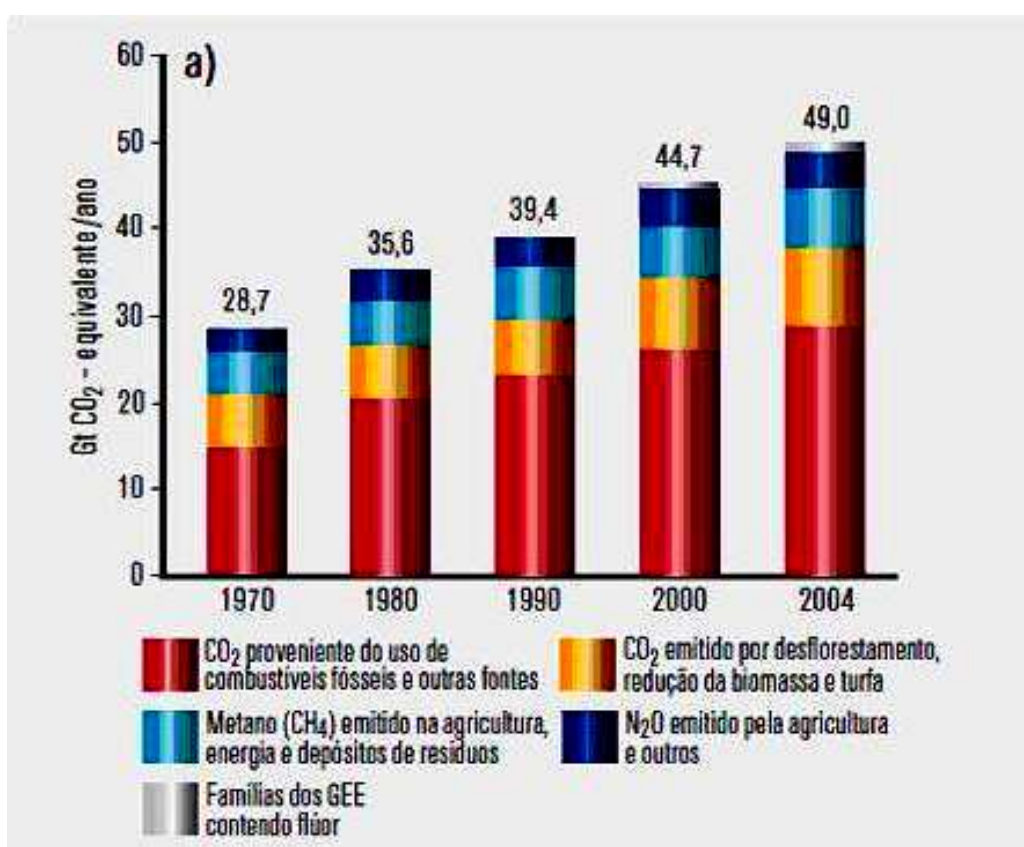
Figura 2.2 – Alterações climáticas no hemisfério norte

IPCC (2007) realizou ilações acerca da elevação da temperatura do planeta para o intervalo de anos entre 2090 e 2099, comparativamente com os períodos de 1980 – 1999 e 1850 – 1899, em cenários que variaram de 1,8°C – 4,0°C e 2,3°C – 4,5°C, respectivamente.

Desde o período pré-industrial, as emissões atribuídas a atividades humanas de GEEs tiveram um aumento (Figura 2.3) da ordem de 70% no intervalo de anos entre 1970 e 2004 (IPCC, 2007).

O CO₂ é o principal GEE antropogênico, cujas emissões anuais, entre os anos de 1970 e 2004, apresentaram um crescimento da ordem de 80%, subindo de 21 para 38 gigatoneladas (Figura 2.3). No ano de 2004, elas representaram 77% do total de emissões antropogênicas de GEEs, conforme pode ser extraído a partir da Figura 2.4 (seção b) (IPCC, 2007).

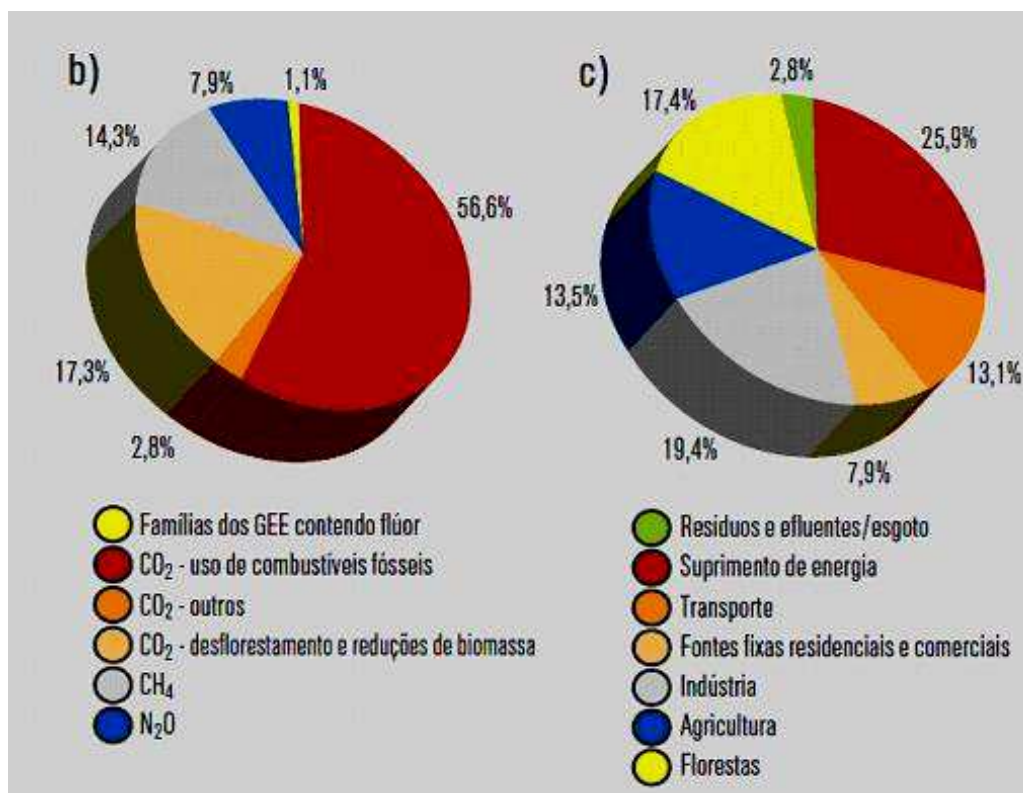
Da Figura 2.3, depreende-se que a taxa de crescimento de CO_{2-eq} mostrou-se bem mais elevada no decorrer do decênio 1995 – 2004 (0,92GtCO_{2-eq} por ano) do que em relação ao intervalo de anos entre 1970 – 1994 (0,43 GtCO_{2-eq} por ano) (IPCC, 2007).



Fonte: Adaptado do Quarto Relatório do IPCC (2007) apud MCT (2009)

Figura 2.3 – Evolução das emissões de GEEs oriundas de atividades antropogênicas no tempo

A Figura 2.4 (seção-b) traz a proporção de cada gás que compõe o conjunto de emissões de GEEs no ano de 2004. A seção-a da Figura 2.4 exhibe, em termos percentuais, para igual ano de referência, a contribuição das várias atividades para a formação do inventário das concentrações atmosféricas de gases poluentes.



Fonte: Adaptado do Quarto Relatório do IPCC (2007) apud MCT (2009)

Figura 2.4 – Proporção de cada gás no conjunto de emissões de GEEs e a contribuição por atividade relativas ao ano de 2004

Segundo IPCC (2007), as concentrações atmosféricas globais de CO₂, CH₄ e N₂O, desde o ano de 1750, tiveram um aumento notadamente como reflexo das atividades humanas. Em 2005, as emissões de CO₂ e CH₄ na atmosfera excederam em muito os valores naturais ao longo dos últimos 650 mil anos.

A concentração atmosférica global de CO₂ elevou-se sobremodo, partindo de um valor registrado no período pré-industrial de aproximadamente 280ppm para 379ppm (partes por milhão) no ano de 2005. A taxa de crescimento anual da concentração de CO₂ foi expressiva (média entre 1995 – 2005: 1,9ppm por ano), tendo sido a maior desde que se iniciaram as medições contínuas diretas da atmosfera (média entre 1960 – 2005: 1,4ppm por ano) (IPCC, 2007).

A concentração atmosférica global de CH₄ também manifestou um notável crescimento, com uma evolução de aproximadamente 715ppb (partes por bilhão) no período pré-industrial para 1732ppb no começo dos anos 90 (IPCC, 2007).

De acordo com IPCC (2007), a concentração atmosférica global de N_2O ampliou-se, transpondo um valor no período pré-industrial de aproximadamente 270ppb para 319ppb em 2005.

A Figura 2.5 exprime a tendência de crescimento das concentrações de CO_2 , CH_4 e N_2O na atmosfera. Nos quadros maiores, expressam-se os progressos daquelas medidos nos últimos 10 mil anos e, nos quadros menores, os mesmos registros são exibidos a partir de 1750. Merece relevo o fato de que, nas proximidades do ano 2000, houve um acréscimo expressivo nas concentrações dos três GEEs em análise para ambos os horizontes de tempo avaliados nas duas telas (maior e menor).

Mudanças dos níveis de GEE nos núcleos das geleiras e dados recentes

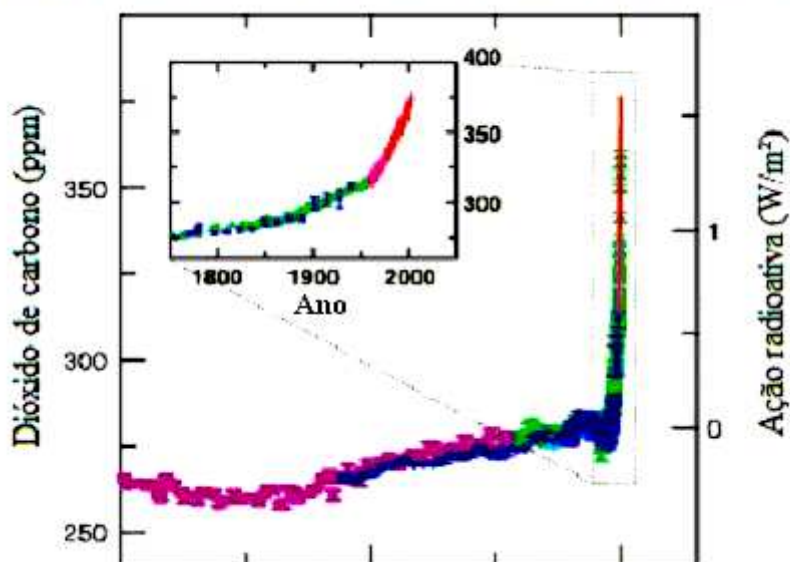
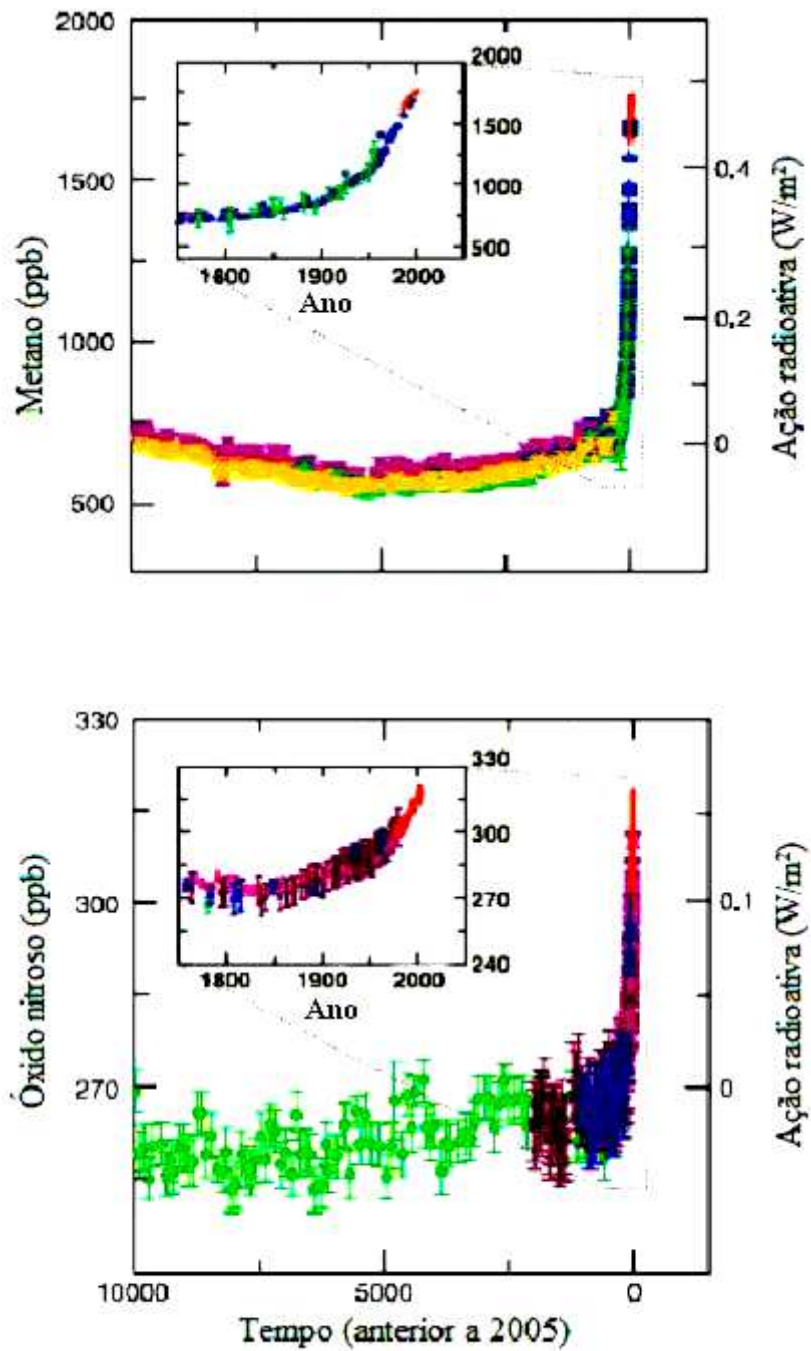


Figura 2.5 (cont.)



Fonte: Adaptado do Quarto Relatório do IPCC (2007)

Figura 2.5 – Concentrações atmosféricas de CO₂, CH₄ e N₂O ao longo dos últimos 10 mil anos (quadro maior) e desde 1750 (quadro inserido)

2.2. Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC)

O Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima, da sigla em inglês IPCC (*Intergovernmental Panel On Climate Change*), é o principal organismo no que concerne à mudança do clima, estabelecido pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e pela Organização Mundial de Meteorologia no ano de 1988.

O Painel nasceu em razão da lacuna existente de informações amplas e consistentes a respeito das alterações do clima, assim como para fornecer subsídios valiosos aos tomadores de decisão dos diversos países a fim de que possam preparar-se para melhor enfrentar as conseqüências ambientais e socioeconômicas advindas das anomalias do clima.

O IPCC consiste em uma entidade de cunho científico que promove revisões e avaliações das informações científicas, técnicas e socioeconômicas relevantes provenientes do mundo inteiro para a compreensão da mudança climática. É importante remarcar que o IPCC não conduz pesquisas nem realiza monitoramento dos dados atinentes à mudança global do clima e sim trata do Estado da Arte sobre alteração do clima (IPCC, 2010).

Cientistas e estudiosos do mundo inteiro fazem parte do Painel, contribuindo na qualidade de autores, revisores e colaboradores. Até o presente, foram desenvolvidos e divulgados quatro Relatórios de Avaliação, os quais contemplam enfoques como base científica, impactos, adaptação, vulnerabilidade e estratégias para mitigação dos efeitos da mudança do clima, além de uma série de trabalhos técnicos a respeito da temática que a entidade disponibiliza em seu acervo.

Atualmente, o IPCC deu início aos trabalhos para a elaboração do Quinto Relatório de Avaliação acerca da mudança climática.

2.3. Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC)

A Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, da sigla em inglês UNFCCC *United Nations Framework Conference on Climate Change*, constitui um tratado multilateral aprovado e aberto para assinatura pelas Partes durante a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, no Rio de Janeiro, realizada em 1992. Através desse acordo internacional, as Partes signatárias reconheceram que a mudança global do clima por que passa o planeta suscita atenção conjunta de todos e dispuseram-se a promover ações e estratégias para a proteção do sistema climático, no sentido de que as gerações atuais e futuras possam dispor de um meio ambiente equilibrado e saudável.

Fora estabelecido, quando da entrada em vigor do tratado, em 1994, pela CQNUMC um arcabouço jurídico internacional cujo propósito principal era a estabilização das concentrações antropogênicas dos GEEs na atmosfera, salvaguardando a natureza de intervenções humanas que lhe sejam nocivas.

A Convenção estabelece os compromissos das Partes, fazendo a clara distinção das obrigações a serem levadas a cabo pela Parte Países do Anexo I (nações desenvolvidas, incluindo as industrializadas em transição para a economia de mercado) e daquelas as quais caberiam à Parte Países Não Anexo I (nações em desenvolvimento). A Parte Países do Anexo I deveria lançar mão de políticas e ações com o propósito de fazer retornar suas emissões de GEEs aos níveis praticados em 1990.

A CQNUMC enuncia o princípio das “responsabilidades comuns, porém diferenciadas” com base na evidencia de os países desenvolvidos serem historicamente os responsáveis pelas maiores parcelas das emissões de GEEs na atmosfera. Aquela assevera também que cabe aos Países do Anexo I as iniciativas de implementar ações no sentido de fazer frente à mudança climática, como também aos efeitos adversos dela oriundos (MCT, 1992).

A Convenção destaca ainda que os Países Não Anexo I, principalmente as nações com maior índice de vulnerabilidade aos efeitos da alteração do clima e aquelas que tenham de arcar com encargos desproporcionais ou anormais em virtude destes, fazem jus a tratamento especial e diferenciado para suas necessidades e suas condicionantes. A

CQNUMC propõe um modelo de sistema econômico internacional que, no seu desenvolvimento e crescimento, beneficie a todas as Partes, em especial aquela formada pelos Países Não Anexo I, com a finalidade de que estes enfrentem e adaptem-se aos problemas resultantes da modificação do clima (MCT, 1992).

2.4. Conferência das Partes (COP) e Conferência das Partes na qualidade de Reunião das Partes (COP/MOP)

A Conferência das Partes, da sigla em inglês COP (*Conference of Parties*), constitui o órgão supremo da Convenção sobre Mudança do Clima e tem o objetivo de avaliar e implementar as diretrizes da CQNUMC, assim como de quaisquer outros mecanismos jurídicos a serem adotados pela própria COP (MCT, 2009). Esta se reúne ordinariamente todos os anos, tendo sido realizadas, até agora, 16 sessões. As deliberações são reunidas em um relatório de cada evento.

A Conferência das Partes na qualidade de Reunião das Partes do Protocolo de Quioto, da sigla em inglês COP/MOP (*Conference of Parties serving as the Meeting of the Parties of the Protocol*), é, a exemplo da COP, o órgão supremo do Protocolo de Quioto. Do momento em que o Protocolo entrou em vigor em diante, em 2005, ocorreu, juntamente com a décima primeira Conferência das Partes, a primeira Conferência das Partes na qualidade de Reunião das Partes e as duas reuniões realizam-se concomitantemente desde então.

A função da COP/MOP é monitorar a implementação do Protocolo de Quioto e tomar decisões que visem ao seu efetivo cumprimento. Aquela deve ainda verificar se as Partes estão agindo no sentido de cumprir as metas estabelecidas no Protocolo, através de seus relatórios, como também promover o aperfeiçoamento das metodologias que versam sobre a implantação do Protocolo (MCT, 2009).

A seguir, a Tabela 2.1 traz um resumo cronológico dos mais importantes acontecimentos no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, iniciando com a primeira Conferência Mundial sobre o Clima, no ano de 1979, e terminando com a última COP e COP/MOP, em 2010.

Tabela 2.1 – Resumo dos principais acontecimentos no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

Ano	Eventos
1979	Primeira Conferência Mundial sobre Clima
1988	Estabelecimento do IPCC
1990	Primeiro Relatório de Avaliação do IPCC Segunda Conferência Mundial sobre Clima Assembléia Geral da ONU anuncia negociações de uma convenção internacional sobre a mudança do clima
1992	O Comité Intergovernamental de Negociação (<i>Intergovernmental Negotiating Committee</i> - INC) adota a CQNUMC Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Rio 92) CQNUMC é aberta para assinaturas
1994	CQNUMC entra em vigor
1995	COP 1 - Berlim A adoção dos Mandatos de Berlim (<i>Berlin Mandates</i> , decisão 1/CP.1) permitiu estipular limites de emissão de GEE Segundo Relatório de Avaliação do IPCC
1996	COP 2 - Genebra
1997	COP 3 - Quioto Adotado o Protocolo de Quioto (decisão 1/CP.3)
1998	COP 4 - Buenos Aires Criação do Plano de Ação de Buenos Aires (<i>Buenos Aires Plan of Action</i> , decisões de 1 a 8/CP.4)
1999	COP 5 - Berlim
2000	COP 6 - Haia
2001	COP 6 reconvocada - Bonn - Acordo político sobre as modalidades do Protocolo de Quioto COP 7 - Marraqueche - Finalização da regulamentação do Protocolo de Quioto ("Acordos de Marraqueche") Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC
2002	Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável COP 8 - Nova Delhi - Regulamentação de Projetos de MDL de Pequena Escala
2003	Conferência Mundial sobre Mudanças Climáticas - Moscou COP 9 - Milão - Regulamentação de Projetos de MDL de Florestamento e Reflorestamento
2004	COP 10 - Buenos Aires - Regulamentação de Projetos de MDL de Pequena Escala de Florestamento e Reflorestamento

Resumo dos principais acontecimentos no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (cont.)

Ano	Eventos
2005	COP 11 e COP/MOP 1 - Montreal Primeira COP com o Protocolo de Quioto já em vigor Primeira COP/MOP, estabelecimento do grupo <i>ad hoc</i> para negociar as metas do segundo período de compromisso do Protocolo (Artigo 3.9 do Protocolo)
2006	COP 12 e COP/MOP 2 - Nairobi
2007	COP 13 e COP/MOP 3 - Bali Quarto Relatório de Avaliação do IPCC
2008	COP 14 e COP/MOP 4 - Poznan
2009	COP 15 e COP/MOP 5 - Copenhage
2010	COP 16 e COP/MOP 6 - Cancún

Fonte: Adaptado e expandido de MCT (2009)

2.5. Protocolo de Quioto

Os países que adotaram a CQNUMC, por intermédio de permanentes revisões, discussões e intercâmbio de informações previstos por esta, durante a COP 1, em Berlim, verificaram a não exeqüibilidade pela grande maioria das nações dos compromissos assumidos de fazer voltar suas emissões de GEEs para os níveis verificados em 1990 até 2008.

Instituíram, então, uma resolução, a qual se denominou Mandato de Berlim, cuja função era a revisão dos critérios de redução de emissões. O Mandato previu que as nações desenvolvidas deveriam adotar um protocolo ou qualquer outro mecanismo legal que estabelecesse metas de redução de emissões e ações para alcançá-las, a ser apreciado na COP 3.

No ano de 1997, na cidade de Quioto, no Japão, durante a COP 3, as Partes decidiram, consensualmente, a adoção de um protocolo no qual os países industrializados estariam obrigados a reduzir em pelo menos 5% suas emissões de GEEs para retornar aos índices de 1990 até o período compreendido entre 2008 e 2012. O compromisso ora assumido, com vinculação legal, pretendia subverter um processo de elevação nas emissões originadas dessas nações datado de aproximadamente 150 anos (MCT, 1998).

O Protocolo de Quioto, denominação pela qual passou a ficar conhecido, foi aberto para assinatura um ano depois, em 1998. Aquele entraria em vigor após a ratificação de pelo menos 55 Partes da CQNUMC, em cujo grupo de países industrializados incluíam-se

aqueles responsáveis por 55% do total de emissões de GEEs constatado em 1990 (MCT, 1998). Com a ratificação da Rússia, o Protocolo passou a vigorar em 2005.

Estão previstas ainda, no Protocolo, devido ao seu caráter de vinculação jurídica, penalidades a serem imputadas àqueles países que descumprirem os seus compromissos. É importante frisar que as metas de redução de emissões de GEEs foram atribuídas exclusivamente aos Países do Anexo I, aos quais cabe capitanear as ações para o efetivo combate à mudança climática, a fim de alcançar o propósito principal da Convenção (redução e equilíbrio dos lançamentos de gases poluentes na atmosfera, protegendo o meio ambiente de intervenções antropogênicas nocivas).

O Protocolo de Quioto, almejando alcançar seu intento de redução de emissões de GEEs e ciente das dificuldades econômicas a serem enfrentadas pelas nações do Anexo I para sua efetiva implantação, recepcionou três instrumentos comerciais de flexibilização que auxiliarão essas nações no cumprimento de suas metas, quais sejam:

- Comércio de Emissões (*Emissions Trading*) e Implementação Conjunta (*Joint Implementation*) – nos quais os Países do Anexo I poderiam comercializar entre si os seus excedentes de redução de emissões;
- Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (*Clean Development Mechanism*) – em que os Países do Anexo I poderiam investir em projetos que visem ao abatimento de emissões de GEEs em Países Não Anexo I ou comprar unidades probatórias de redução de emissões originadas de atividades nestes.

2.6. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)

2.6.1. Introdução

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, instrumento de flexibilização previsto pelo Protocolo de Quioto, teve sua gênese na proposta brasileira sobre a formação de um Fundo de Desenvolvimento Limpo, o qual seria formado pelos recursos das nações desenvolvidas que não cumprissem suas metas de redução de GEEs e prestar-se-ia ao investimento em projetos nos países em desenvolvimento. Pela previsão de penalidades, o

Fundo não foi bem recepcionado pelos Países do Anexo I. O consenso foi atingido com a proposição de um Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

O princípio do MDL está no fato de que uma determinada nação que possua compromissos de diminuição de GEEs assumidos no Protocolo possa investir em projetos em países em desenvolvimento, adquirindo, por conseguinte, unidades comercializáveis denominadas Reduções Certificadas de Emissão (RCEs) ou Créditos de Carbono. Cada RCE, cuja unidade é expressa em tonelada de dióxido de carbono equivalente (calculada de acordo com o Potencial de Aquecimento Global (PAG) de cada gás), representa a quantidade de CO₂ que deixou de ser emitida para a atmosfera. A Tabela 2.2 elenca os vários GEEs, os seus tempos de vida médios na atmosfera e os seus respectivos PAGs.

Tabela 2.2 – Tempos de vida médios na atmosfera e PAGs dos GEEs

GEE	Tempo de vida médio na atmosfera (em anos)	PAG para 100 anos
CO ₂	50 - 200	1
CH ₄	12	21
N ₂ O	120	310
HFC - 23	264	11.700
HFC - 125	32,6	2.800
HFC - 134a	14,6	1.300
HFC - 143a	48,3	3.800
HFC - 152a	1,5	140
HFC - 227a	36,5	2.900
HFC - 236fa	209	6.300
HFC - 4310mee	17,1	1.300
CF ₄	50.000	6.500
C ₂ F ₆	10.000	9.200
C ₄ F ₁₀	2.600	7.000
C ₆ F ₁₄	3.200	7.400
SF ₆	3.200	23.900

Fonte: Adaptado de IPCC (2001) apud Duarte (2006)

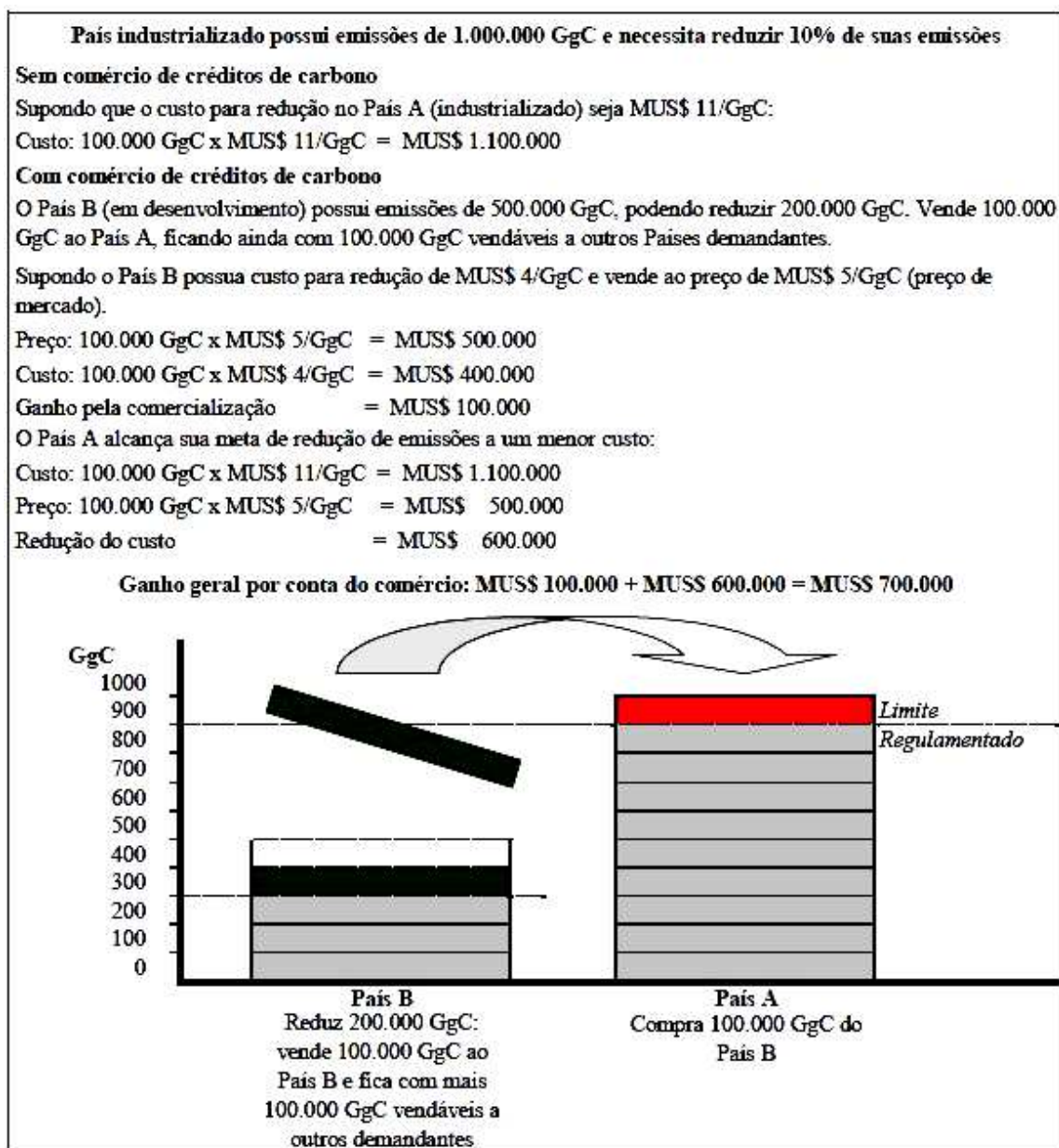
A flexibilidade trazida pelo MDL permite que países pertencentes ao Anexo I, mediante atividades redutoras de GEEs em Países Não Anexo I, atinjam seus objetivos de limitação de emissões a um custo de investimento inferior ao aporte de recursos de que deveriam dispor para obter o mesmo resultado por meio de ações domésticas.

Consoante Pereira e May (2003), a adoção desses mecanismos flexibilizadores baseia-se no princípio da eficiência, pois, dadas as diferenças que existem no tocante aos aspectos tecnológicos entre os países, os custos marginais de abatimento são diferenciados. A

idéia, portanto, do auxílio aos Países do Anexo I está atrelada à redução dos custos de mitigação das emissões de GEEs, possibilitando que estas ocorram, primeiramente, onde os custos marginais sejam menores, tornando máxima a eficácia do processo global de minoração de GEEs, como também realizando a transferência gradativa de tecnologias mais limpas para as nações em desenvolvimento.

Constatação esta verificada nos processos diferenciados de industrialização pelos quais passaram as nações desenvolvidas e as em desenvolvimento. Aquelas se industrializaram rapidamente, com uso consolidado de combustíveis fósseis, enquanto que estas não alcançaram tal grau de desenvolvimento e, por essa razão, podem alterar seus modelos de desenvolvimento, fazendo opção por aqueles menos intensivos em carbono.

Os Países Não Anexo I beneficiar-se-iam do fluxo de investimentos gerado pelo fomento e pela implantação de projetos limitadores de GEEs, bem assim pela transferência de tecnologias mais limpas e, portanto, contribuiriam para o Desenvolvimento Sustentável. Caldas, Zourabichvili e Fontenele (2004) apresentam um esquema ilustrativo (Figura 2.6) que revela as inter-relações estabelecidas entre nações no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.



Fonte: Caldas, Zourabichvili e Fontenele (2004)

Figura 2.6 – inter-relações entre nações no MDL

Da Figura 2.6, são perceptíveis as vantagens propiciadas pelo MDL aos países tanto do Anexo I quanto Não Anexo I em termos de custos. O dado país desenvolvido (A) do exemplo acima, transacionando com uma determinada nação em desenvolvimento (B) para alcançar suas metas, auferiu uma economia notória de 54,54%, como também (B) percebeu um rendimento significativo (25%) com a comercialização de parte de suas RCEs.

Podem participar do MDL entidades públicas, privadas e parcerias público-privadas das Partes do Anexo I e Partes Não Anexo I, necessitando, para tanto, de autorização

dos respectivos países. Imaginava-se que houvesse, nos projetos de MDL, a participação ativa de participantes do Anexo I. No entanto, essa constatação não tem sido observada, haja vista que a maioria dos projetos brasileiros registrados no Conselho Executivo do MDL foi desenvolvida apenas por participantes nacionais, sem envolvimento direto das Partes do Anexo I (MCT, 2009).

O MDL aspira ao estabelecimento de relações do tipo *ganha – ganha*. Os Países do Anexo I que tenham dificuldades de cumprir suas metas de redução ou mesmo não queiram implementar ações locais, em virtude dos altos custos com os quais teriam de arcar, internalizariam as externalidades negativas do lançamento de gases poluentes através da obtenção de RCEs originadas de projetos em Países Não Anexo I. Baseia-se no princípio *poluidor – pagador*, por intermédio do qual uma nação poluidora ressarciria o meio ambiente por sua quota de poluição.

Os Países Não Anexo I receberiam investimentos em projetos e aufeririam recursos a partir da comercialização das RCEs, abrindo caminho para um desenvolvimento mais sustentável ambiental, econômico e socialmente. Por tratar-se o Efeito Estufa de um fenômeno cujos reflexos têm alcance global, as atividades em prol da mitigação de suas conseqüências não precisam necessariamente se localizar na pátria fonte da poluição, embora seja fundamental frisar a necessidade de as Partes do Anexo I modificarem os respectivos modelos de produção, patentemente inadequados com as diretrizes de sustentabilidade.

Os projetos de MDL devem reduzir ou aumentar a remoção de um ou mais gases poluentes. A Tabela 2.3 relaciona os diversos setores e as atividades com os respectivos GEEs que emitem.

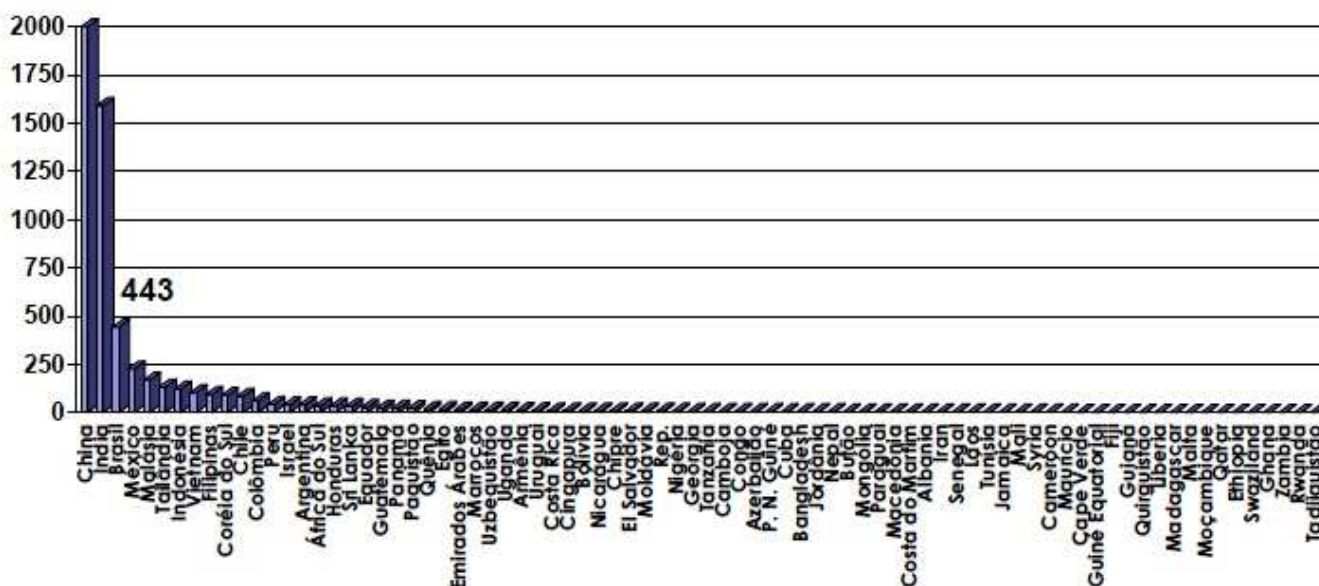
Tabela 2.3 – Setores e os respectivos GEEs que emitem

Setores/Atividades	Fontes	Gases
Energia	Queima de combustíveis Setor energético Indústrias de Transformação e Construção Transporte Outros setores Emissões fugitivas de combustíveis Combustíveis sólidos Petróleo e gás natural Outros	Dióxido de carbono (CO ₂) Óxido nitroso (N ₂ O) Metano (CH ₄) Hexafluoreto de enxofre (SF ₆)
Processos industriais	Produtos minerais Indústria Química Produção de metais Outras produções Produção de halocarbonos e hexafluoreto de enxofre Consumo de halocarbonos e hexafluoreto de enxofre Outros	Dióxido de carbono (CO ₂) Metano (CH ₄) Óxido nitroso (N ₂ O) Hidrofluorcarbonos (HFCs) Perfluorcarbonos (PFCs) Hexafluoreto de enxofre (SF ₆)
Uso de solventes e outros produtos	-	Hidrofluorcarbonos (HFCs) Perfluorcarbonos (PFCs) Hexafluoreto de enxofre (SF ₆) Dióxido de carbono (CO ₂) Óxido nitroso (N ₂ O)
Agricultura	Fermentação energética Tratamento de dejetos Cultivo de arroz Solos agrícolas Queimadas prescritas de savana Queima de resíduos agrícolas Outros	Dióxido de carbono (CO ₂) Metano (CH ₄) Óxido nitroso (N ₂ O)
Resíduos	Disposição de resíduos sólidos na terra Tratamento de esgoto Incineração de resíduos Outros	Metano (CH ₄) Dióxido de carbono (CO ₂) Óxido nitroso (N ₂ O)

Fonte: MCT (2009)

2.6.2. Status das atividades de MDL

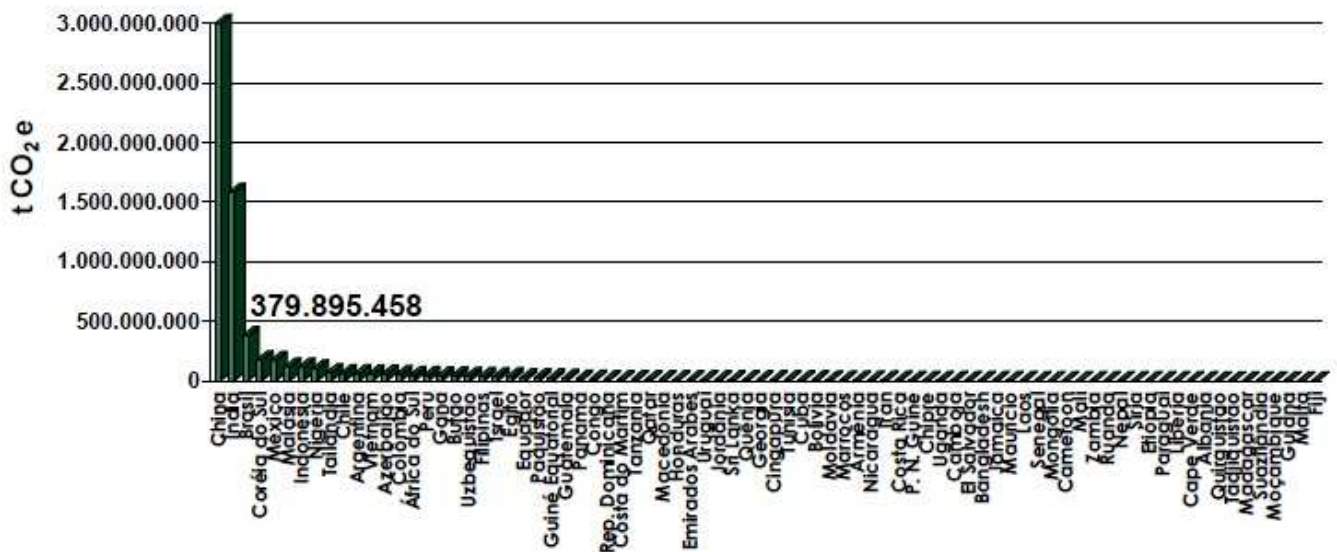
Até 15 de março de 2010, havia, no mundo, um total de 5938 atividades em alguma das fases do ciclo de projeto do MDL (Figura 2.7). Com 443 projetos (7%), o Brasil detém a terceira posição, ficando atrás da Índia, com 1592 (27%), e da China, com 2210 (37%) (MCT, 2010).



Fonte: MCT (2010)

Figura 2.7 – Número de atividades de projeto no âmbito do MDL no mundo

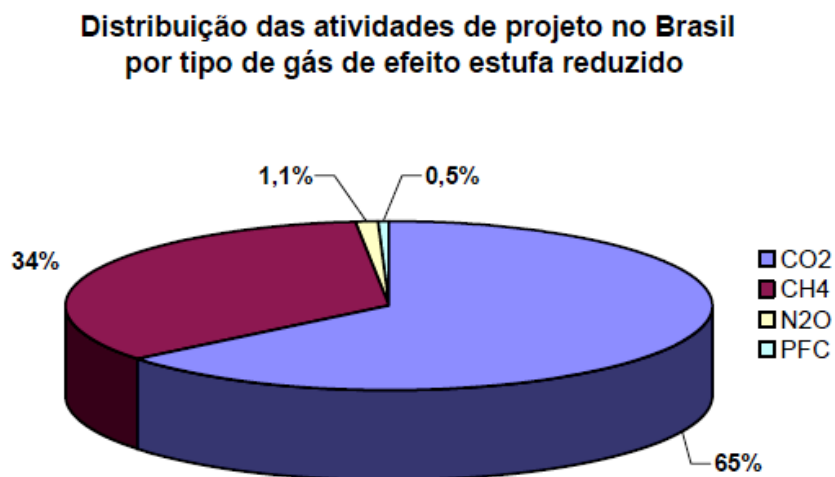
Em termos do potencial de redução de emissões atinente ao primeiro período de obtenção dos créditos, de 2008 a 2012, o Brasil ocupa a terceira posição, com redução de 379.895.458 tCO₂e, correspondendo a 6% do total mundial. A Índia vem em segundo lugar, com 1.583.994.590 tCO₂e (23%) de redução, e a China desponta em primeiro, com 3.196.438.231 tCO₂e (47%), como pode ser observado na Figura 2.8 (MCT, 2010).



Fonte: MCT (2010)

Figura 2.8 – Potencial de redução de emissões para o primeiro período de obtenção de créditos

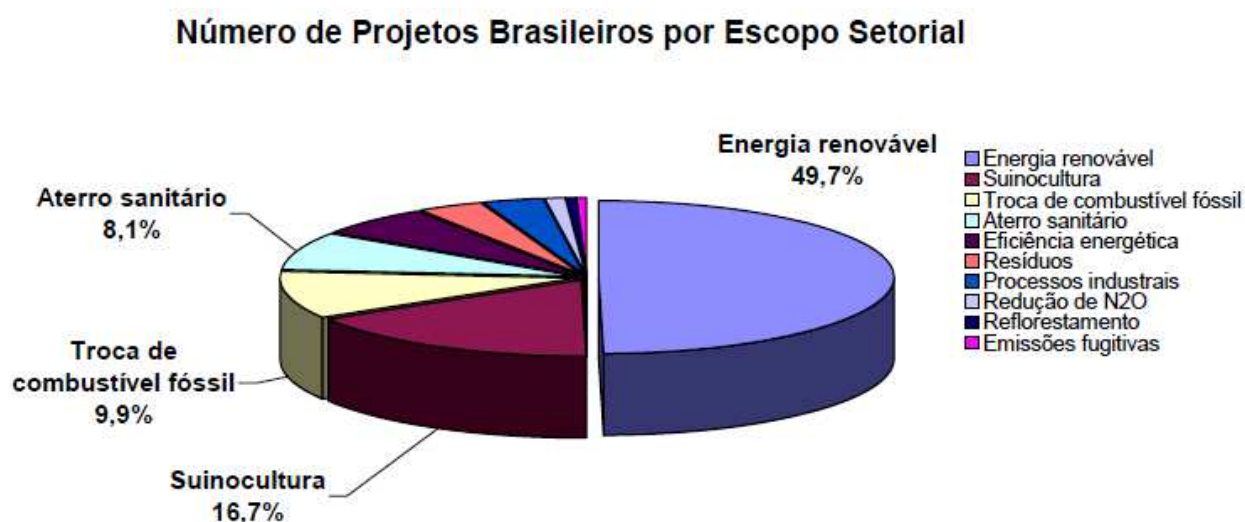
A Figura 2.9 revela como as atividades de projeto de MDL por espécie de GEE encontram-se agrupadas no Brasil. Depreende-se que, no que tange ao número de atividades que visam à redução de GEEs, os gases mais destacados, em ordem decrescente de importância, são CO₂, CH₄, N₂O e PFC.



Fonte: MCT (2010)

Figura 2.9 – Distribuição das atividades de projeto por tipo de GEE no Brasil

No que se refere ao escopo setorial, as atividades que mais interessam aos proponentes de projetos na esfera do MDL estão divididas de acordo com o mostrado na Figura 2.10. Percebe-se a significativa predominância de ações na área de energia renovável (razão que explica a maior participação do CO₂ no rol de mitigação de emissões de GEEs no Brasil), ranqueadas na seqüência por suinocultura, substituição de combustíveis fósseis, manejo e disposição de resíduos sólidos (aterro sanitário), além de outros setores com menor participação.



Fonte: MCT (2010)

Figura 2.10 – Distribuição de atividades por escopo setorial

A Tabela 2.4 mostra como as atividades mitigadoras de GEEs distribuem-se por projeto no Brasil. É interessante remarcar que, apesar de os projetos no setor de energia renovável serem maioria (49,7%), em se tratando de redução de emissões de gases poluidores, eles representam apenas 38,8%. Por outro lado, as atividades concernentes a manejo e disposição de resíduos sólidos (aterro sanitário), não obstante figurarem com somente 8,1% do número total de projetos, são responsáveis por 23,5% da totalidade de CO₂ reduzida.

Tabela 2.4 – Distribuição de atividades redutoras de GEEs por projeto no Brasil

Projetos em Validação/Aprovação	Número de Projetos	Redução Anual de Emissão	Redução de Emissão no 1º Período de Obtenção de Crédito	Número de Projetos	Redução Anual de Emissão	Redução de Emissão no 1º Período de Obtenção de Crédito
Energia Renovável	220	18.697.744	137.165.674	49,7%	38,8%	36,1%
Aterro Sanitário	36	11.327.606	84.210.095	8,1%	23,5%	22,2%
Redução de N ₂ O	5	6.373.896	44.617.272	1,1%	13,2%	11,7%
Suinocultura	74	4.140.069	38.617.535	16,7%	8,6%	10,2%
Troca de Combustível Fóssil	44	3.271.516	27.382.490	9,9%	6,8%	7,2%
Eficiência Energética	28	2.027.173	19.853.258	6,3%	4,2%	5,2%
Reflorestamento	2	434.438	13.033.140	0,5%	0,9%	3,4%
Processos Industriais	14	1.002.940	7.449.083	3,2%	2,1%	2,0%
Resíduos	17	646.833	5.002.110	3,8%	1,3%	1,3%
Emissões Fugitivas	3	269.181	2.564.802	0,7%	0,6%	0,7%

Fonte: MCT (2010)

Ellis et al. (no prelo apud CUNHA, 2006) enumeram algumas razões que elucidam a discrepância notória entre a espécie de atividade de projeto de MDL e sua distribuição ao redor do mundo, correlacionando a atratividade de uma pátria para o desenvolvimento de projetos e para o investimento estrangeiro direto. Constatou-se uma correlação direta desses dois fatores, inferindo que as condicionantes para o aumento de ambos são similares, entre as quais se destacam: i) regime político estável, ii) ambiente de crescimento econômico favorável e iii) estrutura institucional sólida. Há predominância ainda, no mercado de MDL, de projetos de baixos custo e risco de investimento e daqueles que envolvam tecnologias já conhecidas.

Atividades de projeto que consorciavam benefícios de sustentabilidade e minoração das mudanças climáticas globais não obrigatoriamente são aquelas geradoras de RCEs de menor custo e, como consequência direta, não despertam interesse de investidores. A existência de alternativas de baixo custo representa entraves a projetos com grande potencial de reaplicação de experiências positivas no que concerne à diminuição da poluição local, ao desenvolvimento tecnológico e a outros benefícios ambientais e sociais (ELLIS et al., no prelo apud CUNHA, 2006).

Destarte, não obstante um dos objetivos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo ser o alcance do Desenvolvimento Sustentável pelas Partes Não Anexo I, o êxito de tal

empreitada fica prejudicado pela interveniência de aspectos mercadológicos (predileção por projetos de alto retorno e pequeno investimento financeiro).

2.6.3. Estrutura institucional

As entidades que fazem parte do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo encontram-se a seguir relacionadas.

a) Conselho Executivo (CE) do MDL

Órgão cuja função é supervisionar o funcionamento do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, atuando sob a autoridade e orientação da COP/MOP. É formado por representantes das Partes, com proporção definida *a priori* pela Convenção, tecnicamente capacitados para avaliar projetos (MCT, 2009).

b) Autoridade Nacional Designada (AND)

As Partes envolvidas no MDL devem designar uma AND junto à CQNUMC. As ANDs de cada Parte têm a função de atestar a voluntariedade dos participantes do projeto e, em especial no caso da Parte anfitriã deste, que ele contribuirá para o Desenvolvimento Sustentável daquele país (MCT, 2009).

No Brasil, a AND é a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima (CIMGC), da qual fazem parte representantes dos seguintes Ministérios: Relações Exteriores, Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Transportes, Minas e Energia, Planejamento, Orçamento e Gestão, Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia, Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, Cidades, Fazenda, além de representante da Casa Civil da Presidência da República.

c) Entidade Operacional Designada (EOD)

Designada pela COP/MOP e credenciada junto ao CE, a EOD consiste no organismo que certificará as reduções de emissões de GEEs das atividades de projeto, assegurando que estas procederam à luz do Protocolo de Quioto, atenderam ao que preconiza o CE do MDL e que estão aptas, assim, a obter os devidos Créditos de Carbono.

2.6.4. Conceitos fundamentais

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo constitui ferramenta conciliadora dos interesses das Partes Anexo I e Partes Não Anexo I por ratificar que as nações desenvolvidas, ao longo da história, foram as grandes responsáveis por emissões significativas na atmosfera de GEEs, cabendo-lhes liderar ações para a mitigação das consequências da mudança climática.

Reconhece também o MDL que os custos atinentes à redução de GEEs seriam maiores para os países desenvolvidos do que para os países em desenvolvimento, revestindo, portanto, de importância a participação integrada de ambos protagonistas. Para coadunar a compreensão sobre o MDL, descrevem-se os principais conceitos deste, quais sejam: Linha de Base e Adicionalidade.

a) Linha de Base

A Linha de Base corresponde ao cenário de todo o conjunto de emissões antropogênicas que se verifica na ausência da atividade de projeto de MDL. Dessa forma, é com referência àquela que se quantificarão as RCEs provindas da implantação do projeto de MDL.

A CQNUMC estabelece metodologias para a identificação do cenário da Linha de Base, bem como para a demonstração e avaliação da Adicionalidade.

b) Adicionalidade

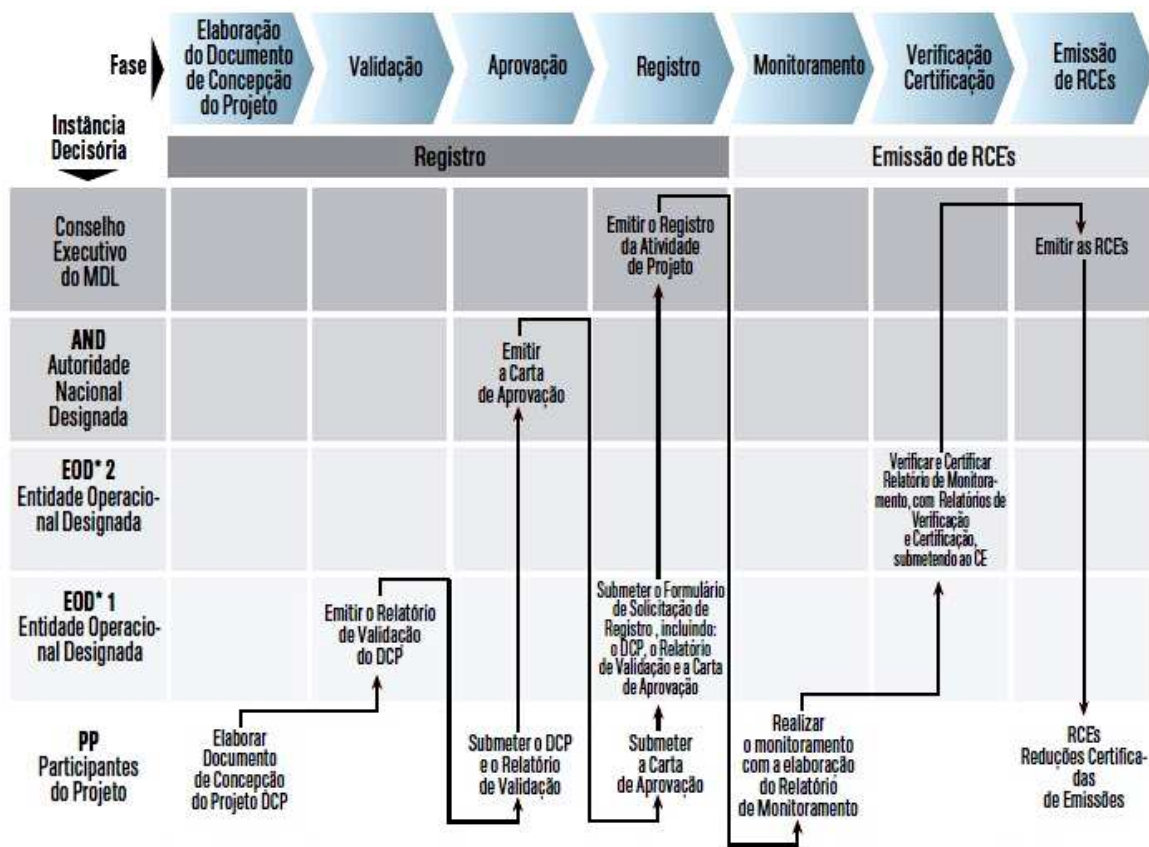
Se uma determinada atividade de projeto de MDL, após seu efetivo funcionamento, fez reduzir os teores de GEEs a patamares abaixo dos que ocorreriam na sua ausência, verifica-se, então, que aquela é adicional.

O conceito da Adicionalidade, todavia, está condicionado ao fato de que o projeto esteja registrado como atividade de MDL, traduzindo o aspecto que ele somente se viabilizaria com a expectativa das RCEs. Assim, caso a atividade pudesse ser realizada sem contar com os recursos financeiros extras dos Créditos de Carbono (porque é financeiramente viável) ou por ser resultante de imposições da legislação do país hospedeiro (a menos que eleve o nível de cumprimento da exigência legal), ela não poderá ser considerada adicional (MCT, 2009).

Os Créditos de Carbono são utilizados pelas Partes do Anexo I para o cumprimento de suas metas de redução de GEEs. Se uma dada atividade de MDL fosse implementada em flagrante desrespeito ao critério da Adicionalidade, as RCEs usadas para o abatimento da quota de emissões por certo país desenvolvido signatário da CQNUMC esvaziar-se-iam em sentido, prejudicando, por conseguinte, a natureza.

2.6.5. Ciclo de projeto

A Figura 2.11 exhibe as etapas pelas quais devem passar as atividades de projeto de MDL e quais os órgãos responsáveis por sua aprovação em cada uma das várias fases.



Fonte: MCT (2009)

Figura 2.11 – Ciclo de projeto de MDL

Os estágios a serem percorridos por um projeto de MDL são aqueles abaixo relacionados:

- Elaboração do Documento de Concepção do Projeto (DCP);
- Validação/Aprovação;
- Registro;
- Monitoramento;
- Verificação/Certificação;
- Emissão das RCEs.

a) Elaboração do Documento de Concepção do Projeto

O Documento de Concepção do Projeto (DCP) é o instrumento que abriga todo o rol de informações acerca da atividade de projeto de MDL, abordando os aspectos técnicos e organizacionais deste, recorrendo a respeito da metodologia adotada para a Linha de Base e o monitoramento, além de demonstrar a respectiva Adicionalidade.

b) Validação e aprovação

Procedimento através do qual uma EOD, de modo independente, avalia uma determinada atividade de projeto de MDL. A essa entidade, cumpre verificar e comprovar que os pontos acima mencionados foram recepcionados e contemplados pelo DCP.

c) Registro

Etapa na qual a EOD enviará ao Conselho Executivo uma série de documentos contendo relatórios, avaliações e outras informações técnicas acerca da atividade de projeto.

d) Monitoramento

Processo de aquisição de dados e registros sobre a atividade de projeto com vistas ao cálculo da redução de emissões ou do aumento da remoção de GEEs, a ser levado a efeito pelos participantes do projeto segundo o plano de monitoramento abrigado no DCP. Na etapa de verificação, o monitoramento será analisado pela EOD.

e) Validação e certificação

A EOD avaliará se o projeto efetivamente conseguiu reduzir os índices de GEEs a que se propunha no plano de monitoramento. A certificação é a fase subsequente à verificação e corresponde ao documento emitido pela EOD atestando que, no decorrer do período previsto no plano de monitoramento, uma dada atividade de projeto obteve a redução ou aumento de remoção de GEEs.

f) Emissão das Reduções Certificadas de Emissão (RCEs)

O Conselho Executivo basear-se-á nas conclusões do documento a ele remetido pela EOD, o qual trará solicitação de emissão de RCEs alusivas à quantidade de redução ou ao aumento da remoção de GEEs proveniente de uma atividade de projeto de MDL.

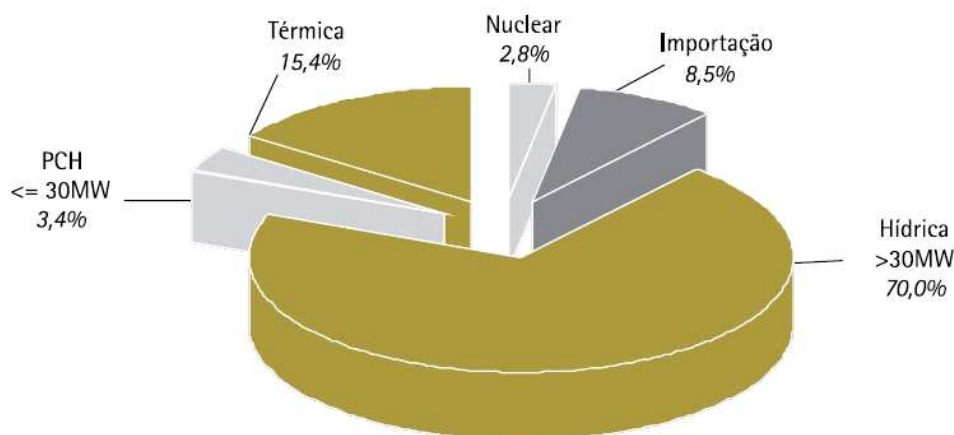
O CE, depois de aprovar o atestado do caráter redutor de emissões da atividade, procederá à emissão dos Créditos de Carbono atinentes ao montante de decréscimo ou elevação da remoção de GEEs resultante do projeto de MDL em consideração.

2.7. A energia elétrica no Brasil

2.7.1. A matriz energética

O Brasil é uma nação que se destaca por sua diversidade de fontes a partir das quais se pode gerar energia elétrica, tais como hidráulica, térmica, eólica, solar, biomassa, possibilitando ao país blindar-se contra eventuais deficiências de componentes do espectro da matriz energética (aumentando o grau de confiabilidade do sistema), além de fortalecer a oferta interna de energia para demandas e usos futuros.

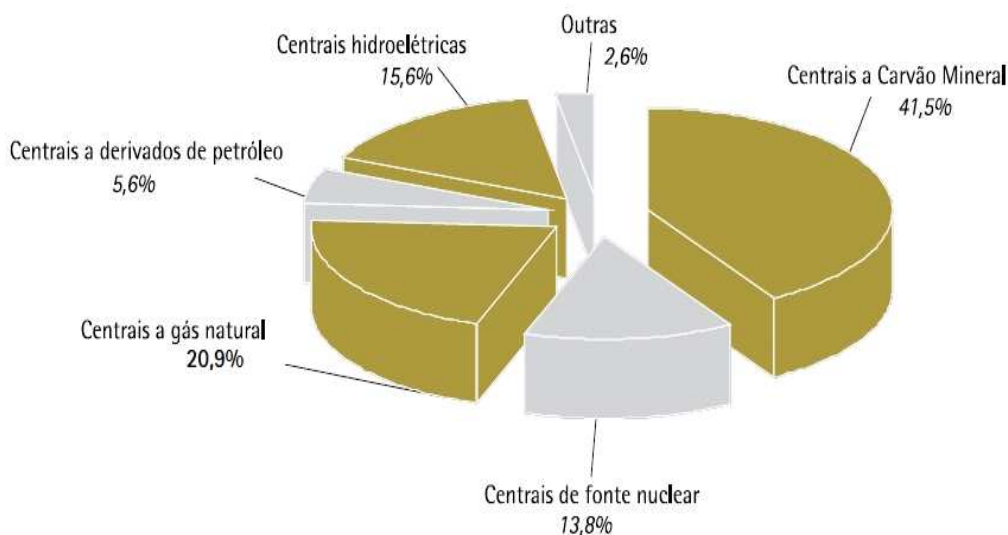
A Figura 2.12 traz o conjunto de fontes que compõe a matriz energética brasileira (com referência ao ano de 2008).



Fonte: MME; EPE (2009)

Figura 2.12 – Matriz energética do Brasil

De acordo com MME e EPE (2009), a oferta interna de energia elétrica no Brasil em 2008 correspondeu a 505,3 TWh, 4,5% superior ao valor de 2007, apresentando aumento no consumo final total em relação a 2007 de 3,9%. No tocante à matriz energética mundial, a Figura 2.13 reúne os dados referentes a esta (com referência ao ano de 2007).



Fonte: MME; EPE (2009)

Figura 2.13 – Matriz energética mundial

Do confronto entre os gráficos, percebe-se que a maior parte da matriz de energia do Brasil provém de fontes renováveis, com importante relevo à fonte hidráulica (70%). Conforme MME e EPE (2009), somando as importações (origem essencialmente renovável),

cerca de 80% da oferta interna de energia do país são renováveis (sem considerar o fato de que parte da energia térmica origina-se da biomassa).

No mundo, porém, as fontes renováveis de energia são apenas 15,6% (centrais hidrelétricas). Isso demonstra patentemente que o Brasil conta com uma base energética limpa e diversificada, a qual permitirá um crescimento econômico alicerçado no Desenvolvimento Sustentável, com menor intensificação de emissão de Gases do Efeito Estufa.

2.8. Resíduos sólidos urbanos e biogás de aterro

2.8.1. Disposição dos resíduos sólidos urbanos no Brasil

Consoante os dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), conduzida em 2000 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2002), no Brasil, eram produzidas 161.827,1 toneladas de resíduos sólidos diariamente, das quais 125.281,1 toneladas eram provenientes de lixo domiciliar e 36.546,0 toneladas eram oriundas de áreas de domínio público.

A produção *per capita* diária de resíduos sólidos varia sobretudo com o número de habitantes do município. A Tabela 2.5 mostra essa distribuição por faixas de população e por tipo de lixo (domiciliar e público).

Tabela 2.5 – Geração *per capita* de lixo por faixas populacionais e tipo de resíduo

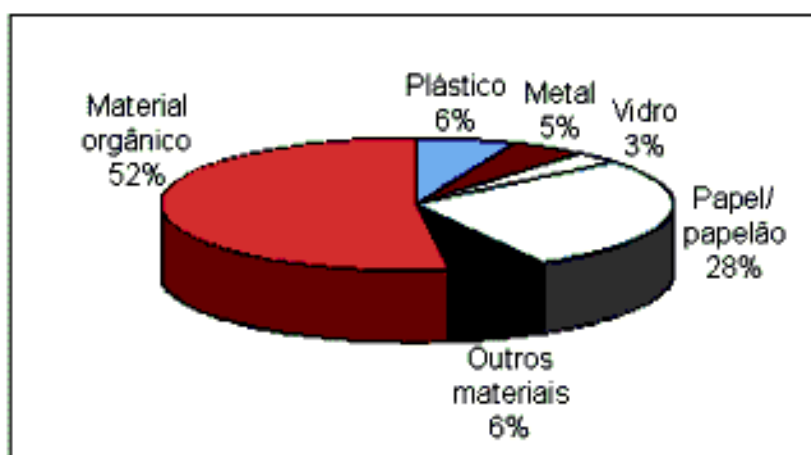
Estratos populacionais	Lixo	Produção <i>per capita</i>		
	Urbano (t/dia)	Lixo domiciliar (kg/dia)	Lixo público (kg/dia)	Lixo urbano (kg/dia)
Total	161.827,1	0,74	0,22	0,95
Até 9.999 habitantes	9.184,8	0,46	0,20	0,66
De 10.000 a 19.999 habitantes	11.473,1	0,42	0,16	0,58
De 20.000 a 49.999 habitantes	18.281,6	0,48	0,16	0,64
De 50.000 a 99.999 habitantes	14.708,1	0,56	0,15	0,71
De 100.000 a 199.999 habitantes	13.721,7	0,69	0,15	0,84
De 200.000 a 499.999 habitantes	21.177,3	0,78	0,14	0,91
De 500.000 a 999.999 habitantes	21.645,3	1,29	0,43	1,72
Mais de 1.000.000 habitantes	51.635,2	1,16	0,35	1,50

Fonte: IBGE (2002)

Tamanha quantidade de lixo gerada todos os dias requer que a ela deva ser dada destinação adequada. Segundo IBGE (2002), a destinação final dos resíduos sólidos urbanos, em peso, distribui-se deste modo: 47,1% em aterros sanitários, 22,3% em aterros controlados

e 30,5% em lixões. Em número de municípios, a situação observada é: 63,6% utilizam lixões, 32,2% destinam o lixo em aterros adequados (13,8% sanitários e 18,4% controlados) e 5% não informaram.

A composição do lixo produzido no Brasil apresenta maior fração correspondente à matéria orgânica, aproximadamente 50%, com projeção de declínio em razão da conjuntura econômica favorável, elevando o padrão de consumo da população e, conseqüentemente, gerando um espectro de RSU cada vez mais diversificado. A Figura 2.14 traz a composição média do lixo produzido no país.



Fonte: Franchetti; Marconato (2010)

Figura 2.14 – Composição média do lixo no Brasil

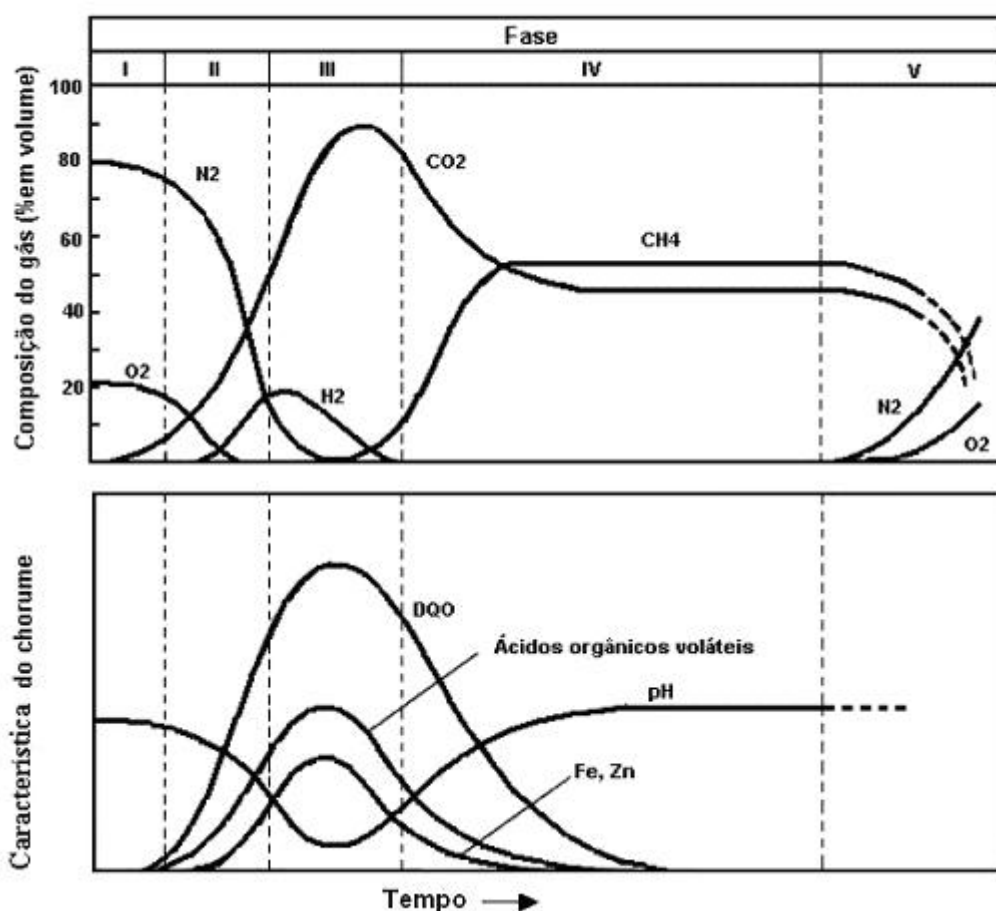
2.8.2. Composição do biogás

O biogás, também denominado Gás do Lixo, é uma mistura de gases produzida através da digestão anaeróbia da fração orgânica dos RSU com ocorrência natural em mangues, pântanos, aterros sanitários. De acordo com Oliveira (2000), o biogás apresenta composição molar de 40 – 55% de metano, 35 – 50% de dióxido de carbono e de 0 – 20% de nitrogênio. O GDL possui poder calorífico (mormente em razão do metano) de 14,9 a 20,5 MJ/m³ ou cerca de 5.800 kcal/m³.

2.8.3. Formação de biogás em aterro sanitário

Após serem devidamente dispostos e aterrados os RSU, na ausência de oxigênio, tem-se início o processo de decomposição anaeróbia sob a ação de bactérias específicas, chamadas metanogênicas.

A Figura 2.15 mostra as diversas etapas constituintes do processo de redução anaeróbia, como também os componentes que delas resultam.



Fases	Condição	Tempo Típico
I	Aeróbia	Horas a 1 Semana
II	Ausência de Oxigênio	1 a 6 Meses
III	Anaeróbia, Metanogênica, Instável	3 Meses a 3 Anos
IV	Anaeróbia, Metanogênica, Estável	8 a 40 Anos
V	Anaeróbia, Metanogênica, Declínio	1 a acima de 40 Anos
Total		10 a acima de 80 Anos

Fonte: Adaptado de Tchobanoglous; Theisen; Vinil (1993) apud Ensinas (2003); Banco Mundial (2004)

Figura 2.15 – Estágios de formação do biogás de aterro

As fases ilustradas acima são detalhadas a seguir (TCHOBANOGLIOUS; THEISEN; VINIL, 1993 apud ENSINAS, 2003, p. 13):

- Fase I (Ajuste inicial): A decomposição biológica da matéria orgânica ocorre principalmente em condições aeróbias, devido à presença de certa quantidade de ar no interior do aterro. A principal fonte de microrganismos para a decomposição aeróbia e anaeróbia nessa fase é a terra, que é usada como material de cobertura, para divisão das células do aterro e como camada final;
- Fase II (Transição): A quantidade de oxigênio decai e as reações anaeróbias desenvolvem-se. Nitratos e sulfatos podem servir como receptores de elétrons nas reações biológicas de conversão. As reações de redução podem ser monitoradas medindo-se o potencial de óxido-redução do lixo, ocorrendo aproximadamente entre -50 a -100 milivolts para nitratos e sulfatos. A produção do metano ocorre com valores entre -150 a -300 milivolts. Com a continuidade da queda do potencial de óxido-redução, os microrganismos responsáveis pela conversão da matéria orgânica em metano e dióxido de carbono iniciam a conversão do material orgânico complexo em ácidos orgânicos e outros produtos intermediários. Nessa fase, o pH do chorume começa a cair, devido à presença de ácidos orgânicos e pelo efeito das elevadas concentrações de CO₂ dentro do aterro;
- Fase III (Ácida): As reações iniciadas na fase de transição são aceleradas com a produção de quantidades significativas de ácidos orgânicos e quantidades menores de gás hidrogênio. A primeira das três etapas do processo envolve transformação enzimática (hidrólise) dos compostos de maior massa molecular (lipídeos, polissacarídeos, proteínas e ácidos nucleicos) em compostos apropriados para o uso como fonte de energia pelos microrganismos. A segunda etapa do processo (acidogênese) envolve a conversão microbiológica dos compostos resultantes da primeira etapa em compostos intermediários com massa molecular menor, como o ácido acético (CH₃COOH) e pequenas concentrações de outros ácidos mais complexos. O dióxido de carbono é o principal gás gerado durante esta fase e os microrganismos envolvidos nessa conversão, descritos como não metanogênicos, são constituídos por bactérias anaeróbias estritas e facultativas. As Demandas Bioquímica (DBO) e Química de Oxigênio (DQO) e a condutividade do chorume aumentam significativamente durante essa fase, devido à dissolução de ácidos orgânicos no chorume. Também devido ao baixo pH, constituintes inorgânicos, como os metais pesados, serão solubilizados;
- Fase IV (Metanogênica): Nessa fase, predominam microrganismos estritamente anaeróbios, denominados metanogênicos, que convertem ácido acético e gás hidrogênio em CH₄ e CO₂. A formação do metano e dos ácidos prossegue simultaneamente, embora a taxa de formação dos ácidos seja reduzida consideravelmente. O pH do chorume nessa fase tende a ser mais básico, na faixa de 6,8 a 8,0;
- Fase V (Maturação): Essa fase ocorre após grande quantidade do material orgânico ter sido biodegradada e convertida em CH₄ e CO₂ durante a fase metanogênica. Como a umidade continua a migrar pela massa de lixo, porções de material biodegradável ainda não convertidas acabam reagindo. A taxa de geração do gás diminui consideravelmente, pois a maioria dos nutrientes disponíveis foi consumida nas fases anteriores e os substratos que restam no aterro são de degradação lenta. Dependendo das medidas no fechamento do aterro, pequenas quantidades de nitrogênio e oxigênio podem ser encontradas no gás do aterro.

Muitos são os fatores que interferem na taxa de geração do GDL (USEPA, 1991 apud ENSINAS, 2003, p. 15):

- Composição do lixo: Quanto maior a porcentagem de materiais biodegradáveis, maior a taxa de geração de gases. O lixo destinado aos aterros pode ter uma composição variada ao longo do ano, dependendo do clima e dos hábitos de consumo da população local;
- Umidade do lixo: Uma umidade alta (60 a 90 %) pode aumentar a geração de biogás. A construção de aterro com baixa permeabilidade, para controle da formação do chorume, mantém a umidade do lixo baixa e prejudica a formação de biogás;
- Idade do lixo: A geração do biogás segue as fases de decomposição do lixo descritas anteriormente. A duração de cada fase e o tempo de produção de metano dependem de condições específicas de cada aterro;
- Temperatura do aterro: A produção de metano é afetada pela temperatura. A temperatura ideal para a digestão anaeróbia está entre 29 e 38°C para as bactérias mesofílicas e entre 49 e 70°C para as termofílicas. Abaixo de 10°C, há uma queda brusca na taxa de geração do gás metano;
- pH do aterro: O pH ótimo para a produção do metano está entre 7.0 e 7.2. Inicialmente, os aterros apresentam pH ácido, que tende a aproximar-se da neutralidade a partir da fase metanogênica.

O lixo urbano apresenta grande potencial de aproveitamento para geração de energia e, com o advento dos aterros energéticos, tornou-se possível a recuperação e o uso do biogás lá produzido (CARIOCA; ARORA, 1984). O GDL, entretanto, devido à sua baixa densidade, exigindo, por isso, a ocupação de volume considerável e tornando sua liquefação um processo mais difícil, detém certas desvantagens relacionadas ao transporte e à utilização (ANDREOLI; FERREIRA; CHERNICHARO, 2003).

No Brasil, a utilização do GDL de aterro sanitário atualmente se refere: i) à captação e à queima de CH_4 em drenos especiais (*flares*) para conversão em CO_2 , reduzindo o PAG, respectivamente, de 21 para 1; ii) à evaporação do chorume, em cujo processo o vapor quente atravessa um filtro retentor de umidade e é levado a um queimador, do qual é lançado, seco e sem impurezas, na atmosfera (MONTEIRO et al., 2001 apud DUARTE, 2006); iii) à captação e à distribuição, sem tratamento, de GDL para comunidades circunvizinhas ao aterro e também, após coleta e purificação, adição à rede de gasodutos para abastecimento de cidades (DANESE, 1981 apud DUARTE, 2006) e iv) ao aproveitamento para fins energéticos.

A viabilidade da exploração comercial do GDL de aterro sanitário, mediante sua recuperação energética, requer que este receba um mínimo de 200 toneladas diárias de RSU, possua capacidade de recepção de cerca de 500.000 toneladas no decorrer de sua vida útil,

além de apresentar altura mínima da massa de lixo de 10 metros (BANCO MUNDIAL, 2005 apud LACERDA et al., 2008).

2.9. Aterros sanitários

Aterros sanitários constituem modalidade adequada de disposição de RSU por fazer uso de técnicas de engenharia para a acomodação de lixo, minimizando, assim, impactos sobre o meio ambiente e a saúde pública.

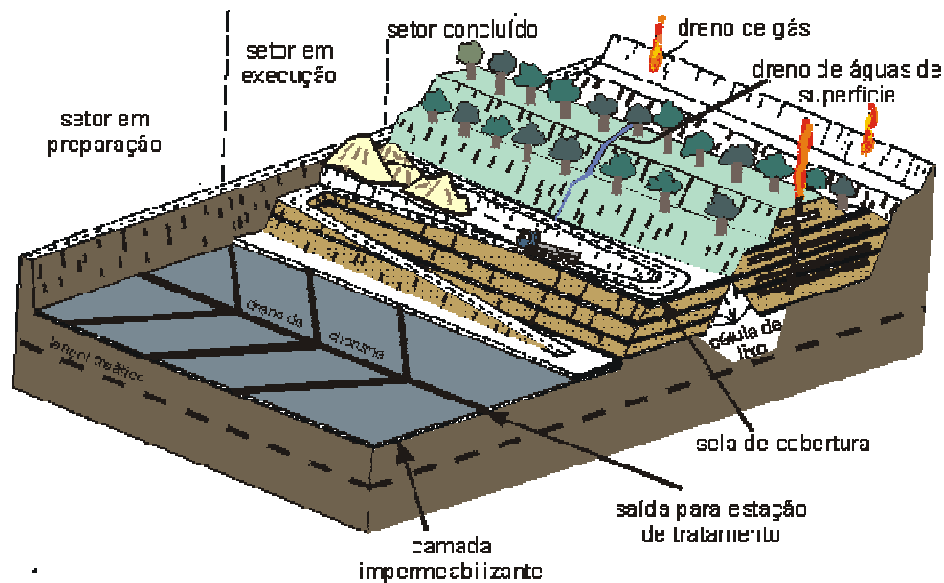
2.9.1. Projeto de aterro sanitário

Um projeto de aterro sanitário deve iniciar-se pela escolha da área onde este será implantado, a qual deverá atender, conforme ReCESA (2008), a estes critérios:

- Menor potencial gerador de impactos ambientais: (área livre de restrição ambiental; distância de mananciais ou cursos d'água, habitações; material de cobertura com características apropriadas, como menor suscetibilidade a processos erosivos e escorregamentos);
- Maior vida útil ao empreendimento: capacidade máxima para acolhimento de RSU;
- Menores custos de instalação, operação e manutenção: gastos minimizados com infra-estrutura; proximidade com a zona geradora de lixo; material de cobertura disponível no local ou circunvizinhanças;
- Aceitação da sociedade: menor rejeição por parte da comunidade.

A diretrizes referidas acima são complementadas por outros dados, como, por exemplo, geologia, geotécnica e topografia do terreno (tipo, características, relevo e formações dos solos da região); hidrologia e climatologia (localização dos aquíferos, profundidade do lençol freático, qualidade das águas subterrâneas, regimes pluviométrico e dos ventos); sócio-economia (valor da terra, uso e ocupação dos terrenos, distância da área aos centros por ela atendidos, integração com as malhas viárias, grau de aceitabilidade da população); arqueologia (existência ou não de sítios de interesse arqueológico) (ReCESA, 2008).

Um aterro sanitário deve dispor de sistemas que permitirão o controle de variáveis potencialmente causadoras de danos à natureza e à saúde coletiva, quais sejam: impermeabilização do subsolo, drenagem de águas pluviais, coleta de biogás, canalização e direcionamento para tratamento do percolato, cobertura diária da massa de lixo com terra. A Figura 2.16 ilustra um esquema de um aterro sanitário.



Fonte: Universidade Estadual Paulista (2010)

Figura 2.16 – Esquema de um aterro sanitário

a) Métodos de execução

Os métodos de operacionalização de um aterro sanitário distinguem-se em: Área, Trincheira e Rampa. De acordo com ReCESA (2008), a forma de execução através da Área consiste na acomodação dos RSU sobre a superfície do terreno (cuja topografia é apropriada para tanto), formando camadas de lixo compactadas a serem cobertas diariamente após o término dos trabalhos.

A Trincheira dá-se por escavações de valas de dimensões variadas em terrenos planos nas quais o lixo é disposto e posteriormente aterrado. Na metodologia da Rampa, o aterro tem seu relevo modificado, formando um talude, contra o qual os resíduos são compactados e cobertos. Pode haver combinações desses métodos em aterros de grande porte, aproveitando a topografia local (ReCESA, 2008).

b) Projeto geométrico e demais sistemas do aterro

A geometria do aterro é aqui delineada, tirando proveito das singularidades do local que favoreçam a capacidade de recepção de RSU, visando a que o empreendimento opere dentro de parâmetros de segurança e estabilidade, além de proteção contra contaminações do lençol freático, do solo e do ar.

A impermeabilização da base, que pode ser feita mediante o emprego de argila com grau de impermeabilidade apropriado ou através de revestimentos sintéticos, deve ser estanque, resistente e garantir proteção ao solo e às águas subterrâneas de poluição por percolato ou lixiviado (decorrente da mistura entre o líquido formado a partir da decomposição dos resíduos e as águas pluviais), o qual infiltra no maciço de lixo.

O sistema de drenagem de águas pluviais tem o propósito de reduzir a entrada de água na massa de resíduos, contribuindo para a redução da formação de lixiviado e para a manutenção da estabilidade operacional do aterro (taludes, material de cobertura).

A drenagem do chorume gerado tem a função de evitar o acúmulo de percolato no interior do maciço de lixo e de direcioná-lo para uma estação de tratamento. Consoante ReCESA (2008), o percolato pode ser drenado pelos sistemas Colchão Drenante e Espinha de Peixe, compostos por pedras de mão ou brita.

Segundo ReCESA (2008), os métodos de tratamento do lixiviado mais empregados são: Tratamento Biológico (Lagoas de Estabilização, Lodos Ativados, Lagoas Aeradas, Digestão Anaeróbia), Tratamento Físico-Químico (Carvão Ativado, Filtração, Coagulação e Precipitação, Floculação e Sedimentação), além de outras aplicações (Aplicação no Solo, Recirculação, Tratamento Combinado com Esgoto Doméstico).

Os RSU, quando dispostos nas células de lixo, passam por processos de decomposição da sua fração orgânica, gerando como subproduto o biogás, mistura gasosa de GEEs. O sistema de drenagem do GDL é realizado por meio de drenos verticais e horizontais e, conforme ReCESA (2008), os verticais são sempre interligados aos horizontais para percolato.

Os drenos verticais podem ter diâmetros de 50cm, 100cm e 150cm, sendo preenchidos com material poroso (brita). A distribuição dos drenos é feita levando em conta os seus raios de influência, os quais podem variar entre 15m e 30m, decrescendo os valores à

medida que a altura do maciço de resíduos aumenta (ReCESA, 2008). Os métodos de tratamento são a queima e o aproveitamento energético do biogás.

2.9.2. Aterro sanitário energético

É assim classificado o aterro que possui sistema de extração e coleta do GDL, o qual pode, após procedimento de purificação, ser empregado para fins energéticos.

A infra-estrutura é formada por um conjunto de tubulações conectadas às chaminés de captação que se acopla a um equipamento de sucção (compressor de ar com fluxo invertido), passando por uma seção de purificação do biogás para a remoção de CO₂ (coluna de água) e por filtro para gás sulfídrico (limalha de ferro, sepiho, serragem). O CH₄ já purificado é armazenado em reservatórios plásticos e, em seguida, comprimido em bujões especiais (cilindros de aço) (OBLADEN, Nicolau; OBLADEN, Neiva; BARROS, 2009).

Em aterros sanitários energéticos, as células de RSU são mais altas, atingindo entre 5m e 6m, reduzindo a quantidade de material de cobertura. Podem contar ainda com sistema de irrigação utilizando o próprio percolato, elevando o teor de umidade da massa de lixo e favorecendo, por conseguinte, a produção de GDL (OBLADEN, Nicolau; OBLADEN, Neiva; BARROS, 2009).

Faz-se necessária a realização de monitoramentos do maciço de lixo, analisando o comportamento de parâmetros (pH, temperatura, umidade) essenciais ao processo de formação de biogás em aterros.

A Tabela 2.6 reúne os aterros no Brasil que possuem projeto de aproveitamento energético do GDL.

Tabela 2.6 – Aterros energéticos no Brasil

Estado	Aterro	Potência Elétrica Estimada
Amazonas	Manaus	2MW
Pará	Aurá	5,98MW
Paraíba	Probiogás	4,18MW
Bahia	Canabrava	4,25MW
	Veja Bahia	16,43MW
Espírito Santo	CTRVV	1,61MW
	Marca	17,76MW

Aterros energéticos no Brasil (cont.)

Estado	Aterro	Potência Elétrica Estimada
Rio de Janeiro	Gramacho	Acima de 40MW
	Nova Gerar	6,35MW
São Paulo	Alto Tiête	2MW
	Anaconda	2,30MW
	Bandeirantes	25,40MW
	Caieiras	14,56MW
	Embralixo / Araúna	1,32MW
	Estre / Santos	4,66MW
	Estre / Itapevi	2,12MW
	Lara / Mauá	20,45MW
	Onyx Sasa	1,78MW
	Paulínia	4,21MW
	Pedreira	2,14MW
	Quitaúna	2,25MW
	São João	20,95MW
	Tecipar – Progat	2MW
	Urbam – Arauna	2,32MW
Santa Catarina	Florianópolis / Biguaçu	2,60MW
	Icara / Santec	2,99MW
Rio Grande do Sul	Sil	6,58MW

Fonte: CETESB; SMA-SP (2010)

3. METODOLOGIA

3.1. Estudo de caso: Aterro Sanitário Metropolitano Oeste em Caucaia – ASMOC

3.1.1. Visita técnica ao Aterro

Em 01 de junho de 2010, foi realizada uma visita técnica ao ASMOC (Figura 3.1) com o propósito de colher informações acerca deste no tocante ao histórico da sua concepção, bem assim aos parâmetros e métodos operacionais empregados no seu gerenciamento. Utilizou-se, para a obtenção desses dados, questionário dirigido baseado no modelo de Duarte (2006) e entrevistou-se o Supervisor de Aterro e Transbordo da ECOFOR, empresa do grupo MARQUISE responsável pela gestão dos RSU de Fortaleza.



Figura 3.1 – Entrada da Administração do ASMOC

O ASMOC está sob a administração de três intervenientes: ECOFOR, EMLURB e ACFOR. Aquele é atualmente gerenciado pela ECOFOR (desde 2003), a qual recolhe o lixo domiciliar e público. À Empresa Municipal de Limpeza e Urbanização (EMLURB), cabe a execução e a coleta dos resíduos dos serviços de raspagem, capinação e varrição, assim como fiscalizar a operação da ECOFOR. A Autarquia de Regulação, Fiscalização e Controle dos Serviços Públicos de Saneamento Ambiental (ACFOR) encarrega-se de promover a

excelência técnica e econômica da prestação dos serviços delegados ligados à área de sua jurisdição.

3.1.2. A concepção do Aterro

O ASMOC, localizado na rodovia BR 020, no município de Caucaia, fora construído pelo Governo do Estado do Ceará no ano de 1990 e concebido inicialmente para receber os RSU daquela cidade.

À época, a cidade de Fortaleza possuía como local de destinação final de seus RSU o lixão do Jangurussú. Este fora desativado no ano de 1998 e, por intermédio de um instrumento legal denominado Termo de Cessão de Uso, do Governo do Estado do Ceará, o ASMOC passou também a ser o local de deposição dos RSU de Fortaleza, sob a condição de que esta arcasse com todos os custos administrativos e operacionais daquele, isentando Caucaia de qualquer ônus.

3.1.3. Caracterização do Aterro

O ASMOC recebe resíduos de origem doméstica, industrial (Classe II), público (até 2008, recebia resíduos dos serviços de saúde; estes são, hoje, incinerados em Fortaleza). Apresenta área total de 123 hectares, dos quais 78 hectares destinam-se ao recebimento dos RSU. A taxa de deposição de lixo no ASMOC é de aproximadamente 3.600 toneladas/dia.

A Figura 3.2 mostra uma vista aérea do Aterro, destacando a área onde os RSU são dispostos.



Fonte: Google Earth (2010)

Figura 3.2 – Fotografia aérea do ASMOC

O Aterro fora planejado em 1990 para uma vida útil até 2015 e prevê-se uma ampliação, a qual estenderá sua longevidade por mais 10 anos. A forma de disposição dos RSU (Figura 3.3) dá-se pelos métodos da Trincheira, consistindo em escavação na forma de vala até a profundidade de 5m e colocação posterior de material de cobertura, e da Área, que se configura pela cobertura da massa de lixo por camadas de solo, formando elevações que atingem a altura de 20m.



Figura 3.3 – Técnica de disposição dos RSU

O fundo do ASMOC é impermeabilizado por meio da aplicação de solo argiloso, o qual promove a estanqueidade do terreno e, conseqüentemente, a devida proteção do subsolo e lençol freático contra a infiltração do percolato. A cobertura dos RSU ocorre diariamente e o Aterro dispõe de sistema de drenagem para águas pluviais, composto por calhas de argila que partem de cima do maciço de lixo e direcionam as águas para drenos de concreto.

O chorume, líquido gerado da decomposição biológica do lixo, é canalizado para Lagoas de Estabilização (Figura 3.4) para proceder ao tratamento daquele. O ASMOC possui drenos (Figura 3.5) para coleta de biogás, o qual atualmente é parcialmente queimado.



Figura 3.4 – Lagoa de Estabilização



Figura 3.5 – Dreno para coleta de biogás

A infra-estrutura disponível no Aterro é formada por portaria, escritório (Figura 3.6), balança (Figura 3.7), refeitório e equipamentos (Figura 3.8), como, por exemplo, escavadeira hidráulica, pá mecânica, rolo compactador, tratores, caminhões compactadores e caçambas.



Figura 3.6 – Escritório da Administração do ASMOC

Os resíduos que chegam ao ASMOC não são previamente separados (não dispondo este de unidade de triagem), sendo aqueles, após a pesagem, levados para deposição nas células de lixo. É vedado o acesso de recicladores à área de depósito de RSU do Aterro.



Figura 3.7– Balança para pesagem dos RSU

São executadas análises laboratoriais da qualidade da água subterrânea a fim de monitorar seus parâmetros físico-químicos e biológicos. Em relação à massa de resíduos, não é realizado nenhum monitoramento (temperatura, pH, umidade).



Figura 3.8 – Máquinas em operação no Aterro

A Tabela 3.1 a seguir reúne o histórico de resíduos sólidos que deu entrada no ASMOC.

Tabela 3.1 – Fluxo de RSU depositados no ASMOC

Ano	Resíduos Sólidos Totais (Tonelada/Ano)
1992	40.000
1993	40.000
1994	40.000
1995	40.000
1996	40.000
1997	40.000
1998	1.065.169
1999	1.012.934
2000	1.113.743
2001	1.055.160
2002	1.004.630
2003	864.737
2004	730.067
2005	944.083
2006	1.062.288
2007	1.188.843
2008	1.186.655
2009	1.436.782

Fonte: ACFOR; EMLURB; ECOFOR (2010)

O aumento notório da quantidade de RSU dispostos no Aterro observado a partir do ano de 1998 deve-se ao fato de que, até 1997, o ASMOC recebia somente o lixo do município de Caucaia e, nos anos posteriores, recepcionou também os resíduos da cidade de Fortaleza.

No que tange à natureza dos resíduos sólidos que possuem o ASMOC como destinação final, a Tabela 3.2 apresenta, relativa ao ano de 2009, a participação de cada elemento.

Tabela 3.2 – Natureza dos RSU do ASMOC

Natureza dos Resíduos Sólidos do ASMOC	
2009	
Tipo	Tonelada
Coleta Especial Urbana	22.394,49
Entulho	10.955,10
Podagem	3.197,52
Varrição	2.324,79
Capina	12.551,75
EMLURB	96,19
Grandes Geradores	8.809,28
Caucaia	10.634,14
Coleta Domiciliar de Fortaleza	47.936,29

Fonte: ACFOR (2010)

3.2. Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE)

3.2.1. Análise técnica do uso de biogás do ASMOC

a) Programa Biogás – Geração e Uso Energético (Aterros-Versão 1.0)

A avaliação da viabilidade técnica da utilização do GDL, obtido a partir da decomposição anaeróbia dos RSU dispostos no Aterro, foi realizada através do uso do *software* Biogás – Geração e Uso Energético (Aterros-Versão 1.0).

O programa, parte do convênio entre a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA – SP) e o Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), realiza, entre outras análises, estimativas de geração de GDL, baseando-se no histórico dos resíduos sólidos lá depositados, e também da potência disponível mediante a conversão energética do biogás existente.

b) Estimativa da geração de biogás

Para o cálculo da quantidade de GDL gerada no ASMOC, o programa Biogás – Geração e Uso Energético (Aterros-Versão 1.0) utiliza o modelo matemático da USEPA (*United States Environmental Protection Agency*), o qual se baseia na equação a seguir:

$$Q_x = k \cdot R_x \cdot L_0 \cdot e^{-k(x-T)}$$

Em que:

Q_x = vazão de metano (m^3 /ano);

k = constante de decaimento (1 /ano);

L_0 = potencial de geração de biogás ($m^3_{CH4biogás}/kg_{rsu}$);

R_x = fluxo de resíduos (t /ano);

x = ano atual (ano);

t = ano de deposição dos resíduos (ano).

Conforme esse modelo, a geração de GDL é resultado da degradação anaeróbia dos RSU depositados no aterro, atingindo um valor máximo no ano de fechamento deste (período no qual se cessa o recebimento de lixo) e decaindo ao longo dos anos subsequentes.

Fez-se a consideração de fechamento da atual área destinada ao acolhimento de lixo no ano de 2009, ou seja, a partir de 2010, os RSU que derem entrada no ASMOC passarão a ser dispostos em outro local.

A constante k relaciona-se com o grau de intensidade da atividade metanogênica, cujos valores variam ao ano entre o intervalo de 0,001 a 0,15 para climas seco e úmido, respectivamente (CETESB; SMA – SP; MCT, 2006). Assim, como não se dispõe da avaliação dessa variável para a área em estudo, adotou-se o valor médio de 0,08.

A variável L_0 apresenta valores que orbitam entre $0,001m^3_{CH4biogás}/kg_{rsu}$, para resíduos pouco orgânicos, e $0,312m^3_{CH4biogás}/kg_{rsu}$, para resíduos muito orgânicos (CETESB; SMA – SP; MCT, 2006). Como o ASMOC não possui unidade de triagem para retenção de materiais recicláveis e reutilizáveis, conduzindo para as células de lixo apenas aquilo que for

inservível, como, por exemplo, matéria orgânica, matéria-prima para a produção de biogás, fez-se a adoção do valor de $0,12\text{m}^3\text{CH}_4\text{biogás/kg}_{\text{rsu}}$ (abaixo da média, com tendência para o caráter menos orgânico dos RSU lá abrigados).

c) Estimativa da potência disponível

Para a obtenção da curva da potência disponível no ASMOC, o software Biogás – Geração e Uso Energético (Aterros-Versão 1.0) faz uso da seguinte expressão:

$$P_x = \frac{Q_x P_{c(\text{metano})}}{31.536.000} E_c \frac{k}{1000}$$

Em que:

P_x = potência disponível a cada ano (kW);

Q_x = vazão disponível a cada ano ($\text{m}^3\text{CH}_4/\text{ano}$);

$P_{c(\text{metano})}$ = poder calorífico do metano ($35,53.10^6\text{J/m}^3\text{CH}_4$);

E_c = eficiência de coleta de gases (%);

$31.536.000\text{s} = 1 \text{ ano (s/ano)}$;

$k = 1.000$ (adimensional).

Adotou-se a eficiência de coleta de biogás em 75%.

d) Escolha da tecnologia de geração de eletricidade

A produção de energia elétrica dar-se-ia com a utilização de motores recíprocos de combustão interna associados a conjuntos de geradores, haja vista que, de acordo com Banco Mundial (2004), encontram-se prontamente disponíveis e podem ser obtidos em unidades modulares cujas faixas de potência variam de menos de 0,5MW a acima de 3MW.

Os motores recíprocos possuem comparativamente menor custo por kW e maior eficiência que a maioria das turbinas a gás, oferecendo ainda como vantagem a flexibilidade para futuras expansões ou reduções do sistema, levando em consideração as incertezas quanto a produções futuras de GDL. Os custos dos grupos geradores variam na faixa entre US\$

600.000 a US\$ 800.000 por MW de capacidade de geração de energia e compõem 40% a 60% dos custos totais do investimento no projeto de geração de energia a partir do biogás (BANCO MUNDIAL, 2004).

Assim, admite-se que cerca de 50% dos custos totais dizem respeito à infraestrutura de coleta e captação de biogás e os outros 50% referem-se ao sistema de geração de energia elétrica.

3.2.2. Análise econômica

Procedeu-se à análise do conjunto de investimentos para a implantação de um sistema de aproveitamento do GDL para fins energéticos, compreendendo os custos para a construção de uma usina de geração de energia elétrica, para a implantação da infra-estrutura para extração e coleta de biogás, bem assim os métodos de financiamento, o fluxo de caixa (envolvendo o balanço entre receita e despesa do projeto) e, por fim, a avaliação econômica e financeira.

Para o EVTE, consideraram-se o VPL ou VAL (Valor Presente Líquido ou Valor Atual Líquido), que, de acordo com Casarotto Filho e Kopittke (2010), consiste em calcular o Valor Presente das diversas parcelas do fluxo de caixa para somá-lo ao valor do investimento inicial de cada alternativa a uma certa taxa de desconto, fazendo a opção por aquela que apresentar maior VPL, e a TIR (Taxa Interna de Retorno), a qual corresponde à taxa necessária para zerar o Valor Presente dos fluxos de caixa das alternativas.

Empregou-se, para a obtenção do Valor Presente das entradas e saídas, bem como para estabelecer relação de comparação com a Taxa Interna de Retorno, a TMA (Taxa Mínima de Atratividade) como taxa de desconto (trazer ao Valor Presente) (CASAROTTO FILHO; KOPITTKE, 2010). A viabilidade do projeto, então, foi avaliada em consonância com o esquema apresentado a seguir.

Para o VPL:

- Maior que zero: indicação positiva da atratividade para investimento do projeto;
- Igual a zero: demonstração da indiferença em relação ao investimento no projeto (investir ou não conduz ao mesmo resultado);

- Menor que zero: denotação do caráter desfavorável do investimento no projeto.

Para a TIR:

- Maior que a TMA: representação do grau positivo da atratividade para investimento do projeto;
- Igual à TMA: grau de indiferença no que tange ao investimento no projeto;
- Menor que a TMA: indicativo da não receptibilidade para investimento no projeto.

a) Procedimento para o cálculo do investimento total do sistema de coleta e aproveitamento energético do biogás do ASMOC

Utilizou-se, para o cálculo do custo total do investimento no sistema de coleta de GDL e na construção de uma usina de geração de energia elétrica, a metodologia elaborada por Vanzin (2006), a qual se baseia em estudos realizados pelo Banco Mundial de pré-viabilidade de recuperação e aproveitamento energético de biogás destes aterros: Muribeca (Pernambuco, Brasil), Gramacho (Rio de Janeiro, Brasil), Montevideu (Uruguai), Queretaro (México), Chihuahua (México), Huyacoloro (Peru), El Combeima (Colômbia), La Esmeralda (Colômbia), El Carrasco (Colômbia).

Vanzin (2006) reuniu, em um banco de dados, os valores de custos atinentes à geração de eletricidade, à infra-estrutura de captação do biogás e à capacidade de disposição de resíduos sólidos dos aterros supracitados. Assim, empregou esses valores como entrada no *software* de inferência estatística SISREG, obtendo como resultado a seguinte equação:

$$\text{Investimento (milhões US\$)} = 0,08032049 + 0,9616 \times (\text{Potência MW})$$

Essa expressão, segundo Vanzin (2006), exprime o valor do investimento na usina de geração de energia elétrica para a potência da usina variando no intervalo de 1MW a 10MW com confiabilidade de 99%.

b) Financiamento do investimento

Considerou-se financiamento integral do projeto pelo Banco Mundial e adotaram-se, para a realização do balanço financeiro, os índices empregados pelo Banco Mundial (2005) para os estudos de pré-viabilidade dos aterros de Muribeca (PE) e Gramacho (RJ),

como, por exemplo, taxa de juros de 8% para o cálculo do VPL ou VAL e horizonte de tempo para pagamento de 15 anos.

c) Sistema de Amortização Constante (SAC)

Empregou-se a metodologia SAC, na qual o saldo devedor do investimento é reembolsado em parcelas iguais, calculando-se a amortização por meio da divisão do valor principal pelo número de períodos de pagamento. Assim, nesse método, as prestações são decrescentes, pois os juros diminuem a cada prestação (SAMANEZ, 2002 apud SALOMON, 2007).

d) Receitas do projeto

As fontes de renda para o empreendimento constituíram-se da venda da energia elétrica gerada no ASMOC, considerando um reajuste anual de 3%, conforme Banco Mundial (2005), e da receita obtida com a venda das Reduções Certificadas de Emissão no Mercado de Carbono, aferidas a partir da eleição do aproveitamento do GDL do ASMOC para finalidade energética como atividade do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

e) Custos operacionais

No que tange aos custos envolvidos na atividade, adotaram-se aqueles empregados pelo Banco Mundial (2005) para os estudos de pré-viabilidade dos aterros de Muribeca (PE) e Gramacho (RJ). Os valores foram convertidos para unidades econômicas e financeiras nacionais, bem como foram atualizados para o presente referenciados pela inflação (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo) acumulada correspondente ao período em que foram obtidos.

Assim, os custos operacionais encontram-se abaixo relacionados:

- Taxa de compra de biogás: 0,972R\$/MWh;
- Taxa de operação e manutenção da usina de energia elétrica: 0,050R\$/kWh;
- Custo de registro, monitoramento e verificação: R\$ 111.076,34;
- Custo anual de operação e manutenção do sistema de extração de biogás: 5% do investimento na infra-estrutura de captação e coleta de GDL;

- Depreciação: considerou-se o intervalo de tempo de 15 anos.

Os custos foram corrigidos a uma taxa anual de 3%.

f) Tributação

No balanço financeiro, foram inseridos os tributos que incidem sobre a receita do empreendimento. Os valores, segundo MF e Receita Federal (2010), foram elencados abaixo:

- Programa de Integração Social (PIS): 0,65%;
- Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS): 3%;
- Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL): 9%;
- Imposto de Renda (IR): 15% sobre o lucro de até R\$ 240.000,00/ano + 10% sobre parcela adicional que ultrapassar R\$ 240.000,00.

g) Fluxo de caixa

Resume as entradas e saídas de dinheiro no decorrer do horizonte de tempo estabelecido para o empreendimento, possibilitando, assim, avaliar sua rentabilidade e viabilidade econômica (SAMANEZ, 2002 apud SALOMON, 2007).

De posse dos valores referentes aos custos para implantação do sistema de extração e coleta de biogás e para a construção da usina de geração de energia elétrica, como também das demais despesas concernentes à operacionalização da atividade, da receita advinda da venda da energia elétrica produzida e da comercialização das RCEs, procedeu-se à confecção do fluxo de caixa a fim de avaliar a viabilidade do investimento.

Para o fluxo de caixa, ensaiaram-se vários cenários para o projeto (Pessimista, Mais Provável e Otimista), tanto relacionados ao preço de venda da energia elétrica gerada quanto ao valor venal dos Créditos de Carbono. Atestou-se o grau de viabilidade do empreendimento baseado nos parâmetros do VPL e da TIR.

4. Análise dos resultados e discussão

4.1. Geração de biogás no ASMOC

Estimou-se a quantidade de gás metano produzida no ASMOC desde o período de sua abertura (1992) até o seu fechamento (2009), como ilustra a Figura 4.1.

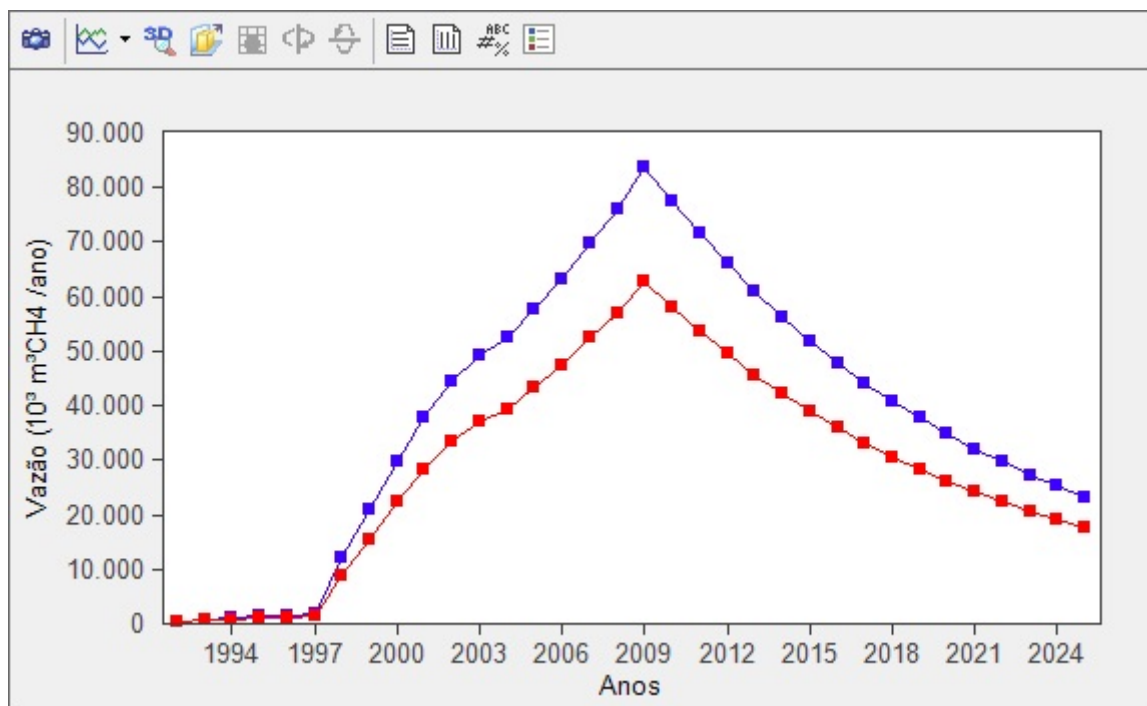


Figura 4.1 – Curva de geração de gás metano no ASMOC

Destaca-se que o pico máximo de produção de CH₄ ocorre na data de fechamento do Aterro, ano no qual este encerra suas operações de acolhimento de resíduos sólidos, e apresenta decrescimento exponencial ao longo dos anos que se seguem.

A curva em azul no gráfico acima representa o montante de metano advindo da decomposição dos RSU lá dispostos e a correspondente em vermelho, a monta que efetivamente é coletada (a uma taxa de 75%). Os dados supra-relacionados foram retratados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Geração de gás metano no ASMOC

Ano	CH4 (10³ m³/ano)	CH4 coletado (10³ m³/ano)
1992	384,00	288,00
1993	738,48	553,86
1994	1.065,70	799,28
1995	1.367,76	1.025,82
1996	1.646,61	1.234,96
1997	1.904,01	1.428,01
1998	11.983,24	8.987,43
1999	20.786,10	15.589,58
2000	29.879,92	22.409,94
2001	37.712,18	28.284,14
2002	44.457,17	33.342,88
2003	49.340,62	37.005,47
2004	52.555,78	39.416,84
2005	57.578,29	43.183,72
2006	63.349,43	47.512,07
2007	69.891,78	52.418,84
2008	75.910,14	56.932,61
2009	83.867,00	62.900,25
2010	77.418,99	58.064,24
2011	71.466,74	53.600,06
2012	65.972,12	49.479,09
2013	60.899,94	45.674,96
2014	56.217,73	42.163,30
2015	51.895,50	38.921,63
2016	47.905,59	35.929,19
2017	44.222,43	33.166,82
2018	40.822,45	30.616,84
2019	37.683,87	28.262,90
2020	34.786,60	26.089,95
2021	32.112,08	24.084,06
2022	29.643,18	22.232,39
2023	27.364,11	20.523,08
2024	25.260,25	18.945,19
2025	23.318,15	17.488,61
2026	21.525,37	16.144,03

4.2. Potência disponível no ASMOC

Avaliou-se a potência disponível no Aterro mediante a conversão da vazão de metano coletada, conforme pode ser analisado na Figura 4.2.

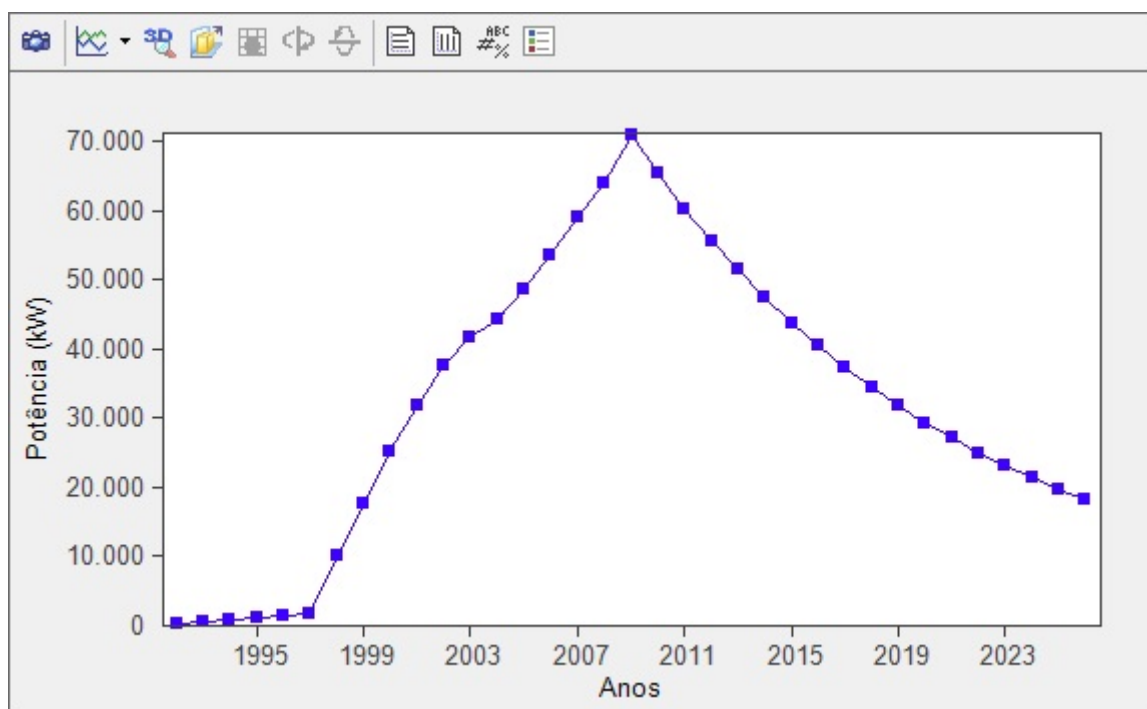


Figura 4.2 – Curva da potência disponível no ASMOC

Ressalta-se o fato de que a curva acima possui simetria e proporcionalidade com a respectiva de vazão de CH_4 , apresentando idêntico comportamento (pico máximo de potência no ano de fechamento do Aterro e decaindo exponencialmente ao longo dos anos subsequentes). Os dados do gráfico foram exportados para a Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Potência disponível no ASMOC

Ano	Potência (kW)
1992	324
1993	624
1994	901
1995	1.156
1996	1.391
1997	1.609
1998	10.126
1999	17.564
2000	25.248

Potência disponível no ASMOC (cont.)

Ano	Potência (kW)
2001	31.866
2002	37.566
2003	41.692
2004	44.409
2005	48.653
2006	53.529
2007	59.058
2008	64.143
2009	70.866
2010	65.418
2011	60.388
2012	55.746
2013	51.460
2014	47.503
2015	43.851
2016	40.480
2017	37.367
2018	34.494
2019	31.842
2020	29.394
2021	27.134
2022	25.048
2023	23.122
2024	21.345
2025	19.704
2026	18.189

O investimento no sistema de aproveitamento de biogás para geração de eletricidade realizar-se-ia em um intervalo de 15 anos. Posto isso, o período (2009 a 2024) em consideração inicia com uma potência de 70.866 kW e termina com uma potência de 21.345 kW.

a) Definição da potência do sistema de geração de energia elétrica

O ASMOC não dispõe de unidade de triagem de RSU em suas instalações que possa proceder à seleção de materiais com potencial para reciclagem e reutilização, evitando que grande parte destes seja depositada nas células de lixo e favorecendo a entrada de matéria orgânica (fonte para geração de GDL). Do mesmo modo, a operação do Aterro não monitora parâmetros fundamentais para a geração de biogás em aterros sanitários, quais sejam: pH, temperatura, umidade.

Desta feita, fez-se a opção conservadora da instalação de uma planta de geração de energia elétrica cuja potência é de 10MW (10.000kW), possibilitando o uso da usina a plena carga durante o intervalo de 2009 – 2024, bem como sua utilização com máximo rendimento por maior período além daquele em análise.

4.3. Investimento na infra-estrutura de captação e coleta de GDL e de geração de energia elétrica

Dada a potência da usina de energia elétrica e considerando que os custos totais dividem-se aproximadamente em 50% para o sistema de extração de biogás e 50% para a geração de eletricidade, calculou-se o valor do aporte financeiro necessário para a consecução do aproveitamento energético do GDL do ASMOC (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 – Sistema de Amortização Constante (SAC) do aproveitamento energético dos RSU do ASMOC

Período	Saldo devedor	Prestação	Amortização	Juros
0	53.851.591,92			
1	50.261.485,79	7.898.233,48	3.590.106,13	4.308.127,35
2	46.671.379,66	7.611.024,99	3.590.106,13	4.020.918,86
3	43.081.273,54	7.323.816,50	3.590.106,13	3.733.710,37
4	39.491.167,41	7.036.608,01	3.590.106,13	3.446.501,88
5	35.901.061,28	6.749.399,52	3.590.106,13	3.159.293,39
6	32.310.955,15	6.462.191,03	3.590.106,13	2.872.084,90
7	28.720.849,02	6.174.982,54	3.590.106,13	2.584.876,41
8	25.130.742,90	5.887.774,05	3.590.106,13	2.297.667,92
9	21.540.636,77	5.600.565,56	3.590.106,13	2.010.459,43
10	17.950.530,64	5.313.357,07	3.590.106,13	1.723.250,94
11	14.360.424,51	5.026.148,58	3.590.106,13	1.436.042,45
12	10.770.318,38	4.738.940,09	3.590.106,13	1.148.833,96
13	7.180.212,26	4.451.731,60	3.590.106,13	861.625,47
14	3.590.106,13	4.164.523,11	3.590.106,13	574.416,98
15	0,00	3.877.314,62	3.590.106,13	287.208,49

O valor total do investimento perfaz R\$ 53,85 milhões, dos quais R\$ 26,93 milhões correspondem ao sistema de captação e coleta de GDL e R\$ 26,93 milhões, à construção da usina de energia elétrica.

4.4. Condicionantes para elegibilidade de projetos no âmbito do MDL

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo presta-se a auxiliar os Países Não Anexo I a desenvolver-se sustentavelmente, como também permitir que dêem sua contribuição para os objetivos da CQNUMC. Cumpre ainda o MDL constituir ferramenta flexível por meio da qual os Países do Anexo I possam cumprir suas metas quantificadas de redução de emissões de GEEs.

Entretanto, para um projeto ser elegível como atividade de MDL, aquele deve atender a alguns critérios, a saber: Linha de Base, Adicionalidade e viabilidade condicionada aos recursos dos Créditos de Carbono.

A Linha de Base corresponde ao cenário que reúne as emissões de GEEs que ocorreriam anteriormente à implantação do projeto. No ASMOC, como não há o procedimento de combustão controlada do GDL (este é queimado parcialmente), aquela se caracterizaria como emissão parcial de gás para a atmosfera.

A Adicionalidade, por seu turno, refere-se ao fato de o projeto proposto ser efetivo no mister de redução ou aumento da remoção de gases poluentes. Se, após sua implementação, constatar diminuição nos níveis de GEEs, então a atividade redutora é classificada como adicional. O aproveitamento energético do biogás do ASMOC registraria, no período de 2009 a 2024, reduções de emissão de metano e dióxido de carbono na atmosfera, respectivamente, de 423.499 e 8.893.476 toneladas (Tabela 4.4).

Tabela 4.4 – Quantidade de GEEs reduzida com o aproveitamento energético dos RSU do ASMOC

Ano	Tonelada CH ₄ /ano	Tonelada CO ₂ /ano
1992	206,50	4.336,42
1993	397,12	8.339,47
1994	573,08	12.034,68
1995	735,51	15.445,77
1996	885,46	18.594,76
1997	1.023,88	21.501,51
1998	6.443,99	135.323,73
1999	11.177,73	234.732,23
2000	16.067,93	337.426,47
2001	20.279,72	425.874,22

Quantidade de GEEs reduzida com o aproveitamento energético dos RSU do ASMOC (cont.)

Ano	Tonelada CH₄/ano	Tonelada CO₂/ano
2002	23.906,84	502.043,71
2003	26.532,92	557.191,29
2004	28.261,87	593.499,28
2005	30.962,73	650.217,23
2006	34.066,16	715.389,28
2007	37.584,30	789.270,40
2008	40.820,68	857.234,23
2009	45.099,48	947.089,06
2010	41.632,06	874.273,30
2011	38.431,24	807.056,03
2012	35.476,51	745.006,66
2013	32.748,94	687.727,80
2014	30.231,08	634.852,77
2015	27.906,81	586.042,91
2016	25.761,23	540.985,85
2017	23.780,61	499.392,85
2018	21.952,27	460.997,72
2019	20.264,50	425.554,52
2020	18.706,49	392.836,38
2021	17.268,27	362.633,69
2022	15.940,62	334.753,02
2023	14.715,05	309.016,05
2024	13.583,70	285.257,69
2025	12.539,34	263.326,04
2026	11.575,27	243.080,62

Outro imprescindível requisito a ser comprovado pelo proponente de projeto aspirante à obtenção do grau de atividade de MDL diz respeito ao aspecto de a exequibilidade do empreendimento estar atrelada ao recebimento dos Créditos de Carbono (financiamento extra), isto é, apenas seria economicamente viável com os recursos advindos das RCEs.

Para o aproveitamento energético dos RSU do ASMOC, ensaiaram-se cenários variados (Anexo 3) que levaram em consideração duas perspectivas: i) a receita oriunda tão somente da venda da energia elétrica produzida e ii) aquela resultante da venda consorciada da energia com a das RCEs. Os dados foram organizados e analisados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Avaliação econômica do aproveitamento energético dos RSU do ASMOC

Cenário	Valor da energia elétrica (kWh)	Valor das RCEs	TIR	VPL
I	R\$ 0,09	-	-4,164%	(R\$ 42.655.402,51)
II	R\$ 0,11	-	0,433%	(R\$ 28.756.046,79)
III	R\$ 0,14	-	4,378%	(R\$ 14.653.673,90)
IV	R\$ 0,09	R\$ 28,06	32,486%	R\$ 79.012.946,65
V	R\$ 0,11	R\$ 28,06	35,953%	R\$ 93.755.155,05
VI	R\$ 0,14	R\$ 28,06	39,309%	R\$ 108.497.363,44
VII	R\$ 0,09	R\$ 29,09	33,968%	R\$ 83.575.592,65
VIII	R\$ 0,11	R\$ 29,09	37,416%	R\$ 98.317.801,05
IX	R\$ 0,14	R\$ 29,09	40,759%	R\$ 113.060.009,44
X	R\$ 0,09	R\$ 30,89	36,553%	R\$ 91.497.171,52
XI	R\$ 0,11	R\$ 30,89	39,969%	R\$ 106.239.379,91
XII	R\$ 0,14	R\$ 30,89	43,290%	R\$ 120.981.588,31

Nos três primeiros cenários ensaiados, que consideraram somente a receita obtida com a venda da energia, a análise do investimento concluiu pela inviabilidade econômica, ou seja, a não atratividade da atividade à Taxa Mínima de Atratividade de 8% ao ano. Todos estes apresentaram VPLs negativos e TIRs inferiores à TMA.

Por outro lado, os demais cenários, cujas receitas provinham tanto da venda da energia elétrica quanto dos Créditos de Carbono, mostraram-se viáveis economicamente. O cenário IV, o qual levava em conta valores pessimistas para os preços de venda da energia elétrica e das RCEs, apresentou VPL de R\$ 79.012.946,65 e TIR igual a 32,486%. O cenário XII, com base em valores otimistas para a venda da energia elétrica e das RCEs, apresentou VPL de R\$ 120.981.588,31 e TIR igual a 43,290%.

Face ao exposto, caracteriza-se como evidente a dependência da receita obtida com a transação dos Créditos de Carbono para a viabilidade econômica do empreendimento, uma vez que, em quaisquer das perspectivas avaliadas (cenários Pessimista, Mais Provável e Otimista), levando em consideração a amortização do investimento apenas mediante a venda da energia elétrica produzida no ASMOC, perpetuou-se o caráter da inviabilidade da atividade. Somente após a inserção das RCEs, o empreendimento tornou-se viável economicamente.

4.5. Resultados esperados com o aproveitamento energético dos RSU do ASMOC

A partir da implantação do aproveitamento para finalidade energética dos resíduos sólidos urbanos do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste em Caucaia, obter-se-iam benefícios que repercutiriam na tríade de sustentação do Desenvolvimento Sustentável, a saber: ambiental, econômico e social.

4.5.1. Benefícios ambientais

Com a conjugação dos fatores aumento populacional e crescimento econômico, quantidades maiores e mais diversificadas de RSU são produzidas de modo acelerado, refletindo negativamente na vida útil dos aterros sanitários.

O aproveitamento energético dos RSU do ASMOC traria como reflexo positivo o aumento da vida útil do Aterro, haja vista que se disporia de infra-estrutura de triagem dos resíduos que lá dessem entrada, procedendo à seleção de materiais passíveis de serem reciclados e reutilizados.

Dessa forma, iriam para as células de lixo do ASMOC somente os resíduos aos quais não fosse possível dar outro tratamento específico, entre eles os orgânicos (fonte para geração de biogás). A retenção de materiais recicláveis e reutilizáveis reduziria ainda a extração de matéria-prima e o consumo de energia para a confecção de novos produtos.

A utilização energética dos RSU do Aterro teria ainda importante repercussão na mitigação dos Gases do Efeito Estufa, através da coleta e aproveitamento do metano (GEE cujo potencial poluidor é 21 vezes maior que o do dióxido de carbono). A quantidade de toneladas equivalentes de dióxido de carbono (unidade de medida adotada na Convenção sobre Mudança do Clima) reduzidas é da ordem de 9 milhões.

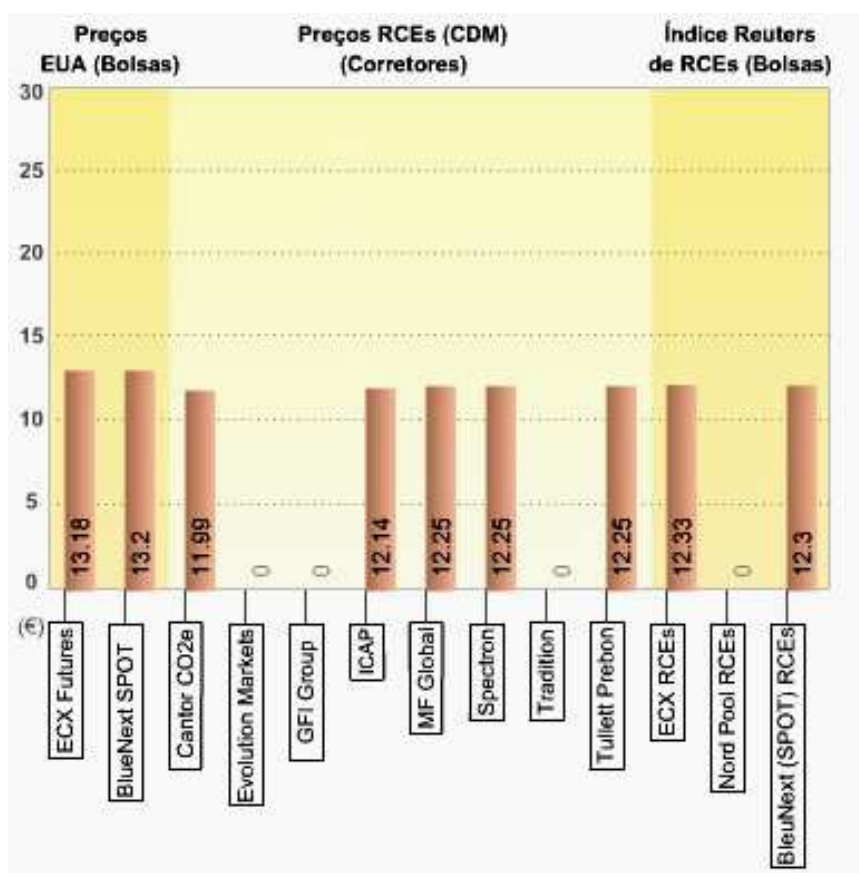
4.5.2. Benefícios econômicos

Com o aproveitamento para finalidade energética dos RSU do ASMOC, os investidores proponentes aufeririam receitas mediante a comercialização das RCEs em bolsas de valores e leilões que as transacionam, cujas cotações encontram-se ilustradas na Figura 4.3.

As RCEs estão sendo comercializadas a um valor médio de 12,43 € (R\$ 29,09), variando entre os valores compreendidos no intervalo de 11,99 € (R\$ 28,06) a 13,2 € (R\$ 30,89).

Além disso, a energia elétrica gerada no ASMOC poderia ser usada para usos internos (reduzindo as despesas com energia), como também o excedente poderia ser negociado no mercado energético. Releva-se o fato de a energia produzida a partir do aproveitamento de resíduos sólidos ser sobremodo menos onerosa quando comparada com outras matrizes, por sua fonte ser de baixo custo e ainda renovável.

A utilização energética dos RSU do ASMOC reveste-se de importância, pois se presta a contribuir com o processo de reversão da demanda crescente por energia, aliviando os atuais sistemas da carga que lhes é imposta e contribuindo para a diversificação da matriz energética nacional.



Fonte: FIESC (2010)

Figura 4.3 – Cotação dos Créditos de Carbono

4.5.3. Benefícios sociais

O aproveitamento dos RSU do ASMOC, no seu sistema de triagem de resíduos, poderia realizar convênios com cooperativas ou associações de recicladores, que, por intermédio do processo de separação e seleção de materiais recicláveis e reutilizáveis, perceberiam uma elevação em sua fonte de renda, aumentando seu poder aquisitivo e sua qualidade de vida.

A esses grupos de trabalhadores, poderiam ser ministrados cursos de treinamento profissional, que os auxiliariam tecnicamente e capacitá-los-iam no melhor desempenho de suas atividades.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusões da pesquisa

A missão de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil representa um dos maiores desafios para a Administração Pública. Reflexo que espelha a relação dual entre crescimento populacional e elevação do poder aquisitivo da sociedade, a geração diária de RSU no país corresponde a milhares de toneladas, sendo que grande parte delas não recebe tratamento nem destinação final adequados.

Os RSU dispostos em lixões, aterros controlados e sanitários, quando dos processos decomponíveis por que passam, produzem Gases do Efeito Estufa, mormente CO₂ e CH₄. O último possui propriedades combustíveis, apresentando vocação para uso energético.

O Protocolo de Quioto, instrumento instituído no âmbito da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, definiu aos países desenvolvidos signatários metas de redução combinada de GEEs, bem como previu uma ferramenta de flexibilização para o alcance dos compromissos acordados na Convenção chamada Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

O MDL visava à integração no sentido da consecução dos objetivos da Convenção pelos países em desenvolvimento, recepcionando na sua fundamentação a participação destes, com o propósito de que essas nações alcançassem o Desenvolvimento Sustentável através de um progresso com menor intensidade em carbono, como também que elas fossem co-protagonistas juntamente com os países desenvolvidos a fim de que estes mais facilmente cumprissem com êxito seus compromissos assumidos.

O aproveitamento para fins energéticos dos RSU do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste em Caucaia foi analisado sob a perspectiva do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, cujas pré-condições a serem atendidas para a elegibilidade de um empreendimento como atividade de MDL são: i) definição da Linha de Base, ii) verificação da Adicionalidade, iii) viabilidade vinculada à previsão de receita das Reduções Certificadas de Emissão e iv) o projeto deve contribuir para a promoção do Desenvolvimento Sustentável do país hospedeiro.

Em relação ao critério de Linha de Base, o ASMOC apresentou cenário no qual o biogás era liberado parcialmente para a atmosfera, sendo uma fração queimada com certa periodicidade em drenos.

No que toca à Adicionalidade, a recuperação energética dos RSU do ASMOC demonstrou seu caráter adicional ao reduzir, durante o período de análise do investimento, aproximadamente 9 milhões de toneladas equivalentes de dióxido de carbono, as quais não ocorreriam na conjectura da não implantação da atividade.

Concernente à viabilidade do empreendimento vinculada à previsão da receita dos Créditos de Carbono, no Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE), o aproveitamento energético dos resíduos do ASMOC mostrou-se inviável economicamente em todos os cenários para a amortização do investimento apenas com a receita mediante a venda da energia elétrica produzida.

Contabilizando as RCEs nos cenários restantes, a atividade apresentou-se viável economicamente, variando os VPLs e as TIRs de R\$ 79.012.946,65 e 32,486% (cenário IV – valores pessimistas para venda da energia e RCEs) a R\$ 120.981.588,31 e 43,290% (cenário XII – valores otimistas para venda da energia e RCEs). Desta feita, corroborou-se a condição *sine qua non* de viabilidade econômica que o aproveitamento energético dos RSU do ASMOC estabelece com a receita proveniente das RCEs.

Para a implantação do aproveitamento energético do GDL gerado no ASMOC, necessitar-se-ia de uma unidade de triagem para a seleção de materiais recicláveis e reutilizáveis, obtendo, com isso, elevação na vida útil do Aterro e diminuição da extração de matéria-prima e de energia para a fabricação de novos produtos. A operação do Aterro, para potencializar a produção de biogás, deveria realizar monitoramentos na massa de lixo de parâmetros essenciais (pH, temperatura, umidade) à formação deste.

Poder-se-ia firmar convênios com cooperativas ou associações de profissionais recicladores, com previsão de cursos de capacitação, possibilitando aperfeiçoamento técnico, elevação de renda desses trabalhadores e, por consequência, promovendo aumento da qualidade de vida destes.

A recuperação para fins energéticos dos RSU do ASMOC evitaria a emissão de GEEs na atmosfera, com redução de cerca de 9 milhões de toneladas de CO₂, ofertaria a pleno

uso potência disponível de 10MW para o período 2009 – 2024 e para além deste, contribuindo para a redução da carga do sistema elétrico do país e para a diversificação da matriz energética nacional.

O MDL mostrou-se uma poderosa ferramenta para a gestão dos RSU, fomentando e tornando viáveis projetos que visem à recuperação e à utilização energética do biogás de aterros sanitários. O aproveitamento do GDL do ASMOC traria repercussões positivas do ponto de vista ambiental, econômico e social (tríade do Desenvolvimento Sustentável).

5.2. Recomendações para trabalhos futuros

Deixam-se como sugestões para outras pesquisas que lidem com a área objeto deste trabalho:

- i) Analisar o tratamento do biogás do ASMOC sob a perspectiva do MDL empregando o procedimento de queima controlada para mitigação do poder poluidor do GDL;
- ii) Realizar comparativo econômico entre os métodos de aproveitamento energético e de combustão controlada para tratamento do biogás do ASMOC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOLI, C. V.; FERREIRA, A. C. & CHERNICHARO, C. A. Secagem e higienização de lodos com aproveitamento do biogás. In: CASSINI, S. T. et al. (Orgs) **Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás**. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico 3 (PROSAB 3). Vitória – ES, 2003.

AUTARQUIA DE REGULAÇÃO, FISCALIZAÇÃO E CONTROLE DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DE SANEAMENTO AMBIENTAL (ACFOR), EMPRESA MUNICIPAL DE LIMPEZA E URBANIZAÇÃO (EMLURB) & ECOFOR. **Resíduos sólidos dispostos no ASMOC**. Disponível em <
http://www.fortaleza.ce.gov.br/acfor/index.php?option=com_content&task=view&id=106&Itemid=68>. Acesso em: 10 jun. 2010.

AUTARQUIA DE REGULAÇÃO, FISCALIZAÇÃO E CONTROLE DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DE SANEAMENTO AMBIENTAL (ACFOR). **Estudos e pesquisas**. Disponível em <
http://www.fortaleza.ce.gov.br/acfor/index.php?option=com_content&task=view&id=108>. Acesso em: 10 jun. 2010.

BANCO MUNDIAL. **The World Bank handbook for the preparation of landfill gas to energy projects in Latin America and the Caribbean**. Waterloo, Ontario, 2004.

BANCO MUNDIAL. **Estudo de pré-viabilidade para recuperação de biogás no aterro de Muribeca, Pernambuco, Brasil**. 2005.

BANCO MUNDIAL. **Estudo de pré-viabilidade para recuperação de biogás e produção de energia no aterro de Gramacho, Rio de Janeiro, Brasil**. 2005

BRASIL. MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). **Convenção sobre mudança do clima**. 1992.

BRASIL. MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). **Protocolo de Quioto**. 1998.

BRASIL. MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). **O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo: guia de orientação 2009**.

BRASIL. MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). **Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no mundo 2010.**

BRASIL. MINISTÉRIO DA FAZENDA (MF) & RECEITA FEDERAL. **PIS e COFINS.** Disponível em <<http://www.receita.fazenda.gov.br/PessoaJuridica/PisPasepcofins/RegIncidencia.htm#Regim> e de incidência cumulativa>. Acesso em: 10 jun. 2010.

BRASIL. MINISTÉRIO DA FAZENDA (MF) & RECEITA FEDERAL. **CSLL.** Disponível em <<http://www.receita.fazenda.gov.br/PessoaJuridica/DIPJ/2005/PergResp2005/pr617a633.htm> >. Acesso em: 10 jun. 2010.

BRASIL. MINISTÉRIO DA FAZENDA (MF) & RECEITA FEDERAL. **IRPJ.** Disponível em <<http://www.receita.fazenda.gov.br/Aliquotas/ContribPj.htm>>. Acesso em: 10 jun. 2010.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME) & EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional 2009.**

CALDAS, M.C. ZOURABICHVILI, A. & FONTENELE, R.E.S. **Projeto do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e oportunidades para o Brasil.** XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Florianópolis – SC, 2004.

CÂMARA MULTIDISCIPLINAR DE QUALIDADE DE VIDA. **O ciclo do carbono e o Efeito Estufa.** Disponível em <<http://www.cmqv.org/website/artigo.asp?cod=1461&idi=1&moe=212&id=14257> >. Acesso em: 19 abr. 2010.

CARIOCA, J. O. & ARORA, H. **Biomassa – fundamentos e aplicações tecnológicas.** Universidade Federal do Ceará – UFC. Fortaleza – CE, 1984.

CASAROTTO FILHO, N. & KOPITKE, B. **Análise de investimento: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial.** Editora Atlas, 11ª edição. São Paulo, 2010.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB), SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO (SMA-SP) & MINISTÉRIO DE

CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). **Biogás – Geração e Uso Energético (Aterros-Versão 1.0)**. Manual do usuário do programa de computador. São Paulo, 2006.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB) & SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO (SMA-SP). **Projetos de MDL em aterros no Brasil – 2010**. Disponível em < http://homologa.ambiente.sp.gov.br/biogas/mdl_brasil/portugues/projetos_aterros_brasil_10_br.htm>. Acesso em: 06 dez. 2010.

CUNHA, K.B. **Do fundo de desenvolvimento limpo ao programa de atividades: uma análise da evolução do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo**. Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente. São Paulo, 2006.

DUARTE, A.D. **Projetos de MDL em aterros sanitários no Brasil: alternativa para o Desenvolvimento Sustentável**. Dissertação de Mestrado. Curso de Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Setor de Tecnologia. Universidade Federal do Paraná, 2006.

ENSINAS, A. V. **Estudo da geração de biogás no Aterro Sanitário Delta em Campinas – SP**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas, 2003.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SANTA CATARINA (FIESC). **Cotação CO₂**. Disponível em < http://www2.fiescnet.com.br/web/pt/site_topo/mdl/info/cota-ao-co2>. Acesso em: 14 jun. 2010.

FRANCHETTI, S.M.M. & MARCONATO, J.C. **A importância das propriedades físicas dos polímeros**. Disponível em < <http://www.moderna.com.br/moderna/didaticos/em/artigos/2004/0020.htm>>. Acesso em: 19 abr. 2010.

GOOGLE EARTH. **Fotografia aérea do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste em Caucaia (ASMOC)**.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa nacional de saneamento básico 2000**. Rio de Janeiro, 2002.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Fourth Assessment Report, Climate Change 2007: Synthesis Report, 2007**.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Organization**. Disponível em <<http://www.ipcc.ch/organization/organization.htm>>. Acesso em: 04 abr. 2010.

LACERDA et al. **Biogás de aterro: a contribuição do Brasil na gestão de resíduos sólidos urbanos e na mitigação do Efeito Estufa através dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo**. Tchenna Engenharia Ltda, 2008. Disponível em <<http://www.thecnna.com/pdf/cbe2008.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2010.

MAROUN, M.R. **Adaptação às mudanças climáticas: uma proposta de Documento de Concepção de Projeto (DCP) no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)**. Dissertação de Mestrado. Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro – RJ, 2007.

OBLADEN, Nicolau. OBLADEN, Neiva. & BARROS, K. **Guia para elaboração de projetos de aterros sanitários para resíduos sólidos urbanos**. Volume II. CREA – PR, 2009.

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

PEREIRA, A. & MAY, P. Economia do aquecimento global. In: MAY, P.; LUSTOSA, M.C. & VINHA, V. (Orgs) **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. Editora Campus. Rio de Janeiro, 2003.

REDE DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL (ReCESA). **Projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários**. Guia do profissional em treinamento. Belo Horizonte, 2008.

SALOMON, K.R. **Avaliação técnico-econômica e ambiental da utilização do biogás proveniente da biodigestão da vinhaça em tecnologias para geração de eletricidade**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Itajubá, 2007.

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

ANEXOS

Anexo 1 – Questionário Base

Informações Gerais

Data:

Local:

Entrevistado:

Formação Acadêmica:

Cargo/Função:

1. Há, no consórcio de municípios, programa de coleta seletiva?
2. O aterro dispõe de unidade de triagem? Qual o relacionamento com os catadores?
3. Há Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (PGRS) no aterro?
4. Qual a origem do resíduo sólido depositado no aterro?
 - () Doméstico
 - () Hospitalar
 - () Industrial
 - () Agrícola

Dados do Aterro

5. Qual a idade do aterro e sua vida útil prevista?
6. Está prevista reforma ou ampliação?
7. Qual a área ocupada pelo aterro? E qual será a nova área após a ampliação?
8. Quantidade média diária de resíduos depositados no aterro?
9. Qual a composição dos resíduos que chegam ao aterro?

10. Qual a altura média da massa de lixo?
11. Qual a forma de disposição dos resíduos (vala, rampa)?
12. Qual a tecnologia de impermeabilização do subsolo?
13. Com que frequência ocorre a compactação da massa de lixo?
14. Estruturas existentes no local:
 - () Portaria
 - () Escritório
 - () Refeitório
 - () Balança
 - () Vestiário
 - () Equipamentos (proteção, escavadeira)
15. Presença de nascentes, principais bacias e mananciais de abastecimento público?
16. Monitoramento da água subterrânea (medidores de vazão, análises físico-químicas e biológicas):
17. Qual o tratamento dado ao chorume, gerado pela decomposição biológica do resíduo?
18. O aterro possui drenos para coleta de biogás? Qual a quantidade?
19. O aterro apresenta sistema de drenagem para coleta de águas pluviais?
20. Existe monitoramento de temperatura, pH, umidade do maciço de lixo?

Anexo 2 – Tabelas relativas aos dados de entrada da análise econômica e financeira do Projeto ASMOC

Tabela A.2.1 – Financiamento (Sistema de Amortização Constante)

Tabela de Financiamento SAC	
Valor do investimento	R\$ 53.851.591,92
Taxa de juros (a.a.)	8%
Horizonte do financiamento (anos)	15

Tabela A.2.2 – Investimento no sistema de captação e coleta de biogás, depreciação e valor residual

Investimento do Projeto		
Captação do biogás	R\$	26.925.795,96
Usina de geração de energia elétrica	R\$	26.925.795,96
Depreciação (anos)		15
Valor residual do equipamento	R\$	3.590.106,13

Tabela A.2.3 – Geração de energia elétrica

Geração de energia elétrica	
Capacidade bruta da usina (MW)	10
Capacidade de rede da usina (MW)	9,7
Fator de capacidade da usina	0,9
Produção de energia anual (MWh/ano)	36,086625
Venda de energia fora do aterro (MWh/ano)	36,086625

Tabela A.2.4 – Valores das RCEs, redução de base, coeficientes de segurança

Reduções Certificadas de Emissões (RCEs)	
Redução de base (%)	0
RCE (valor máx.)	R\$ 30,89
RCE (valor med.)	R\$ 29,09
RCE (valor mín.)	R\$ 28,06
Fator de ajuste (segurança)	0,1
Metano no biogás	0,5

Tabela A.2.5 – Valores de venda de energia elétrica

Venda de energia elétrica	
Venda local (valor máx.)	R\$ 0,14
Venda local (valor med.)	R\$ 0,11
Venda local (valor mín.)	R\$ 0,09
Correção do preço da energia	0,03

Tabela A.2.6 – Custos de Operação e Manutenção

Compra de biogás e custos de Operação e Manutenção	
Taxa de compra biogás (R\$/MWh)	0,972
Correção preço combustível	0,03
Custo de registro, monitoramento e verificação	R\$ 111.076,34
Taxa de O&M da usina (R\$/kWh)	0,050
Custo anual de O&M sist. Coleta biogás	R\$ 1.346.289,80
Correção dos custos O&M de coleta e geração	0,03

Tabela A.2.7 – Tributação

Tributação	
Imposto de Renda (IR)	15% + 10%
CSLL	9%
COFINS	3%
PIS	0,65%

Anexo 3 – Fluxos de caixa

Cenário I – (parte 1)

Valor de venda de energia	R\$	0,09	Pessimista
Valor de venda de créditos de carbono			

Capacidade bruta da usina (MW)
Capacidade de rede da usina (MW)
Fator de capacidade da usina
Taxa de venda de energia fora do aterro (R\$/kWh)
Venda de energia fora do aterro (kWh/ano)
Receitas de energia fora do aterro

Taxa de recuperação do biogás (m³/h)
Redução de base (m³/h)
Redução de emissões de metano (ton/ano)
RCEs das reduções de metano (ton Co2eq/ano)
Taxa de venda de RCE (R\$/ton Co2eq)
Receita de RCE da redução de metano (R\$/ano)

RECEITA TOTAL

Biogás recuperado (MMBTU/ano)
Contribuição equitativa para o custo capital
Preço de compra de biogás (R\$/MMBTU)
Custo anual para compra de biogás (R\$)
Taxa de O&M para a usina de energia (R\$/kWh)
Custo de O&M anual do sistema de coleta e de controle de gás e custos de ampliação
Registro, monitoramento e verificação anual
Serviço de débito anual
Tributos (PIS, COFINS)

CUSTOS TOTAIS ANUAIS

Lucro bruto
Depreciação (-)
Lucro antes do imposto de renda
Imposto de renda (-)
CSLL
Lucro líquido após o imposto de renda
Depreciação (+)
Valor residual

FLUXO DE DINHEIRO

VPL	(R\$ 53.851.591,92)	R\$	(1.811.914,79)	R\$	(1.412.248,06)	R\$	(1.008.564,33)	R\$	(600.706,20)	R\$	(188.512,12)	R\$	228.181,42	R\$	649.543,25	R\$	1.075.743,48
TIR	(R\$ 42.655.402,51)																
	-4,164%																

TMA
0,08

2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
10	10	10	10	10	10	10	10
9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
0,091	0,094	0,097	0,100	0,103	0,106	0,109	0,112
76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800
R\$ 6.977.513,52	R\$ 7.186.838,93	R\$ 7.402.444,10	R\$ 7.624.517,42	R\$ 7.853.252,94	R\$ 8.088.850,53	R\$ 8.331.516,05	R\$ 8.581.461,53
7.180,39	6.628,34	6.118,73	5.648,30	5.214,04	4.813,16	4.443,11	4.101,51
0	0	0	0	0	0	0	0
45.099	41.632	38.431	35.477	32.749	30.231	27.907	25.761
947.089	874.273	807.056	745.007	687.728	634.853	586.043	540.986
0	0	0	0	0	0	0	0
R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
R\$ 6.977.513,52	R\$ 7.186.838,93	R\$ 7.402.444,10	R\$ 7.624.517,42	R\$ 7.853.252,94	R\$ 8.088.850,53	R\$ 8.331.516,05	R\$ 8.581.461,53
241.804	223.213	206.051	190.209	175.585	162.086	149.624	138.120
0,972	1,001	1,031	1,062	1,094	1,127	1,161	1,195
R\$ 235.013,66	R\$ 223.453,08	R\$ 212.460,80	R\$ 202.009,77	R\$ 192.072,83	R\$ 182.625,43	R\$ 173.641,79	R\$ 165.099,89
0,050	0,051	0,053	0,055	0,056	0,058	0,060	0,061
R\$ 1.346.289,80	R\$ 1.386.678,49	R\$ 1.428.278,85	R\$ 1.471.127,21	R\$ 1.515.261,03	R\$ 1.560.718,86	R\$ 1.607.540,43	R\$ 1.655.766,64
R\$ 111.076,34	R\$ 114.408,64	R\$ 117.840,89	R\$ 121.376,12	R\$ 125.017,40	R\$ 128.767,93	R\$ 132.630,96	R\$ 136.609,89
R\$ 7.898.233,48	R\$ 7.611.024,99	R\$ 7.323.816,50	R\$ 7.036.608,01	R\$ 6.749.399,52	R\$ 6.462.191,03	R\$ 6.174.982,54	R\$ 5.887.774,05
R\$ 254.679,24	R\$ 262.319,62	R\$ 270.189,21	R\$ 278.294,89	R\$ 286.643,73	R\$ 295.243,04	R\$ 304.100,34	R\$ 313.223,35
R\$ 9.845.292,53	R\$ 9.597.884,82	R\$ 9.352.586,25	R\$ 9.109.416,00	R\$ 8.868.394,52	R\$ 8.629.546,30	R\$ 8.392.896,05	R\$ 8.158.473,81
(R\$ 2.867.779,01)	(R\$ 2.411.045,89)	(R\$ 1.950.142,15)	(R\$ 1.484.898,58)	(R\$ 1.015.141,58)	(R\$ 540.695,76)	(R\$ 61.380,00)	R\$ 422.987,71
R\$ 3.590.106,13	R\$ 3.697.809,31	R\$ 3.808.743,59	R\$ 3.923.005,90	R\$ 4.040.696,08	R\$ 4.161.916,96	R\$ 4.286.774,47	R\$ 4.415.377,70
(R\$ 6.457.885,14)	(R\$ 6.108.855,20)	(R\$ 5.758.885,74)	(R\$ 5.407.904,48)	(R\$ 5.055.837,65)	(R\$ 4.702.612,72)	(R\$ 4.348.154,47)	(R\$ 3.992.389,99)
(R\$ 968.682,77)	(R\$ 916.328,28)	(R\$ 863.832,86)	(R\$ 811.185,67)	(R\$ 758.375,65)	(R\$ 705.391,91)	(R\$ 652.223,17)	(R\$ 598.858,50)
(R\$ 87.181,45)	(R\$ 82.469,55)	(R\$ 77.744,96)	(R\$ 73.006,71)	(R\$ 68.253,81)	(R\$ 63.485,27)	(R\$ 58.700,09)	(R\$ 53.897,26)
(R\$ 5.402.020,92)	(R\$ 5.110.057,37)	(R\$ 4.817.307,92)	(R\$ 4.523.712,09)	(R\$ 4.229.208,20)	(R\$ 3.933.735,54)	(R\$ 3.637.231,21)	(R\$ 3.339.634,22)
R\$ 3.590.106,13	R\$ 3.697.809,31	R\$ 3.808.743,59	R\$ 3.923.005,90	R\$ 4.040.696,08	R\$ 4.161.916,96	R\$ 4.286.774,47	R\$ 4.415.377,70

Anexo 3 – Fluxos de caixa

Cenário I – (parte 2)

Valor de venda de energia	R\$	0,09	Pessimista
Valor de venda de créditos de carbono			

Capacidade bruta da usina (MW)
Capacidade de rede da usina (MW)
Fator de capacidade da usina
Taxa de venda de energia fora do aterro (R\$/kWh)
Venda de energia fora do aterro (kWh/ano)
Receitas de energia fora do aterro

Taxa de recuperação do biogás (m³/h)
Redução de base (m³/h)
Redução de emissões de metano (ton/ano)
RCEs das reduções de metano (ton Co2eq/ano)
Taxa de venda de RCE (R\$/ton Co2eq)
Receita de RCE da redução de metano (R\$/ano)

RECEITA TOTAL

Biogás recuperado (MMBTU/ano)
Contribuição equitativa para o custo capital
Preço de compra de biogás (R\$/MMBTU)
Custo anual para compra de biogás (R\$)
Taxa de O&M para a usina de energia (R\$/kWh)
Custo de O&M anual do sistema de coleta e de controle de gás e custos de ampliação
Registro, monitoramento e verificação anual
Serviço de débito anual
Tributos (PIS, COFINS)

CUSTOS TOTAIS ANUAIS

Lucro bruto
Depreciação (-)
Lucro antes do imposto de renda
Imposto de renda (-)
CSLL
Lucro líquido após o imposto de renda
Depreciação (+)
Valor residual

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
	10	10	10	10	10	10	10	10
	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
	0,116	0,119	0,123	0,126	0,130	0,134	0,138	0,142
	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800
R\$	8.838.905,37	R\$ 9.104.072,54	R\$ 9.377.194,71	R\$ 9.658.510,55	R\$ 9.948.265,87	R\$ 10.246.713,85	R\$ 10.554.115,26	R\$ 10.870.738,72
	3786,17	3495,07	3226,36	2978,30	2749,32	2537,94	2342,82	2162,69
	0	0	0	0	0	0	0	0
	23.781	21.952	20.265	18.706	17.268	15.941	14.715	13.584
	499.393	460.998	425.555	392.836	362.634	334.753	309.016	285.258
	0	0	0	0	0	0	0	0
R\$	-	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
R\$	8.838.905,37	R\$ 9.104.072,54	R\$ 9.377.194,71	R\$ 9.658.510,55	R\$ 9.948.265,87	R\$ 10.246.713,85	R\$ 10.554.115,26	R\$ 10.870.738,72
	127.501	117.698	108.649	100.296	92.585	85.467	78.896	72.830
	1,231	1,268	1,306	1,345	1,386	1,427	1,470	1,514
R\$	156.978,81	R\$ 149.256,67	R\$ 141.914,78	R\$ 134.934,41	R\$ 128.297,14	R\$ 121.986,57	R\$ 115.986,05	R\$ 110.280,40
	0,063	0,065	0,067	0,069	0,071	0,073	0,076	0,078
R\$	1.705.439,64	R\$ 1.756.602,83	R\$ 1.809.300,91	R\$ 1.863.579,94	R\$ 1.919.487,34	R\$ 1.977.071,96	R\$ 2.036.384,12	R\$ 2.097.475,64
R\$	140.708,19	R\$ 144.929,44	R\$ 149.277,32	R\$ 153.755,64	R\$ 158.368,31	R\$ 163.119,36	R\$ 168.012,94	R\$ 173.053,33
R\$	5.600.565,56	R\$ 5.313.357,07	R\$ 5.026.148,58	R\$ 4.738.940,09	R\$ 4.451.731,60	R\$ 4.164.523,11	R\$ 3.877.314,62	
R\$	322.620,05	R\$ 332.298,65	R\$ 342.267,61	R\$ 352.535,64	R\$ 363.111,70	R\$ 374.005,06	R\$ 385.225,21	R\$ 396.781,96
R\$	7.926.312,24	R\$ 7.696.444,65	R\$ 7.468.909,19	R\$ 7.243.745,71	R\$ 7.020.996,08	R\$ 6.800.706,05	R\$ 6.582.922,93	R\$ 2.777.591,32
	R\$ 912.593,14	R\$ 1.407.627,89	R\$ 1.908.285,52	R\$ 2.414.764,84	R\$ 2.927.269,79	R\$ 3.446.007,80	R\$ 3.971.192,33	R\$ 8.093.147,40
	R\$ 4.547.839,03	R\$ 4.684.274,20	R\$ 4.824.802,43	R\$ 4.969.546,50	R\$ 5.118.632,90	R\$ 5.272.191,88	R\$ 5.430.357,64	R\$ 5.593.268,37
	(R\$ 3.635.245,90)	(R\$ 3.276.646,31)	(R\$ 2.916.516,91)	(R\$ 2.554.781,66)	(R\$ 2.191.363,11)	(R\$ 1.826.184,08)	(R\$ 1.459.165,31)	R\$ 2.499.879,03
	(R\$ 545.286,88)	(R\$ 491.496,95)	(R\$ 437.477,54)	(R\$ 383.217,25)	(R\$ 328.704,47)	(R\$ 273.927,61)	(R\$ 218.874,80)	R\$ 261.987,90
	(R\$ 49.075,82)	(R\$ 44.234,73)	(R\$ 39.372,98)	(R\$ 34.489,55)	(R\$ 29.583,40)	(R\$ 24.653,49)	(R\$ 19.698,73)	R\$ 23.578,91
	(R\$ 3.040.883,19)	(R\$ 2.740.914,64)	(R\$ 2.439.666,39)	(R\$ 2.137.074,86)	(R\$ 1.833.075,24)	(R\$ 1.527.602,99)	(R\$ 1.220.591,78)	R\$ 2.214.312,21
	R\$ 4.547.839,03	R\$ 4.684.274,20	R\$ 4.824.802,43	R\$ 4.969.546,50	R\$ 5.118.632,90	R\$ 5.272.191,88	R\$ 5.430.357,64	R\$ 5.593.268,37
								R\$ 3.590.106,13

FLUXO DE DINHEIRO

VPL	(R\$ 53.851.591,92)	R\$ 1.506.955,84	R\$ 1.943.359,56	R\$ 2.385.136,04	R\$ 2.832.471,64	R\$ 3.285.557,66	R\$ 3.744.588,90	R\$ 4.209.765,86	R\$ 11.397.686,71
TIR	(R\$ 42.655.402,51)								

TMA
0,08

-4,164%

Anexo 3 – Fluxos de caixa

Cenário II – (parte 1)

Valor de venda de energia	R\$	0,11	Mais Provável
Valor de venda de créditos de carbono			

Capacidade bruta da usina (MW)
Capacidade de rede da usina (MW)
Fator de capacidade da usina
Taxa de venda de energia fora do aterro (R\$/kWh)
Venda de energia fora do aterro (kWh/ano)
Receitas de energia fora do aterro

Taxa de recuperação do biogás (m³/h)
Redução de base (m³/h)
Redução de emissões de metano (ton/ano)
RCEs das reduções de metano (ton Co2eq/ano)
Taxa de venda de RCE (R\$/ton Co2eq)
Receita de RCE da redução de metano (R\$/ano)

RECEITA TOTAL

Biogás recuperado (MMBTU/ano)
Contribuição equitativa para o custo capital
Preço de compra de biogás (R\$/MMBTU)
Custo anual para compra de biogás (R\$)
Taxa de O&M para a usina de energia (R\$/kWh)
Custo de O&M anual do sistema de coleta e de controle de gás e custos de ampliação
Registro, monitoramento e verificação anual
Serviço de débito anual
Tributos (PIS, COFINS)

CUSTOS TOTAIS ANUAIS

Lucro bruto
Depreciação (-)
Lucro antes do imposto de renda
Imposto de renda (-)
CSLL
Lucro líquido após o imposto de renda
Depreciação (+)
Valor residual

FLUXO DE DINHEIRO

VPL	(R\$ 53.851.591,92)	R\$	(406.002,07)	R\$	35.842,04	R\$	482.968,47	R\$	935.572,59	R\$	1.393.855,03	R\$	1.858.019,58	R\$	2.328.276,56	R\$	2.804.838,79
TIR	(R\$ 28.756.046,79)																
	0,433%																

TMA
0,08

2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
10	10	10	10	10	10	10	10
9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
0,114	0,117	0,121	0,125	0,128	0,132	0,136	0,140
76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800
R\$ 8.721.891,91	R\$ 8.983.548,66	R\$ 9.253.055,12	R\$ 9.530.646,78	R\$ 9.816.566,18	R\$ 10.111.063,16	R\$ 10.414.395,06	R\$ 10.726.826,91
7.180,39	6.628,34	6.118,73	5.648,30	5.214,04	4.813,16	4.443,11	4.101,51
0	0	0	0	0	0	0	0
45.099	41.632	38.431	35.477	32.749	30.231	27.907	25.761
947.089	874.273	807.056	745.007	687.728	634.853	586.043	540.986
0	0	0	0	0	0	0	0
R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
R\$ 8.721.891,91	R\$ 8.983.548,66	R\$ 9.253.055,12	R\$ 9.530.646,78	R\$ 9.816.566,18	R\$ 10.111.063,16	R\$ 10.414.395,06	R\$ 10.726.826,91
241.804	223.213	206.051	190.209	175.585	162.086	149.624	138.120
0,972	1,001	1,031	1,062	1,094	1,127	1,161	1,195
R\$ 235.013,66	R\$ 223.453,08	R\$ 212.460,80	R\$ 202.009,77	R\$ 192.072,83	R\$ 182.625,43	R\$ 173.641,79	R\$ 165.099,89
0,050	0,051	0,053	0,055	0,056	0,058	0,060	0,061
R\$ 1.346.289,80	R\$ 1.386.678,49	R\$ 1.428.278,85	R\$ 1.471.127,21	R\$ 1.515.261,03	R\$ 1.560.718,86	R\$ 1.607.540,43	R\$ 1.655.766,64
R\$ 111.076,34	R\$ 114.408,64	R\$ 117.840,89	R\$ 121.376,12	R\$ 125.017,40	R\$ 128.767,93	R\$ 132.630,96	R\$ 136.609,89
R\$ 7.898.233,48	R\$ 7.611.024,99	R\$ 7.323.816,50	R\$ 7.036.608,01	R\$ 6.749.399,52	R\$ 6.462.191,03	R\$ 6.174.982,54	R\$ 5.887.774,05
R\$ 318.349,05	R\$ 327.899,53	R\$ 337.736,51	R\$ 347.868,61	R\$ 358.304,67	R\$ 369.053,81	R\$ 380.125,42	R\$ 391.529,18
R\$ 9.908.962,34	R\$ 9.663.464,72	R\$ 9.420.133,55	R\$ 9.178.989,72	R\$ 8.940.055,45	R\$ 8.703.357,06	R\$ 8.468.921,13	R\$ 8.236.779,65
(R\$ 1.187.070,44)	(R\$ 679.916,06)	(R\$ 167.078,43)	R\$ 351.657,06	R\$ 876.510,73	R\$ 1.407.706,11	R\$ 1.945.473,92	R\$ 2.490.047,26
R\$ 3.590.106,13	R\$ 3.697.809,31	R\$ 3.808.743,59	R\$ 3.923.005,90	R\$ 4.040.696,08	R\$ 4.161.916,96	R\$ 4.286.774,47	R\$ 4.415.377,70
(R\$ 4.777.176,57)	(R\$ 4.377.725,37)	(R\$ 3.975.822,02)	(R\$ 3.571.348,84)	(R\$ 3.164.185,35)	(R\$ 2.754.210,85)	(R\$ 2.341.300,54)	(R\$ 1.925.330,44)
(R\$ 716.576,48)	(R\$ 656.658,81)	(R\$ 596.373,30)	(R\$ 535.702,33)	(R\$ 474.627,80)	(R\$ 413.131,63)	(R\$ 351.195,08)	(R\$ 288.799,57)
(R\$ 64.491,88)	(R\$ 59.099,29)	(R\$ 53.673,60)	(R\$ 48.213,21)	(R\$ 42.716,50)	(R\$ 37.181,85)	(R\$ 31.607,56)	(R\$ 25.991,96)
(R\$ 3.996.108,20)	(R\$ 3.661.967,27)	(R\$ 3.325.775,12)	(R\$ 2.987.433,31)	(R\$ 2.646.841,05)	(R\$ 2.303.897,38)	(R\$ 1.958.497,90)	(R\$ 1.610.538,91)
R\$ 3.590.106,13	R\$ 3.697.809,31	R\$ 3.808.743,59	R\$ 3.923.005,90	R\$ 4.040.696,08	R\$ 4.161.916,96	R\$ 4.286.774,47	R\$ 4.415.377,70

Anexo 3 – Fluxos de caixa

Cenário III – (parte 1)

Valor de venda de energia	R\$	0,14	Otimista
Valor de venda de créditos de carbono			

Capacidade bruta da usina (MW)	10
Capacidade de rede da usina (MW)	9,7
Fator de capacidade da usina	0,9
Taxa de venda de energia fora do aterro (R\$/kWh)	0,137
Venda de energia fora do aterro (kWh/ano)	76.474.800
Receitas de energia fora do aterro	

Taxa de recuperação do biogás (m³/h)	7.180,39
Redução de base (m³/h)	0
Redução de emissões de metano (ton/ano)	45.099
RCEs das reduções de metano (ton Co2eq/ano)	947.089
Taxa de venda de RCE (R\$/ton Co2eq)	0
Receita de RCE da redução de metano (R\$/ano)	

RECEITA TOTAL

Biogás recuperado (MMBTU/ano)	241.804
Contribuição equitativa para o custo capital	
Preço de compra de biogás (R\$/MMBTU)	0,972
Custo anual para compra de biogás (R\$)	235.013,66
Taxa de O&M para a usina de energia (R\$/kWh)	0,050
Custo de O&M anual do sistema de coleta e de controle de gás e custos de ampliação	1.346.289,80
Registro, monitoramento e verificação anual	111.076,34
Serviço de débito anual	7.898.233,48
Tributos (PIS, COFINS)	382.018,87

CUSTOS TOTAIS ANUAIS

Lucro bruto	R\$ 493.638,13
Depreciação (-)	R\$ 3.590.106,13
Lucro antes do imposto de renda	(R\$ 3.096.468,00)
Imposto de renda (-)	(R\$ 464.470,20)
CSLL	(R\$ 41.802,32)
Lucro líquido após o imposto de renda	(R\$ 2.590.195,48)
Depreciação (+)	R\$ 3.590.106,13
Valor residual	

FLUXO DE DINHEIRO

VPL (R\$ 53.851.591,92) R\$ 999.910,65 R\$ 1.483.932,14 R\$ 1.974.501,27 R\$ 2.471.851,38 R\$ 2.976.222,18 R\$ 3.487.857,75 R\$ 4.007.009,87 R\$ 4.533.934,10

TIR (R\$ 14.653.673,90) 4,378%

TMA

0,08

2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
10	10	10	10	10	10	10	10
9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
0,137	0,141	0,145	0,150	0,154	0,159	0,163	0,168
76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800
R\$ 10.466.270,29	R\$ 10.780.258,39	R\$ 11.103.666,15	R\$ 11.436.776,13	R\$ 11.779.879,42	R\$ 12.133.275,80	R\$ 12.497.274,07	R\$ 12.872.192,29
7.180,39	6.628,34	6.118,73	5.648,30	5.214,04	4.813,16	4.443,11	4.101,51
0	0	0	0	0	0	0	0
45.099	41.632	38.431	35.477	32.749	30.231	27.907	25.761
947.089	874.273	807.056	745.007	687.728	634.853	586.043	540.986
0	0	0	0	0	0	0	0
R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
R\$ 10.466.270,29	R\$ 10.780.258,39	R\$ 11.103.666,15	R\$ 11.436.776,13	R\$ 11.779.879,42	R\$ 12.133.275,80	R\$ 12.497.274,07	R\$ 12.872.192,29
241.804	223.213	206.051	190.209	175.585	162.086	149.624	138.120
0,972	1,001	1,031	1,062	1,094	1,127	1,161	1,195
R\$ 235.013,66	R\$ 223.453,08	R\$ 212.460,80	R\$ 202.009,77	R\$ 192.072,83	R\$ 182.625,43	R\$ 173.641,79	R\$ 165.099,89
0,050	0,051	0,053	0,055	0,056	0,058	0,060	0,061
R\$ 1.346.289,80	R\$ 1.386.678,49	R\$ 1.428.278,85	R\$ 1.471.127,21	R\$ 1.515.261,03	R\$ 1.560.718,86	R\$ 1.607.540,43	R\$ 1.655.766,64
R\$ 111.076,34	R\$ 114.408,64	R\$ 117.840,89	R\$ 121.376,12	R\$ 125.017,40	R\$ 128.767,93	R\$ 132.630,96	R\$ 136.609,89
R\$ 7.898.233,48	R\$ 7.611.024,99	R\$ 7.323.816,50	R\$ 7.036.608,01	R\$ 6.749.399,52	R\$ 6.462.191,03	R\$ 6.174.982,54	R\$ 5.887.774,05
R\$ 382.018,87	R\$ 393.479,43	R\$ 405.283,81	R\$ 417.442,33	R\$ 429.965,60	R\$ 442.864,57	R\$ 456.150,50	R\$ 469.835,02
R\$ 9.972.632,15	R\$ 9.729.044,63	R\$ 9.487.680,85	R\$ 9.248.563,44	R\$ 9.011.716,39	R\$ 8.777.167,82	R\$ 8.544.946,22	R\$ 8.315.085,49
R\$ 493.638,13	R\$ 1.051.213,77	R\$ 1.615.985,29	R\$ 2.188.212,69	R\$ 2.768.163,03	R\$ 3.356.107,98	R\$ 3.952.327,85	R\$ 4.557.106,81
R\$ 3.590.106,13	R\$ 3.697.809,31	R\$ 3.808.743,59	R\$ 3.923.005,90	R\$ 4.040.696,08	R\$ 4.161.916,96	R\$ 4.286.774,47	R\$ 4.415.377,70
(R\$ 3.096.468,00)	(R\$ 2.646.595,55)	(R\$ 2.192.758,30)	(R\$ 1.734.793,21)	(R\$ 1.272.533,05)	(R\$ 805.808,98)	(R\$ 334.446,61)	(R\$ 141.729,11)
(R\$ 464.470,20)	(R\$ 396.989,33)	(R\$ 328.913,74)	(R\$ 260.218,98)	(R\$ 190.879,96)	(R\$ 120.871,35)	(R\$ 50.166,99)	(R\$ 21.259,37)
(R\$ 41.802,32)	(R\$ 35.729,04)	(R\$ 29.602,24)	(R\$ 23.419,71)	(R\$ 17.179,20)	(R\$ 10.878,42)	(R\$ 4.515,03)	(R\$ 1.913,34)
(R\$ 2.590.195,48)	(R\$ 2.213.877,17)	(R\$ 1.834.242,32)	(R\$ 1.451.154,52)	(R\$ 1.064.473,89)	(R\$ 674.059,21)	(R\$ 279.764,59)	(R\$ 118.556,40)
R\$ 3.590.106,13	R\$ 3.697.809,31	R\$ 3.808.743,59	R\$ 3.923.005,90	R\$ 4.040.696,08	R\$ 4.161.916,96	R\$ 4.286.774,47	R\$ 4.415.377,70

Anexo 3 – Fluxos de caixa

Cenário III – (parte 2)

Valor de venda de energia	R\$ 0,14	Otimista
Valor de venda de créditos de carbono		

Capacidade bruta da usina (MW)
Capacidade de rede da usina (MW)
Fator de capacidade da usina
Taxa de venda de energia fora do atero (R\$/kWh)
Venda de energia fora do atero (kWh/ano)
Receitas de energia fora do atero

Taxa de recuperação do biogás (m³/h)
Redução de base (m³/h)
Redução de emissões de metano (ton/ano)
RCEs das reduções de metano (ton Co2eq/ano)
Taxa de venda de RCE (R\$/ton Co2eq)
Receita de RCE da redução de metano (R\$/ano)

RECEITA TOTAL	
---------------	--

Bio gás recuperado (MMBTU/ano)
Contribuição equitativa para o custo capital
Preço de compra de bio gás (R\$/MMBTU)
Custo anual para compra de bio gás (R\$)
Taxa de O&M para a usina de energia (R\$/kWh)
Custo de O&M anual do sistema de coleta e de controle de gás e custos de ampliação
Registro, monitoramento e verificação anual
Serviço de débito anual
Tributos (PIS, COFINS)

CUSTOS TOTAIS ANUAIS

Lucro bruto
Depreciação (-)
Lucro antes do imposto de renda
Imposto de renda (-)
CSLL
Lucro líquido após o imposto de renda
Depreciação (+)
Valor residual

2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024	
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
	0,173	0,179	0,184	0,189	0,195	0,201	0,207	0,213							
	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800							
R\$	13.258.358,06	R\$ 13.656.108,80	R\$ 14.065.792,07	R\$ 14.487.765,83	R\$ 14.922.398,81	R\$ 15.370.070,77	R\$ 15.831.172,89	R\$ 16.306.108,08							
	3786,17	3495,07	3226,36	2978,30	2749,32	2537,94	2342,82	2162,69							
	0	0	0	0	0	0	0	0							
	23.781	21.952	20.265	18.706	17.268	15.941	14.715	13.584							
	499.393	460.998	425.555	392.836	362.634	334.753	309.016	285.258							
	0	0	0	0	0	0	0	0							
R\$	-	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -							
R\$	13.258.358,06	R\$ 13.656.108,80	R\$ 14.065.792,07	R\$ 14.487.765,83	R\$ 14.922.398,81	R\$ 15.370.070,77	R\$ 15.831.172,89	R\$ 16.306.108,08							
	127.501	117.698	108.649	100.296	92.585	85.467	78.896	72.830							
	1,231	1,268	1,306	1,345	1,386	1,427	1,470	1,514							
R\$	156.978,81	R\$ 149.256,67	R\$ 141.914,78	R\$ 134.934,41	R\$ 128.297,14	R\$ 121.986,57	R\$ 115.986,05	R\$ 110.280,40							
	0,063	0,065	0,067	0,069	0,071	0,073	0,076	0,078							
R\$	1.705.439,64	R\$ 1.756.602,83	R\$ 1.809.300,91	R\$ 1.863.579,94	R\$ 1.919.487,34	R\$ 1.977.071,96	R\$ 2.036.384,12	R\$ 2.097.475,64							
R\$	140.708,19	R\$ 144.929,44	R\$ 149.277,32	R\$ 153.755,64	R\$ 158.368,31	R\$ 163.119,36	R\$ 168.012,94	R\$ 173.053,33							
R\$	5.600.565,56	R\$ 5.313.357,07	R\$ 5.026.148,58	R\$ 4.738.940,09	R\$ 4.451.731,60	R\$ 4.164.523,11	R\$ 3.877.314,62	R\$ 3.595.106,13							
R\$	483.930,07	R\$ 498.447,97	R\$ 513.401,41	R\$ 528.803,45	R\$ 544.667,56	R\$ 561.007,58	R\$ 577.837,81	R\$ 595.172,94							
R\$	8.087.622,26	R\$ 7.862.593,97	R\$ 7.640.043,00	R\$ 7.420.013,53	R\$ 7.202.551,94	R\$ 6.987.708,57	R\$ 6.775.535,53	R\$ 6.575.982,30							
R\$	5.170.735,80	R\$ 5.793.514,83	R\$ 6.425.749,07	R\$ 7.067.752,30	R\$ 7.719.846,87	R\$ 8.382.362,20	R\$ 9.055.637,36	R\$ 9.788.849,95							
R\$	4.547.839,03	R\$ 4.684.274,20	R\$ 4.824.802,43	R\$ 4.969.546,50	R\$ 5.118.632,90	R\$ 5.272.191,88	R\$ 5.430.357,64	R\$ 5.593.268,37							
R\$	622.896,77	R\$ 1.109.240,63	R\$ 1.600.946,64	R\$ 2.098.205,80	R\$ 2.601.213,97	R\$ 3.110.170,31	R\$ 3.625.279,72	R\$ 4.156.857,41							
R\$	74.289,68	R\$ 122.924,06	R\$ 172.094,66	R\$ 221.820,58	R\$ 272.121,40	R\$ 323.017,03	R\$ 374.527,97	R\$ 428.885,74							
R\$	6.686,07	R\$ 11.063,17	R\$ 15.488,52	R\$ 19.963,85	R\$ 24.490,93	R\$ 29.071,53	R\$ 33.707,52	R\$ 38.017,95							
R\$	541.921,02	R\$ 975.253,40	R\$ 1.413.363,46	R\$ 1.856.421,37	R\$ 2.304.601,65	R\$ 2.758.081,75	R\$ 3.217.044,23	R\$ 3.680.459,95							
R\$	4.547.839,03	R\$ 4.684.274,20	R\$ 4.824.802,43	R\$ 4.969.546,50	R\$ 5.118.632,90	R\$ 5.272.191,88	R\$ 5.430.357,64	R\$ 5.593.268,37							

FLUXO DE DINHEIRO	(R\$ 53.851.591,92)	R\$ 5.089.760,05	R\$ 5.659.527,61	R\$ 6.238.165,89	R\$ 6.825.967,87	R\$ 7.423.234,55	R\$ 8.030.273,63	R\$ 8.647.401,87	R\$ 16.063.834,45
VPL	(R\$ 14.653.673,90)								
TIR	4,378%								

TMA
0.08

Anexo 3 – Fluxos de caixa

Cenário IV – (parte 1)

Valor de venda de energia	R\$ 0,09	Pessimista
Valor de venda de créditos de carbono	R\$ 28,06	Pessimista

Capacidade bruta da usina (MW)	10
Capacidade de rede da usina (MW)	9,7
Fator de capacidade da usina	0,9
Taxa de venda de energia fora do aterro (R\$/kWh)	0,091
Venda de energia fora do aterro (kWh/ano)	76.474.800
Receitas de energia fora do aterro	

Taxa de recuperação do biogás (m³/h)	7.180,39
Redução de base (m³/h)	0
Redução de emissões de metano (ton/ano)	45.099
RCEs das reduções de metano (ton Co2eq/ano)	947.089
Taxa de venda de RCE (R\$/ton Co2eq)	28,0566
Receita de RCE da redução de metano (R\$/ano)	

RECEITA TOTAL

Biogás recuperado (MMBTU/ano)	241.804
Contribuição equitativa para o custo capital	
Preço de compra de biogás (R\$/MMBTU)	0,972
Custo anual para compra de biogás (R\$)	235.013,66
Taxa de O&M para a usina de energia (R\$/kWh)	0,050
Custo de O&M anual do sistema de coleta e de controle de gás e custos de ampliação	1.346.289,80
Registro, monitoramento e verificação anual	111.076,34
Serviço de débito anual	7.898.233,48
Tributos (PIS, COFINS)	1.224.560,86

CUSTOS TOTAIS ANUAIS

Lucro bruto	R\$ 22.734.438,42
Depreciação (-)	R\$ 3.590.106,13
Lucro antes do imposto de renda	R\$ 19.144.332,29
Imposto de renda (-)	R\$ 1.926.433,23
CSLL	R\$ 173.378,99
Lucro líquido após o imposto de renda	R\$ 17.044.520,07
Depreciação (+)	R\$ 3.590.106,13
Valor residual	

FLUXO DE DINHEIRO

VPL	(R\$ 53.851.591,92)	R\$ 20.634.626,20	R\$ 19.299.475,42	R\$ 18.103.238,11	R\$ 17.035.704,35	R\$ 16.087.468,12	R\$ 15.249.865,16	R\$ 14.514.911,21	R\$ 13.875.256,89
TIR	R\$ 79.012.946,65								
	32,486%								

TMA
0,08

2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
10	10	10	10	10	10	10	10
9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
0,091	0,094	0,097	0,100	0,103	0,106	0,109	0,112
76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800
R\$ 6.977.513,52	R\$ 7.186.838,93	R\$ 7.402.444,10	R\$ 7.624.517,42	R\$ 7.853.252,94	R\$ 8.088.850,53	R\$ 8.331.516,05	R\$ 8.581.461,53
7.180,39	6.628,34	6.118,73	5.648,30	5.214,04	4.813,16	4.443,11	4.101,51
0	0	0	0	0	0	0	0
45.099	41.632	38.431	35.477	32.749	30.231	27.907	25.761
947.089	874.273	807.056	745.007	687.728	634.853	586.043	540.986
28,0566	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566
R\$ 26.572.099,04	R\$ 24.529.136,25	R\$ 22.643.248,16	R\$ 20.902.353,80	R\$ 19.295.303,72	R\$ 17.811.810,24	R\$ 16.442.371,44	R\$ 15.178.223,64
R\$ 33.549.612,56	R\$ 31.715.975,18	R\$ 30.045.692,26	R\$ 28.526.871,23	R\$ 27.148.556,66	R\$ 25.900.660,77	R\$ 24.773.887,49	R\$ 23.759.685,17
241.804	223.213	206.051	190.209	175.585	162.086	149.624	138.120
0,972	1,001	1,031	1,062	1,094	1,127	1,161	1,195
R\$ 235.013,66	R\$ 223.453,08	R\$ 212.460,80	R\$ 202.009,77	R\$ 192.072,83	R\$ 182.625,43	R\$ 173.641,79	R\$ 165.099,89
0,050	0,051	0,053	0,055	0,056	0,058	0,060	0,061
R\$ 1.346.289,80	R\$ 1.386.678,49	R\$ 1.428.278,85	R\$ 1.471.127,21	R\$ 1.515.261,03	R\$ 1.560.718,86	R\$ 1.607.540,43	R\$ 1.655.766,64
R\$ 111.076,34	R\$ 114.408,64	R\$ 117.840,89	R\$ 121.376,12	R\$ 125.017,40	R\$ 128.767,93	R\$ 132.630,96	R\$ 136.609,89
R\$ 7.898.233,48	R\$ 7.611.024,99	R\$ 7.323.816,50	R\$ 7.036.608,01	R\$ 6.749.399,52	R\$ 6.462.191,03	R\$ 6.174.982,54	R\$ 5.887.774,05
R\$ 1.224.560,86	R\$ 1.157.633,09	R\$ 1.096.667,77	R\$ 1.041.230,80	R\$ 990.922,32	R\$ 945.374,12	R\$ 904.246,89	R\$ 867.228,51
R\$ 10.815.174,15	R\$ 10.493.198,29	R\$ 10.179.064,81	R\$ 9.872.351,91	R\$ 9.572.673,11	R\$ 9.279.677,37	R\$ 8.993.042,61	R\$ 8.712.478,98
R\$ 22.734.438,42	R\$ 21.222.776,89	R\$ 19.866.627,45	R\$ 18.654.519,31	R\$ 17.575.883,56	R\$ 16.620.983,40	R\$ 15.780.844,88	R\$ 15.047.206,19
R\$ 3.590.106,13	R\$ 3.697.809,31	R\$ 3.808.743,59	R\$ 3.923.005,90	R\$ 4.040.696,08	R\$ 4.161.916,96	R\$ 4.286.774,47	R\$ 4.415.377,70
R\$ 19.144.332,29	R\$ 17.524.967,58	R\$ 16.057.883,86	R\$ 14.731.513,41	R\$ 13.535.187,48	R\$ 12.459.066,44	R\$ 11.494.070,41	R\$ 10.631.828,49
R\$ 1.926.433,23	R\$ 1.764.496,76	R\$ 1.617.788,39	R\$ 1.485.151,34	R\$ 1.365.518,75	R\$ 1.257.906,64	R\$ 1.161.407,04	R\$ 1.075.182,85
R\$ 173.378,99	R\$ 158.804,71	R\$ 145.600,95	R\$ 133.663,62	R\$ 122.896,69	R\$ 113.211,60	R\$ 104.526,63	R\$ 96.766,46
R\$ 17.044.520,07	R\$ 15.601.666,11	R\$ 14.294.494,52	R\$ 13.112.698,45	R\$ 12.046.772,05	R\$ 11.087.948,20	R\$ 10.228.136,74	R\$ 9.459.879,19
R\$ 3.590.106,13	R\$ 3.697.809,31	R\$ 3.808.743,59	R\$ 3.923.005,90	R\$ 4.040.696,08	R\$ 4.161.916,96	R\$ 4.286.774,47	R\$ 4.415.377,70

Anexo 3 – Fluxos de caixa

Cenário IV – (parte 2)

Valor de venda de energia	R\$	0,09	Pessimista
Valor de venda de créditos de carbono	R\$	28,06	Pessimista

Capacidade bruta da usina (MW)
Capacidade de rede da usina (MW)
Fator de capacidade da usina
Taxa de venda de energia fora do atero (R\$/kWh)
Venda de energia fora do atero (kWh/ano)
Receitas de energia fora do atero

Taxa de recuperação do biogás (m³/h)
Redução de base (m³/h)
Redução de emissões de metano (ton/ano)
RCEs das reduções de metano (ton Co2eq/ano)
Taxa de venda de RCE (R\$/ton Co2eq)
Receita de RCE da redução de metano (R\$/ano)

RECEITA TOTAL	
---------------	--

Biogás recuperado (MMBTU/ano)
Contribuição equitativa para o custo capital
Preço de compra de biogás (R\$/MMBTU)
Custo anual para compra de biogás (R\$)
Taxa de O&M para a usina de energia (R\$/kWh)
Custo de O&M anual do sistema de coleta e de controle de gás e custos de ampliação
Registro, monitoramento e verificação anual
Serviço de débito anual
Tributos (PIS, COFINS)

CUSTOS TOTAIS ANUAIS

Lucro bruto
Depreciação (-)
Lucro antes do imposto de renda
Imposto de renda (-)
CSLL
Lucro líquido após o imposto de renda
Depreciação (+)
Valor residual

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
	10	10	10	10	10	10	10	10
	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
	0,116	0,119	0,123	0,126	0,130	0,134	0,138	0,142
	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800
R\$	8.838.905,37	R\$ 9.104.072,54	R\$ 9.377.194,71	R\$ 9.658.510,55	R\$ 9.948.265,87	R\$ 10.246.713,85	R\$ 10.554.115,26	R\$ 10.870.738,72
	3786,17	3495,07	3226,36	2978,30	2749,32	2537,94	2342,82	2162,69
	0	0	0	0	0	0	0	0
	23.781	21.952	20.265	18.706	17.268	15.941	14.715	13.584
	499.393	460.998	425.555	392.836	362.634	334.753	309.016	285.258
	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566
R\$	14.011.265,33	R\$ 12.934.028,69	R\$ 11.939.613,03	R\$ 11.021.653,10	R\$ 10.174.268,43	R\$ 9.392.031,61	R\$ 8.669.939,80	R\$ 8.003.360,85
R\$	22.850.170,71	R\$ 22.038.101,23	R\$ 21.316.807,74	R\$ 20.680.163,65	R\$ 20.122.534,30	R\$ 19.638.745,45	R\$ 19.224.055,06	R\$ 18.874.099,57
	127.501	117.698	108.649	100.296	92.585	85.467	78.896	72.830
	1,231	1,268	1,306	1,345	1,386	1,427	1,470	1,514
R\$	156.978,81	R\$ 149.256,67	R\$ 141.914,78	R\$ 134.934,41	R\$ 128.297,14	R\$ 121.986,57	R\$ 115.986,05	R\$ 110.280,40
	0,063	0,065	0,067	0,069	0,071	0,073	0,076	0,078
R\$	1.705.439,64	R\$ 1.756.602,83	R\$ 1.809.300,91	R\$ 1.863.579,94	R\$ 1.919.487,34	R\$ 1.977.071,96	R\$ 2.036.384,12	R\$ 2.097.475,64
R\$	140.708,19	R\$ 144.929,44	R\$ 149.277,32	R\$ 153.755,64	R\$ 158.368,31	R\$ 163.119,36	R\$ 168.012,94	R\$ 173.053,33
R\$	5.600.556,56	R\$ 5.313.357,07	R\$ 5.026.148,58	R\$ 4.738.940,09	R\$ 4.451.731,60	R\$ 4.164.523,11	R\$ 3.877.314,62	R\$ 3.590.106,13
R\$	834.031,23	R\$ 804.390,69	R\$ 778.063,48	R\$ 754.825,97	R\$ 734.472,50	R\$ 716.814,21	R\$ 701.678,01	R\$ 688.904,63
R\$	8.437.723,42	R\$ 8.168.536,69	R\$ 7.904.705,07	R\$ 7.646.036,05	R\$ 7.392.356,88	R\$ 7.143.515,20	R\$ 6.899.375,73	R\$ 6.699.713,99
R\$	14.412.447,28	R\$ 13.869.564,54	R\$ 13.412.102,67	R\$ 13.034.127,60	R\$ 12.730.177,42	R\$ 12.495.230,25	R\$ 12.324.679,33	R\$ 15.804.385,58
R\$	4.547.839,03	R\$ 4.684.274,20	R\$ 4.824.802,43	R\$ 4.969.546,50	R\$ 5.118.632,90	R\$ 5.272.191,88	R\$ 5.430.357,64	R\$ 5.593.268,37
R\$	9.864.608,25	R\$ 9.185.290,33	R\$ 8.587.300,24	R\$ 8.064.581,10	R\$ 7.611.544,52	R\$ 7.223.038,37	R\$ 6.894.321,69	R\$ 10.211.117,21
R\$	998.460,83	R\$ 930.529,03	R\$ 870.730,02	R\$ 818.458,11	R\$ 773.154,45	R\$ 734.303,84	R\$ 701.432,17	R\$ 1.033.111,72
R\$	89.861,47	R\$ 83.747,61	R\$ 78.365,70	R\$ 73.661,23	R\$ 69.583,90	R\$ 66.087,35	R\$ 63.128,90	R\$ 92.980,05
R\$	8.776.285,95	R\$ 8.171.013,69	R\$ 7.638.204,52	R\$ 7.172.461,76	R\$ 6.768.806,17	R\$ 6.422.647,19	R\$ 6.129.760,62	R\$ 9.085.025,43
R\$	4.547.839,03	R\$ 4.684.274,20	R\$ 4.824.802,43	R\$ 4.969.546,50	R\$ 5.118.632,90	R\$ 5.272.191,88	R\$ 5.430.357,64	R\$ 5.593.268,37
								R\$ 3.590.106,13
2) 5 %	R\$ 13.324.124,99	R\$ 12.855.287,89	R\$ 12.463.006,95	R\$ 12.142.008,26	R\$ 11.887.439,06	R\$ 11.694.839,07	R\$ 11.560.118,26	R\$ 18.268.399,93

FLUXO DE DINHEIRO

VPL

TIR

TMA

0.08

Anexo 3 – Fluxos de caixa

Cenário V – (parte 1)

Valor de venda de energia	R\$	0,11	Mais Provável
Valor de venda de créditos de carbono	R\$	28,06	Pessimista

Capacidade bruta da usina (MW)	10
Capacidade de rede da usina (MW)	9,7
Fator de capacidade da usina	0,9
Taxa de venda de energia fora do aterro (R\$/kWh)	0,114
Venda de energia fora do aterro (kWh/ano)	76.474.800
Receitas de energia fora do aterro	

Taxa de recuperação do biogás (m³/h)	7.180,39
Redução de base (m³/h)	0
Redução de emissões de metano (ton/ano)	45.099
RCEs das reduções de metano (ton Co2eq/ano)	947.089
Taxa de venda de RCE (R\$/ton Co2eq)	28,0566
Receita de RCE da redução de metano (R\$/ano)	

RECEITA TOTAL

Biogás recuperado (MMBTU/ano)	241.804
Contribuição equitativa para o custo capital	
Preço de compra de biogás (R\$/MMBTU)	0,972
Custo anual para compra de biogás (R\$)	235.013,66
Taxa de O&M para a usina de energia (R\$/kWh)	0,050
Custo de O&M anual do sistema de coleta e de controle de gás e custos de ampliação	1.346.289,80
Registro, monitoramento e verificação anual	111.076,34
Serviço de débito anual	7.898.233,48
Tributos (PIS, COFINS)	1.288.230,67

CUSTOS TOTAIS ANUAIS

Lucro bruto	R\$ 24.415.146,99
Depreciação (-)	R\$ 3.590.106,13
Lucro antes do imposto de renda	R\$ 20.825.040,86
Imposto de renda (-)	R\$ 2.094.504,09
CSLL	R\$ 188.505,37
Lucro líquido após o imposto de renda	R\$ 18.542.031,41
Depreciação (+)	R\$ 3.590.106,13
Valor residual	

FLUXO DE DINHEIRO

VPL
TIR

TMA
0,08

(R\$ 53.851.591,92) R\$ 22.132.137,53 R\$ 20.841.912,10 R\$ 19.691.947,88 R\$ 18.672.075,42 R\$ 17.772.930,33 R\$ 16.985.891,23 R\$ 16.303.018,06 R\$ 15.717.006,94
R\$ 93.755.155,05
35,953%

2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
10	10	10	10	10	10	10	10
9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
0,114	0,117	0,121	0,125	0,128	0,132	0,136	0,140
76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800
R\$ 8.721.891,91	R\$ 8.983.548,66	R\$ 9.253.055,12	R\$ 9.530.646,78	R\$ 9.816.566,18	R\$ 10.111.063,16	R\$ 10.414.395,06	R\$ 10.726.826,91
7.180,39	6.628,34	6.118,73	5.648,30	5.214,04	4.813,16	4.443,11	4.101,51
0	0	0	0	0	0	0	0
45.099	41.632	38.431	35.477	32.749	30.231	27.907	25.761
947.089	874.273	807.056	745.007	687.728	634.853	586.043	540.986
28,0566	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566
R\$ 26.572.099,04	R\$ 24.529.136,25	R\$ 22.643.248,16	R\$ 20.902.353,80	R\$ 19.295.303,72	R\$ 17.811.810,24	R\$ 16.442.371,44	R\$ 15.178.223,64
R\$ 35.293.990,95	R\$ 33.512.684,91	R\$ 31.896.303,28	R\$ 30.433.000,58	R\$ 29.111.869,90	R\$ 27.922.873,40	R\$ 26.856.766,50	R\$ 25.905.050,55
241.804	223.213	206.051	190.209	175.585	162.086	149.624	138.120
0,972	1,001	1,031	1,062	1,094	1,127	1,161	1,195
R\$ 235.013,66	R\$ 223.453,08	R\$ 212.460,80	R\$ 202.009,77	R\$ 192.072,83	R\$ 182.625,43	R\$ 173.641,79	R\$ 165.099,89
0,050	0,051	0,053	0,055	0,056	0,058	0,060	0,061
R\$ 1.346.289,80	R\$ 1.386.678,49	R\$ 1.428.278,85	R\$ 1.471.127,21	R\$ 1.515.261,03	R\$ 1.560.718,86	R\$ 1.607.540,43	R\$ 1.655.766,64
R\$ 111.076,34	R\$ 114.408,64	R\$ 117.840,89	R\$ 121.376,12	R\$ 125.017,40	R\$ 128.767,93	R\$ 132.630,96	R\$ 136.609,89
R\$ 7.898.233,48	R\$ 7.611.024,99	R\$ 7.323.816,50	R\$ 7.036.608,01	R\$ 6.749.399,52	R\$ 6.462.191,03	R\$ 6.174.982,54	R\$ 5.887.774,05
R\$ 1.288.230,67	R\$ 1.223.213,00	R\$ 1.164.215,07	R\$ 1.110.804,52	R\$ 1.062.583,25	R\$ 1.019.184,88	R\$ 980.271,98	R\$ 945.534,35
R\$ 10.878.843,96	R\$ 10.558.778,20	R\$ 10.246.612,11	R\$ 9.941.925,63	R\$ 9.644.334,04	R\$ 9.353.488,13	R\$ 9.069.067,69	R\$ 8.790.784,81
R\$ 24.415.146,99	R\$ 22.953.906,72	R\$ 21.649.691,17	R\$ 20.491.074,95	R\$ 19.467.535,86	R\$ 18.569.385,27	R\$ 17.787.698,81	R\$ 17.114.265,74
R\$ 3.590.106,13	R\$ 3.697.809,31	R\$ 3.808.743,59	R\$ 3.923.005,90	R\$ 4.040.696,08	R\$ 4.161.916,96	R\$ 4.286.774,47	R\$ 4.415.377,70
R\$ 20.825.040,86	R\$ 19.256.097,40	R\$ 17.840.947,58	R\$ 16.568.069,05	R\$ 15.426.839,79	R\$ 14.407.468,32	R\$ 13.500.924,34	R\$ 12.698.888,04
R\$ 2.094.504,09	R\$ 1.937.609,74	R\$ 1.796.094,76	R\$ 1.668.806,90	R\$ 1.554.683,98	R\$ 1.452.746,83	R\$ 1.362.092,43	R\$ 1.281.888,80
R\$ 188.505,37	R\$ 174.384,88	R\$ 161.648,53	R\$ 150.192,62	R\$ 139.921,56	R\$ 130.747,21	R\$ 122.588,32	R\$ 115.369,99
R\$ 18.542.031,41	R\$ 17.144.102,79	R\$ 15.883.204,29	R\$ 14.749.069,52	R\$ 13.732.234,25	R\$ 12.823.974,27	R\$ 12.016.243,59	R\$ 11.301.629,24
R\$ 3.590.106,13	R\$ 3.697.809,31	R\$ 3.808.743,59	R\$ 3.923.005,90	R\$ 4.040.696,08	R\$ 4.161.916,96	R\$ 4.286.774,47	R\$ 4.415.377,70

Anexo 3 – Fluxos de caixa

Cenário V – (parte 2)

Valor de venda de energia	R\$ 0,11	Mais Provável
Valor de venda de créditos de carbono	R\$ 28,06	Pessimista

Capacidade bruta da usina (MW)
Capacidade de rede da usina (MW)
Fator de capacidade da usina
Taxa de venda de energia fora do atero (R\$/kWh)
Venda de energia fora do atero (kWh/ano)
Receitas de energia fora do atero

Taxa de recuperação do biogás (m³/h)
Redução de base (m³/h)
Redução de emissões de metano (ton/ano)
RCEs das reduções de metano (ton Co2eq/ano)
Taxa de venda de RCE (R\$/ton Co2eq)
Receita de RCE da redução de metano (R\$/ano)

RECEITA TOTAL	
---------------	--

Bio gás recuperado (MMBTU/ano)
Contribuição equitativa para o custo capital
Preço de compra de bio gás (R\$/MMBTU)
Custo anual para compra de bio gás (R\$)
Taxa de O&M para a usina de energia (R\$/kWh)
Custo de O&M anual do sistema de coleta e de controle de gás e custos de ampliação
Registro, monitoramento e verificação anual
Serviço de débito anual
Tributos (PIS, COFINS)

CUSTOS TOTAIS ANUAIS

Lucro bruto
Depreciação (-)
Lucro antes do imposto de renda
Imposto de renda (-)
CSLL
Lucro líquido após o imposto de renda
Depreciação (+)
Valor residual

2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024	
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
	0,144	0,149	0,153	0,158	0,163	0,167	0,173	0,178	0,183	0,188	0,193	0,198	0,203	0,208	0,213
	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800
R\$	11.048.631,72	R\$ 11.380.090,67	R\$ 11.721.493,39	R\$ 12.073.138,19	R\$ 12.435.332,34	R\$ 12.808.392,31	R\$ 13.192.644,08	R\$ 13.588.423,40	R\$ 13.984.206,66	R\$ 14.380.989,91	R\$ 14.778.783,16	R\$ 15.178.686,41	R\$ 15.580.700,66	R\$ 15.983.824,91	R\$ 16.387.949,16
	3786,17	3495,07	3226,36	2978,30	2749,32	2537,94	2342,82	2162,69	1991,57	1830,45	1678,33	1534,21	1398,09	1270,97	1152,85
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	23.781	21.952	20.265	18.706	17.268	15.941	14.715	13.584	12.547	11.594	10.728	9.949	9.256	8.640	8.093
	499.393	460.998	425.555	392.836	362.634	334.753	309.016	285.258	263.499	243.730	225.941	209.912	195.543	182.654	171.205
	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566
R\$	14.011.265,33	R\$ 12.934.028,69	R\$ 11.939.613,03	R\$ 11.021.653,10	R\$ 10.174.268,43	R\$ 9.392.031,61	R\$ 8.669.939,80	R\$ 8.003.360,85	R\$ 7.407.692,94	R\$ 6.884.989,03	R\$ 6.423.120,12	R\$ 5.999.889,21	R\$ 5.614.989,30	R\$ 5.269.989,39	R\$ 4.954.989,48
R\$	25.059.897,05	R\$ 24.314.119,36	R\$ 23.661.106,42	R\$ 23.094.791,29	R\$ 22.609.600,76	R\$ 22.200.423,92	R\$ 21.862.583,88	R\$ 21.591.784,25	R\$ 21.369.989,62	R\$ 21.158.244,99	R\$ 20.956.450,26	R\$ 20.763.600,53	R\$ 20.579.699,80	R\$ 20.396.749,07	R\$ 20.213.799,34
	127.501	117.698	108.649	100.296	92.585	85.467	78.896	72.830	67.369	62.408	57.947	53.986	50.525	47.564	45.003
	1,231	1,268	1,306	1,345	1,386	1,427	1,470	1,514	1,560	1,607	1,655	1,704	1,754	1,804	1,855
R\$	156.978,81	R\$ 149.256,67	R\$ 141.914,78	R\$ 134.934,41	R\$ 128.297,14	R\$ 121.986,57	R\$ 115.986,05	R\$ 110.280,40	R\$ 104.849,63	R\$ 99.649,86	R\$ 94.669,09	R\$ 89.889,32	R\$ 85.299,55	R\$ 80.889,78	R\$ 76.649,01
	0,063	0,065	0,067	0,069	0,071	0,073	0,076	0,078	0,081	0,084	0,087	0,090	0,093	0,096	0,099
R\$	1.705.439,64	R\$ 1.756.602,83	R\$ 1.809.300,91	R\$ 1.863.579,94	R\$ 1.919.487,34	R\$ 1.977.071,96	R\$ 2.036.384,12	R\$ 2.097.475,64	R\$ 2.160.449,20	R\$ 2.225.286,76	R\$ 2.292.000,32	R\$ 2.360.609,88	R\$ 2.431.114,44	R\$ 2.503.629,00	R\$ 2.578.153,56
R\$	140.708,19	R\$ 144.929,44	R\$ 149.277,32	R\$ 153.755,64	R\$ 158.368,31	R\$ 163.119,36	R\$ 168.012,94	R\$ 173.053,33	R\$ 178.253,72	R\$ 183.614,11	R\$ 189.134,50	R\$ 194.814,89	R\$ 200.655,28	R\$ 206.657,67	R\$ 212.822,06
R\$	5.600.565,56	R\$ 5.313.357,07	R\$ 5.026.448,58	R\$ 4.738.940,09	R\$ 4.451.731,60	R\$ 4.164.523,11	R\$ 3.877.314,62	R\$ 3.590.010,13	R\$ 3.307.705,64	R\$ 3.024.400,75	R\$ 2.741.095,86	R\$ 2.457.790,97	R\$ 2.174.486,08	R\$ 1.891.181,19	R\$ 1.607.876,30
R\$	914.686,24	R\$ 887.465,36	R\$ 863.630,38	R\$ 842.959,88	R\$ 825.250,43	R\$ 810.315,47	R\$ 797.984,31	R\$ 788.100,13	R\$ 778.116,37	R\$ 768.132,61	R\$ 758.148,85	R\$ 748.165,09	R\$ 738.181,33	R\$ 728.197,57	R\$ 718.213,81
R\$	8.518.378,44	R\$ 8.251.611,36	R\$ 7.990.271,97	R\$ 7.734.169,96	R\$ 7.483.134,81	R\$ 7.237.016,46	R\$ 6.995.682,03	R\$ 6.754.347,60	R\$ 6.513.013,17	R\$ 6.271.678,74	R\$ 6.030.344,31	R\$ 5.789.009,88	R\$ 5.547.685,45	R\$ 5.306.361,02	R\$ 5.065.036,59
R\$	16.541.518,62	R\$ 16.062.508,01	R\$ 15.670.834,45	R\$ 15.360.621,33	R\$ 15.126.465,96	R\$ 14.963.407,45	R\$ 14.866.901,84	R\$ 14.822.874,77	R\$ 14.788.848,70	R\$ 14.754.822,63	R\$ 14.720.796,56	R\$ 14.686.770,49	R\$ 14.652.744,42	R\$ 14.618.718,35	R\$ 14.584.692,28
R\$	4.547.839,03	R\$ 4.684.274,20	R\$ 4.824.802,43	R\$ 4.969.546,50	R\$ 5.118.632,90	R\$ 5.272.191,88	R\$ 5.430.357,64	R\$ 5.593.268,37	R\$ 5.756.179,10	R\$ 5.919.089,83	R\$ 6.081.999,56	R\$ 6.244.910,29	R\$ 6.407.821,02	R\$ 6.570.731,75	R\$ 6.733.642,48
R\$	11.993.679,58	R\$ 11.378.233,81	R\$ 10.846.032,02	R\$ 10.391.074,83	R\$ 10.007.833,06	R\$ 9.691.215,57	R\$ 9.436.544,20	R\$ 9.229.606,40	R\$ 9.026.668,60	R\$ 8.823.730,80	R\$ 8.620.793,07	R\$ 8.417.855,34	R\$ 8.214.917,61	R\$ 8.011.979,88	R\$ 7.809.042,15
R\$	1.211.367,96	R\$ 1.149.823,38	R\$ 1.096.603,20	R\$ 1.051.107,48	R\$ 1.012.783,31	R\$ 981.121,56	R\$ 955.654,42	R\$ 929.187,28	R\$ 902.720,14	R\$ 876.253,00	R\$ 850.785,86	R\$ 825.318,72	R\$ 800.851,58	R\$ 775.384,44	R\$ 750.917,30
R\$	109.023,12	R\$ 103.484,10	R\$ 98.694,29	R\$ 94.599,67	R\$ 91.150,50	R\$ 88.300,94	R\$ 86.008,90	R\$ 83.716,86	R\$ 81.424,82	R\$ 79.132,78	R\$ 76.840,74	R\$ 74.548,70	R\$ 72.256,66	R\$ 70.964,62	R\$ 68.672,58
R\$	10.673.288,51	R\$ 10.124.926,32	R\$ 9.650.734,53	R\$ 9.245.367,67	R\$ 8.903.899,26	R\$ 8.621.793,07	R\$ 8.394.880,88	R\$ 8.167.968,69	R\$ 7.941.056,50	R\$ 7.713.144,31	R\$ 7.485.232,12	R\$ 7.257.319,93	R\$ 7.029.407,74	R\$ 6.801.495,55	R\$ 6.573.583,36
R\$	4.547.839,03	R\$ 4.684.274,20	R\$ 4.824.802,43	R\$ 4.969.546,50	R\$ 5.118.632,90	R\$ 5.272.191,88	R\$ 5.430.357,64	R\$ 5.593.268,37	R\$ 5.756.179,10	R\$ 5.919.089,83	R\$ 6.081.999,56	R\$ 6.244.910,29	R\$ 6.407.821,02	R\$ 6.570.731,75	R\$ 6.733.642,48
															R\$ 3.590.106,13

FLUXO DE DINHEIRO	(R\$ 53.851.591,92)	R\$ 15.221.127,54	R\$ 14.809.200,52	R\$ 14.475.536,96	R\$ 14.214.914,18	R\$ 14.022.532,15	R\$ 13.893.984,96	R\$ 13.825.238,52	R\$ 20.601.473,80
VPL	R\$ 93.755.155,05								
TIR	35,953%								

TMA
0.08

Anexo 3 – Fluxos de caixa

Cenário VI – (parte 1)

Valor de venda de energia	R\$ 0,14	Otimista
Valor de venda de créditos de carbono	R\$ 28,06	Pessimista

Capacidade bruta da usina (MW)	10
Capacidade de rede da usina (MW)	9,7
Fator de capacidade da usina	0,9
Taxa de venda de energia fora do aterro (R\$/kWh)	0,137
Venda de energia fora do aterro (kWh/ano)	76.474.800
Receitas de energia fora do aterro	

Taxa de recuperação do biogás (m³/h)	7.180,39
Redução de base (m³/h)	0
Redução de emissões de metano (ton/ano)	45.099
RCEs das reduções de metano (ton Co2eq/ano)	947.089
Taxa de venda de RCE (R\$/ton Co2eq)	28,0566
Receita de RCE da redução de metano (R\$/ano)	

RECEITA TOTAL

Biogás recuperado (MMBTU/ano)	241.804
Contribuição equitativa para o custo capital	
Preço de compra de biogás (R\$/MMBTU)	0,972
Custo anual para compra de biogás (R\$)	235.013,66
Taxa de O&M para a usina de energia (R\$/kWh)	0,050
Custo de O&M anual do sistema de coleta e de controle de gás e custos de ampliação	1.346.289,80
Registro, monitoramento e verificação anual	111.076,34
Serviço de débito anual	7.898.233,48
Tributos (PIS, COFINS)	1.351.900,48

CUSTOS TOTAIS ANUAIS

Lucro bruto	R\$ 26.095.855,56
Depreciação (-)	R\$ 3.590.106,13
Lucro antes do imposto de renda	R\$ 22.505.749,43
Imposto de renda (-)	R\$ 2.262.574,94
CSLL	R\$ 203.631,74
Lucro líquido após o imposto de renda	R\$ 20.039.542,74
Depreciação (+)	R\$ 3.590.106,13
Valor residual	

FLUXO DE DINHEIRO

VPL
TIR

TMA
0,08

(R\$ 53.851.591,92) R\$ 23.629.648,87 R\$ 22.384.348,77 R\$ 21.280.657,66 R\$ 20.308.446,49 R\$ 19.458.392,53 R\$ 18.721.917,30 R\$ 18.091.124,91 R\$ 17.558.757,00
R\$ 108.497.363,44
39,309%

2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
10	10	10	10	10	10	10	10
9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
0,137	0,141	0,145	0,150	0,154	0,159	0,163	0,168
76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800
R\$ 10.466.270,29	R\$ 10.780.258,39	R\$ 11.103.666,15	R\$ 11.436.776,13	R\$ 11.779.879,42	R\$ 12.133.275,80	R\$ 12.497.274,07	R\$ 12.872.192,29
7.180,39	6.628,34	6.118,73	5.648,30	5.214,04	4.813,16	4.443,11	4.101,51
0	0	0	0	0	0	0	0
45.099	41.632	38.431	35.477	32.749	30.231	27.907	25.761
947.089	874.273	807.056	745.007	687.728	634.853	586.043	540.986
28,0566	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566	28,0566
R\$ 26.572.099,04	R\$ 24.529.136,25	R\$ 22.643.248,16	R\$ 20.902.353,80	R\$ 19.295.303,72	R\$ 17.811.810,24	R\$ 16.442.371,44	R\$ 15.178.223,64
R\$ 37.038.369,33	R\$ 35.309.394,64	R\$ 33.746.914,31	R\$ 32.339.129,94	R\$ 31.075.183,14	R\$ 29.945.086,04	R\$ 28.939.645,51	R\$ 28.050.415,93
241.804	223.213	206.051	190.209	175.585	162.086	149.624	138.120
0,972	1,001	1,031	1,062	1,094	1,127	1,161	1,195
R\$ 235.013,66	R\$ 223.453,08	R\$ 212.460,80	R\$ 202.009,77	R\$ 192.072,83	R\$ 182.625,43	R\$ 173.641,79	R\$ 165.099,89
0,050	0,051	0,053	0,055	0,056	0,058	0,060	0,061
R\$ 1.346.289,80	R\$ 1.386.678,49	R\$ 1.428.278,85	R\$ 1.471.127,21	R\$ 1.515.261,03	R\$ 1.560.718,86	R\$ 1.607.540,43	R\$ 1.655.766,64
R\$ 111.076,34	R\$ 114.408,64	R\$ 117.840,89	R\$ 121.376,12	R\$ 125.017,40	R\$ 128.767,93	R\$ 132.630,96	R\$ 136.609,89
R\$ 7.898.233,48	R\$ 7.611.024,99	R\$ 7.323.816,50	R\$ 7.036.608,01	R\$ 6.749.399,52	R\$ 6.462.191,03	R\$ 6.174.982,54	R\$ 5.887.774,05
R\$ 1.351.900,48	R\$ 1.288.792,90	R\$ 1.231.762,37	R\$ 1.180.378,24	R\$ 1.134.244,18	R\$ 1.092.995,64	R\$ 1.056.297,06	R\$ 1.023.840,18
R\$ 10.942.513,77	R\$ 10.624.358,10	R\$ 10.314.159,41	R\$ 10.011.499,35	R\$ 9.715.994,97	R\$ 9.427.298,89	R\$ 9.145.092,78	R\$ 8.869.090,65
R\$ 26.095.855,56	R\$ 24.685.036,54	R\$ 23.432.754,89	R\$ 22.327.630,58	R\$ 21.359.188,16	R\$ 20.517.787,15	R\$ 19.794.552,74	R\$ 19.181.325,28
R\$ 3.590.106,13	R\$ 3.697.809,31	R\$ 3.808.743,59	R\$ 3.923.005,90	R\$ 4.040.696,08	R\$ 4.161.916,96	R\$ 4.286.774,47	R\$ 4.415.377,70
R\$ 22.505.749,43	R\$ 20.987.227,23	R\$ 19.624.011,30	R\$ 18.404.624,68	R\$ 17.318.492,09	R\$ 16.355.870,19	R\$ 15.507.778,27	R\$ 14.765.947,58
R\$ 2.262.574,94	R\$ 2.110.722,72	R\$ 1.974.401,13	R\$ 1.852.462,47	R\$ 1.743.849,21	R\$ 1.647.587,02	R\$ 1.562.777,83	R\$ 1.488.594,76
R\$ 203.631,74	R\$ 189.965,05	R\$ 177.696,10	R\$ 166.721,62	R\$ 156.946,43	R\$ 148.282,83	R\$ 140.650,00	R\$ 133.973,53
R\$ 20.039.542,74	R\$ 18.686.539,46	R\$ 17.471.914,07	R\$ 16.385.440,59	R\$ 15.417.696,45	R\$ 14.560.000,34	R\$ 13.804.350,44	R\$ 13.143.379,30
R\$ 3.590.106,13	R\$ 3.697.809,31	R\$ 3.808.743,59	R\$ 3.923.005,90	R\$ 4.040.696,08	R\$ 4.161.916,96	R\$ 4.286.774,47	R\$ 4.415.377,70

Anexo 3 – Fluxos de caixa

Cenário VI – (parte 2)

Valor de venda de energia	R\$ 0,14	Otimista
Valor de venda de créditos de carbono	R\$ 28,06	Pessimista

Capacidade bruta da usina (MW)
Capacidade de rede da usina (MW)
Fator de capacidade da usina
Taxa de venda de energia fora do aterro (R\$/kWh)
Venda de energia fora do aterro (kWh/ano)
Receitas de energia fora do aterro

Taxa de recuperação do biogás (m³/h)
Redução de base (m³/h)
Redução de emissões de metano (ton/ano)
RCEs das reduções de metano (ton Co2eq/ano)
Taxa de venda de RCE (R\$/ton Co2eq)
Receita de RCE da redução de metano (R\$/ano)

RECEITA TOTAL

Biogás recuperado (MMBTU/ano)
Contribuição equitativa para o custo capital
Preço de compra de biogás (R\$/MMBTU)
Custo anual para compra de biogás (R\$)
Taxa de O&M para a usina de energia (R\$/kWh)
Custo de O&M anual do sistema de coleta e de controle de gás e custos de ampliação
Registro, monitoramento e verificação anual
Serviço de débito anual
Tributos (PIS, COFINS)

CUSTOS TOTAIS ANUAIS

Lucro bruto
Depreciação (-)
Lucro antes do imposto de renda
Imposto de renda (-)
CSLL
Lucro líquido após o imposto de renda
Depreciação (+)
Valor residual

2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024	
	10		10		10		10		10		10		10		10
	9,7		9,7		9,7		9,7		9,7		9,7		9,7		9,7
	0,9		0,9		0,9		0,9		0,9		0,9		0,9		0,9
	0,173		0,179		0,184		0,189		0,195		0,201		0,207		0,213
	76.474.800		76.474.800		76.474.800		76.474.800		76.474.800		76.474.800		76.474.800		76.474.800
R\$	13.258.358,06	R\$	13.656.108,80	R\$	14.065.792,07	R\$	14.487.765,83	R\$	14.922.398,81	R\$	15.370.070,77	R\$	15.831.172,89	R\$	16.306.108,08
	3786,17		3495,07		3226,36		2978,30		2749,32		2537,94		2342,82		2162,69
	0		0		0		0		0		0		0		0
	23.781		21.952		20.265		18.706		17.268		15.941		14.715		13.584
	499.393		460.998		425.555		392.836		362.634		334.753		309.016		285.258
	28.0566		28.0566		28.0566		28.0566		28.0566		28.0566		28.0566		28.0566
R\$	14.011.265,33	R\$	12.934.028,69	R\$	11.939.613,03	R\$	11.021.653,10	R\$	10.174.268,43	R\$	9.392.031,61	R\$	8.669.939,80	R\$	8.003.360,85
R\$	27.269.623,40	R\$	26.590.137,50	R\$	26.005.405,10	R\$	25.509.418,93	R\$	25.096.667,23	R\$	24.762.102,38	R\$	24.501.112,69	R\$	24.309.468,93
	127.501		117.698		108.649		100.296		92.585		85.467		78.896		72.830
	1,231		1,268		1,306		1,345		1,386		1,427		1,470		1,514
R\$	156.978,81	R\$	149.256,67	R\$	141.914,78	R\$	134.934,41	R\$	128.297,14	R\$	121.986,57	R\$	115.986,05	R\$	110.280,40
	0,063		0,065		0,067		0,069		0,071		0,073		0,076		0,078
R\$	1.705.439,64	R\$	1.756.602,83	R\$	1.809.300,91	R\$	1.863.579,94	R\$	1.919.487,34	R\$	1.977.071,96	R\$	2.036.384,12	R\$	2.097.475,64
R\$	140.708,19	R\$	144.929,44	R\$	149.277,32	R\$	153.755,64	R\$	158.368,31	R\$	163.119,36	R\$	168.012,94	R\$	173.053,33
R\$	5.600.565,56	R\$	5.313.357,07	R\$	5.026.148,58	R\$	4.738.940,09	R\$	4.451.731,60	R\$	4.164.523,11	R\$	3.877.314,62		
R\$	995.341,25	R\$	970.540,02	R\$	949.197,29	R\$	931.093,79	R\$	916.028,35	R\$	903.816,74	R\$	894.290,61	R\$	887.295,62
R\$	8.599.033,45	R\$	8.334.686,02	R\$	8.075.838,87	R\$	7.822.303,87	R\$	7.573.912,73	R\$	7.330.517,73	R\$	7.091.988,34	R\$	3.268.104,98
R\$	18.670.589,95	R\$	18.255.451,48	R\$	17.929.566,23	R\$	17.687.115,06	R\$	17.522.754,50	R\$	17.431.584,65	R\$	17.409.124,35	R\$	21.041.363,96
R\$	4.547.839,03	R\$	4.684.274,20	R\$	4.824.802,43	R\$	4.969.546,50	R\$	5.118.632,90	R\$	5.272.191,88	R\$	5.430.357,64	R\$	5.593.268,37
R\$	14.122.750,92	R\$	13.571.177,28	R\$	13.104.763,80	R\$	12.717.568,56	R\$	12.404.121,60	R\$	12.159.392,77	R\$	11.978.766,71	R\$	15.448.095,59
R\$	1.424.275,09	R\$	1.369.117,73	R\$	1.322.476,38	R\$	1.283.756,86	R\$	1.252.412,16	R\$	1.227.939,28	R\$	1.209.876,67	R\$	1.556.809,56
R\$	128.184,76	R\$	123.220,60	R\$	119.022,87	R\$	115.538,12	R\$	112.717,09	R\$	110.514,53	R\$	108.888,90	R\$	140.112,86
R\$	12.570.291,07	R\$	12.078.838,95	R\$	11.663.264,54	R\$	11.318.273,59	R\$	11.038.992,35	R\$	10.820.938,95	R\$	10.660.001,14	R\$	13.751.173,17
R\$	4.547.839,03	R\$	4.684.274,20	R\$	4.824.802,43	R\$	4.969.546,50	R\$	5.118.632,90	R\$	5.272.191,88	R\$	5.430.357,64	R\$	5.593.268,37
															R\$ 3.590.106,13

FLUXO DE DINHEIRO	(R\$ 53.851.591,92)	R\$ 17.118.130,10	R\$ 16.763.113,16	R\$ 16.488.066,97	R\$ 16.287.820,09	R\$ 16.157.625,24	R\$ 16.093.130,84	R\$ 16.090.358,78	R\$ 22.934.547,67
VPL	R\$ 108.497.363,44								
TIR	39,309%								

TMA
0.08

Anexo 3 – Fluxos de caixa

Cenário VII – (parte 1)

Valor de venda de energia	R\$ 0,09	Pessimista
Valor de venda de créditos de carbono	R\$ 29,09	Mais Provável

Capacidade bruta da usina (MW)
Capacidade de rede da usina (MW)
Fator de capacidade da usina
Taxa de venda de energia fora do aterro (R\$/kWh)
Venda de energia fora do aterro (kWh/ano)
Receitas de energia fora do aterro

Taxa de recuperação do biogás (m³/h)
Redução de base (m³/h)
Redução de emissões de metano (ton/ano)
RCEs das reduções de metano (ton Co2eq/ano)
Taxa de venda de RCE (R\$/ton Co2eq)
Receita de RCE da redução de metano (R\$/ano)

RECEITA TOTAL

Biogás recuperado (MMBTU/ano)
Contribuição equitativa para o custo capital
Preço de compra de biogás (R\$/MMBTU)
Custo anual para compra de biogás (R\$)
Taxa de O&M para a usina de energia (R\$/kWh)
Custo de O&M anual do sistema de coleta e de controle de gás e custos de ampliação
Registro, monitoramento e verificação anual
Serviço de débito anual
Tributos (PIS, COFINS)

CUSTOS TOTAIS ANUAIS

Lucro bruto
Depreciação (-)
Lucro antes do imposto de renda
Imposto de renda (-)
CSLL
Lucro líquido após o imposto de renda
Depreciação (+)
Valor residual

FLUXO DE DINHEIRO

VPL	(R\$ 53.851.591,92)	R\$ 21.475.976,13	R\$ 20.076.139,21	R\$ 18.820.189,20	R\$ 17.697.533,66	R\$ 16.698.413,55	R\$ 15.813.838,87	R\$ 15.035.524,50	R\$ 14.355.843,59
TIR	R\$ 83.575.592,65								
	33,968%								

TMA
0,08

2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
10	10	10	10	10	10	10	10
9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
0,091	0,094	0,097	0,100	0,103	0,106	0,109	0,112
76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800
R\$ 6.977.513,52	R\$ 7.186.838,93	R\$ 7.402.444,10	R\$ 7.624.517,42	R\$ 7.853.252,94	R\$ 8.088.850,53	R\$ 8.331.516,05	R\$ 8.581.461,53
7.180,39	6.628,34	6.118,73	5.648,30	5.214,04	4.813,16	4.443,11	4.101,51
0	0	0	0	0	0	0	0
45.099	41.632	38.431	35.477	32.749	30.231	27.907	25.761
947.089	874.273	807.056	745.007	687.728	634.853	586.043	540.986
29.0914	29.0914	29.0914	29.0914	29.0914	29.0914	29.0914	29.0914
R\$ 27.552.146,80	R\$ 25.433.834,26	R\$ 23.478.389,74	R\$ 21.673.286,69	R\$ 20.006.964,45	R\$ 18.468.755,89	R\$ 17.048.808,64	R\$ 15.738.035,80
R\$ 34.529.660,33	R\$ 32.620.673,19	R\$ 30.880.833,83	R\$ 29.297.804,12	R\$ 27.860.217,39	R\$ 26.557.606,42	R\$ 25.380.324,69	R\$ 24.319.497,33
241.804	223.213	206.051	190.209	175.585	162.086	149.624	138.120
0,972	1,001	1,031	1,062	1,094	1,127	1,161	1,195
R\$ 235.013,66	R\$ 223.453,08	R\$ 212.460,80	R\$ 202.009,77	R\$ 192.072,83	R\$ 182.625,43	R\$ 173.641,79	R\$ 165.099,89
0,050	0,051	0,053	0,055	0,056	0,058	0,060	0,061
R\$ 1.346.289,80	R\$ 1.386.678,49	R\$ 1.428.278,85	R\$ 1.471.127,21	R\$ 1.515.261,03	R\$ 1.560.718,86	R\$ 1.607.540,43	R\$ 1.655.766,64
R\$ 111.076,34	R\$ 114.408,64	R\$ 117.840,89	R\$ 121.376,12	R\$ 125.017,40	R\$ 128.767,93	R\$ 132.630,96	R\$ 136.609,89
R\$ 7.898.233,48	R\$ 7.611.024,99	R\$ 7.323.816,50	R\$ 7.036.608,01	R\$ 6.749.399,52	R\$ 6.462.191,03	R\$ 6.174.982,54	R\$ 5.887.774,05
R\$ 1.260.332,60	R\$ 1.190.654,57	R\$ 1.127.150,43	R\$ 1.069.369,85	R\$ 1.016.897,93	R\$ 969.352,63	R\$ 926.381,85	R\$ 887.661,65
R\$ 10.850.945,89	R\$ 10.526.219,77	R\$ 10.209.547,48	R\$ 9.900.490,96	R\$ 9.598.648,72	R\$ 9.303.655,89	R\$ 9.015.177,57	R\$ 8.732.912,12
R\$ 23.678.714,44	R\$ 22.094.453,42	R\$ 20.671.286,36	R\$ 19.397.313,15	R\$ 18.261.568,67	R\$ 17.253.950,53	R\$ 16.365.147,12	R\$ 15.586.585,21
R\$ 3.590.106,13	R\$ 3.697.809,31	R\$ 3.808.743,59	R\$ 3.923.005,90	R\$ 4.040.696,08	R\$ 4.161.916,96	R\$ 4.286.774,47	R\$ 4.415.377,70
R\$ 20.088.608,31	R\$ 18.396.644,11	R\$ 16.862.542,77	R\$ 15.474.307,25	R\$ 14.220.872,59	R\$ 13.092.033,57	R\$ 12.078.372,66	R\$ 11.171.207,51
R\$ 2.020.860,83	R\$ 1.851.664,41	R\$ 1.698.254,28	R\$ 1.559.430,73	R\$ 1.434.087,26	R\$ 1.321.203,36	R\$ 1.219.837,27	R\$ 1.129.120,75
R\$ 181.877,47	R\$ 166.649,80	R\$ 152.842,88	R\$ 140.348,77	R\$ 129.067,85	R\$ 118.908,30	R\$ 109.785,35	R\$ 101.620,87
R\$ 17.885.870,00	R\$ 16.378.329,90	R\$ 15.011.445,61	R\$ 13.774.527,76	R\$ 12.657.717,48	R\$ 11.651.921,92	R\$ 10.748.750,04	R\$ 9.940.465,89
R\$ 3.590.106,13	R\$ 3.697.809,31	R\$ 3.808.743,59	R\$ 3.923.005,90	R\$ 4.040.696,08	R\$ 4.161.916,96	R\$ 4.286.774,47	R\$ 4.415.377,70

Anexo 3 – Fluxos de caixa

Cenário VII – (parte 2)

Valor de venda de energia	R\$	0,09	Pessimista
Valor de venda de créditos de carbono	R\$	29,09	Mais Provável

Capacidade bruta da usina (MW)
Capacidade de rede da usina (MW)
Fator de capacidade da usina
Taxa de venda de energia fora do aterro (R\$/kWh)
Venda de energia fora do aterro (kWh/ano)
Receitas de energia fora do aterro

Taxa de recuperação do biogás (m³/h)
Redução de base (m³/h)
Redução de emissões de metano (ton/ano)
RCEs das reduções de metano (ton Co2eq/ano)
Taxa de venda de RCE (R\$/ton Co2eq)
Receita de RCE da redução de metano (R\$/ano)

RECEITA TOTAL

Biogás recuperado (MMBTU/ano)
Contribuição equitativa para o custo capital
Preço de compra de biogás (R\$/MMBTU)
Custo anual para compra de biogás (R\$)
Taxa de O&M para a usina de energia (R\$/kWh)
Custo de O&M anual do sistema de coleta e de controle de gás e custos de ampliação
Registro, monitoramento e verificação anual
Serviço de débito anual
Tributos (PIS, COFINS)

CUSTOS TOTAIS ANUAIS

Lucro bruto
Depreciação (-)
Lucro antes do imposto de renda
Imposto de renda (-)
CSLL
Lucro líquido após o imposto de renda
Depreciação (+)
Valor residual

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
	10	10	10	10	10	10	10	10
	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
	0,116	0,119	0,123	0,126	0,130	0,134	0,138	0,142
	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800
R\$	8.838.905,37	R\$ 9.104.072,54	R\$ 9.377.194,71	R\$ 9.658.510,55	R\$ 9.948.265,87	R\$ 10.246.713,85	R\$ 10.554.115,26	R\$ 10.870.738,72
	3786,17	3495,07	3226,36	2978,30	2749,32	2537,94	2342,82	2162,69
	0	0	0	0	0	0	0	0
	23.781	21.952	20.265	18.706	17.268	15.941	14.715	13.584
	499.393	460.998	425.555	392.836	362.634	334.753	309.016	285.258
	29,0914	29,0914	29,0914	29,0914	29,0914	29,0914	29,0914	29,0914
R\$	14.528.037,05	R\$ 13.411.069,14	R\$ 12.379.976,85	R\$ 11.428.160,18	R\$ 10.549.521,77	R\$ 9.738.434,03	R\$ 8.989.709,61	R\$ 8.298.545,51
R\$	23.366.942,43	R\$ 22.515.141,67	R\$ 21.757.171,56	R\$ 21.086.670,74	R\$ 20.497.787,64	R\$ 19.985.147,88	R\$ 19.543.824,87	R\$ 19.169.284,23
	127.501	117.698	108.649	100.296	92.585	85.467	78.896	72.830
	1,231	1,268	1,306	1,345	1,386	1,427	1,470	1,514
R\$	156.978,81	R\$ 149.256,67	R\$ 141.914,78	R\$ 134.934,41	R\$ 128.297,14	R\$ 121.986,57	R\$ 115.986,05	R\$ 110.280,40
	0,063	0,065	0,067	0,069	0,071	0,073	0,076	0,078
R\$	1.705.439,64	R\$ 1.756.602,83	R\$ 1.809.300,91	R\$ 1.863.579,94	R\$ 1.919.487,34	R\$ 1.977.071,96	R\$ 2.036.384,12	R\$ 2.097.475,64
R\$	140.708,19	R\$ 144.929,44	R\$ 149.277,32	R\$ 153.755,64	R\$ 158.368,31	R\$ 163.119,36	R\$ 168.012,94	R\$ 173.053,33
R\$	5.600.565,56	R\$ 5.313.357,07	R\$ 5.026.148,58	R\$ 4.738.940,09	R\$ 4.451.731,60	R\$ 4.164.523,11	R\$ 3.877.314,62	
R\$	852.893,40	R\$ 821.802,67	R\$ 794.136,76	R\$ 769.663,48	R\$ 748.169,25	R\$ 729.457,90	R\$ 713.349,61	R\$ 699.678,87
R\$	8.456.585,59	R\$ 8.185.948,67	R\$ 7.920.778,35	R\$ 7.660.873,56	R\$ 7.406.053,63	R\$ 7.156.158,89	R\$ 6.911.047,33	R\$ 3.080.488,23
R\$	14.910.356,83	R\$ 14.329.193,00	R\$ 13.836.393,21	R\$ 13.425.797,18	R\$ 13.091.734,01	R\$ 12.828.988,99	R\$ 12.632.777,54	R\$ 16.088.796,00
R\$	4.547.839,03	R\$ 4.684.274,20	R\$ 4.824.802,43	R\$ 4.969.546,50	R\$ 5.118.632,90	R\$ 5.272.191,88	R\$ 5.430.357,64	R\$ 5.593.268,37
R\$	10.362.517,80	R\$ 9.644.918,80	R\$ 9.011.590,79	R\$ 8.456.250,68	R\$ 7.973.101,12	R\$ 7.556.797,11	R\$ 7.202.419,90	R\$ 10.495.527,63
R\$	1.048.251,78	R\$ 976.491,88	R\$ 913.159,08	R\$ 857.625,07	R\$ 809.310,11	R\$ 767.679,71	R\$ 732.241,99	R\$ 1.061.552,76
R\$	94.342,66	R\$ 87.884,27	R\$ 82.184,32	R\$ 77.186,26	R\$ 72.837,91	R\$ 69.091,17	R\$ 65.901,78	R\$ 95.539,75
R\$	9.219.923,36	R\$ 8.580.542,65	R\$ 8.016.247,39	R\$ 7.521.439,35	R\$ 7.090.953,09	R\$ 6.720.026,22	R\$ 6.404.276,13	R\$ 9.338.435,11
R\$	4.547.839,03	R\$ 4.684.274,20	R\$ 4.824.802,43	R\$ 4.969.546,50	R\$ 5.118.632,90	R\$ 5.272.191,88	R\$ 5.430.357,64	R\$ 5.593.268,37
								R\$ 3.590.106,13

FLUXO DE DINHEIRO

VPL

TIR

TMA

0,08

(R\$ 53.851.591,92)

R\$ 13.767.762,39

R\$ 13.264.816,85

R\$ 12.841.049,82

R\$ 12.490.985,85

R\$ 12.209.585,99

R\$ 11.992.218,11

R\$ 11.834.633,77

R\$ 18.521.809,61

R\$ 83.575.592,65

33,968%

Anexo 3 – Fluxos de caixa

Cenário VIII – (parte 1)

Valor de venda de energia	R\$	0,11	Mais Provável
Valor de venda de créditos de carbono	R\$	29,09	Mais Provável

Capacidade bruta da usina (MW)	10
Capacidade de rede da usina (MW)	9,7
Fator de capacidade da usina	0,9
Taxa de venda de energia fora do aterro (R\$/kWh)	0,114
Venda de energia fora do aterro (kWh/ano)	76.474.800
Receitas de energia fora do aterro	

Taxa de recuperação do biogás (m³/h)	7.180,39
Redução de base (m³/h)	0
Redução de emissões de metano (ton/ano)	45.099
RCEs das reduções de metano (ton Co2eq/ano)	947.089
Taxa de venda de RCE (R\$/ton Co2eq)	29.0914
Receita de RCE da redução de metano (R\$/ano)	

RECEITA TOTAL

Biogás recuperado (MMBTU/ano)	241.804
Contribuição equitativa para o custo capital	
Preço de compra de biogás (R\$/MMBTU)	0,972
Custo anual para compra de biogás (R\$)	235.013,66
Taxa de O&M para a usina de energia (R\$/kWh)	0,050
Custo de O&M anual do sistema de coleta e de controle de gás e custos de ampliação	1.346.289,80
Registro, monitoramento e verificação anual	111.076,34
Serviço de débito anual	7.898.233,48
Tributos (PIS, COFINS)	1.324.002,41

CUSTOS TOTAIS ANUAIS

Lucro bruto	R\$ 25.359.423,01
Depreciação (-)	R\$ 3.590.106,13
Lucro antes do imposto de renda	R\$ 21.769.316,88
Imposto de renda (-)	R\$ 2.188.931,69
CSLL	R\$ 197.003,85
Lucro líquido após o imposto de renda	R\$ 19.383.381,34
Depreciação (+)	R\$ 3.590.106,13
Valor residual	

FLUXO DE DINHEIRO

VPL	(R\$ 53.851.591,92)	R\$ 22.973.487,47	R\$ 21.618.575,89	R\$ 20.408.898,97	R\$ 19.333.904,73	R\$ 18.383.875,76	R\$ 17.549.864,94	R\$ 16.823.631,35	R\$ 16.197.593,64
TIR	R\$ 98.317.801,05								
	37,416%								

TMA
0,08

2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
10	10	10	10	10	10	10	10
9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
0,114	0,117	0,121	0,125	0,128	0,132	0,136	0,140
76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800
R\$ 8.721.891,91	R\$ 8.983.548,66	R\$ 9.253.055,12	R\$ 9.530.646,78	R\$ 9.816.566,18	R\$ 10.111.063,16	R\$ 10.414.395,06	R\$ 10.726.826,91
7.180,39	6.628,34	6.118,73	5.648,30	5.214,04	4.813,16	4.443,11	4.101,51
0	0	0	0	0	0	0	0
45.099	41.632	38.431	35.477	32.749	30.231	27.907	25.761
947.089	874.273	807.056	745.007	687.728	634.853	586.043	540.986
29.0914	29.0914	29.0914	29.0914	29.0914	29.0914	29.0914	29.0914
R\$ 27.552.146,80	R\$ 25.433.834,26	R\$ 23.478.389,74	R\$ 21.673.286,69	R\$ 20.006.964,45	R\$ 18.468.755,89	R\$ 17.048.808,64	R\$ 15.738.035,80
R\$ 36.274.038,71	R\$ 34.417.382,92	R\$ 32.731.444,86	R\$ 31.203.933,47	R\$ 29.823.530,63	R\$ 28.579.819,05	R\$ 27.463.203,70	R\$ 26.464.862,71
241.804	223.213	206.051	190.209	175.585	162.086	149.624	138.120
0,972	1,001	1,031	1,062	1,094	1,127	1,161	1,195
R\$ 235.013,66	R\$ 223.453,08	R\$ 212.460,80	R\$ 202.009,77	R\$ 192.072,83	R\$ 182.625,43	R\$ 173.641,79	R\$ 165.099,89
0,050	0,051	0,053	0,055	0,056	0,058	0,060	0,061
R\$ 1.346.289,80	R\$ 1.386.678,49	R\$ 1.428.278,85	R\$ 1.471.127,21	R\$ 1.515.261,03	R\$ 1.560.718,86	R\$ 1.607.540,43	R\$ 1.655.766,64
R\$ 111.076,34	R\$ 114.408,64	R\$ 117.840,89	R\$ 121.376,12	R\$ 125.017,40	R\$ 128.767,93	R\$ 132.630,96	R\$ 136.609,89
R\$ 7.898.233,48	R\$ 7.611.024,99	R\$ 7.323.816,50	R\$ 7.036.608,01	R\$ 6.749.399,52	R\$ 6.462.191,03	R\$ 6.174.982,54	R\$ 5.887.774,05
R\$ 1.324.002,41	R\$ 1.256.234,48	R\$ 1.194.697,74	R\$ 1.138.943,57	R\$ 1.088.558,87	R\$ 1.043.163,40	R\$ 1.002.406,94	R\$ 965.967,49
R\$ 10.914.615,70	R\$ 10.591.799,67	R\$ 10.277.094,78	R\$ 9.970.064,68	R\$ 9.670.309,66	R\$ 9.377.466,65	R\$ 9.091.202,65	R\$ 8.811.217,96
R\$ 25.359.423,01	R\$ 23.825.583,25	R\$ 22.454.350,08	R\$ 21.233.868,79	R\$ 20.153.220,97	R\$ 19.202.352,40	R\$ 18.372.001,05	R\$ 17.653.644,75
R\$ 3.590.106,13	R\$ 3.697.809,31	R\$ 3.808.743,59	R\$ 3.923.005,90	R\$ 4.040.696,08	R\$ 4.161.916,96	R\$ 4.286.774,47	R\$ 4.415.377,70
R\$ 21.769.316,88	R\$ 20.127.773,94	R\$ 18.645.606,49	R\$ 17.310.862,89	R\$ 16.112.524,89	R\$ 15.040.435,45	R\$ 14.085.226,59	R\$ 13.238.267,05
R\$ 2.188.931,69	R\$ 2.024.777,39	R\$ 1.876.560,65	R\$ 1.743.086,29	R\$ 1.623.252,49	R\$ 1.516.043,54	R\$ 1.420.522,66	R\$ 1.335.826,71
R\$ 197.003,85	R\$ 182.229,97	R\$ 168.890,46	R\$ 156.877,77	R\$ 146.092,72	R\$ 136.443,92	R\$ 127.847,04	R\$ 120.224,40
R\$ 19.383.381,34	R\$ 17.920.766,58	R\$ 16.600.155,38	R\$ 15.410.898,83	R\$ 14.343.179,68	R\$ 13.387.947,98	R\$ 12.536.856,89	R\$ 11.782.215,94
R\$ 3.590.106,13	R\$ 3.697.809,31	R\$ 3.808.743,59	R\$ 3.923.005,90	R\$ 4.040.696,08	R\$ 4.161.916,96	R\$ 4.286.774,47	R\$ 4.415.377,70

Anexo 3 – Fluxos de caixa

Cenário VIII – (parte 2)

Valor de venda de energia	R\$	0,11	Mais Provável
Valor de venda de créditos de carbono	R\$	29,09	Mais Provável

Capacidade bruta da usina (MW)
Capacidade de rede da usina (MW)
Fator de capacidade da usina
Taxa de venda de energia fora do aterro (R\$/kWh)
Venda de energia fora do aterro (kWh/ano)
Receitas de energia fora do aterro

Taxa de recuperação do biogás (m³/h)
Redução de base (m³/h)
Redução de emissões de metano (ton/ano)
RCEs das reduções de metano (ton Co2eq/ano)
Taxa de venda de RCE (R\$/ton Co2eq)
Receita de RCE da redução de metano (R\$/ano)

RECEITA TOTAL

Biogás recuperado (MMBTU/ano)
Contribuição equitativa para o custo capital
Preço de compra de biogás (R\$/MMBTU)
Custo anual para compra de biogás (R\$)
Taxa de O&M para a usina de energia (R\$/kWh)
Custo de O&M anual do sistema de coleta e de controle de gás e custos de ampliação
Registro, monitoramento e verificação anual
Serviço de débito anual
Tributos (PIS, COFINS)

CUSTOS TOTAIS ANUAIS

Lucro bruto
Depreciação (-)
Lucro antes do imposto de renda
Imposto de renda (-)
CSLL
Lucro líquido após o imposto de renda
Depreciação (+)
Valor residual

2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
10	10	10	10	10	10	10	10
9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
0,144	0,149	0,153	0,158	0,163	0,167	0,173	0,178
76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800
R\$ 11.048.631,72	R\$ 11.380.090,67	R\$ 11.721.493,39	R\$ 12.073.138,19	R\$ 12.435.332,34	R\$ 12.808.392,31	R\$ 13.192.644,08	R\$ 13.588.423,40
3786,17	3495,07	3226,36	2978,30	2749,32	2537,94	2342,82	2162,69
0	0	0	0	0	0	0	0
23.781	21.952	20.265	18.706	17.268	15.941	14.715	13.584
499.393	460.998	425.555	392.836	362.634	334.753	309.016	285.258
29,0914	29,0914	29,0914	29,0914	29,0914	29,0914	29,0914	29,0914
R\$ 14.528.037,05	R\$ 13.411.069,14	R\$ 12.379.976,85	R\$ 11.428.160,18	R\$ 10.549.521,77	R\$ 9.738.434,03	R\$ 8.989.709,61	R\$ 8.298.545,51
R\$ 25.576.668,77	R\$ 24.791.159,81	R\$ 24.101.470,24	R\$ 23.501.298,37	R\$ 22.984.854,11	R\$ 22.546.826,34	R\$ 22.182.353,69	R\$ 21.886.968,91
127.501	117.698	108.649	100.296	92.585	85.467	78.896	72.830
1,231	1,268	1,306	1,345	1,386	1,427	1,470	1,514
R\$ 156.978,81	R\$ 149.256,67	R\$ 141.914,78	R\$ 134.934,41	R\$ 128.297,14	R\$ 121.986,57	R\$ 115.986,05	R\$ 110.280,40
0,063	0,065	0,067	0,069	0,071	0,073	0,076	0,078
R\$ 1.705.439,64	R\$ 1.756.602,83	R\$ 1.809.300,91	R\$ 1.863.579,94	R\$ 1.919.487,34	R\$ 1.977.071,96	R\$ 2.036.384,12	R\$ 2.097.475,64
R\$ 140.708,19	R\$ 144.929,44	R\$ 149.277,32	R\$ 153.755,64	R\$ 158.368,31	R\$ 163.119,36	R\$ 168.012,94	R\$ 173.053,33
R\$ 5.600.565,56	R\$ 5.313.357,07	R\$ 5.026.148,58	R\$ 4.738.940,09	R\$ 4.451.731,60	R\$ 4.164.523,11	R\$ 3.877.314,62	R\$ 3.590.106,13
R\$ 933.548,41	R\$ 904.877,33	R\$ 879.703,66	R\$ 857.797,39	R\$ 838.947,17	R\$ 822.959,16	R\$ 809.655,91	R\$ 798.874,37
R\$ 8.537.240,60	R\$ 8.269.023,33	R\$ 8.006.345,25	R\$ 7.749.007,47	R\$ 7.496.831,55	R\$ 7.249.660,15	R\$ 7.007.353,63	R\$ 6.769.000,05
R\$ 17.039.428,17	R\$ 16.522.136,48	R\$ 16.095.124,99	R\$ 15.752.290,91	R\$ 15.488.022,55	R\$ 15.297.166,19	R\$ 15.175.000,05	R\$ 15.052.268,37
R\$ 4.547.839,03	R\$ 4.684.274,20	R\$ 4.824.802,43	R\$ 4.969.546,50	R\$ 5.118.632,90	R\$ 5.272.191,88	R\$ 5.430.357,64	R\$ 5.593.268,37
R\$ 12.491.589,13	R\$ 11.837.862,27	R\$ 11.270.322,56	R\$ 10.782.744,40	R\$ 10.369.389,66	R\$ 10.024.974,31	R\$ 9.744.642,41	R\$ 9.469.000,05
R\$ 1.261.158,91	R\$ 1.195.786,23	R\$ 1.139.032,26	R\$ 1.090.274,44	R\$ 1.048.938,97	R\$ 1.014.497,43	R\$ 986.464,24	R\$ 964.240,68
R\$ 113.504,30	R\$ 107.620,76	R\$ 102.512,90	R\$ 98.124,70	R\$ 94.404,51	R\$ 91.304,77	R\$ 88.781,78	R\$ 86.304,77
R\$ 11.116.925,92	R\$ 10.534.455,28	R\$ 10.028.777,40	R\$ 9.594.345,26	R\$ 9.226.046,19	R\$ 8.919.172,11	R\$ 8.669.396,39	R\$ 8.430.357,64
R\$ 4.547.839,03	R\$ 4.684.274,20	R\$ 4.824.802,43	R\$ 4.969.546,50	R\$ 5.118.632,90	R\$ 5.272.191,88	R\$ 5.430.357,64	R\$ 5.593.268,37
							R\$ 3.590.106,13

FLUXO DE DINHEIRO

VPL
TIR

TMA
0,08

(R\$ 53.851.591,92) R\$ 15.664.764,95 R\$ 15.218.729,49 R\$ 14.853.579,83 R\$ 14.563.891,77 R\$ 14.344.679,08 R\$ 14.191.363,99 R\$ 14.099.754,03 R\$ 20.854.883,48
R\$ 98.317.801,05
37,416%

Anexo 3 – Fluxos de caixa

Cenário IX – (parte 1)

Valor de venda de energia	R\$ 0,14	Otimista
Valor de venda de créditos de carbono	R\$ 29,09	Mais Provável

Capacidade bruta da usina (MW)	10
Capacidade de rede da usina (MW)	9,7
Fator de capacidade da usina	0,9
Taxa de venda de energia fora do aterro (R\$/kWh)	0,137
Venda de energia fora do aterro (kWh/ano)	76.474.800
Receitas de energia fora do aterro	

Taxa de recuperação do biogás (m³/h)	7.180,39
Redução de base (m³/h)	0
Redução de emissões de metano (ton/ano)	45.099
RCEs das reduções de metano (ton Co2eq/ano)	947.089
Taxa de venda de RCE (R\$/ton Co2eq)	29,0914
Receita de RCE da redução de metano (R\$/ano)	

RECEITA TOTAL

Biogás recuperado (MMBTU/ano)	241.804
Contribuição equitativa para o custo capital	
Preço de compra de biogás (R\$/MMBTU)	0,972
Custo anual para compra de biogás (R\$)	235.013,66
Taxa de O&M para a usina de energia (R\$/kWh)	0,050
Custo de O&M anual do sistema de coleta e de controle de gás e custos de ampliação	1.346.289,80
Registro, monitoramento e verificação anual	111.076,34
Serviço de débito anual	7.898.233,48
Tributos (PIS, COFINS)	1.387.672,22

CUSTOS TOTAIS ANUAIS

Lucro bruto	R\$ 27.040.131,58
Depreciação (-)	R\$ 3.590.106,13
Lucro antes do imposto de renda	R\$ 23.450.025,45
Imposto de renda (-)	R\$ 2.357.002,54
CSLL	R\$ 212.130,23
Lucro líquido após o imposto de renda	R\$ 20.880.892,68
Depreciação (+)	R\$ 3.590.106,13
Valor residual	

FLUXO DE DINHEIRO

VPL R\$ 113.060.009,44
TIR 40,759%

TMA
0,08

2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
10	10	10	10	10	10	10	10
9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
0,137	0,141	0,145	0,150	0,154	0,159	0,163	0,168
76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800
R\$ 10.466.270,29	R\$ 10.780.258,39	R\$ 11.103.666,15	R\$ 11.436.776,13	R\$ 11.779.879,42	R\$ 12.133.275,80	R\$ 12.497.274,07	R\$ 12.872.192,29
7.180,39	6.628,34	6.118,73	5.648,30	5.214,04	4.813,16	4.443,11	4.101,51
0	0	0	0	0	0	0	0
45.099	41.632	38.431	35.477	32.749	30.231	27.907	25.761
947.089	874.273	807.056	745.007	687.728	634.853	586.043	540.986
29,0914	29,0914	29,0914	29,0914	29,0914	29,0914	29,0914	29,0914
R\$ 27.552.146,80	R\$ 25.433.834,26	R\$ 23.478.389,74	R\$ 21.673.286,69	R\$ 20.006.964,45	R\$ 18.468.755,89	R\$ 17.048.808,64	R\$ 15.738.035,80
R\$ 38.018.417,09	R\$ 36.214.092,65	R\$ 34.582.055,88	R\$ 33.110.062,83	R\$ 31.786.843,86	R\$ 30.602.031,68	R\$ 29.546.082,71	R\$ 28.610.228,09
241.804	223.213	206.051	190.209	175.585	162.086	149.624	138.120
0,972	1,001	1,031	1,062	1,094	1,127	1,161	1,195
R\$ 235.013,66	R\$ 223.453,08	R\$ 212.460,80	R\$ 202.009,77	R\$ 192.072,83	R\$ 182.625,43	R\$ 173.641,79	R\$ 165.099,89
0,050	0,051	0,053	0,055	0,056	0,058	0,060	0,061
R\$ 1.346.289,80	R\$ 1.386.678,49	R\$ 1.428.278,85	R\$ 1.471.127,21	R\$ 1.515.261,03	R\$ 1.560.718,86	R\$ 1.607.540,43	R\$ 1.655.766,64
R\$ 111.076,34	R\$ 114.408,64	R\$ 117.840,89	R\$ 121.376,12	R\$ 125.017,40	R\$ 128.767,93	R\$ 132.630,96	R\$ 136.609,89
R\$ 7.898.233,48	R\$ 7.611.024,99	R\$ 7.323.816,50	R\$ 7.036.608,01	R\$ 6.749.399,52	R\$ 6.462.191,03	R\$ 6.174.962,54	R\$ 5.887.774,05
R\$ 1.387.672,22	R\$ 1.321.814,38	R\$ 1.262.245,04	R\$ 1.208.517,29	R\$ 1.160.219,80	R\$ 1.116.974,16	R\$ 1.078.432,02	R\$ 1.044.273,33
R\$ 10.978.285,51	R\$ 10.657.379,58	R\$ 10.344.642,08	R\$ 10.039.638,41	R\$ 9.741.970,59	R\$ 9.451.277,41	R\$ 9.167.227,73	R\$ 8.889.523,79
R\$ 27.040.131,58	R\$ 25.556.713,08	R\$ 24.237.413,80	R\$ 23.070.424,42	R\$ 22.044.873,27	R\$ 21.150.754,28	R\$ 20.378.854,98	R\$ 19.720.704,30
R\$ 3.590.106,13	R\$ 3.697.809,31	R\$ 3.808.743,59	R\$ 3.923.005,90	R\$ 4.040.696,08	R\$ 4.161.916,96	R\$ 4.286.774,47	R\$ 4.415.377,70
R\$ 23.450.025,45	R\$ 21.858.903,76	R\$ 20.428.670,21	R\$ 19.147.418,52	R\$ 18.004.177,20	R\$ 16.988.837,32	R\$ 16.092.080,51	R\$ 15.305.326,60
R\$ 2.357.002,54	R\$ 2.197.890,38	R\$ 2.054.867,02	R\$ 1.926.741,85	R\$ 1.812.417,72	R\$ 1.710.883,73	R\$ 1.621.208,05	R\$ 1.542.532,66
R\$ 212.130,23	R\$ 197.810,13	R\$ 184.938,03	R\$ 173.406,77	R\$ 163.117,59	R\$ 153.979,54	R\$ 145.908,72	R\$ 138.827,94
R\$ 20.880.892,68	R\$ 19.463.203,25	R\$ 18.188.865,16	R\$ 17.047.269,90	R\$ 16.028.641,88	R\$ 15.123.974,05	R\$ 14.324.963,74	R\$ 13.623.966,00
R\$ 3.590.106,13	R\$ 3.697.809,31	R\$ 3.808.743,59	R\$ 3.923.005,90	R\$ 4.040.696,08	R\$ 4.161.916,96	R\$ 4.286.774,47	R\$ 4.415.377,70
R\$ 53.851.591,92	R\$ 44.700.000,00	R\$ 35.500.000,00	R\$ 26.500.000,00	R\$ 17.500.000,00	R\$ 8.500.000,00	R\$ 0.000.000,00	R\$ 0.000.000,00
R\$ 24.470.998,80	R\$ 23.161.012,57	R\$ 21.997.608,75	R\$ 20.970.275,80	R\$ 20.069.337,96	R\$ 19.285.891,01	R\$ 18.611.738,20	R\$ 18.039.343,70

Anexo 3 – Fluxos de caixa

Cenário IX – (parte 2)

Valor de venda de energia	R\$ 0,14	Otimista
Valor de venda de créditos de carbono	R\$ 29,09	Mais Provável

Capacidade bruta da usina (MW)
Capacidade de rede da usina (MW)
Fator de capacidade da usina
Taxa de venda de energia fora do atero (R\$/kWh)
Venda de energia fora do atero (kWh/ano)
Receitas de energia fora do atero

Taxa de recuperação do biogás (m³/h)
Redução de base (m³/h)
Redução de emissões de metano (ton/ano)
RCEs das reduções de metano (ton Co2eq/ano)
Taxa de venda de RCE (R\$/ton Co2eq)
Receita de RCE da redução de metano (R\$/ano)

RECEITA TOTAL	
---------------	--

Biogás recuperado (MMBTU/ano)
Contribuição equitativa para o custo capital
Preço de compra de biogás (R\$/MMBTU)
Custo anual para compra de biogás (R\$)
Taxa de O&M para a usina de energia (R\$/kWh)
Custo de O&M anual do sistema de coleta e de controle de gás e custos de ampliação
Registro, monitoramento e verificação anual
Serviço de débito anual
Tributos (PIS, COFINS)

CUSTOS TOTAIS ANUAIS

Lucro bruto
Depreciação (-)
Lucro antes do imposto de renda
Imposto de renda (-)
CSLL
Lucro líquido após o imposto de renda
Depreciação (+)
Valor residual

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
	10	10	10	10	10	10	10	10
	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
	0,173	0,179	0,184	0,189	0,195	0,201	0,207	0,213
R\$	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800
R\$	13.258.358,06	R\$ 13.656.108,80	R\$ 14.065.792,07	R\$ 14.487.765,83	R\$ 14.922.398,81	R\$ 15.370.070,77	R\$ 15.831.172,89	R\$ 16.306.108,08
	3786,17	3495,07	3226,36	2978,30	2749,32	2537,94	2342,82	2162,69
	0	0	0	0	0	0	0	0
	23.781	21.952	20.265	18.706	17.268	15.941	14.715	13.584
	499.393	460.998	425.555	392.836	362.634	334.753	309.016	285.258
R\$	29.0914	29.0914	29.0914	29.0914	29.0914	29.0914	29.0914	29.0914
R\$	14.528.037,05	R\$ 13.411.069,14	R\$ 12.379.976,85	R\$ 11.428.160,18	R\$ 10.549.521,77	R\$ 9.738.434,03	R\$ 8.989.709,61	R\$ 8.298.545,51
R\$	27.786.395,11	R\$ 27.067.177,94	R\$ 26.445.768,92	R\$ 25.915.926,01	R\$ 25.471.920,58	R\$ 25.108.504,80	R\$ 24.820.882,50	R\$ 24.604.653,59
	127.501	117.698	108.649	100.296	92.585	85.467	78.896	72.830
	1,231	1,268	1,306	1,345	1,386	1,427	1,470	1,514
R\$	156.978,81	R\$ 149.256,67	R\$ 141.914,78	R\$ 134.934,41	R\$ 128.297,14	R\$ 121.986,57	R\$ 115.986,05	R\$ 110.280,40
	0,063	0,065	0,067	0,069	0,071	0,073	0,076	0,078
R\$	1.705.439,64	R\$ 1.756.602,83	R\$ 1.809.300,91	R\$ 1.863.579,94	R\$ 1.919.487,34	R\$ 1.977.071,96	R\$ 2.036.384,12	R\$ 2.097.475,64
R\$	140.708,19	R\$ 144.929,44	R\$ 149.277,32	R\$ 153.755,64	R\$ 158.368,31	R\$ 163.119,36	R\$ 168.012,94	R\$ 173.053,33
R\$	5.600.565,56	R\$ 5.313.357,07	R\$ 5.026.148,58	R\$ 4.738.940,09	R\$ 4.451.731,60	R\$ 4.164.523,11	R\$ 3.877.314,62	R\$ 3.590.106,13
R\$	1.014.203,42	R\$ 987.951,99	R\$ 965.270,57	R\$ 945.931,30	R\$ 929.725,10	R\$ 916.460,43	R\$ 905.962,21	R\$ 898.069,86
R\$	8.617.895,61	R\$ 8.352.097,99	R\$ 8.091.912,15	R\$ 7.837.141,38	R\$ 7.587.609,48	R\$ 7.343.161,42	R\$ 7.103.659,93	R\$ 6.869.277,22
R\$	19.168.499,50	R\$ 18.715.079,95	R\$ 18.353.856,77	R\$ 18.078.784,64	R\$ 17.884.311,10	R\$ 17.765.343,39	R\$ 17.717.222,57	R\$ 21.325.774,37
R\$	4.547.839,03	R\$ 4.684.874,20	R\$ 4.824.802,43	R\$ 4.969.546,50	R\$ 5.118.632,90	R\$ 5.272.191,88	R\$ 5.430.357,64	R\$ 5.593.268,37
R\$	14.620.660,47	R\$ 14.030.805,74	R\$ 13.529.054,34	R\$ 13.109.238,13	R\$ 12.765.678,20	R\$ 12.493.151,50	R\$ 12.286.864,93	R\$ 15.732.506,00
R\$	1.474.066,05	R\$ 1.415.080,57	R\$ 1.364.905,43	R\$ 1.322.923,81	R\$ 1.288.567,82	R\$ 1.261.315,15	R\$ 1.240.686,49	R\$ 1.585.250,60
R\$	132.665,94	R\$ 127.357,25	R\$ 122.841,49	R\$ 119.063,14	R\$ 115.971,10	R\$ 113.518,36	R\$ 111.661,78	R\$ 142.672,55
R\$	13.013.928,48	R\$ 12.488.367,92	R\$ 12.041.307,42	R\$ 11.667.251,18	R\$ 11.361.139,28	R\$ 11.118.317,99	R\$ 10.934.516,65	R\$ 14.004.582,85
R\$	4.547.839,03	R\$ 4.684.274,20	R\$ 4.824.802,43	R\$ 4.969.546,50	R\$ 5.118.632,90	R\$ 5.272.191,88	R\$ 5.430.357,64	R\$ 5.593.268,37
								R\$ 3.590.106,13
2) 4 %	R\$ 17.561.767,51	R\$ 17.172.642,12	R\$ 16.866.109,84	R\$ 16.636.797,68	R\$ 16.479.772,17	R\$ 16.390.509,87	R\$ 16.364.874,29	R\$ 23.187.957,35

FLUXO DE DINHEIRO

VPL

TIR

TMA

0.08

Anexo 3 – Fluxos de caixa

Cenário X – (parte 1)

Valor de venda de energia	R\$ 0,09	Pessimista
Valor de venda de créditos de carbono	R\$ 30,89	Otimista

Capacidade bruta da usina (MW)
Capacidade de rede da usina (MW)
Fator de capacidade da usina
Taxa de venda de energia fora do aterro (R\$/kWh)
Venda de energia fora do aterro (kWh/ano)
Receitas de energia fora do aterro

Taxa de recuperação do biogás (m³/h)
Redução de base (m³/h)
Redução de emissões de metano (ton/ano)
RCEs das reduções de metano (ton Co2eq/ano)
Taxa de venda de RCE (R\$/ton Co2eq)
Receita de RCE da redução de metano (R\$/ano)

RECEITA TOTAL

Biogás recuperado (MMBTU/ano)
Contribuição equitativa para o custo capital
Preço de compra de biogás (R\$/MMBTU)
Custo anual para compra de biogás (R\$)
Taxa de O&M para a usina de energia (R\$/kWh)
Custo de O&M anual do sistema de coleta e de controle de gás e custos de ampliação
Registro, monitoramento e verificação anual
Serviço de débito anual
Tributos (PIS, COFINS)

CUSTOS TOTAIS ANUAIS

Lucro bruto
Depreciação (-)
Lucro antes do imposto de renda
Imposto de renda (-)
CSLL
Lucro líquido após o imposto de renda
Depreciação (+)
Valor residual

FLUXO DE DINHEIRO

VPL
TIR

TMA
0,08

(R\$ 53.851.591,92) R\$ 22.936.711,82 R\$ 21.424.568,06 R\$ 20.064.945,99 R\$ 18.846.589,07 R\$ 17.759.125,35 R\$ 16.792.999,27 R\$ 15.939.403,37 R\$ 15.190.229,05
R\$ 91.497.171,52
36,553%

2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
10	10	10	10	10	10	10	10
9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
0,091	0,094	0,097	0,100	0,103	0,106	0,109	0,112
76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800
R\$ 6.977.513,52	R\$ 7.186.838,93	R\$ 7.402.444,10	R\$ 7.624.517,42	R\$ 7.853.252,94	R\$ 8.088.850,53	R\$ 8.331.516,05	R\$ 8.581.461,53
7.180,39	6.628,34	6.118,73	5.648,30	5.214,04	4.813,16	4.443,11	4.101,51
0	0	0	0	0	0	0	0
45.099	41.632	38.431	35.477	32.749	30.231	27.907	25.761
947.089	874.273	807.056	745.007	687.728	634.853	586.043	540.986
30,888	30,888	30,888	30,888	30,888	30,888	30,888	30,888
R\$ 29.253.687,02	R\$ 27.004.553,67	R\$ 24.928.346,60	R\$ 23.011.765,66	R\$ 21.242.536,21	R\$ 19.609.332,37	R\$ 18.101.693,33	R\$ 16.709.970,98
R\$ 36.231.200,54	R\$ 34.191.392,60	R\$ 32.330.790,69	R\$ 30.636.283,08	R\$ 29.095.789,15	R\$ 27.698.182,91	R\$ 26.433.209,38	R\$ 25.291.432,51
241.804	223.213	206.051	190.209	175.585	162.086	149.624	138.120
0,972	1,001	1,031	1,062	1,094	1,127	1,161	1,195
R\$ 235.013,66	R\$ 223.453,08	R\$ 212.460,80	R\$ 202.009,77	R\$ 192.072,83	R\$ 182.625,43	R\$ 173.641,79	R\$ 165.099,89
0,050	0,051	0,053	0,055	0,056	0,058	0,060	0,061
R\$ 1.346.289,80	R\$ 1.386.678,49	R\$ 1.428.278,85	R\$ 1.471.127,21	R\$ 1.515.261,03	R\$ 1.560.718,86	R\$ 1.607.540,43	R\$ 1.655.766,64
R\$ 111.076,34	R\$ 114.408,64	R\$ 117.840,89	R\$ 121.376,12	R\$ 125.017,40	R\$ 128.767,93	R\$ 132.630,96	R\$ 136.609,89
R\$ 7.898.233,48	R\$ 7.611.024,99	R\$ 7.323.816,50	R\$ 7.036.608,01	R\$ 6.749.399,52	R\$ 6.462.191,03	R\$ 6.174.982,54	R\$ 5.887.774,05
R\$ 1.322.438,82	R\$ 1.247.985,83	R\$ 1.180.073,86	R\$ 1.118.224,33	R\$ 1.061.996,30	R\$ 1.010.983,68	R\$ 964.812,14	R\$ 923.137,29
R\$ 10.913.052,11	R\$ 10.583.551,03	R\$ 10.262.470,90	R\$ 9.949.345,44	R\$ 9.643.747,09	R\$ 9.345.286,93	R\$ 9.053.607,86	R\$ 8.768.387,75
R\$ 25.318.148,43	R\$ 23.607.841,57	R\$ 22.068.319,79	R\$ 20.686.937,63	R\$ 19.452.042,06	R\$ 18.352.895,98	R\$ 17.379.601,52	R\$ 16.523.044,75
R\$ 3.590.106,13	R\$ 3.697.809,31	R\$ 3.808.743,59	R\$ 3.923.005,90	R\$ 4.040.696,08	R\$ 4.161.916,96	R\$ 4.286.774,47	R\$ 4.415.377,70
R\$ 21.728.042,30	R\$ 19.910.032,26	R\$ 18.259.576,20	R\$ 16.763.931,73	R\$ 15.411.345,98	R\$ 14.190.979,02	R\$ 13.092.827,05	R\$ 12.107.667,05
R\$ 2.184.804,23	R\$ 2.003.003,23	R\$ 1.837.957,62	R\$ 1.688.393,17	R\$ 1.553.134,60	R\$ 1.431.097,90	R\$ 1.321.282,71	R\$ 1.222.766,71
R\$ 196.632,38	R\$ 180.270,29	R\$ 165.416,19	R\$ 151.955,39	R\$ 139.782,11	R\$ 128.798,81	R\$ 118.915,44	R\$ 110.049,00
R\$ 19.346.605,69	R\$ 17.726.758,74	R\$ 16.256.202,40	R\$ 14.923.583,17	R\$ 13.718.429,27	R\$ 12.631.082,31	R\$ 11.652.628,90	R\$ 10.774.851,34
R\$ 3.590.106,13	R\$ 3.697.809,31	R\$ 3.808.743,59	R\$ 3.923.005,90	R\$ 4.040.696,08	R\$ 4.161.916,96	R\$ 4.286.774,47	R\$ 4.415.377,70

Anexo 3 – Fluxos de caixa

Cenário X – (parte 2)

Valor de venda de energia	R\$ 0,09	Pessimista
Valor de venda de créditos de carbono	R\$ 30,89	Otimista

Capacidade bruta da usina (MW)
Capacidade de rede da usina (MW)
Fator de capacidade da usina
Taxa de venda de energia fora do aterro (R\$/kWh)
Venda de energia fora do aterro (kWh/ano)
Receitas de energia fora do aterro

Taxa de recuperação do biogás (m³/h)
Redução de base (m³/h)
Redução de emissões de metano (ton/ano)
RCEs das reduções de metano (ton Co2eq/ano)
Taxa de venda de RCE (R\$/ton Co2eq)
Receita de RCE da redução de metano (R\$/ano)

RECEITA TOTAL

Bio gás recuperado (MMBTU/ano)
Contribuição equitativa para o custo capital
Preço de compra de bio gás (R\$/MMBTU)
Custo anual para compra de bio gás (R\$)
Taxa de O&M para a usina de energia (R\$/kWh)
Custo de O&M anual do sistema de coleta e de controle de gás e custos de ampliação
Registro, monitoramento e verificação anual
Serviço de débito anual
Tributos (PIS, COFINS)

CUSTOS TOTAIS ANUAIS

Lucro bruto
Depreciação (-)
Lucro antes do imposto de renda
Imposto de renda (-)
CSLL
Lucro líquido após o imposto de renda
Depreciação (+)
Valor residual

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
	10	10	10	10	10	10	10	10
	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
	0,116	0,119	0,123	0,126	0,130	0,134	0,138	0,142
	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800
R\$	8.838.905,37	R\$ 9.104.072,54	R\$ 9.377.194,71	R\$ 9.658.510,55	R\$ 9.948.265,87	R\$ 10.246.713,85	R\$ 10.554.115,26	R\$ 10.870.738,72
	3786,17	3495,07	3226,36	2978,30	2749,32	2537,94	2342,82	2162,69
	0	0	0	0	0	0	0	0
	23.781	21.952	20.265	18.706	17.268	15.941	14.715	13.584
	499.393	460.998	425.555	392.836	362.634	334.753	309.016	285.258
	30,888	30,888	30,888	30,888	30,888	30,888	30,888	30,888
R\$	15.425.246,24	R\$ 14.239.297,64	R\$ 13.144.528,10	R\$ 12.133.930,02	R\$ 11.201.029,46	R\$ 10.339.851,31	R\$ 9.544.887,85	R\$ 8.811.039,47
R\$	24.264.151,61	R\$ 23.343.370,18	R\$ 22.521.722,82	R\$ 21.792.440,57	R\$ 21.149.295,33	R\$ 20.586.565,16	R\$ 20.099.003,11	R\$ 19.681.778,19
	127.501	117.698	108.649	100.296	92.585	85.467	78.896	72.830
	1,231	1,268	1,306	1,345	1,386	1,427	1,470	1,514
R\$	156.978,81	R\$ 149.256,67	R\$ 141.914,78	R\$ 134.934,41	R\$ 128.297,14	R\$ 121.986,57	R\$ 115.986,05	R\$ 110.280,40
	0,063	0,065	0,067	0,069	0,071	0,073	0,076	0,078
R\$	1.705.439,64	R\$ 1.756.602,83	R\$ 1.809.300,91	R\$ 1.863.579,94	R\$ 1.919.487,34	R\$ 1.977.071,96	R\$ 2.036.384,12	R\$ 2.097.475,64
R\$	140.708,19	R\$ 144.929,44	R\$ 149.277,32	R\$ 153.755,64	R\$ 158.368,31	R\$ 163.119,36	R\$ 168.012,94	R\$ 173.053,33
R\$	5.600.565,56	R\$ 5.313.357,07	R\$ 5.026.148,58	R\$ 4.738.940,09	R\$ 4.451.731,60	R\$ 4.164.523,11	R\$ 3.877.314,62	R\$ 3.590.106,13
R\$	885.641,53	R\$ 852.033,01	R\$ 822.042,88	R\$ 795.424,08	R\$ 771.949,28	R\$ 751.409,63	R\$ 733.613,61	R\$ 718.384,90
R\$	8.489.333,73	R\$ 8.216.179,01	R\$ 7.948.684,47	R\$ 7.686.634,16	R\$ 7.429.833,66	R\$ 7.178.110,62	R\$ 6.931.311,34	R\$ 6.693.106,13
R\$	15.774.817,89	R\$ 15.127.191,17	R\$ 14.573.038,35	R\$ 14.105.806,41	R\$ 13.719.461,67	R\$ 13.408.454,54	R\$ 13.167.691,78	R\$ 12.942.583,93
R\$	4.547.839,03	R\$ 4.684.274,20	R\$ 4.824.802,43	R\$ 4.969.546,50	R\$ 5.118.632,90	R\$ 5.272.191,88	R\$ 5.430.357,64	R\$ 5.593.268,37
R\$	11.226.978,85	R\$ 10.442.916,97	R\$ 9.748.235,92	R\$ 9.136.259,91	R\$ 8.600.828,78	R\$ 8.136.262,65	R\$ 7.737.334,14	R\$ 7.390.315,56
R\$	1.134.697,89	R\$ 1.056.291,70	R\$ 986.823,59	R\$ 925.625,99	R\$ 872.082,88	R\$ 825.626,27	R\$ 785.733,41	R\$ 746.841,56
R\$	102.122,81	R\$ 95.066,25	R\$ 88.814,12	R\$ 83.306,34	R\$ 78.487,46	R\$ 74.306,36	R\$ 70.716,01	R\$ 67.593,84
R\$	9.990.158,16	R\$ 9.291.559,02	R\$ 8.672.598,21	R\$ 8.127.327,58	R\$ 7.650.258,44	R\$ 7.236.330,03	R\$ 6.880.884,72	R\$ 6.593.268,37
R\$	4.547.839,03	R\$ 4.684.274,20	R\$ 4.824.802,43	R\$ 4.969.546,50	R\$ 5.118.632,90	R\$ 5.272.191,88	R\$ 5.430.357,64	R\$ 5.593.268,37
R\$	15.437.997,19	R\$ 13.975.833,22	R\$ 13.497.400,63	R\$ 13.096.874,08	R\$ 12.768.891,34	R\$ 12.508.521,91	R\$ 12.311.242,36	R\$ 12.127.774,66

FLUXO DE DINHEIRO

VPL

TIR

TMA

0.08

Anexo 3 – Fluxos de caixa

Cenário XI – (parte 1)

Valor de venda de energia	R\$ 0,11	Mais Provável
Valor de venda de créditos de carbono	R\$ 30,89	Otimista

Capacidade bruta da usina (MW)	10
Capacidade de rede da usina (MW)	9,7
Fator de capacidade da usina	0,9
Taxa de venda de energia fora do aterro (R\$/kWh)	0,114
Venda de energia fora do aterro (kWh/ano)	76.474.800
Receitas de energia fora do aterro	

Taxa de recuperação do biogás (m³/h)	7.180,39
Redução de base (m³/h)	0
Redução de emissões de metano (ton/ano)	45.099
RCEs das reduções de metano (ton Co2eq/ano)	947.089
Taxa de venda de RCE (R\$/ton Co2eq)	30,888
Receita de RCE da redução de metano (R\$/ano)	

RECEITA TOTAL

Biogás recuperado (MMBTU/ano)	241.804
Contribuição equitativa para o custo capital	
Preço de compra de biogás (R\$/MMBTU)	0,972
Custo anual para compra de biogás (R\$)	235.013,66
Taxa de O&M para a usina de energia (R\$/kWh)	0,050
Custo de O&M anual do sistema de coleta e de controle de gás e custos de ampliação	1.346.289,80
Registro, monitoramento e verificação anual	111.076,34
Serviço de débito anual	7.898.233,48
Tributos (PIS, COFINS)	1.386.108,63

CUSTOS TOTAIS ANUAIS

Lucro bruto	R\$ 26.998.857,00
Depreciação (-)	R\$ 3.590.106,13
Lucro antes do imposto de renda	R\$ 23.408.750,87
Imposto de renda (-)	R\$ 2.352.875,09
CSLL	R\$ 211.758,76
Lucro líquido após o imposto de renda	R\$ 20.844.117,03
Depreciação (+)	R\$ 3.590.106,13
Valor residual	

FLUXO DE DINHEIRO

VPL	(R\$ 53.851.591,92)	R\$ 24.434.223,16	R\$ 22.967.004,73	R\$ 21.653.655,76	R\$ 20.482.960,14	R\$ 19.444.587,55	R\$ 18.529.025,33	R\$ 17.727.510,22	R\$ 17.031.979,10
TIR									

TMA
0,08

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
	10	10	10	10	10	10	10	10
	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
	0,114	0,117	0,121	0,125	0,128	0,132	0,136	0,140
	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800
R\$	8.721.891,91	R\$ 8.983.548,66	R\$ 9.253.055,12	R\$ 9.530.646,78	R\$ 9.816.566,18	R\$ 10.111.063,16	R\$ 10.414.395,06	R\$ 10.726.826,91
	7.180,39	6.628,34	6.118,73	5.648,30	5.214,04	4.813,16	4.443,11	4.101,51
	0	0	0	0	0	0	0	0
	45.099	41.632	38.431	35.477	32.749	30.231	27.907	25.761
	947.089	874.273	807.056	745.007	687.728	634.853	586.043	540.986
	30,888	30,888	30,888	30,888	30,888	30,888	30,888	30,888
R\$	29.253.687,02	R\$ 27.004.553,67	R\$ 24.928.346,60	R\$ 23.011.765,66	R\$ 21.242.536,21	R\$ 19.609.332,37	R\$ 18.101.693,33	R\$ 16.709.970,98
R\$	37.975.578,92	R\$ 35.988.102,33	R\$ 34.181.401,72	R\$ 32.542.412,43	R\$ 31.059.102,39	R\$ 29.720.395,54	R\$ 28.516.088,39	R\$ 27.436.797,89
	241.804	223.213	206.051	190.209	175.585	162.086	149.624	138.120
	0,972	1,001	1,031	1,062	1,094	1,127	1,161	1,195
R\$	235.013,66	R\$ 223.453,08	R\$ 212.460,80	R\$ 202.009,77	R\$ 192.072,83	R\$ 182.625,43	R\$ 173.641,79	R\$ 165.099,89
	0,050	0,051	0,053	0,055	0,056	0,058	0,060	0,061
R\$	1.346.289,80	R\$ 1.386.678,49	R\$ 1.428.278,85	R\$ 1.471.127,21	R\$ 1.515.261,03	R\$ 1.560.718,86	R\$ 1.607.540,43	R\$ 1.655.766,64
R\$	111.076,34	R\$ 114.408,64	R\$ 117.840,89	R\$ 121.376,12	R\$ 125.017,40	R\$ 128.767,93	R\$ 132.630,96	R\$ 136.609,89
R\$	7.898.233,48	R\$ 7.611.024,99	R\$ 7.323.816,50	R\$ 7.036.608,01	R\$ 6.749.399,52	R\$ 6.462.191,03	R\$ 6.174.962,54	R\$ 5.887.774,05
R\$	1.386.108,63	R\$ 1.313.565,74	R\$ 1.247.621,16	R\$ 1.187.798,05	R\$ 1.133.657,24	R\$ 1.084.794,44	R\$ 1.040.837,23	R\$ 1.001.443,12
R\$	10.976.721,92	R\$ 10.649.130,93	R\$ 10.330.018,20	R\$ 10.018.919,17	R\$ 9.715.408,02	R\$ 9.419.097,69	R\$ 9.129.632,94	R\$ 8.846.693,59
R\$	26.998.857,00	R\$ 25.338.971,40	R\$ 23.851.383,52	R\$ 22.523.493,27	R\$ 21.343.694,36	R\$ 20.301.297,85	R\$ 19.386.455,45	R\$ 18.590.104,30
	R\$ 3.590.106,13	R\$ 3.697.809,31	R\$ 3.808.743,59	R\$ 3.923.005,90	R\$ 4.040.696,08	R\$ 4.161.916,96	R\$ 4.286.774,47	R\$ 4.415.377,70
	R\$ 23.408.750,87	R\$ 21.641.162,09	R\$ 20.042.639,92	R\$ 18.600.487,37	R\$ 17.302.998,29	R\$ 16.139.380,89	R\$ 15.099.680,98	R\$ 14.174.726,60
	R\$ 2.352.875,09	R\$ 2.176.116,21	R\$ 2.016.263,99	R\$ 1.872.048,74	R\$ 1.742.299,83	R\$ 1.625.938,09	R\$ 1.521.968,10	R\$ 1.429.472,66
	R\$ 211.758,76	R\$ 195.850,46	R\$ 181.463,76	R\$ 168.484,39	R\$ 156.806,98	R\$ 146.334,43	R\$ 136.977,13	R\$ 128.652,54
	R\$ 20.844.117,03	R\$ 19.269.195,42	R\$ 17.844.912,17	R\$ 16.559.954,24	R\$ 15.403.891,47	R\$ 14.367.108,38	R\$ 13.440.735,75	R\$ 12.616.601,40
	R\$ 3.590.106,13	R\$ 3.697.809,31	R\$ 3.808.743,59	R\$ 3.923.005,90	R\$ 4.040.696,08	R\$ 4.161.916,96	R\$ 4.286.774,47	R\$ 4.415.377,70

Anexo 3 – Fluxos de caixa

Cenário XII – (parte 1)

Valor de venda de energia	R\$ 0,14	Otimista
Valor de venda de créditos de carbono	R\$ 30,89	Otimista

Capacidade bruta da usina (MW)	10
Capacidade de rede da usina (MW)	9,7
Fator de capacidade da usina	0,9
Taxa de venda de energia fora do aterro (R\$/kWh)	0,137
Venda de energia fora do aterro (kWh/ano)	76.474.800
Receitas de energia fora do aterro	

Taxa de recuperação do biogás (m³/h)	7.180,39
Redução de base (m³/h)	0
Redução de emissões de metano (ton/ano)	45.099
RCEs das reduções de metano (ton Co2eq/ano)	947.089
Taxa de venda de RCE (R\$/ton Co2eq)	30,888
Receita de RCE da redução de metano (R\$/ano)	

RECEITA TOTAL

Biogás recuperado (MMBTU/ano)	241.804
Contribuição equitativa para o custo capital	
Preço de compra de biogás (R\$/MMBTU)	0,972
Custo anual para compra de biogás (R\$)	235.013,66
Taxa de O&M para a usina de energia (R\$/kWh)	0,050
Custo de O&M anual do sistema de coleta e de controle de gás e custos de ampliação	1.346.289,80
Registro, monitoramento e verificação anual	111.076,34
Serviço de débito anual	7.898.233,48
Tributos (PIS, COFINS)	1.449.778,44

CUSTOS TOTAIS ANUAIS

Lucro bruto	R\$ 28.679.565,57
Depreciação (-)	R\$ 3.590.106,13
Lucro antes do imposto de renda	R\$ 25.089.459,44
Imposto de renda (-)	R\$ 2.520.945,94
CSLL	R\$ 226.885,13
Lucro líquido após o imposto de renda	R\$ 22.341.628,36
Depreciação (+)	R\$ 3.590.106,13
Valor residual	

FLUXO DE DINHEIRO

VPL	(R\$ 53.851.591,92) R\$ 25.931.734,49
TIR	R\$ 120.981.588,31
	43,290%

TMA
0,08

2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
10	10	10	10	10	10	10	10
9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
0,137	0,141	0,145	0,150	0,154	0,159	0,163	0,168
76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800
R\$ 10.466.270,29	R\$ 10.780.258,39	R\$ 11.103.666,15	R\$ 11.436.776,13	R\$ 11.779.879,42	R\$ 12.133.275,80	R\$ 12.497.274,07	R\$ 12.872.192,29
7.180,39	6.628,34	6.118,73	5.648,30	5.214,04	4.813,16	4.443,11	4.101,51
0	0	0	0	0	0	0	0
45.099	41.632	38.431	35.477	32.749	30.231	27.907	25.761
947.089	874.273	807.056	745.007	687.728	634.853	586.043	540.986
30,888	30,888	30,888	30,888	30,888	30,888	30,888	30,888
R\$ 29.253.687,02	R\$ 27.004.553,67	R\$ 24.928.346,60	R\$ 23.011.765,66	R\$ 21.242.536,21	R\$ 19.609.332,37	R\$ 18.101.693,33	R\$ 16.709.970,98
R\$ 39.719.957,30	R\$ 37.784.812,06	R\$ 36.032.012,74	R\$ 34.448.541,79	R\$ 33.022.415,62	R\$ 31.742.608,17	R\$ 30.598.967,40	R\$ 29.582.163,27
241.804	223.213	206.051	190.209	175.585	162.086	149.624	138.120
0,972	1,001	1,031	1,062	1,094	1,127	1,161	1,195
R\$ 235.013,66	R\$ 223.453,08	R\$ 212.460,80	R\$ 202.009,77	R\$ 192.072,83	R\$ 182.625,43	R\$ 173.641,79	R\$ 165.099,89
0,050	0,051	0,053	0,055	0,056	0,058	0,060	0,061
R\$ 1.346.289,80	R\$ 1.386.678,49	R\$ 1.428.278,85	R\$ 1.471.127,21	R\$ 1.515.261,03	R\$ 1.560.718,86	R\$ 1.607.540,43	R\$ 1.655.766,64
R\$ 111.076,34	R\$ 114.408,64	R\$ 117.840,89	R\$ 121.376,12	R\$ 125.017,40	R\$ 128.767,93	R\$ 132.630,96	R\$ 136.609,89
R\$ 7.898.233,48	R\$ 7.611.024,99	R\$ 7.323.816,50	R\$ 7.036.608,01	R\$ 6.749.399,52	R\$ 6.462.191,03	R\$ 6.174.982,54	R\$ 5.887.774,05
R\$ 1.449.778,44	R\$ 1.379.145,64	R\$ 1.315.168,47	R\$ 1.257.371,78	R\$ 1.205.318,17	R\$ 1.158.605,20	R\$ 1.116.862,31	R\$ 1.079.748,96
R\$ 11.040.391,73	R\$ 10.714.710,84	R\$ 10.397.565,51	R\$ 10.088.492,89	R\$ 9.787.068,96	R\$ 9.492.908,45	R\$ 9.205.658,03	R\$ 8.924.999,43
R\$ 28.679.565,57	R\$ 27.070.101,23	R\$ 25.634.447,24	R\$ 24.360.048,90	R\$ 23.235.346,66	R\$ 22.249.699,72	R\$ 21.393.309,38	R\$ 20.657.163,85
R\$ 3.590.106,13	R\$ 3.697.809,31	R\$ 3.808.743,59	R\$ 3.923.005,90	R\$ 4.040.696,08	R\$ 4.161.916,96	R\$ 4.286.774,47	R\$ 4.415.377,70
R\$ 25.089.459,44	R\$ 23.372.291,92	R\$ 21.825.703,65	R\$ 20.437.043,00	R\$ 19.194.650,59	R\$ 18.087.782,76	R\$ 17.106.534,91	R\$ 16.241.786,15
R\$ 2.520.945,94	R\$ 2.349.229,19	R\$ 2.194.570,36	R\$ 2.055.704,30	R\$ 1.931.465,06	R\$ 1.820.778,28	R\$ 1.722.653,49	R\$ 1.636.178,61
R\$ 226.885,13	R\$ 211.430,63	R\$ 197.511,33	R\$ 185.013,39	R\$ 173.831,86	R\$ 163.870,04	R\$ 155.038,81	R\$ 147.256,08
R\$ 22.341.628,36	R\$ 20.811.632,10	R\$ 19.433.621,95	R\$ 18.196.325,31	R\$ 17.089.353,67	R\$ 16.103.134,44	R\$ 15.228.842,60	R\$ 14.458.351,46
R\$ 3.590.106,13	R\$ 3.697.809,31	R\$ 3.808.743,59	R\$ 3.923.005,90	R\$ 4.040.696,08	R\$ 4.161.916,96	R\$ 4.286.774,47	R\$ 4.415.377,70

(R\$ 53.851.591,92) R\$ 25.931.734,49	R\$ 24.509.441,41	R\$ 23.242.365,54	R\$ 22.119.331,21	R\$ 21.130.049,75	R\$ 20.265.051,40	R\$ 19.515.617,07	R\$ 18.873.729,16
R\$ 120.981.588,31							
43,290%							

Anexo 3 – Fluxos de caixa

Cenário XII – (parte 2)

Valor de venda de energia	R\$	0,14	Otimista
Valor de venda de créditos de carbono	R\$	30,89	Otimista

Capacidade bruta da usina (MW)
Capacidade de rede da usina (MW)
Fator de capacidade da usina
Taxa de venda de energia fora do aterro (R\$/kWh)
Venda de energia fora do aterro (kWh/ano)
Receitas de energia fora do aterro

Taxa de recuperação do biogás (m³/h)
Redução de base (m³/h)
Redução de emissões de metano (ton/ano)
RCEs das reduções de metano (ton Co2eq/ano)
Taxa de venda de RCE (R\$/ton Co2eq)
Receita de RCE da redução de metano (R\$/ano)

RECEITA TOTAL

Biogás recuperado (MMBTU/ano)
Contribuição equitativa para o custo capital
Preço de compra de biogás (R\$/MMBTU)
Custo anual para compra de biogás (R\$)
Taxa de O&M para a usina de energia (R\$/kWh)
Custo de O&M anual do sistema de coleta e de controle de gás e custos de ampliação
Registro, monitoramento e verificação anual
Serviço de débito anual
Tributos (PIS, COFINS)

CUSTOS TOTAIS ANUAIS

Lucro bruto
Depreciação (-)
Lucro antes do imposto de renda
Imposto de renda (-)
CSLL
Lucro líquido após o imposto de renda
Depreciação (+)
Valor residual

FLUXO DE DINHEIRO	(R\$ 53.851.591,92)
VPL	R\$ 120.981.588,31
TIR	43,290%
TMA	
0,08	

2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
10	10	10	10	10	10	10	10
9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
0,173	0,179	0,184	0,189	0,195	0,201	0,207	0,213
76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800	76.474.800
R\$ 13.258.358,06	R\$ 13.656.108,80	R\$ 14.065.792,07	R\$ 14.487.765,83	R\$ 14.922.398,81	R\$ 15.370.070,77	R\$ 15.831.172,89	R\$ 16.306.108,08
3786,17	3495,07	3226,36	2978,30	2749,32	2537,94	2342,82	2162,69
0	0	0	0	0	0	0	0
23.781	21.952	20.265	18.706	17.268	15.941	14.715	13.584
499.393	460.998	425.555	392.836	362.634	334.753	309.016	285.258
30,888	30,888	30,888	30,888	30,888	30,888	30,888	30,888
R\$ 15.425.246,24	R\$ 14.239.297,64	R\$ 13.144.528,10	R\$ 12.133.930,02	R\$ 11.201.029,46	R\$ 10.339.851,31	R\$ 9.544.887,85	R\$ 8.811.039,47
R\$ 28.683.604,30	R\$ 27.895.406,45	R\$ 27.210.320,17	R\$ 26.621.695,85	R\$ 26.123.428,27	R\$ 25.709.922,08	R\$ 25.376.060,74	R\$ 25.117.147,55
127.501	117.698	108.649	100.296	92.585	85.467	78.896	72.830
1,231	1,268	1,306	1,345	1,386	1,427	1,470	1,514
R\$ 156.978,81	R\$ 149.256,67	R\$ 141.914,78	R\$ 134.934,41	R\$ 128.297,14	R\$ 121.986,57	R\$ 115.986,05	R\$ 110.280,40
0,063	0,065	0,067	0,069	0,071	0,073	0,076	0,078
R\$ 1.705.439,64	R\$ 1.756.602,83	R\$ 1.809.300,91	R\$ 1.863.579,94	R\$ 1.919.487,34	R\$ 1.977.071,96	R\$ 2.036.384,12	R\$ 2.097.475,64
R\$ 140.708,19	R\$ 144.929,44	R\$ 149.277,32	R\$ 153.755,64	R\$ 158.368,31	R\$ 163.119,36	R\$ 168.012,94	R\$ 173.053,33
R\$ 5.600.565,56	R\$ 5.313.357,07	R\$ 5.026.148,58	R\$ 4.738.940,09	R\$ 4.451.731,60	R\$ 4.164.523,11	R\$ 3.877.314,62	
R\$ 1.046.951,56	R\$ 1.018.182,34	R\$ 993.176,69	R\$ 971.691,90	R\$ 953.505,13	R\$ 938.412,16	R\$ 926.226,22	R\$ 916.775,89
R\$ 8.650.643,75	R\$ 8.382.328,33	R\$ 8.119.818,27	R\$ 7.862.901,98	R\$ 7.611.389,51	R\$ 7.365.113,15	R\$ 7.123.923,94	R\$ 3.297.585,25
R\$ 20.032.960,55	R\$ 19.513.078,11	R\$ 19.090.501,90	R\$ 18.758.793,87	R\$ 18.512.038,76	R\$ 18.344.808,93	R\$ 18.252.136,80	R\$ 21.819.562,31
R\$ 4.547.839,03	R\$ 4.684.274,20	R\$ 4.824.802,43	R\$ 4.969.546,50	R\$ 5.118.632,90	R\$ 5.272.191,88	R\$ 5.430.357,64	R\$ 5.593.268,37
R\$ 15.485.121,52	R\$ 14.828.803,91	R\$ 14.265.699,47	R\$ 13.789.247,37	R\$ 13.393.405,86	R\$ 13.072.617,05	R\$ 12.821.779,16	R\$ 16.226.293,94
R\$ 1.560.512,15	R\$ 1.494.880,39	R\$ 1.438.569,95	R\$ 1.390.924,74	R\$ 1.351.340,59	R\$ 1.319.261,71	R\$ 1.294.177,92	R\$ 1.634.629,39
R\$ 140.446,09	R\$ 134.539,24	R\$ 129.471,30	R\$ 125.183,23	R\$ 121.620,65	R\$ 118.733,55	R\$ 116.476,01	R\$ 147.116,65
R\$ 13.784.163,27	R\$ 13.199.384,29	R\$ 12.697.658,23	R\$ 12.273.139,41	R\$ 11.920.444,62	R\$ 11.634.621,79	R\$ 11.411.125,23	R\$ 14.444.547,90
R\$ 4.547.839,03	R\$ 4.684.274,20	R\$ 4.824.802,43	R\$ 4.969.546,50	R\$ 5.118.632,90	R\$ 5.272.191,88	R\$ 5.430.357,64	R\$ 5.593.268,37
							R\$ 3.590.106,13
R\$ 53.851.591,92	R\$ 18.332.002,31	R\$ 17.883.658,49	R\$ 17.522.460,66	R\$ 17.242.685,91	R\$ 17.039.077,52	R\$ 16.906.813,68	R\$ 16.841.482,88
R\$ 120.981.588,31							R\$ 23.627.922,40