

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Melissa Mandaloufas

**A UTILIZAÇÃO DO BAGAÇO DA CANA-DE-
AÇÚCAR COMO FONTE DE ENERGIA,
CONFORME DIRETRIZES DO MECANISMO DE
DESENVOLVIMENTO LIMPO**

Taubaté – SP

2010

Melissa Mandaloufas

**A UTILIZAÇÃO DO BAGAÇO DA CANA-DE-
AÇÚCAR COMO FONTE DE ENERGIA,
CONFORME DIRETRIZES DO MECANISMO DE
DESENVOLVIMENTO LIMPO**

Dissertação apresentada para obtenção do Título de Mestre pelo Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Projeto Mecânico (Energia)

Orientador: Prof. Dr. Wendell de Queiróz Lamas

Co-orientador: Prof. Dr. Scott Matthew Brown (UPR)

Taubaté – SP

2010

MELISSA MANDALOUFAS

**A UTILIZAÇÃO DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE DE
ENERGIA, CONFORME DIRETRIZES DO MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO
LIMPO**

Dissertação apresentada para obtenção do Título de Mestre pelo Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Projeto Mecânico (Energia)

Orientador: Prof. Dr. Wendell de Queiróz Lamas

Co-orientador: Prof. Dr. Scott Matthew Brown (UPR)

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Wendell de Queiróz Lamas

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Dr. Antonio Faria Neto

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Dr. Iraídes Aparecida de Castro Villela

Universidade de São Paulo

Assinatura _____

Dedico este trabalho ao meu companheiro, Irineu, que esteve ao meu lado, me ajudando nos momentos que mais precisei, me incentivando quando tudo parecia perdido, sempre com muito carinho, amor e paciência.

Aos meus pais Paul e Milena.

Espero que se orgulhem, pois trata-se de um sonho nosso e sem vocês, não seria possível essa realização. Obrigada por serem os melhores pais que uma pessoa pode ter.

Ao meu amigo e orientador Wendell pela infinita paciência e dedicação para a conclusão deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Wendell de Queiróz Lamas, que é sem dúvida uma das pessoas mais incríveis que conheci, pela paciência e intensa dedicação à orientação deste e outros trabalhos.

A todos os professores do curso de mestrado da UNITAU, pelas ricas contribuições para a realização deste e outros trabalhos.

A todos os funcionários da Secretaria do Programa de Mestrado em Engenharia Mecânica, principalmente à Helena e à Milena, pelo extremo carinho com que sempre me atenderam.

Aos colegas de classe, pelos bons e agradáveis momentos que passamos juntos.

A Bernadette Y. Macris, por seu carinho e traduções precisas.

“Bom mesmo é ir à luta com determinação,
abraçar a vida e viver com paixão”.

Charles Chaplin

MANDALOUFAS, M. **A utilização do bagaço da cana-de-açúcar como fonte de energia, conforme diretrizes do mecanismo de desenvolvimento limpo.** 2010. 96f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Taubaté, Taubaté.

RESUMO

Este trabalho aborda as ações buscadas pelas autoridades mundiais para minimizar os problemas climáticos que atualmente estão mudando as condições de sobrevivência do planeta, mitigando as emissões de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera. Primeiramente, foi abordada a Convenção-Quadro como início das discussões sobre as mudanças do clima, posteriormente, a criação do Protocolo de Kyoto, que surgiu, dando às nações, a oportunidade para que ajam, minimizando os danos causados ao ambiente, possibilitando assim, que os países em desenvolvimento colaborem por meio do mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) na criação de novas e mais eficientes tecnologias, substituindo o uso de fontes de energia fósseis por fontes de energia renováveis. A fonte de energia foco desta pesquisa, o bagaço da cana-de-açúcar que é a biomassa mais representativa da matriz energética brasileira. O setor escolhido para a pesquisa foi o sucroalcooleiro, na Usina Santa Cândida situada no interior do Estado de São Paulo. É demonstrado, por meio de comparação de dados, a atual situação brasileira perante o mundo, tanto na oferta mundial de energia como na composição da matriz energética, mostrando que o Brasil está em uma posição privilegiada na utilização de energias renováveis em relação ao mundo, sendo o terceiro país que mais reduz as emissões de CO₂, confirmando seu comprometimento com o Protocolo de Kyoto. Por meio da criação de cenários, foi possível avaliar o desempenho financeiro da Usina Santa Cândida (SP). O cenário 1 demonstra o retorno financeiro sem sistema de cogeração, o cenário 2 demonstra o retorno financeiro após a implementação de sistemas de cogeração, o cenário 3 demonstra o retorno financeiro do sistema de cogeração mais a venda das garantias contratuais, e por fim, o 4 cenário onde é demonstrado o retorno financeiro da implementação do sistema de cogeração mais a venda das garantias contratuais e ainda a receita obtida por meio da negociação dos créditos de carbono. As informações apuradas para análise dos cenários foram

geradas a partir dos cálculos de Valor Presente Líquido (VPL), da Taxa Interna de Retorno (TIR) e do *Payback* para demonstrar os benefícios financeiros após a adequação ao mecanismo de desenvolvimento limpo, comprovando os ganhos obtidos com a venda de energia excedente e com as negociações dos Certificados de Redução de Emissão (RCEs), o retorno breve do investimento pelo *payback*, sua rentabilidade pela TIR e o retorno monetário pelo VPL. O resultado da pesquisa mostra que o investimento para a adequação às diretrizes é muito baixo se comparado com o retorno financeiro já no primeiro leilão das RCEs e que somado à venda de energia excedente, torna-se financeiramente ainda mais viável.

Palavras-chave: biomassa, gases de efeito estufa, mecanismo de desenvolvimento limpo, protocolo de Kyoto, redução certificada de emissão.

MANDALOUFAS, M. **The use of sugarcane bagasse as power source, according to the clean development mechanism guidelines**. 2010. 96p.. MSc. thesis (Master's Degree in Mechanical Engineering) – Department of Mechanical Engineering, University of Taubate, Taubate, Brazil.

ABSTRACT

This work focuses on the actions sought by the authorities to minimize global climate problems that are currently changing the conditions of survival of the planet to mitigate emissions of greenhouse gases (GHG) in the atmosphere. First, it is addressed the Framework Convention to start the discussions on climate changes, then the creation of the Kyoto Protocol, which came, giving nations the opportunity to act, minimizing damage to the environment, thus enabling that developing countries work together through the Clean Development Mechanism (CDM) in creating new and more efficient technologies, replacing the use of fossil fuels by renewable energy sources. The power source focus of this work is the residue of sugar cane bagasse that is more representative biomass of the Brazilian energy matrix. The sector chosen for the research was the sugar-alcohol, through the Usina Santa Candida placed within the State of Sao Paulo. It is shown through data comparison, the current Brazilian situation in the global scenario, both in world energy supply and in the composition of the energy matrix, showing that Brazil is in a privileged position about renewable energy use in comparison to the world, and is the third more significant country that reduces emissions of CO₂, which shows its commitment to the Kyoto Protocol. By creating a scenario, it is evaluated the financial performance of Usina Santa Candida (SP), after the implementation of CDM. Scenario 1 shows the financial return without cogeneration system; scenario 2 shows the financial return after installation of cogeneration system; scenario 3 shows the financial return of cogeneration system installation associated to sale of grant guarantee; and the scenario 4 shows the financial return of cogeneration system installation associated to sale of grant guarantees and the receipt obtained with carbon credit market. Briefings for scenario analysis were generated through calculations of net present value (NPV), internal rate of return (IRR) and payback, to demonstrate the financial benefits after the adjustment to the clean development mechanism, demonstrating

the gains from the sale of surplus power and the negotiations of certified emission reductions (CERs), the brief return of the investment payback, profitability by the board and monetary return for NPV. The result of the work shows that investment in compliance with the guidelines is very low compared to the financial return in the first auction of CERs, and added that the sale of surplus power, it becomes even more viable.

Keywords: biomass, greenhouse gases, clean development mechanism, Kyoto's protocol, certified emission reductions.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Emissões globais antrópicas de gases de efeito estufa	22
Figura 2	– Ciclo do projeto de MDL	24
Figura 3	– Diagrama padrão de um sistema de cogeração utilizado pelas usinas de cana-de-açúcar	28
Figura 4	– Estrutura da oferta interna de energia	29
Figura 5	– Oferta interna de energia no Brasil (2008)	31
Figura 6	– Ciclos térmicos de cogeração	42
Figura 7	– Unidade BIG/STIG	46
Figura 8	– Caldeira de leito fluidizado circulante	47
Figura 9	– Caldeira de leito fluidizado borbulhante	47
Figura 10	– Ciclo combinado com caldeira PFBC convencional	48
Figura 11	– Países listados no Anexo 1 da CQNUMC	50
Figura 12	– Mapa da adoção do protocolo de Kyoto em Fevereiro/2009	53
Figura 13	– Compromisso de redução de emissão CCX	54
Figura 14	– Projetos no âmbito MDL no Brasil e no mundo	55
Figura 15	– Projetos certificados x RCE no mundo	56
Figura 16	– Número de projetos brasileiros por escopo setorial	57
Figura 17	– Valores das RCEs	60
Figura 18	– Visão geral da Usina Santa Cândida	62
Figura 19	– Campo de cana-de-açúcar da Usina Santa Cândida	63
Figura 20	– Área industrial da Usina Santa Cândida	64
Figura 21	– Estrutura da cogeração	66
Figura 22	– Diagrama de blocos das utilidades da USC	67
Figura 23	– Fluxo esquemático para fabricação de produtos derivados da cana-de-açúcar	69
Figura 24	– Valor presente líquido para o projeto A	78
Figura 25	– Valor presente líquido para o projeto B	79
Figura 26	– Taxa interna de retorno referente ao projeto A	80
Figura 27	– Taxa interna de retorno referente ao projeto B	81
Figura 28	– Fluxo de caixa dos projetos A e B	82

Figura 29 – Período de retorno de investimento	84
Figura 30 – Cenário da usina sem autossuficiência energética	86
Figura 31 – Cenário da usina com autossuficiência energética	88
Figura 32 – Cenário com autossuficiência e reserva energética	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Quantidade de substâncias atmosféricas emitidas por tonelada de álcool, incluindo o CO ₂ emitido pela queimada e pela geração de vapor e eletricidade	27
Tabela 2	– Oferta Interna de Energia	30
Tabela 3	– Matriz de consumo final de energia	31
Tabela 4	– Setores beneficiados pelo MDL	57
Tabela 5	– Distribuição das atividades de projeto no Brasil por tipo de projeto	59
Tabela 6	– Total de bagaço resultante da moagem	65
Tabela 7	– Distribuição da potência elétrica gerada pela USC	65
Tabela 8	– Distribuição da potência elétrica gerada, no período de safra	68
Tabela 9	– Dados atuais da usina em relação às características de produção	70
Tabela 10	– Processo de produção de açúcar	72
Tabela 11	– Processo de produção do álcool	78
Tabela 12	– Fluxo de caixa e resultado do <i>payback</i> para o projeto A	83
Tabela 13	– Fluxo de caixa e resultado do <i>payback</i> para o projeto B	83
Tabela 14	– Composição da conta receita líquida do cenário sem autossuficiência	86
Tabela 15	– Resultados financeiros do cenário sem cogeração	87
Tabela 16	– Descrição do período produtivo da usina	89
Tabela 17	– Totais de energia demandada e produzida/gerada	89
Tabela 18	– Composição da conta receita líquida do cenário com autossuficiência energética	90
Tabela 19	– Receita projetada com a venda de excedente de energia	90
Tabela 20	– Resultados financeiros do cenário com autossuficiência energética	91
Tabela 21	– Resumo energético do sistema com autossuficiência energética e produção de excedente energético	92
Tabela 22	– Composição da conta receita líquida do cenário com	93

	autossuficiência e comercialização do excedente energético	
Tabela 23	– Receita projetada com a venda de excedente de energia mais garantias contratuais	94
Tabela 24	– Resultados financeiros do cenário com autossuficiência energética e excedentes	94
Tabela 25	– Receita projetada com a venda de excedente de energia, valor das garantias contratuais e receita com RCEs	96
Tabela 26	– Resultados financeiros do cenário com cogeração e comercialização de excedentes e RCEs	96
Tabela 27	– Comparação de resultados da pesquisa	98

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	– Cálculo do valor presente líquido	33
Equação 2	– Cálculo da taxa interna de retorno	33
Equação 3	– Payback.....	33
Equação 4	– Eficiência global de cogeração	42
Equação 5	– Eficiência termodinâmica	43
Equação 6	– Consumo específico de combustível	43
Equação 7	– Consumo específico de vapor	43
Equação 8	– Consumo específico de calor	43
Equação 9	– Cálculo do valor presente líquido	77
Equação 10	– Cálculo da taxa interna de retorno	80
Equação 11	– Cálculo da taxa interna de retorno	80
Equação 12	– Contas a receber	87
Equação 13	– Contas a pagar	87

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAU	–	Unidades de quantidades atribuídas (<i>Assigned amount units</i>)
ABNT	–	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AFBC	–	Leito fluidizado borbulhante de pressão atmosférica (<i>Atmosphere fluidized bed combustion boilers</i>)
ANEEL	–	Agência Nacional de Energia Elétrica
ATR	–	Açúcar totalmente recuperado
BIG/STIG	–	Gaseificador integrado de biomassa/ turbinas a gás com injeção de vapor (<i>Biomass-integrated gasifier/steam injected gas turbine</i>)
BM&F	–	Bolsa de Mercadorias e Futuros
CCX	–	Bolsa do Clima de Chicago (<i>Chicago Climate Exchange</i>)
CIC/STIG	–	Gaseificador integrado de carvão/turbinas a gás com injeção de vapor (<i>Coal-integrated gasifier/steam injected gas turbine</i>)
CIE	–	Comércio internacional de emissão
CIMGC	–	Comissão interministerial de mudança global do clima
COFINS	–	Contribuição para financiamento da seguridade social
CPFL	–	Companhia paulista de força e luz
CQNUMC	–	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
CSLL	–	Contribuição social sobre o lucro líquido
CVM	–	Comissão de Valores Mobiliários
DCP	–	Documento de concepção de projeto
EBITDA	–	Lucro antes de juros, impostos, depreciação e amortização (<i>earnings before interest, taxes, depreciation, and amortization</i>)
EDIP	–	Desenvolvimento ambiental de produtos industrializados (<i>Environmental development of industrial products</i>)
EOD	–	Entidade operacional designada
GEE	–	Gases de efeito estufa
GWP	–	Potencial de aquecimento global (<i>Global warming potencial</i>)
HFC	–	Família dos hidrofluorcarbonos
IC	–	Implementação conjunta
IGCC	–	Sistema integrado gaseificação-ciclo (<i>Integrated gasification</i>)

		<i>combined cycle</i>)
IGP-M	–	Índice geral de preço do mercado
IPCC	–	Painel intergovernamental sobre mudança climática (<i>Intergovernmental panel on climate change</i>)
IR	–	Imposto de Renda
IRPJ	–	Imposto de Renda Pessoa Jurídica
ISO	–	Organização internacional para padronização (<i>International Organization for Standardization</i>)
ISS	–	Imposto sobre serviço
IOF	–	Imposto sobre operações financeiras
MCT	–	Ministério da Ciência e Tecnologia
MDL	–	Mecanismo de desenvolvimento limpo
NBR	–	Norma brasileira
OM	–	Operação e manutenção
ONU	–	Organização das Nações Unidas
PFBC	–	Leito fluidizado circulante pressurizado (<i>Pressurized fluidized bed combustion boilers</i>)
PFC	–	Família dos perfluorcarbonos
PIS	–	Programa de integração social
RCE	–	Certificado de redução de emissão
STIG	–	Turbinas a gás com injeção de vapor (<i>Steam injected gas turbine</i>)
tCO ₂ e	–	Tonelada de dióxido de carbono evitado
URE	–	Unidade de redução de emissão
USC	–	Usina Santa Cândida

LISTA DE SÍMBOLOS

C	– Capital	[%]
cec	– consumo específico de combustível	[kg/kWh]
cev	– consumo específico de vapor	[kg/kWh]
CF ₀	– fluxo de caixa no momento “0” (<i>cash flow at zero</i>)	[US\$]
CF _t	– fluxo de caixa no momento “t” (<i>cash flow at t</i>)	[US\$]
CP	– Contas a pagar	[US\$]
CR	– Contas a receber	[US\$]
E'	– potência elétrica gerada	[kW]
h _e	– entalpia na entrada da máquina geradora	[kJ/kg]
HR	– consumo específico de calor	[kJ/kWh]
h _s	– entalpia na saída da máquina geradora	[kJ/kg]
i	– Taxa de juros	[%]
I	– Investimento	[US\$]
IR	– Imposto de renda	[US\$]
k	– custo de capital	[-]
\dot{m}_c	– Fluxo mássico de combustível	[kg/s]
OM	– Operação e manutenção	[US\$]
PB	– <i>Payback</i>	[ano]
PCI	– poder calorífico inferior	[kJ/kg]
RE	– Retorno	[US\$]
RL	– Receita líquida	[US\$]
S'	– potência térmica gerada	[kW]
t	– tempo da alternativa analisada	[h]
TIR	– Taxa interna de retorno	[%]
TMA	– Taxa mínima de atratividade	[%]
VPL	– Valor Presente Líquido	[US\$]
η_g	– eficiência global de cogeração	[-]
η_t	– eficiência termodinâmica	[-]

SUMÁRIO

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	21
1.1 INTRODUÇÃO	21
1.1.1 A Usina de Santa Cândida	32
1.1.2 O Problema	32
1.1.3 Solução Proposta	32
1.2 REVISÃO DA LITERATURA	34
1.3 OBJETIVOS	39
1.4 METODOLOGIA	39
2 A GASEIFICAÇÃO DA BIOMASSA NA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA	41
2.1 COGERAÇÃO	41
2.2 GASEIFICAÇÃO	44
2.3 GASEIFICADORES	45
3 O MERCADO DE NEGOCIAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO	50
3.1 MECANISMOS DO PROTOCOLO DE KYOTO	50
3.2 MERCADO INTERNACIONAL DE NEGOCIAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO	52
3.3 MERCADO BRASILEIRO DE NEGOCIAÇÃO DE CRÉDITOS CARBONO .	56
3.4 OS VALORES DAS RCEs	58
3.5 A TRIBUTAÇÃO DOS CRÉDITOS DE CARBONO	60
4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E FINANCEIRAS DA USINA SANTA CÂNDIDA	62
4.1 A USINA SÂNTA CÂNDIDA	62
4.2 ÁREA AGRÍCOLA	63
4.3 CAPACIDADE DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E MOAGEM	64
4.4 RECURSOS E PROCESSOS PRODUTIVOS	66
4.5 MODELO DE PLANTA E DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS	68
4.6 INFORMAÇÕES FINANCEIRAS	73
5 DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA DE ANÁLISE	74
5.1 LEVANTAMENTO E APURAÇÃO DOS DADOS	74
5.2 CÁLCULO DO VALOR PRESENTE LÍQUIDO	76

5.3 CÁLCULO DA TAXA INTERNA DE RETORNO	79
5.4 CÁLCULO DO <i>PAYBACK</i>	81
6 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA A CENÁRIOS ELABORADOS	85
6.1 APLICAÇÃO AO CENÁRIO SEM AUTOSSUFICIÊNCIA ENERGÉTICA	85
6.2 APLICAÇÃO AO CENÁRIO COM AUTOSSUFICIÊNCIA ENERGÉTICA	88
6.3 APLICAÇÃO AO CENÁRIO COM AUTOSSUFICIÊNCIA E RESERVA ENERGÉTICA	91
6.4 APLICAÇÃO AO CENÁRIO DE ENQUADRAMENTO AO MDL	95
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	98
7.1 CONCLUSÕES	98
7.2 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	101
REFERÊNCIAS	102
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	107
ANEXO 1 NÚMEROS DE BASE	
ANEXO 2 SEM SISTEMA DE COGERAÇÃO	
ANEXO 3 COM SISTEMA DE COGERAÇÃO	
ANEXO 4 COM SISTEMA DE COGERAÇÃO + GARANTIAS CONTRATUAIS	
ANEXO 5 COM SISTEMA DE COGERAÇÃO + GARANTIAS CONTRATUAIS+RCEs	

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1. INTRODUÇÃO

A crise energética brasileira, que ocorreu em meados de 2000, serviu para apontar a necessidade da criação de alternativas na geração de energia para suprir parte de sua demanda.

A utilização do bagaço da cana-de-açúcar como fonte de energia elétrica no setor sucroalcooleiro foi uma das alternativas. Esse recurso, devido a sua imensa potencialidade, participa ativamente da matriz energética brasileira em 16,6% da geração total e vem se mostrando um ótimo investimento para o setor.

A queima da biomassa em usinas sucroalcooleiras é efetuada diretamente em caldeiras e sua energia térmica é utilizada na produção de vapor, que alimenta, além de etapas do processo, as turbinas geradoras de energia elétrica. Saindo dessas turbinas o vapor será utilizado para atender às necessidades da produção, além daquelas já atendidas (PESSINE, 2007).

O processo de adequação às diretrizes do MDL tem um baixo custo, o que torna sua implementação ainda mais atrativa, diante do retorno com as negociações das RCEs no mercado financeiro internacional e trata de um problema de ordem mundial que é a preocupante emissão de CO₂ na atmosfera.

Diante das mudanças do clima em todo mundo devido à concentração de gases de efeito estufa (GEEs) na atmosfera, fez-se necessária a adoção de medidas para que esse grave problema seja minimizado.

Em 1992, ocorreu a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC), que aborda fundamentalmente a mudança da interação da energia solar com a atmosfera, pois a camada formada pelos gases impede que a radiação da superfície terrestre se libere para o espaço. Esse problema foi causado, principalmente, pelo homem durante a Revolução Industrial, pelo aumento da atividade agrícola, pelos transportes e pelo uso de combustíveis fósseis (MCT, 2009-1).

Essa convenção foi o primeiro grande passo para o debate sobre as providências que deveriam ser tomadas em relação aos problemas ambientais de ordem mundial (MCT, 2009-1).

Em conseqüência disso, no ano de 1997, foram firmadas, por meio do Protocolo de Kyoto, metas de redução da emissão dos gases de efeito estufa, bem como, mecanismos de implementação, dentre eles, o mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL), para que a redução seja alcançada no período compreendido entre 2008 e 2012 (MOREIRA; GIOMETTI, 2008).

O principal objetivo é fazer com que sejam desenvolvidos projetos que resultem na mitigação de GEEs, ou no aumento da remoção de CO₂ da atmosfera, frente a investimentos em novas e mais eficientes tecnologias, substituindo assim, as fontes de energias fósseis, por energias renováveis, entre outras (LOPES, 2002).

São considerados gases de efeito estufa, os seguintes: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hexafluoreto de enxofre (SF₆), família dos hidrofluorcarbonos (HFCs) e a família dos perfluorcarbonos (PFCs). Na Figura 1, observa-se o gráfico de emissões desses gases, segundo o MCT (2009-2).

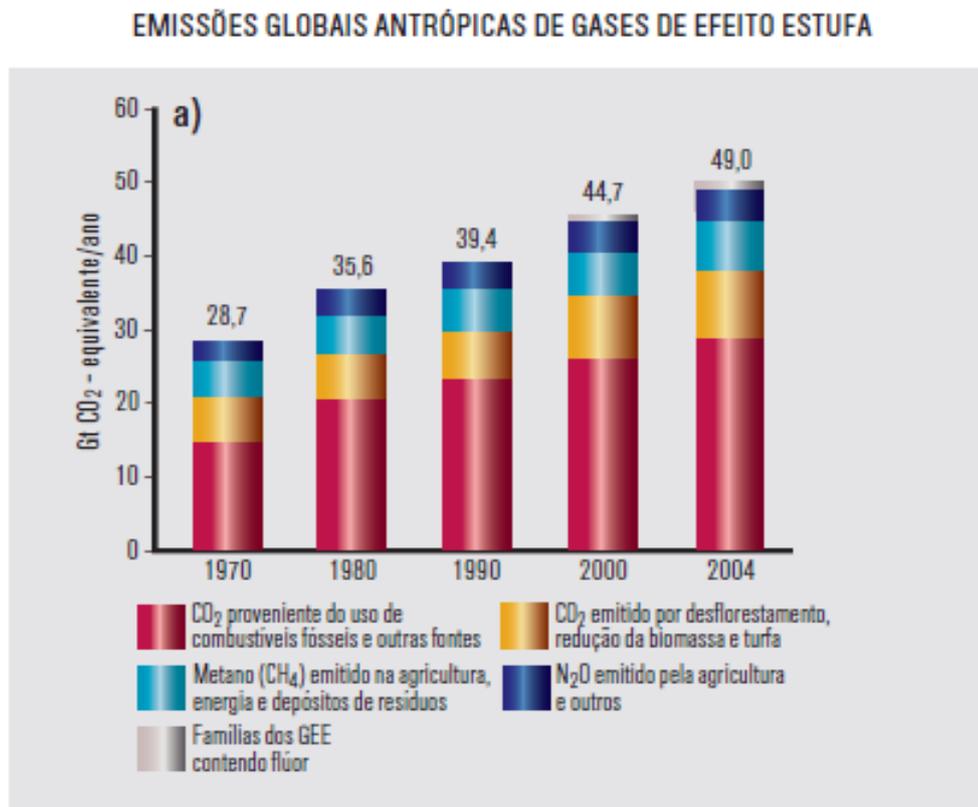


Figura 1 – Emissões globais antrópicas de gases de efeito estufa (MCT, 2009-2)

O MDL permite a participação de países em desenvolvimento para que busquem a sustentabilidade (o que torna o Brasil um país altamente atrativo para novos projetos), além de ser uma fonte de recursos financeiros (reduções certificadas de emissões – RCEs), e propiciar um vasto conhecimento científico por meio do desenvolvimento de novas tecnologias como eólica e maremotriz, entre outras (MOREIRA; GIOMETTI, 2008).

Segundo o Ministério de Ciência e Tecnologia brasileiro (MCT, 2009-2), para se obter o benefício financeiro por meio das RCEs, os projetos de MDL passam obrigatoriamente por sete etapas que são: elaboração de documento de concepção de projeto (DCP), validação (verificação da conformidade com projeto com as regulamentações do Protocolo de Kyoto), aprovação da comissão interministerial de mudança global do clima (CIMGC), registro no conselho executivo, monitoramento, verificação/certificação e emissão de unidades conforme acordado no projeto.

Elaboração de documento de concepção de projeto – DCP: Nesse documento deve constar entre outras coisas, a descrição das atividades do projeto, a descrição dos participantes, a metodologia da linha de base, a metodologia para o cálculo da redução de emissões estabelecendo os limites da atividade do projeto, o plano de monitoramento, o cronograma para a obtenção dos créditos, relatório com os impactos ambientais, comentários dos participantes envolvidos e suas fontes de financiamento (MCT, 2009-2).

Validação (verificação da conformidade do projeto com as regulamentações do Protocolo de Kyoto): Refere-se à avaliação independente por uma entidade operacional designada (EOD), para revisão dos requisitos do MDL, atestando que o projeto contribui para o desenvolvimento sustentável do país segundo cinco critérios: distribuição de renda, sustentabilidade ambiental, condições de trabalho e geração de emprego, capacitação e desenvolvimento tecnológico e a integração com outros setores (MCT, 2009-2).

Aprovação da Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima (CIMGC): Essa comissão é responsável pela análise do projeto no que se refere ao desenvolvimento sustentável e sua contribuição ambiental (MCT, 2009-2).

Registro no Conselho Executivo: Refere-se à formalização pelo conselho executivo, validado como projeto de MDL que é feito após a aprovação da CIMGC e serve como pré-requisito para o monitoramento, a verificação e emissão das RCEs (MCT, 2009-2).

Monitoramento: Os participantes responsáveis pelo processo devem recolher e armazenar todas as informações para cálculo da redução das emissões de GEEs conforme metodologias estabelecidas no DCP (MCT, 2009-2).

Verificação/certificação: São auditorias independentes periódicas com o intuito de revisar os cálculos e a efetivação da redução de emissão dos gases ou remoção de CO₂ como resultado da implementação do projeto MDL (MCT, 2009-2).

Emissão de unidades conforme acordado no projeto: Nessa etapa final, o conselho executivo, certo do cumprimento de todas as etapas anteriores, de que todas as atividades do projeto foram cumpridas e mensuradas, pode conceder as RCEs. Essas são emitidas pelo Conselho e creditadas aos participantes do projeto (MCT, 2009-2).

A Figura 2 ilustra o ciclo de projeto de MDL, de acordo com o MCT (2009-2).

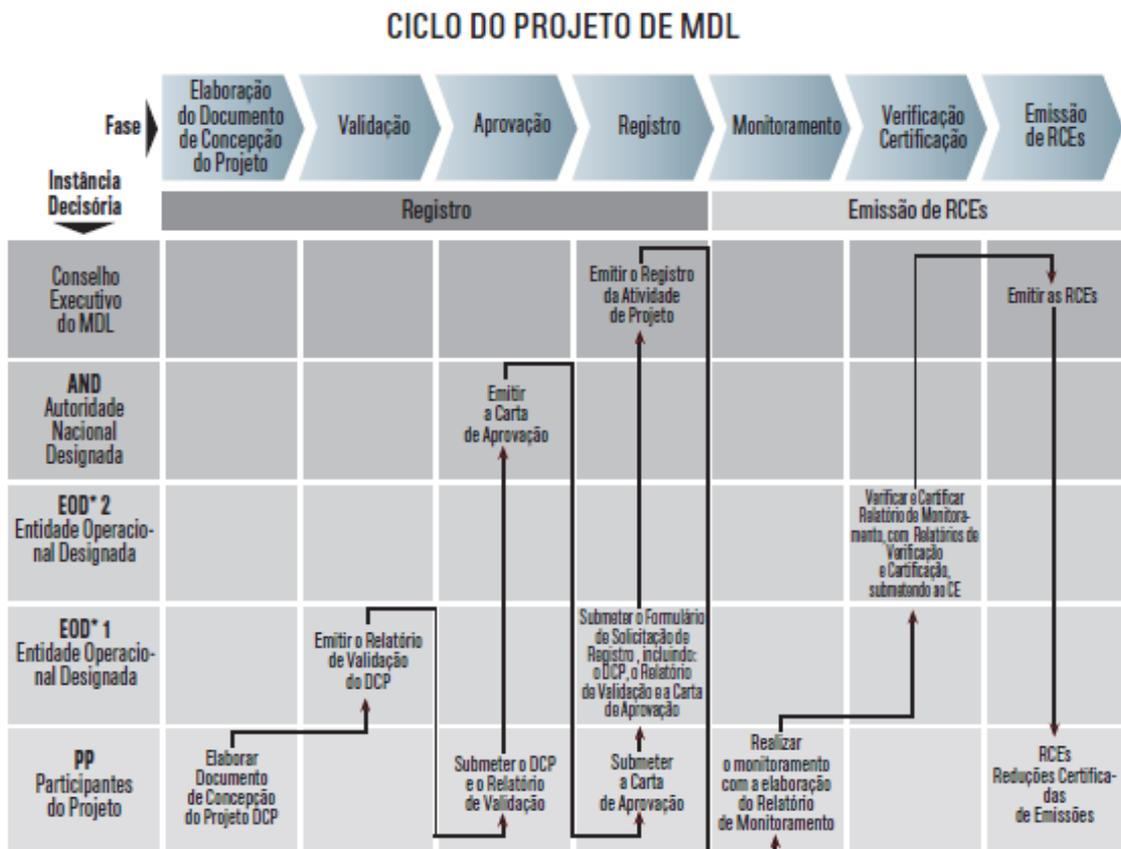


Figura 2 – Ciclo do projeto de MDL (MCT, 2009-2)

A negociação das RCEs é feita no “mercado de balcão” da BM&F Bovespa (Bolsa de Mercadorias e Futuros), ou seja, acontece com a intermediação de instituições financeiras, por meio de leilões eletrônicos (LORA, 2008).

O Brasil é o terceiro país em termos de redução de emissão de gases na ordem de 330.722.468t de CO₂, correspondendo a 6% do total mundial. Estão à frente do Brasil, em primeiro lugar a China com 2.257.037.342t e em segundo a Índia com 1.345.998.122t.

Atualmente, o Brasil vem utilizando diversas fontes de energia renováveis, dentre elas: eólica, solar, maremotriz e a biomassa, que será o foco desta pesquisa.

A biomassa é feita a partir do aproveitamento de resíduos para a cogeração industrial. Entendem-se por biomassa a lenha, a casca de arroz, os restos de madeira, o bagaço da cana-de-açúcar etc. O bagaço da cana-de-açúcar, originário do processo de produção de açúcar e álcool no setor sucroalcooleiro, por meio da queima em caldeiras de alta pressão, produz o vapor que é utilizado para consumo) e/ou geração de eletricidade e, em alguns casos, o excedente dessa eletricidade é vendido para a concessionária local (DANTAS FILHO, 2009).

O bagaço da cana-de-açúcar é, sem dúvida, a biomassa de maior representatividade na matriz energética brasileira, sendo responsável pelo suprimento de energia térmica, mecânica e elétrica das unidades de produção de açúcar e álcool, por meio da cogeração (GUARDABASSI, 2006).

Além da produção de energia elétrica suficiente para o consumo industrial próprio (quase a totalidade das usinas brasileiras são auto-suficientes), a cogeração propicia a geração de excedentes de eletricidade, dependendo da tecnologia empregada. Ao contrário do que acontecia no início do PROÁLCOOL – Programa de Financiamento do Álcool (1973), quando o bagaço da cana era considerado indesejável, sendo queimado em caldeiras ineficientes de baixa pressão, hoje muitas usinas já utilizam equipamentos eficientes e, além de suprirem sua própria demanda de energia, vendem o excedente de eletricidade para a rede (GOLDEMBERG et al., 2008).

Segundo Ometto (2005), a Tabela 1 demonstra a emissão de gases durante todo o processo produtivo do álcool que é desempenhando da seguinte forma:

- Atividade 1. Preparo do solo – As atividades do preparo são divididas em processo mecânico e químico;

- Atividade 2. Plantio da cana – Nessa fase são utilizados, os caminhões, tratores com sulcadores e aplicadores de agrotóxicos, bem como ônibus para o transporte dos trabalhadores;
- Atividade 3. Tratos culturais – Os tratos culturais nada mais são do que a aplicação de agrotóxicos;
- Atividade 4. Queima da cana-de-açúcar, ou seja, colheita da cana – pode ser feita por meio da queimada ou da retirada da cana crua, no Estado de São Paulo é feita da seguinte forma: 63,8% manualmente, 36,2% mecanicamente, 75% queimada e 25% cana crua;
- Atividade 5. Fermentação do álcool;
- Atividade 6. Queima do bagaço nas caldeiras para geração de vapor e energia;
- Atividade 7. Fertirrigação da vinhaça;
- Atividade 8. Distribuição do etanol;
- Atividade 9. Consumo Etanol.

Os resultados mostram que o CO₂ é o gás mais emitido durante o ciclo de vida do álcool; isso se deve além da queima do bagaço da cana-de-açúcar nas caldeiras, à intensa utilização do diesel nos caminhões e máquinas agrícolas (OMETTO, 2005). Há de se salientar que a coluna 5 se refere ao processo de fermentação do álcool e não há emissões nesse processo.

Tabela 1 – Quantidade de substâncias atmosféricas emitidas por tonelada de álcool, incluindo o CO₂ emitido pela queimada e pela geração de vapor e eletricidade (OMETTO, 2005)

Substância emitida para atmosfera	Atividade kg/t _{álcool}									Total kg/t _{álcool}
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
CO ₂	1,975	1,283	3,191	5.895,51	0	2.307,03	0,937	0,519	0	8.210,45
NO _x	0,019	0,016	0,046	10,815	0	1,485	0,013	0,008	10,9	23,303
CO	0,006	0,005	0,009	303,031	0	0,495	0,002	0,002	188	491,549
SO ₂	0,004	0,002	0,025	0,186	0	0	0,001	0,001	0	0,219
HC	0,001	0,002	0,005	60,497	0	0	0,002	0,002	15,6	76,109
NO ₂	0	0,004	0	0,293	0	0	0	0	0	0,297
SO _x	0,001	0,0004	0,0005	0,011	0	0	0,0003	0	0	0,013
Tolueno	0	0,00003	0	0,002	0	0	0	0	0	0,002
N ₂ O	0,0003	0,081	0,151	0	0	0	0,02	7E ⁻⁰⁶	0	0,252
K ⁴³	0	0	0	1,26	0	0	0	0	0	1,26
Ca ⁴³	0	0	0	2,16	0	0	0	0	0	2,16
Mg ⁴³	0	0	0	0,522	0	0	0	0	0	0,522
S ⁴³	0	0	0	0,576	0	0	0	0	0	0,576
CH ₄	0,001	0,0003	0,001	5,106	0	0	0,00002	0	0	5,108
Total kg/t _{álcool}	2,007	1,393	3,429	6.279,97	0	2.309,01	0,974	0,533	214,5	8.811,82

A queima da biomassa em usinas sucroalcooleiras é efetuada diretamente em caldeiras e sua energia térmica é utilizada na produção de vapor, que alimenta as turbinas de acionamento mecânico do processo, e também nas turbinas geradoras de energia elétrica. Saindo dessas turbinas o vapor será utilizado para atender às necessidades do processo de produção, conforme a Figura 3 (PESSINE, 2007).

... uma tonelada de cana-de-açúcar resulta em cerca de 280kg de bagaço, com 50% de umidade, cuja queima produz em média 450kg a 500kg de vapor, a temperatura média de 300°C e pressão de 21bar... (LORA, 2008)

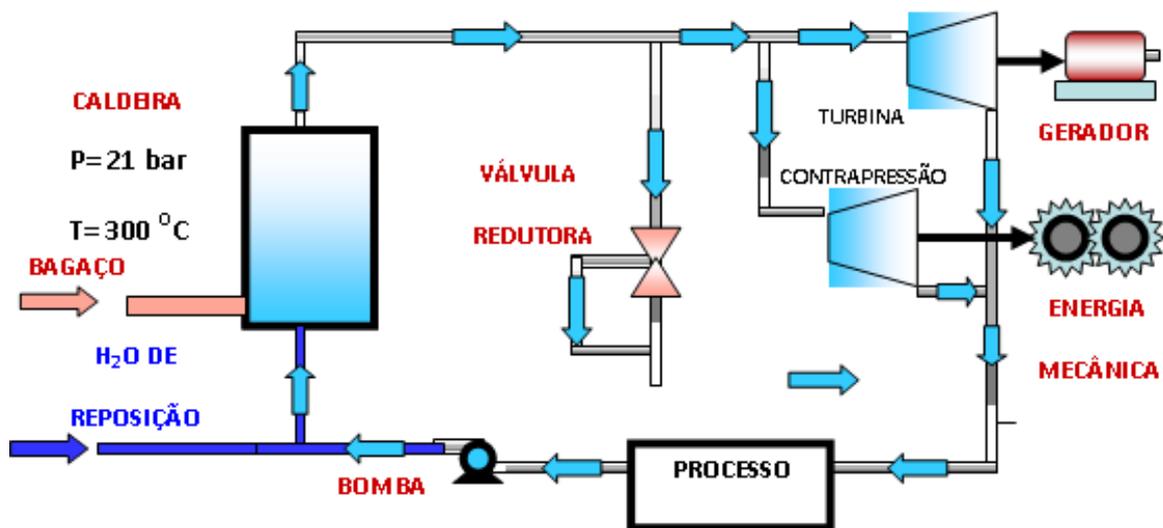


Figura 3 – Diagrama padrão de um sistema de cogeração utilizado pelas usinas de cana-de-açúcar (PESSINE, 2007)

Nota-se que a utilização da biomassa é crescente dentro da matriz energética brasileira e mundial, como mostram as informações da Resenha Energética Brasileira – Exercício 2008 do Ministério de Minas e Energias brasileiro (MME, 2009), segundo ilustrado na Figura 4.

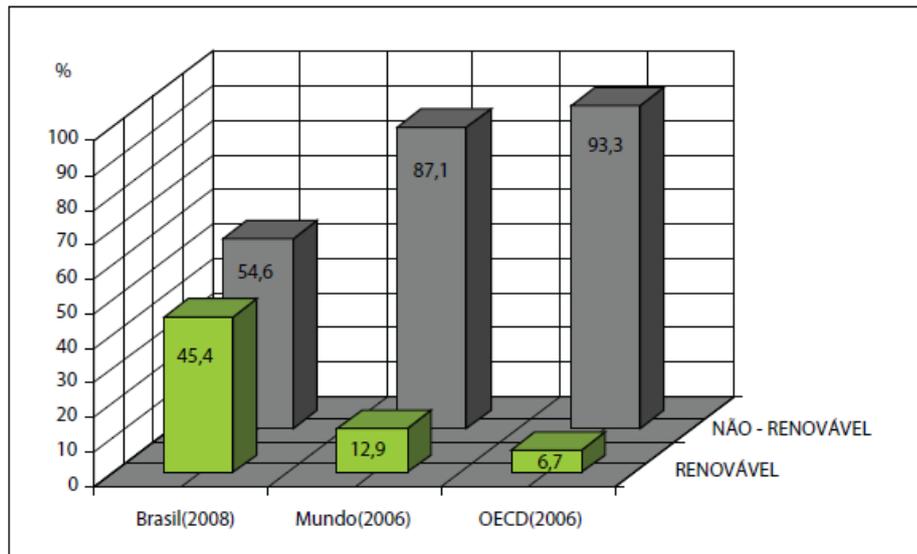


Figura 4 – Estrutura da oferta interna de energia (MME, 2009)

Conforme visto na Figura 4, as fontes de energia renováveis compõem quase 50% da matriz energética brasileira, considerada a mais alta do mundo.

A Tabela 2 ilustra o desempenho das principais fontes de energia constituintes da matriz energética brasileira no período de 2007-2008, confirmando, assim, o observado na tendência já demonstrada em 2006 (Figura 4).

Na Figura 5 observa-se que a biomassa superou as hidroelétricas chegando próxima à oferta de petróleo e derivados, o que mostra o comprometimento brasileiro com o meio ambiente, investimentos em novas tecnologias de cogeração e sustentabilidade.

Tabela 2 – Oferta Interna de Energia (MME, 2009)

ESPECIFICAÇÃO	MIL TEP		08/07 (%)	ESTRUTURA %	
	2007	2008		2007	2008
NÃO RENOVÁVEL	129.102	137.333	6,4	54,1	54,6
Petróleo e Derivados	89.239	93.711	5,0	37,4	37,3
Gás Natural	22.199	25.625	15,4	9,3	10,2
Carvão Mineral e Derivados	14.356	14.294	-0,4	6,0	5,7
Urânio (U308) e Derivados	3.309	3.703	11,9	1,4	1,5
RENOVÁVEL	109.656	114.193	4,1	45,9	45,4
Hidráulica e Eletricidade	35.505	35.013	-1,4	14,9	13,9
Lenha e Carvão Vegetal	28.628	28.717	0,3	12,0	11,4
Derivados da cana-de-açúcar	37.847	41.820	10,5	15,9	16,6
Outras renováveis	7.676	8.643	12,6	3,2	3,4
TOTAL	238.758	251.526	5,3	100,0	100,0

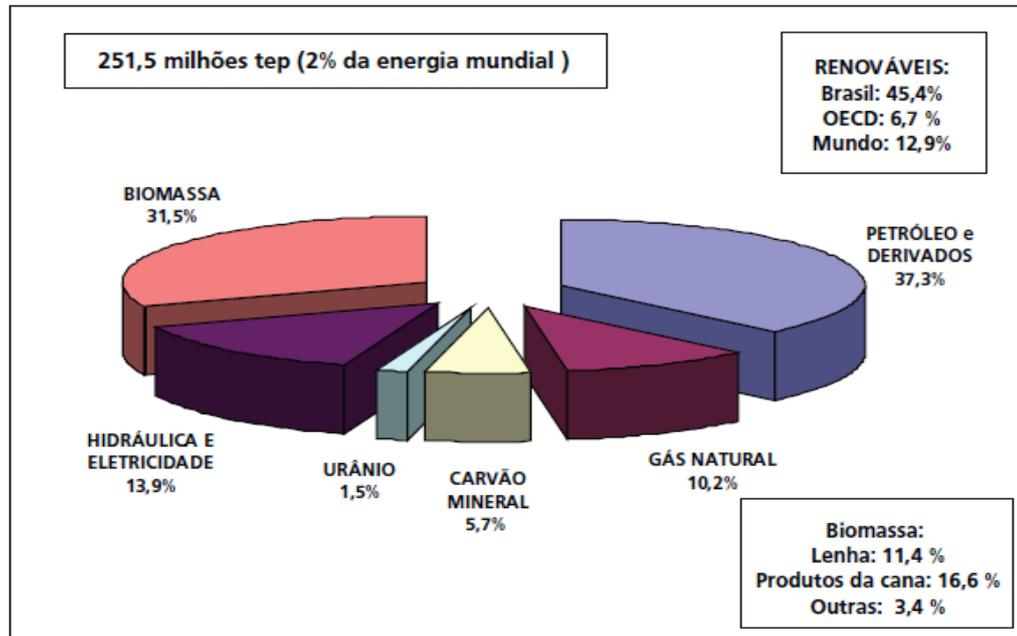


Figura 5 – Oferta interna de energia no Brasil (2008) (MME, 2009)

Na composição setorial do consumo final de energia, o setor energético apresentou a maior taxa de crescimento, de 11,6%, alavancada pelo uso térmico do bagaço da cana-de-açúcar na produção de álcool, mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 – Matriz de consumo final de energia (MME, 2009)

ESPECIFICAÇÃO	Mil tep		08/07 %
	2007	2008	
Deriv. Petróleo	89.331	93.074	4,2
Gás Natural	15.502	16.076	3,7
Carvão Mineral	12.050	11.966	-0,7
Eletricidade	35.443	36.958	4,3
Biomassa	63.238	67.173	6,2
TOTAL	215.565	225.247	4,5

1.1.1. A Usina de Santa Cândida

De acordo com dados coletados sobre a Usina Santa Cândida (SP), observa-se que a safra da cana-de-açúcar acontece de março a novembro de cada ano, ou seja, durante oito meses, perfazendo um total de 5.760 horas de atividade por ano (USC, 2009).

A capacidade de geração de energia por meio do bagaço da cana-de-açúcar da Usina Santa Cândida é equivalente a 29MW, sendo 8MW para uso próprio e 21MW de excedente para comercialização na rede que geram um contrato com a Companhia Paulista de Força e Luz – CPFL, no qual, dos 21MW, 15MW são vendidos para a CPFL e 6MW servem como reserva para garantia contratual (DANTAS FILHO, 2009).

Seu fator de emissão da linha de base, autorizado pela Organização das Nações Unidas – ONU, é equivalente a 0,277tCO₂e/MWh, ou seja, para cada 1MWh de energia elétrica excedente há redução de 0,277tCO₂e (USC, 2009).

1.1.2. O Problema

O crescimento industrial desencadeou a aceleração da economia gerando altos ganhos para o setor. No entanto, foram ignorados os malefícios causados ao ambiente, e hoje, o mundo se depara com a certeza de escassez dos recursos naturais em um breve futuro e com as mudanças climáticas ocasionadas pelo acúmulo de gases na atmosfera, que provocam o efeito estufa.

1.1.3. Solução Proposta

Demonstrar, por meio de diferentes cenários, os benefícios financeiros e ambientais, após a adequação ao MDL, comprovando os ganhos obtidos tanto com a venda de energia excedente, como com as negociações das RCEs, o retorno

breve do investimento pelo *payback*, sua rentabilidade pela TIR e o retorno monetário pelo VPL.

O valor presente líquido é um cálculo utilizado para estimar o valor ou benefício líquido sobre a vida útil de um determinado projeto, freqüentemente investimentos de longo prazo, como a construção de um prédio novo ou a instalação de dispositivos com vistas à eficiência energética.

O VPL permite a tomada de decisão por meio da comparação de várias alternativas sobre a mesma escala de tempo por sua conversão para a forma de dinheiro corrente. Um projeto é tido como aceitável se o seu VPL é positivo durante o período de expectativa de vida do projeto.

A Equação (1) representa o cálculo do VPL, onde **t** é o tempo em que haverá investimento no projeto, normalmente em anos, **n** é o tempo total do projeto, na mesma escala de **t**, **i** é a taxa de juros aplicada no período e **C** é o fluxo de caixa em um período específico (BAKER, 2000; LIN; NAGALINGAM, 2000).

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t} \quad (1)$$

Por sua vez, a taxa interna de retorno (TIR) pode ser obtida por meio da Equação (1) para a situação em que $VPL = 0$, Equação (2), sendo **I** o investimento inicial e o valor calculado para a taxa de juros (**i**), o valor da TIR (BAKER, 2000; LIN; NAGALINGAM, 2000).

$$VPL = 0 = I + \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1 + TIR)^t} \quad (2)$$

O *payback* (tempo de retorno de investimento), **PB**, será obtido pelo quociente entre o investimento (**I**) e o retorno financeiro propiciado pelo projeto (**RE**), por meio da Equação (3). (BAKER, 2000; LIN; NAGALINGAM, 2000).

$$PB = \frac{I}{Re} \quad (3)$$

1.2. REVISÃO DA LITERATURA

Olivares-Gómez (1996) desenvolveu, por meio do dimensionamento aproximado, um reator de leito fluidizado com potência térmica de 280kW para gaseificação do bagaço e da palha da cana-de-açúcar. Foi obtido um desempenho energético aceitável do reator e maiores valores de eficiência do gaseificador, tanto a quente como a frio.

Baker (2000) demonstrou os cálculos de valor presente líquido e taxa interna de retorno, apresentando as equações e exemplos de aplicações práticas das mesmas.

Lin e Nagalingam (2000) descreveram brevemente as características do fluxo de caixa, salientando a importância do valor presente líquido e da taxa interna de retorno, apresentando, também, sua representação matemática, com exemplos. Também conceituaram brevemente o valor presente líquido, exemplificando suas aplicações tanto no âmbito contábil como financeiro, assim como sua forma de cálculo por meio de análise fundamentada.

Balestieri (2002) apresentou o contexto da conservação e as formas mais eficientes para a cogeração em paridade elétrica, para tanto, utilizando a termodinâmica como principal ferramenta em suas análises.

Kinto et al. (2002) dissertaram sobre o processo de gaseificação, assim como as etapas de secagem, pirólise, combustão e a gaseificação propriamente dita.

Lopes (2002) apresentou um guia de orientação do mecanismo de desenvolvimento limpo orientando quanto aos procedimentos mais importantes das decisões relativas ao mecanismo, tendo como base o protocolo de Kyoto.

Grubb (2003) explicou sobre o mecanismo de desenvolvimento limpo, suas atribuições frente ao protocolo de Kyoto, os setores em que o mecanismo pode ser desenvolvido e suas diretrizes junto ao conselho executivo brasileiro.

Guitman e Madura (2003) desenvolveram o estudo minucioso sobre finanças, práticas financeiras, metodologias, fórmulas e cálculos para as principais áreas do conhecimento em finanças que são: administração financeira, os mercados financeiros e área de investimentos. Forneceram o entendimento e interrelações entre as três áreas e demonstraram as ferramentas para a tomada de decisões.

Leal (2004) caracterizara o bagaço e a palha da cana-de-açúcar como combustível, identificando faixas de operação do gaseificador e simulando processos.

Pogue (2004) explicara a importância referencial da taxa interna de retorno, bem como seus conceitos, aplicações pelo mercado financeiro e também conceituara brevemente o valor presente líquido.

Ometto (2005) estudara o impacto do ciclo de vida do álcool etílico hidratado combustível utilizando o método EDIP (*environmental development of industrial products*), modificando-o pela inserção de aspectos relacionados às avaliações exergéticas e emergéticas na avaliação e valoração do impacto. O autor baseara-se nas normas NBR 14.040 e ISO 14.040 para estabelecer as referências de sua análise e, por meio dos resultados obtidos pela EDIP, observara que a atividade da colheita de cana de açúcar apresentara maior potencial de impacto para o consumo de recursos renováveis, o aquecimento global, a formação fotoquímica de ozônio troposférico, a acidificação e a toxicidade humana. Tais resultados foram tabulados e apresentados relacionados com as emissões de gases provenientes das atividades correlatas à transformação da cana em álcool.

Santana (2005) analisara o retorno dos investimentos efetivados para conservação de energia elétrica comparativamente aos benefícios agregados com redução dos custos, bem como níveis de redução de desperdício energético, a partir do levantamento de dados em uma empresa concessionária do setor público de energia elétrica.

Schniederjans et al. (2005) exemplificaram a utilização do *payback* como uma ferramenta de análise frente a cenários para avaliação do tempo de retorno do investimento, auxiliando a tomada de decisão em relação ao investimento, diante do projeto em análise.

Guardabassi (2006) fornecera um panorama dos países em desenvolvimento, sobre a utilização da biomassa e suas perspectivas. Demonstrara por meio de gráficos e tabelas que os países mais pobres são os mais dependentes da biomassa e de combustíveis fósseis. Apresentara ainda, as ferramentas de incentivo necessárias e as vantagens de sua utilização destacando a experiência de sua implantação nas regiões em desenvolvimento do Brasil.

Pessine (2007) abordara as normas e regulamentos básicos sobre o PIE (produtor independente de energia elétrica), baseado em considerações históricas;

criação, definição, concessão, autorização e registro para uso do bem público; instalação de transmissão de interesse restrito das centrais geradoras do PIE; modalidade de operação; potência e energia de emergência e contratação do acesso.

Prado (2007) apresentara a avaliação das externalidades sociais, ambientais e econômicas relativas ao ciclo produtivo da cana-de-açúcar e enfocara para tanto a geração de energia elétrica.

Goldemberg, Coelho e Nigro (2008) trataram da atual situação, bem como perspectivas e barreiras em relação à bioenergia no estado de São Paulo fundamentado no Decreto nº 51.736, de 4 de abril de 2007 a fim de embasar as recomendações da comissão especial de energia quanto aos 14 termos de referência (TRs).

Lora (2008) projetara cenários de redução de emissão de gases do efeito estufa com base em 151 usinas do setor sucroalcooleiro do estado de São Paulo durante as safras de 2006 e 2007, utilizando o bagaço e a palha da cana-de-açúcar com foco no potencial de geração das reduções certificadas de emissões (RCEs) e modernização do setor após adequação ao MDL.

Moreira e Giometti (2008) enfatizaram a necessidade de cooperação entre os países desenvolvidos e os em desenvolvimento, conforme previsto no protocolo de Kyoto, a adesão brasileira ao mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) e o desenvolvimento sustentável. Descreveram em ordem cronológica, os principais acordos referentes às mudanças climáticas explicitando o MDL como fonte de recurso financeiro.

UNFCCC (2008) descrevera sobre o mercado de carbono criado por meio do protocolo de Kyoto, seus mecanismos de flexibilização como o mercado da União Européia, os mercados voluntários e o MDL, bem como comentara sobre os créditos de carbono e gases do efeito estufa.

ANEEL (2009) definira cogeração, cogeração qualificada, energia da fonte, energia da unidade eletromecânica, entre outras, por meio do artigo 3º da resolução 235/2006. Essa resolução estabelecera os requisitos para a qualificação de centrais termoelétricas cogradoras de energia.

CCX (2009) explicara as fases do compromisso de redução de emissão que deve ser cumprida pelos membros participantes, bem como suas metas até o ano de 2010.

Carbono Brasil (2009-1) explicara de forma objetiva o que é o mercado de créditos de carbono, bem como o potencial brasileiro para atuação no mesmo.

Carbono Brasil (2009-2) ilustrara a queda vertiginosa das negociações dos créditos de carbono, devido à crise econômica/financeira mundial no ano de 2009.

Castro, Cassiano e Ferreira (2009) elaboraram uma modelagem computacional sobre a gaseificação do bagaço da cana-de-açúcar, esperando obter uma mistura rica em hidrogênio, a partir do *software* ASPEN PLUS[®], com intenção de chegar a condições otimizadas de produção. Como resultado, recomendara para a gaseificação do sistema, 9% em volume de H₂, para produtos gasosos em base seca.

Dantas Filho (2009) dissertara sobre a análise de custos da geração de energia elétrica por meio da utilização do bagaço da cana-de-açúcar. Para tal, fizera uso de diferentes cenários, considerando os custos relevantes de quatro usinas do Estado de São Paulo e a viabilidade dos processos de cogeração nessas instalações. Com base nesses dados, apurou-se por meio dos métodos tradicionais de avaliação de investimentos, sejam o valor presente líquido (VPL), a taxa interna de retorno (TIR) e o tempo de retorno do investimento (*payback*), a viabilidade econômica/financeira para a implantação do processo de cogeração.

FIERJ - Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (2009) elucidara o problema de tributação dos créditos de carbono, mostrara o posicionamento de importantes instituições brasileiras como o Banco Central do Brasil e a Comissão de Valores Mobiliários, a esse respeito. Demonstrara a evolução dos valores das RCEs e o posicionamento brasileiro em projetos MDL.

Goioerê (2009-1) descrevera detalhadamente todas as etapas do processo de fabricação do açúcar, que são: recepção da cana, estocagem, preparo da cana, esmagamento e extração do caldo, peneiramento, preparo do caldo, concentração e cristalização por cozimento, centrifugação, secagem e armazenamento.

Goioerê (2009-2) descrevera detalhadamente todas as etapas do processo de fabricação do álcool, que são: lavagem da cana, preparo, peneiramento, adição de Cal, tratamento do caldo, aquecimento e fermentação.

Jaffe et al. (2009) descreveram de forma breve o mecanismo de comércio internacional de emissões e suas atribuições frente ao protocolo de Kyoto.

Ministério da Ciência e Tecnologia (2009-1) explicara de forma sucinta os impactos causados pela industrialização e pela utilização de combustíveis fósseis,

as mudanças climáticas e o que foi a convenção-quadro de 1992. Descrevera que o acúmulo de gases na atmosfera impede que a radiação da superfície terrestre seja liberada ao espaço, causando o que é chamado de efeito estufa.

Ministério da Ciência e Tecnologia (2009-2) descrevera em detalhes os procedimentos para a submissão de projetos de MDL, definindo as sete etapas: elaboração de documento de concepção de projeto (DCP); validação (verificação da conformidade com projeto com as regulamentações do protocolo de Kyoto); aprovação da comissão interministerial de mudança global do clima (CIMGC); registro no conselho executivo; monitoramento; verificação/certificação; e emissão de unidades conforme acordado no projeto.

Ministério da Ciência e Tecnologia (2009-3) descrevera e explicara as etapas do processo do MDL, posicionando os projetos brasileiros em relação ao mundo. Também fora demonstrado o *status* mundial das reduções de CO₂ dos países envolvidos com o protocolo de Kyoto.

Ministério das Minas e Energia (2009) demonstra a resenha energética brasileira que é um balanço preliminar da oferta interna de energia. O autor apresentara o crescimento econômico das diversas fontes de energia elétrica, tanto fósseis como renováveis, o crescimento da demanda de energia e os bons resultados brasileiros em relação à utilização de fontes de energia renováveis.

UNFCCC (2009-1) explicara, de forma sucinta, cada um dos mecanismos de flexibilização bem como os impactos nas economias dos países que fazem parte do anexo 1 do protocolo de Kyoto.

UNFCCC (2009-2) relatara de forma sucinta o significado de implementação conjunta no âmbito MDL.

Usina Santa Cândida (2009) descrevera historicamente a usina e seus procedimentos produtivos, colocara informações sobre consumo de energia próprio, excedente negociado para venda e reserva contratual de energia elétrica, assim como seu fator da linha de base para cálculo de emissão de CO₂ evitado.

1.3. OBJETIVOS

Esta pesquisa tem como finalidade, investigar as ações buscadas pelas autoridades mundiais para minimizar os problemas climáticos que atualmente estão mudando as condições de sobrevivência do planeta, a mitigação das emissões de gases de efeito estufa, na atmosfera, as diretrizes exigidas pelo Protocolo de Kyoto e a participação dos países em desenvolvimento no MDL.

Demonstrar a atual situação brasileira perante o mundo tanto na oferta mundial de energia como na composição da matriz energética bem como o retorno financeiro por meio de análise do valor presente líquido (VPL), da taxa interna de retorno (TIR) e do *payback*.

Demonstrar, por meio de cenários baseados em situações reais da usina, os benefícios de ordem financeira com a implementação da biomassa, mais precisamente, com a utilização do bagaço da cana-de-açúcar como fonte de energia para o setor sucroalcooleiro e os benefícios de um sistema ecoeficiente.

1.4. METODOLOGIA

O estudo propõe a análise comparativa por meio do VPL, da TIR e *Payback* de cenários propostos (usina sem auto-suficiência energética; usina com auto-suficiência energética, sem venda do excedente; usina com auto-suficiência energética, com venda do excedente; e aplicação do MDL), com base em informações da Usina Santa Cândida, do setor sucroalcooleiro. Fazem-se necessárias, as seguintes informações:

- Tempo estimado de safra;
- Capacidade em MW da usina;
- MW excedentes;
- Consumo MWh;
- Preço de compra de cada MWh;
- Preço de venda de cada MWh;
- Índice para projeção;

- Investimento inicial;
- Investimento para adequação das diretrizes do MDL;
- Fator de redução de emissão de CO₂;
- Valor de negociação das RCEs.

Como base nas informações da usina é possível apurar os seguintes resultados dos diversos cenários propostos (DANTAS FILHO, 2009):

DEMONSTRAÇÃO DOS RESULTADOS

	Receita líquida
-	Operação e manutenção
=	Lucro bruto
-	Depreciação
=	Lucro antes do IR
-	IR
=	Lucro Líquido
+	Depreciação
+	RCEs
-	Capital de Giro
=	Fluxo de caixa

O demonstrativo acima será utilizado nos quatro diferentes cenários, para apuração das informações da Usina Santa Cândida. Serão atribuídos valores de correção monetária para uma projeção de 10 anos, estimando uma TIR superior a 12%, VPL superior a 0 e *payback* inferior a 5 anos.

CAPÍTULO 2 – A GASEIFICAÇÃO DA BIOMASSA NA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA

2.1. COGERAÇÃO

Segundo o artigo 3º da Resolução 235/2006 da ANEEL (2006, p.1):

“Cogeração é um processo operado numa instalação específica para fins da produção combinada das utilidades calor e energia mecânica, esta geralmente convertida total ou parcialmente em energia elétrica, a partir da energia disponibilizada por uma fonte primária...”

A cogeração associa-se à minimização de impactos ambientais e à busca de maior eficiência na utilização dos insumos energéticos. Considerada como uma atuação pontual de conservação de energia, bem como racionalidade energética, oriunda do aproveitamento do calor rejeitado pelas máquinas térmicas (NOGUEIRA & MARTINS, 1997 *apud* LORA, 2008).

As centrais de cogeração sustentam seus estudos para determinação das melhores condições de trabalho e, conseqüentemente, melhor aproveitamento energético em princípios fundamentais da termodinâmica, entre eles, os ciclos térmicos básicos. Segundo Lora (2008), os principais ciclos utilizados para as configurações de centrais de cogeração são:

- Ciclo de Rankine (vapor);
- Ciclo de Brayton (gás);
- Ciclo combinado;
- Ciclo Diesel.

A Figura 6 ilustra os principais ciclos térmicos utilizados nos sistemas de cogeração.

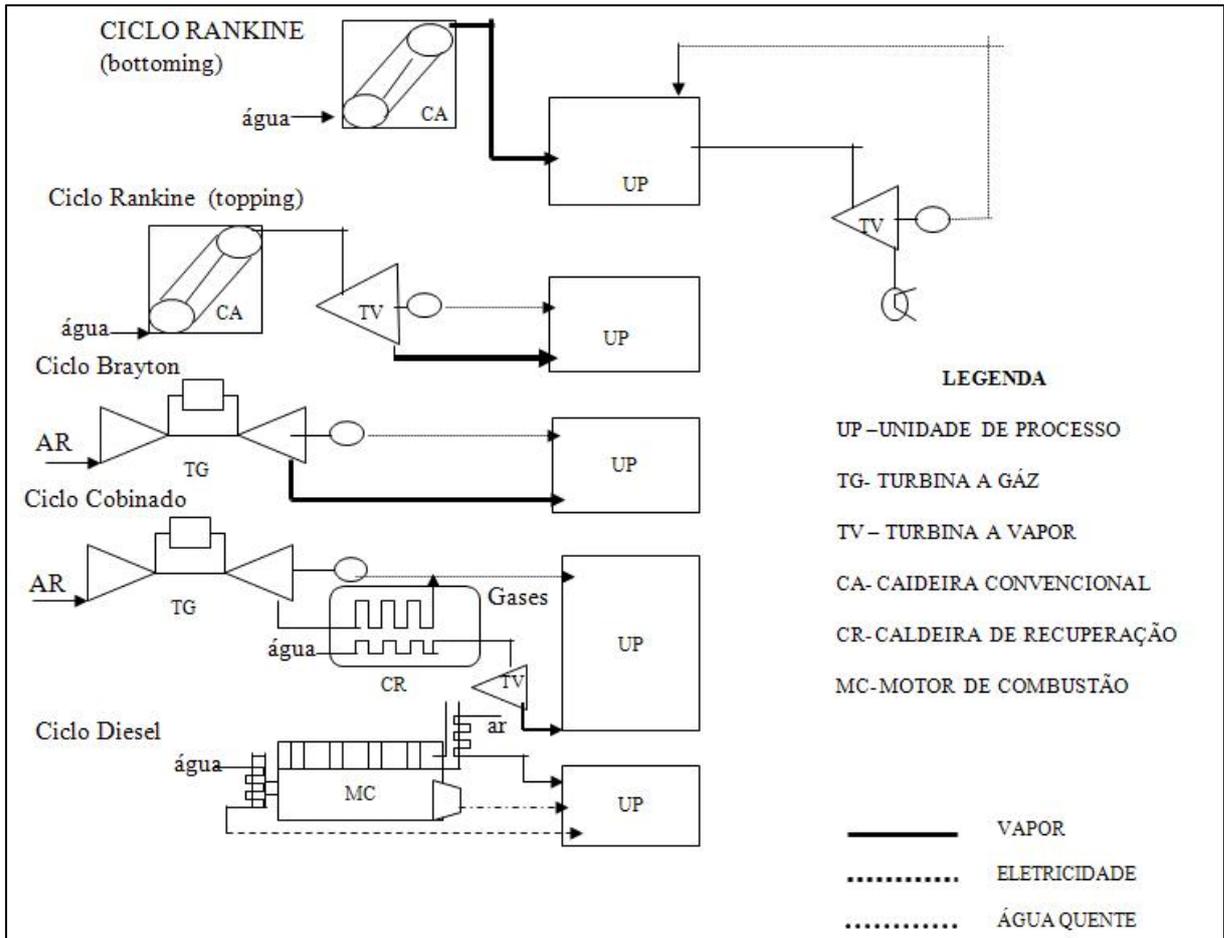


Figura 6 – Ciclos térmicos de cogeração (BALESTIERI, 2002)

Dentre os parâmetros a serem observados para a seleção do ciclo térmico que será utilizado em uma central de cogeração estão: eficiência global de cogeração, eficiência termodinâmica, consumo específico de combustível, consumo específico de vapor e consumo específico de calor. Esses parâmetros são definidos a seguir.

A eficiência global de cogeração (η_g), Equação (4), é uma característica obtida em função da razão de todas as formas de energia que podem efetivamente ser aproveitadas pelo ciclo de calor da queima do combustível (BALESTIERI, 2002).

$$\eta_g = \frac{E' + S'}{\sum_i \dot{m}_{c,i} \cdot PCI_i} \quad (4)$$

A eficiência termodinâmica (η_t), Equação (5), é um parâmetro que varia entre 30 e 45%, conforme a tecnologia adotada, ponderando apenas a parcela eletromecânica, permitindo inferir na eficácia global (BALESTIERI, 2002).

$$\eta_t = \frac{S'}{\sum_i \dot{m}_{c,i} \cdot PCI_i} \quad (5)$$

O consumo específico de combustível (cec), Equação (6), é o fator determinante que avalia o retorno do investimento diante das possibilidades de geração apresentadas pelo equipamento (BALESTIERI, 2002).

$$cec = \frac{\dot{m}_c}{E'} \left[\frac{\text{kg}}{\text{kWh}} \right] \quad (6)$$

O consumo específico de vapor (cev), Equação (7), refere-se à quantidade de vapor admitido em uma máquina geradora para efetuar determinada unidade de trabalho (BALESTIERI, 2002).

$$cev = \frac{3.600}{h_e - h_s} \left[\frac{\text{kg}}{\text{kwh}} \right] \quad (7)$$

Para a Equação (7), h_e é a entalpia na entrada da máquina geradora [kJ/kg] e h_s é a entalpia na saída da máquina geradora [kJ/kg].

O consumo específico de calor (HR), Equação (8), expressa a relação do calor cedido pelo combustível para conseguir a unidade de trabalho (BALESTIERI, 2002).

$$HR = \frac{\sum_i \dot{m}_{c,i} \cdot PCI_i}{E'} \left[\frac{\text{kg}}{\text{kWh}} \right] \quad (8)$$

2.2. GASEIFICAÇÃO

Entende-se por gaseificação o processo termoquímico de transformação de um combustível sólido ou líquido, na mistura de gases chamada de “gás de síntese”, utilizando-se como matéria prima, no caso deste estudo, a biomassa, mais precisamente, o bagaço da cana-de-açúcar. Esse é considerado o método de combustão mais limpo, por utilizar-se da energia armazenada oferecida pela biomassa (KINTO et al., 2002).

A gaseificação ocorre a partir de cinco processos básicos, que são (KINTO et al., 2002):

- A secagem, que se caracteriza por ser a etapa mais lenta e significativa devido à umidade do bagaço da cana-de-açúcar;
- A pirólise, que se entende ser a ruptura da estrutura molecular do composto pela ação do calor em um ambiente com pouco ou nenhum oxigênio, inicia-se a menos de 300°C fragmentando as partículas sólidas;
- A combustão, que se trata da reação com o oxigênio e é necessária ao processo, servindo como fonte de calor às demais etapas;
- A gaseificação ocorre nas temperaturas entre 400°C e 900°C, onde a reação parcial do carbono e hidrocarboneto do combustível, com o oxigênio, gera o monóxido de carbono (CO) e gás hidrogênio (H₂);
- As reações de conversão de CO em H₂, normalmente induzidas pela adição de vapor durante ou após a gaseificação.

O gás de síntese tem como função principal, a geração de energia elétrica, produzindo vapor para as caldeiras de processos termoelétricos (CASTRO et al., 2009).

O setor sucroalcooleiro, devido à abundância de resíduos, tem demonstrado grande interesse no desenvolvimento de processos de gaseificação do bagaço da cana-de-açúcar, pois durante a safra de 2005, foram colhidos 300 milhões de toneladas de cana, gerando o montante de 42 milhões de toneladas de matéria seca (HASSUANI et al. 2005 *apud* CASTRO; CASSIANO; FERREIRA, 2009).

São apresentadas, segundo Olivares-Gómez (1996), os seguintes benefícios na gaseificação do bagaço da cana:

1. O combustível gasoso pode ser distribuído para atender as necessidades operacionais, via tubulação;
2. As modificações das câmaras de combustão são mínimas ou inexistentes, quando um combustível líquido ou um gasoso é substituído;
3. A chama de alta temperatura é considerada estável e limpa, descartando após a queima, o uso de equipamentos antipoluição;
4. No caso de locais, ou espaços que impedem a instalação de fornalhas, o processo de gaseificação é ainda mais atrativo, pois pode ser feita por fornos e/ou aquecedores industriais;
5. Em alguns casos, a eficiência da gaseificação, é ainda, mais eficaz que a combustão direta, visto que há uma maior necessidade de ar para a queima total;
6. A substituição da utilização dos derivados de petróleo pelo gás acaba por suprimir problemas como corrosão, poluição e contaminação do produto pelo enxofre e carbono;
7. A eletricidade gerada em diversas escalas ocorre por meio da queima em um motor de combustão interna (no caso de pequena escala), ou em turbina a gás (na média e larga escala).

2.3. GASEIFICADORES

As novas tecnologias de cogeração em paridade elétrica utilizam-se de combustíveis sólidos, como carvão e biomassa, que gaseificados são empregados em turbinas a gás e na forma de briquetes (biomassa), em caldeira de leito fluidizado (BALESTIERI, 2002).

As turbinas a gás com injeção de vapor, STIG (*steam injected gas turbine*), são consideradas muito interessantes e alternativas eficientes, incrementando a potência gerada em um ciclo, ou seja, provoca a expansão do vapor junto com o ar na mesma turbina (BALESTIERI, 2002).

Outra grande vantagem é a flexibilidade do processo de injeção de vapor permitindo uma maior quantidade de energia elétrica a partir da redução da necessidade de vapor nas unidades de cogeração (BALESTIERI, 2002).

São dois os sistemas com essas características: CIC/STIG (*coal-integrated gasifier/steam injected gas turbine*) e BIG/STIG (*biomass-integrated gasifier/steam injected gas turbine*) (BALESTIERI, 2002).

No caso do CIC/STIG, gaseificador integrado de carvão, há incerteza em relação a esse processo quanto a sua viabilidade comercial de remoção de enxofre dos gases de exaustão, já o sistema BIG/STIG, gaseificador integrado de biomassa, necessita de menos esforços por causa da reatividade da biomassa em relação ao carvão (BALESTIERI, 2002). A Figura 7 ilustra uma unidade de cogeração com sistema do tipo BIG/STIG.

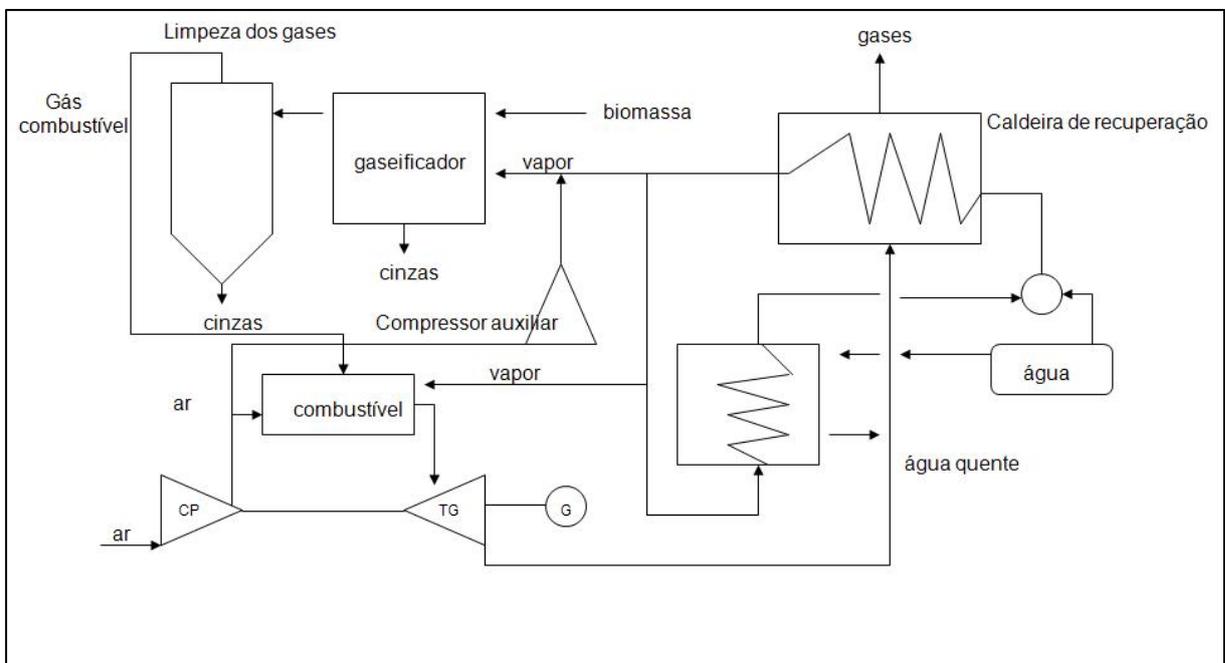


Figura 7 – Unidade BIG/STIG (BALESTIERI, 2002)

As caldeiras de leito fluidizado operam pela injeção de ar comprimido na parte inferior da fornalha. A divisão dos ares primários e secundários reduz as emissões de NO_x controlando assim as operações das cargas (BALESTIERI, 2002).

As caldeiras de leito fluidizado circulante (Figura 8) são caldeiras pressurizadas, PFBC (*pressurized fluidized bed combustion boilers*), e as caldeiras de leito fluidizado borbulhante (Figura 9), AFBC (*atmosphere fluidized bed combustion boilers*) são caldeiras mantidas sob a pressão atmosférica (BALESTIERI, 2002).

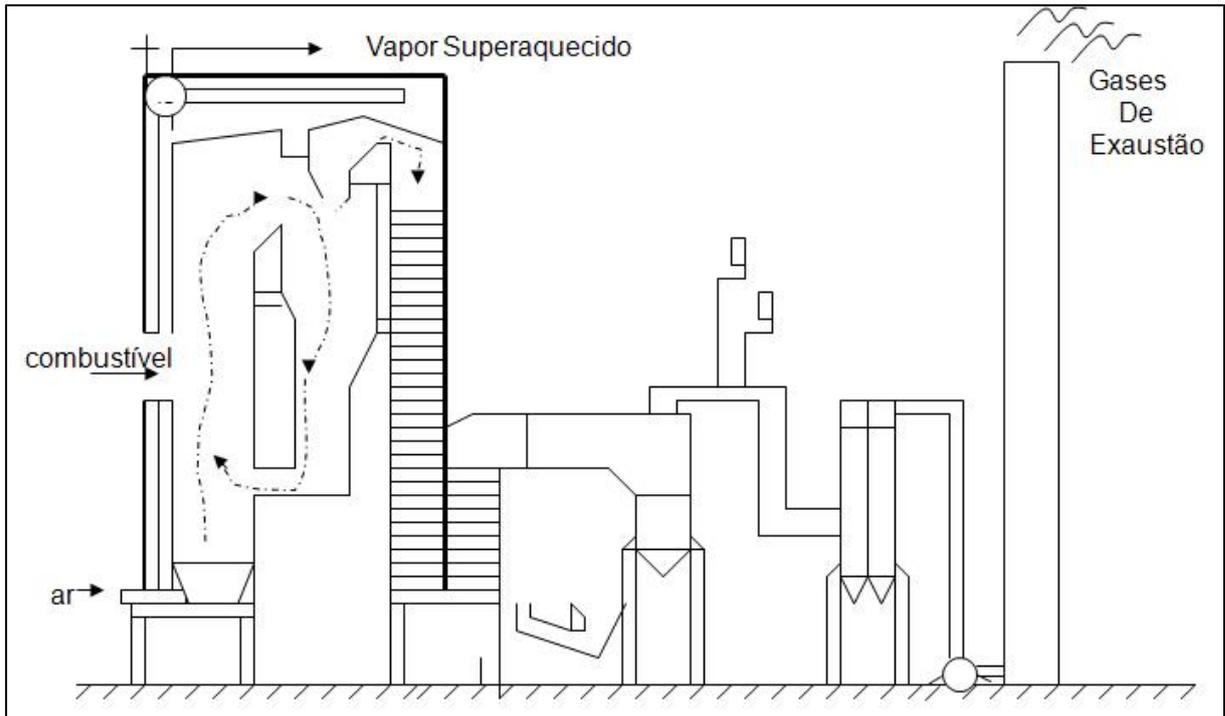


Figura 8 – Caldeira de leito fluidizado circulante (BALESTIERI, 2002)

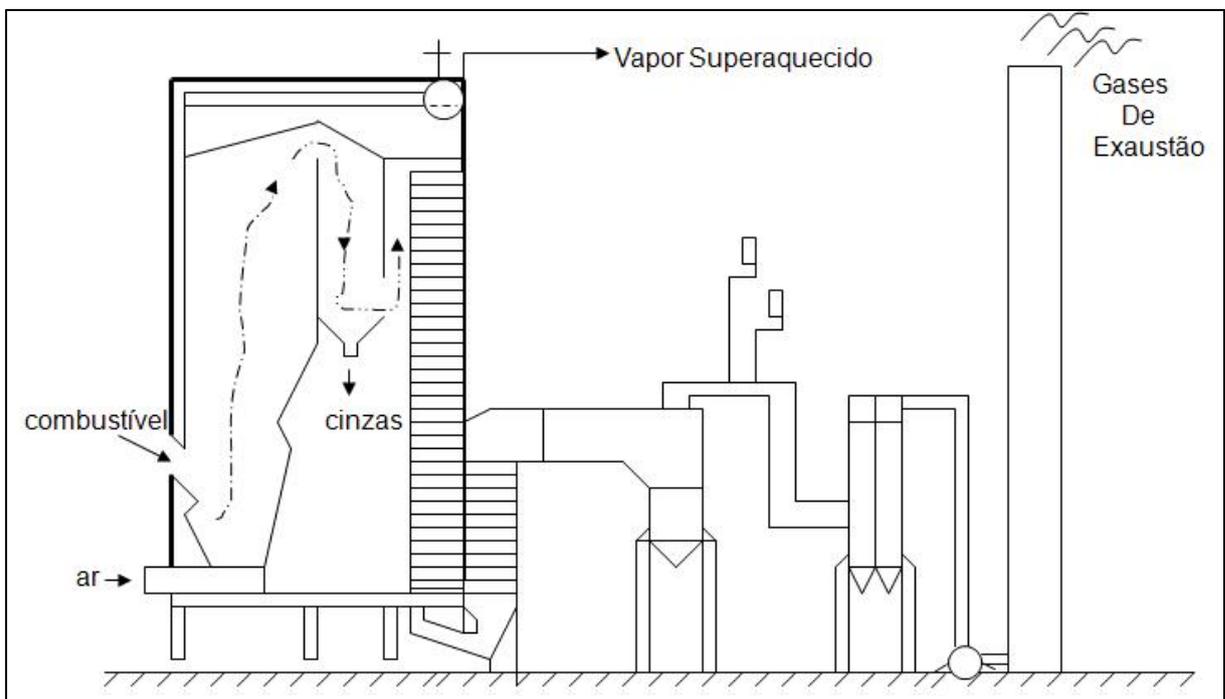


Figura 9 – Caldeira de leito fluidizado borbulhante (BALESTIERI, 2002)

As vantagens desse leito é a utilização de qualquer tipo de carvão, bem como resíduos e biomassa, removendo assim, 95% do conteúdo de enxofre. É considerada uma planta de baixo custo, pois sua unidade é modular e demanda um

menor período de construção, além da queima direta, ser utilizada na geração de energia (BALESTIERI, 2002). A Figura 10 ilustra um ciclo combinado com caldeira de leito fluidizado circulante.

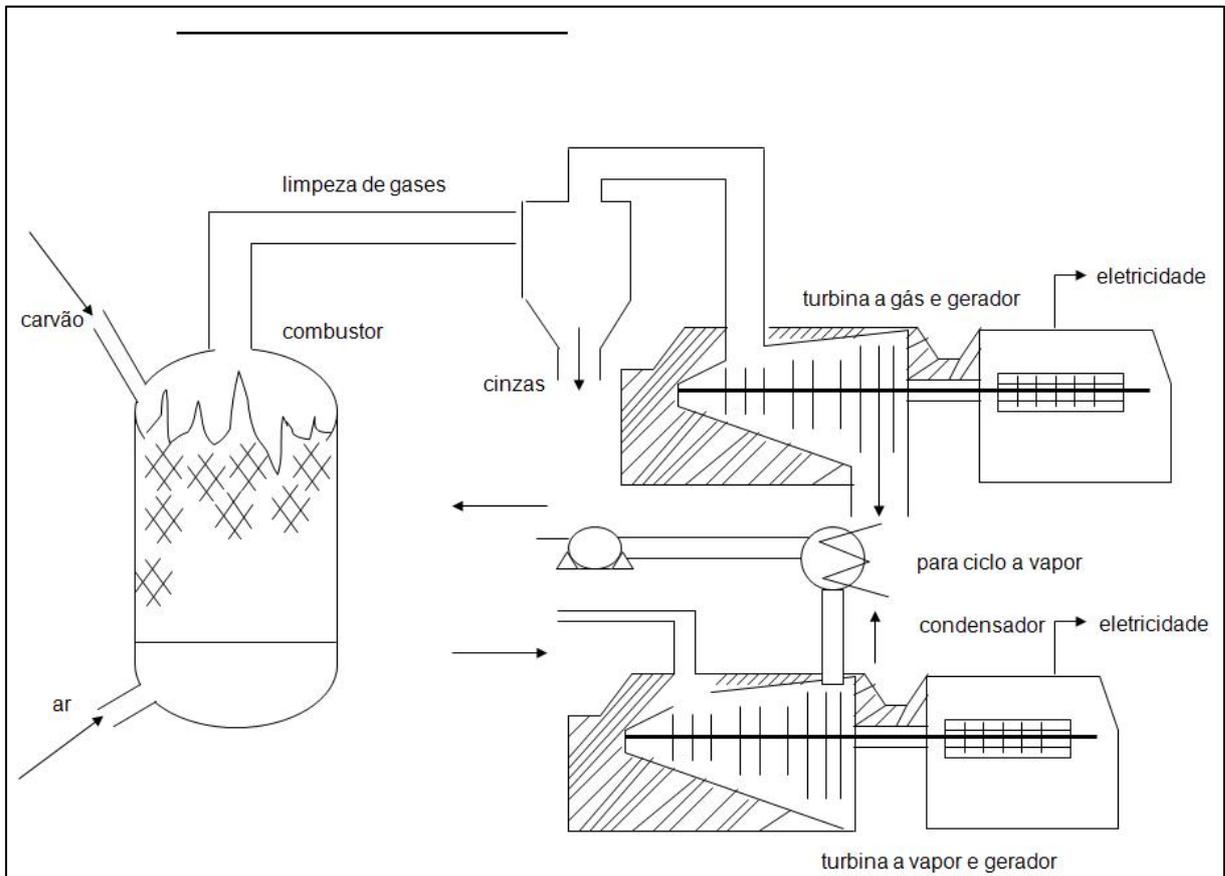


Figura 10 – Ciclo combinado com caldeira PFBC convencional (BALESTIERI, 2002)

A velocidade da fluidização do ar no PFBC é mais alta do que no AFBC, carregando os sólidos até o combustor, que atua como superfície transmissora de calor, atraindo-os em um ciclone e a recirculação desses sólidos para o combustor. Encontram-se ainda, vantagens do PFBC sobre o AFBC, que são: melhor queima de combustível, maior eficiência, menos emissão de NOx e componentes mais compactos (BALESTIERI, 2002).

Segundo conclusões do teste de bancada de Leal (2004), o leito fluidizado opera tanto com o bagaço como com a palha da cana-de-açúcar, atingindo uma temperatura alta o suficiente para se obter uma boa conversão de carbono.

O sistema integrado gaseificação-ciclo, IGCC (*integrated gasification combined cycle*), representa a união de diversas tecnologias de conversão de

energia. As unidades de gaseificação com carvão ou biomassa, produzem gases que acionam a turbina gás, gerando assim, energia elétrica. Identifica-se como I(C)GCC, o sistema integrado que tem como base a utilização do carvão e I(B)GCC, o sistema que vem sendo testado com a biomassa (BALESTIERI, 2002).

... os gases exaustados das turbinas a gás geram vapor de água em uma caldeira de recuperação, com ou sem queima auxiliar, acionando uma turbina a vapor, que por sua vez também gera energia elétrica; parcela do vapor pode ser usada como agente gaseificante ou como vapor de processo em um complexo industrial ... (BALESTIERI, 2002).

A biomassa é sem dúvida a alternativa mais promissora a longo prazo, por se tratar de uma fonte renovável de energia e emissão nula de CO₂, devendo ser considerada em qualquer análise de suprimento energético futuro. Os ciclos combinados com gaseificação integrada é sem dúvida a mais recomendada para a gaseificação da biomassa devido às eficiências alcançadas, porém, em termos de custos do calor, recomenda-se o sistema BIG/STIG (BALESTIERI, 2002).

CAPÍTULO 3 – O MERCADO DE NEGOCIAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO

3.1. MECANISMOS DO PROTOCOLO DE KYOTO

O protocolo de Kyoto tem como principal objetivo a redução dos gases de efeito estufa e para isso determina que países desenvolvidos signatários listados no Anexo 1 da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima - CQNUMC, reduzam em média 5,2% de suas emissões de gases de efeito estufa entre 2008 e 2012 (primeiro período do compromisso) (LOPES, 2002). A Figura 11 ilustra um quadro com os países signatários do Anexo 1 da CQNUMC.

Alemanha	Eslováquia	Irlanda	Países Baixos
Austrália	Eslovênia	Islândia	Polónia
Áustria	Espanha	Itália	Portugal
Bélgica	EUA	Japão	Reino Unido da
Belarus	Estónia	Letónia	Grã-Bretanha e
Bulgária	Federação Russa	Liechtenstein	da Irlanda do Norte
Canadá	Finlândia	Lituânia	República Tcheca
Comunidade Europeia	França	Luxemburgo	Romênia
Croácia	Grécia	Mônaco	Suécia
Dinamarca	Hungria	Noruega	Suíça
		Nova Zelândia	Turquia
			Ucrânia

Figura 11 – Países listados no Anexo 1 da CQNUMC (LOPES, 2002)

Visando não comprometer as economias dos países envolvidos, as negociações do mercado de carbono podem ser feitas entre as nações por meio dos mecanismos de flexibilização, que autorizam os países do Anexo 1 da CQNUMC a participarem de projetos para redução de GEEs fora de seu território, gerando incentivos para o desenvolvimento da sustentabilidade dos países emergentes, como o Brasil, que não fazem parte do Anexo 1 da CQNUMC (UNFCCC, 2009-1).

O “mercado de carbono” iniciou suas atividades a partir das negociações dos créditos de carbono, que são certificados de redução de emissão ou absorção de GEEs. Cada mecanismo de flexibilização do protocolo de Kyoto possui sua identificação específica: para projetos de MDL, são as reduções certificadas de emissões (RCEs); no caso de comércio internacional de emissões, são as unidades de redução de emissões (URE); e por fim, as *assigned amount units* (AAU), no caso de implementação conjunta (LORA, 2008).

Uma tonelada métrica de dióxido de carbono equivalente (tCO₂eq) evitado, gera uma RCE. Esse cálculo é feito a partir do potencial de aquecimento global (*global warming potencial – GWP*) divulgado pelo painel intergovernamental sobre mudança do clima (*intergovernmental panel on climate change – IPCC*), padronizando as quantidades dos diversos gases emitidos equivalentemente ao dióxido de carbono (LOPES, 2002).

São três os mecanismos de flexibilização previstos no protocolo de Kyoto: comércio internacional de emissões (CIE), implementação conjunta (IC) e mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL).

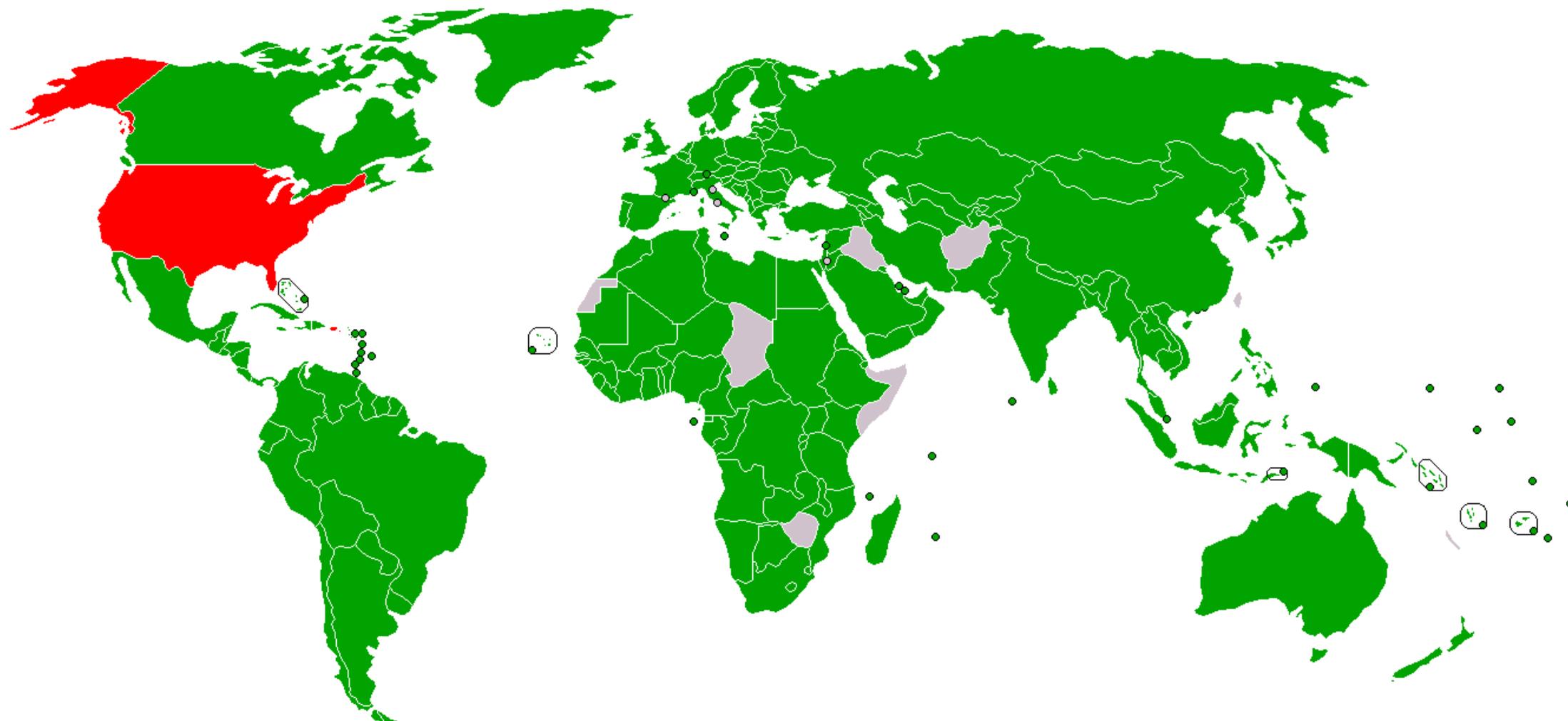
O comércio internacional de emissões (do inglês *emissions trading*) está previsto no Artigo 17 do Protocolo de Kyoto. Propicia a negociação de crédito carbono entre os países do Anexo 1 da CQNUMC. Os países que tenham diminuído suas emissões podem transferir o excesso das reduções a países que não atingiram as metas de redução, assim, os países em desacordo com a redução podem comprar os créditos de outros países, adequando-se às metas, desde que comprovem que estão se utilizando de mecanismos de redução de GEEs, ou seja, esse mecanismo pode ser utilizado pelo país adquirente, desde que esse demonstre suas atividades de redução implementadas efetivamente, não permitindo a alguns países apenas a compra da redução de outros países sem realizar sua própria redução (JAFFE et al., 2009).

A implementação conjunta (do inglês *joint implementation*) é definida pelo Artigo 6 do Protocolo Kyoto. Trata-se da união entre os países do Anexo1 da CQNUMC para cumprirem as metas de redução. Criado pelo Protocolo de Kyoto para incentivar a implementação de projetos para redução. As regras e metodologias dos projetos são similares ao MDL, porém, esse mecanismo atende somente os países do Anexo 1 da CQNUMC (LORA, 2008).

O mecanismo de desenvolvimento limpo é definido pelo Artigo 12 do Protocolo de Kyoto. Esse mecanismo é utilizado por países emergentes, que não fazem parte do Anexo 1 da CQNUMC, mas se comprometem com as reduções de GEEs. É por meio desse mecanismo que o Brasil atua no mercado internacional de negociação de crédito de carbono. A partir do MDL, países emergentes, em acordo com suas diretrizes, podem obter créditos de carbono por meio da redução de GEEs e vender aos países do Anexo 1 da CQNUMC para que esses cumpram suas metas (GRUBB, 2003).

3.2. MERCADO INTERNACIONAL DE NEGOCIAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO

Países da União Européia fizeram um acordo independente do Protocolo de Kyoto para redução no período compreendido entre 2002 e 2007, desenvolvendo outras metas para esse período, permitindo a negociação entre as empresas e a obtenção dos créditos a partir de projetos MDL (UNFCCC, 2008). A Figura 12 ilustra a distribuição dos países, de acordo com sua adoção ao Protocolo de Kyoto.



Legenda:	Verde:	Países que ratificaram o protocolo.
	Amarelo:	Países que ratificaram, mas ainda não cumpriram o protocolo.
	Vermelho:	Países que não ratificaram o protocolo.
	Cinzento:	Países que não assumiram nenhuma posição no protocolo.

Figura 12 – Mapa da adoção do protocolo de Kyoto em Fevereiro/2009

Mercados voluntários foram criados para atender metas de redução, mesmo não fazendo parte do protocolo de Kyoto. Um desses mercados é viabilizado por meio da Bolsa do Clima de Chicago (*Chicago Climate Exchange – CCX*), que é uma bolsa auto-regulamentadora, constituída sob as leis americanas, situada na cidade de Chicago (EUA). Essa bolsa iniciou suas atividades em outubro de 2003, tendo como meta a redução de 4% dos GEEs em relação aos gases emitidos no ano de 1998 (CCX, 2009).

Não atuando de forma coercitiva como o Protocolo de Kyoto, essa bolsa prevê que as empresas que consigam alcançar as metas obtenham créditos para negociação internacional. A CCX segue as regras do mercado financeiro americano sendo auditada e acompanhada pela *Chicago Board of Trade – CBOT* e pela *New York Stock Exchange*, consideradas autoridades do mercado americano (CCX, 2009).

A Figura 13 mostra o compromisso de redução de emissão de gases de efeito estufa em duas fases, sendo que os membros comprometidos na primeira fase deveriam reduzir 1% de suas emissões, por ano, perfazendo um total de 4% ao final do período de 4 anos (2003 a 2006). Já na segunda fase, os membros devem reduzir cerca de 6% no período de 4 anos (2007 a 2010) (CCX, 2009).

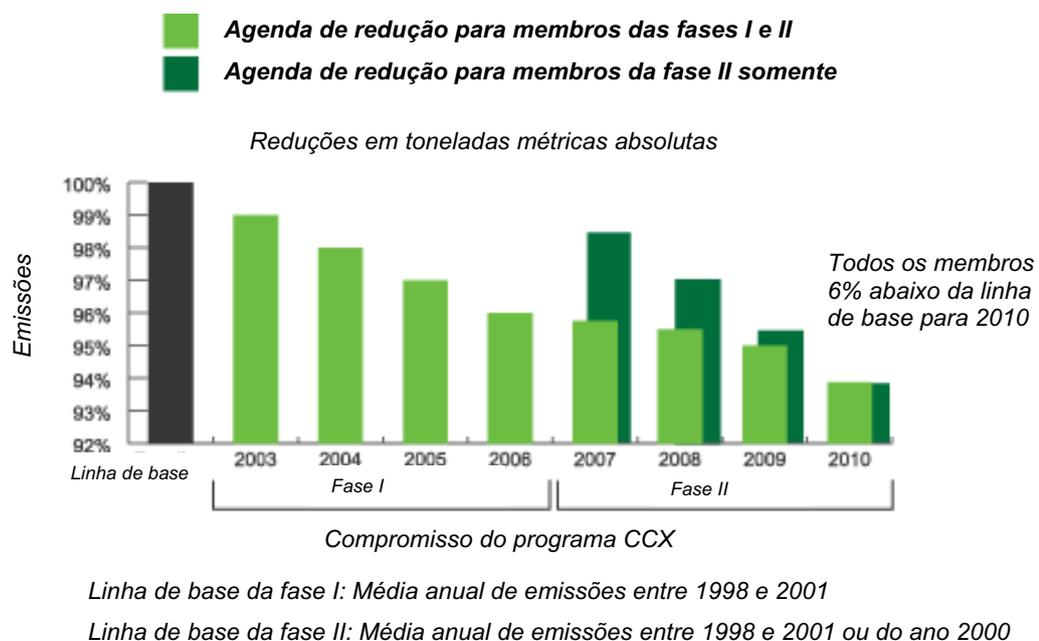


Figura 13 – Compromisso de redução de emissão CCX (CCX, 2009)

Observa-se pela Figura 14 que hoje existem 1.750 projetos MDL registrados no conselho executivo da ONU, gerando em média, 309 milhões de créditos de carbono anualmente, sendo a China líder do *ranking* com 599 projetos aprovados, em segundo lugar a Índia com 488 e em terceiro o Brasil com 160 (FIRJAN, 2009).



Figura 14 – Projetos no âmbito MDL no Brasil e no mundo (FIRJAN, 2009)

A soma de China, Índia, Brasil e México geram 247 milhões de RCEs por ano, ou seja, 76% dos projetos MDL, sendo que só a China, detém 59% desse mercado, conforme observado na Figura 15 (FIRJAN, 2009).

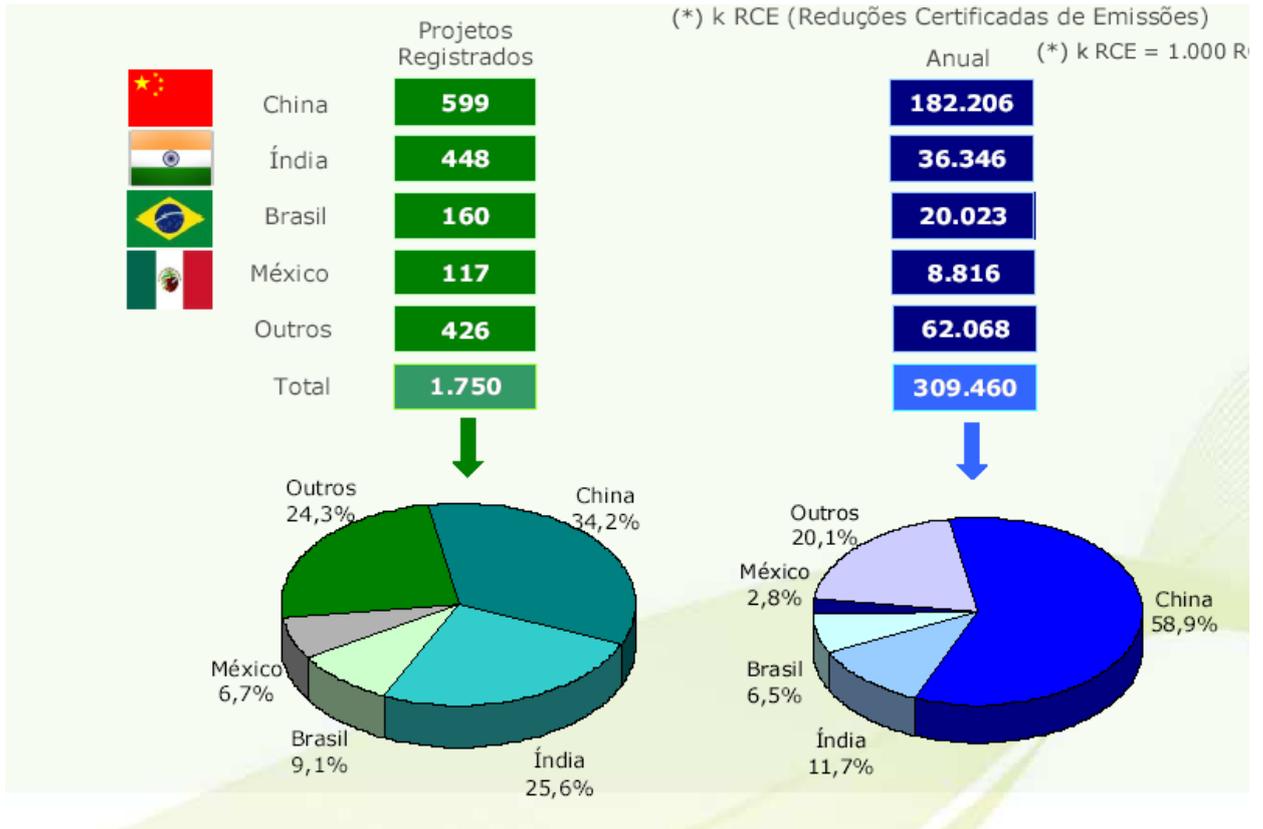


Figura 15 – Projetos certificados x RCE no mundo (FIRJAN, 2009)

3.3. MERCADO BRASILEIRO DE NEGOCIAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO

A dificuldade do cumprimento das metas de redução dos países do Anexo 1 da CQNUMC viabiliza os créditos gerados pelos países em desenvolvimento via MDL, uma vez que os outros dois mecanismos de flexibilização são limitados aos países do Anexo B como a Austrália e a Islândia (LOPES, 2002).

O mecanismo de desenvolvimento limpo propiciou às empresas a negociação dos créditos de carbono no mercado internacional, transformando a poluição em valor monetário. O mercado de crédito de carbono, atualmente, é responsável por grande movimentação da economia. À frente do Brasil estão a China e a Índia como maiores produtores de projetos, porém, segundo especialistas, o Brasil tem grande potencial para esse novo mercado (CARBONO BRASIL, 2009-1).

A Tabela 4 enumera, segundo o conselho executivo, os setores brasileiros a serem beneficiados pelo MDL (GRUBB, 2003).

Tabela 4 – Setores beneficiados pelo MDL (GRUBB, 2003)

Setores	Projetos
1	Geração de energia renovável
2	Distribuição de energia
3	Demanda de energia (projetos de eficiência e conservação de energia)
4	Indústrias de produção
5	Indústrias químicas
6	Construção
7	Transporte
8	Mineração e produção de minerais
9	Produção de metais
10	Emissões de gases fugitivos de combustíveis
11	Emisões de gases fugitivos na produção e consumo de halocarbonos e hexafluorido de enxofre
12	Uso de solventes
13	Gestão e tratamento de resíduos
14	Reflorestamento e florestamento
15	Agricultura

A Figura 16 mostra os setores mais atrativos para o desenvolvimento de projetos, predominando o setor de energia (MCT, 2009-3).

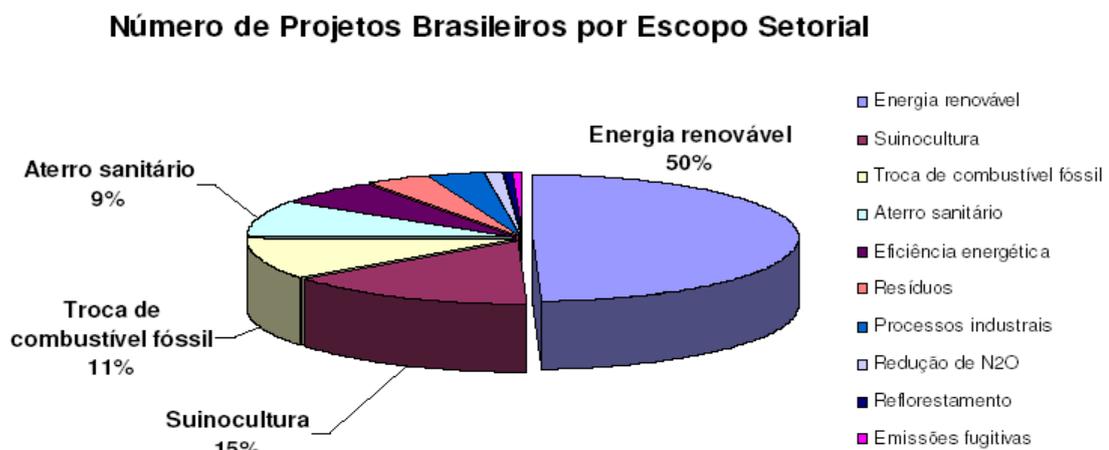


Figura 16 – Número de projetos brasileiros por escopo setorial (MCT, 2009-3)

A Tabela 5 demonstra que durante o primeiro período de obtenção dos créditos, o potencial de redução de gases do efeito estufa nos setores de energia renovável, aterro sanitário e redução de N₂O é de 258.063.342tCO₂e, totalizando 71% das emissões de CO₂ a serem reduzidas (MCT, 2009-3).

Para a obtenção da redução certificada de emissão, o projeto MDL deve seguir as seguintes diretrizes: elaboração de documento de concepção de projeto – DCP; validação (verificação da conformidade com projeto com as regulamentações do protocolo de Kyoto), aprovação da comissão interministerial de mudança global do clima (CIMGC); registro no conselho executivo; monitoramento; verificação e certificação; emissão dos RCEs (MCT, 2009-2), conforme descrito no Capítulo 1.

3.4. OS VALORES DAS RCEs

No ano de 2008, as negociações do mercado de crédito de carbono atingiram o patamar de US\$ 118 bilhões, acumulando um aumento de 84% em relação ao ano de 2007, porém, a crise econômica mundial fez com que o valor de negociação dos créditos caísse vertiginosamente de € 28,00 para menos de € 10,00. A queda se deu devido à grande oferta no mercado europeu e à crise econômica que levou as grandes indústrias a reduzirem sua produção e conseqüentemente suas emissões de gases (CARBONO BRASIL, 2009-2).

Tabela 5 – Distribuição das atividades de projeto no Brasil por tipo de projeto (MCT, 2009-3)

<i>Projetos em validação/ aprovação</i>	<i>Número de projetos</i>	<i>Redução anual de emissão</i>	<i>Redução de emissão no 1º período de obtenção de crédito</i>	<i>Número de projetos</i>	<i>Redução anual de emissão</i>	<i>Redução de emissão no 1º período de obtenção de crédito</i>
Energia renovável	201	17.560.090	129.235.975	50%	38%	36%
Aterro sanitário	36	11.327.606	84.210.095	9%	25%	23%
Redução de N ₂ O	5	6.373.896	44.617.272	1%	14%	12%
Suinocultura	61	3.585.431	34.054.330	15%	8%	9%
Troca de combustível fóssil	43	3.246.186	27.129.190	11%	7%	7%
Eficiência energética	26	1.938.607	18.967.598	6%	4%	5%
Reflorestamento	2	434.438	13.033.140	0,5%	1%	4%
Processos industriais	14	1.002.940	7.449.083	3%	2%	2%
Resíduos	15	555.587	4.363.388	4%	1%	1%
Emissões fugitivas	2	42.336	296.352	0,5%	0,1%	0,1%

A Figura 17 ilustra a evolução do valor das RCEs no ano de 2009, considerado ano de crise econômica mundial. Iniciam o ano em queda chegando em fevereiro a € 8,00, se recuperam no mês de abril mantendo-se equilibrada no valor de € 11,00. O valor da RCE é indexado ao mercado europeu e sofre influência do mercado energético (petróleo, gás e energia) (FIRJAN, 2009).

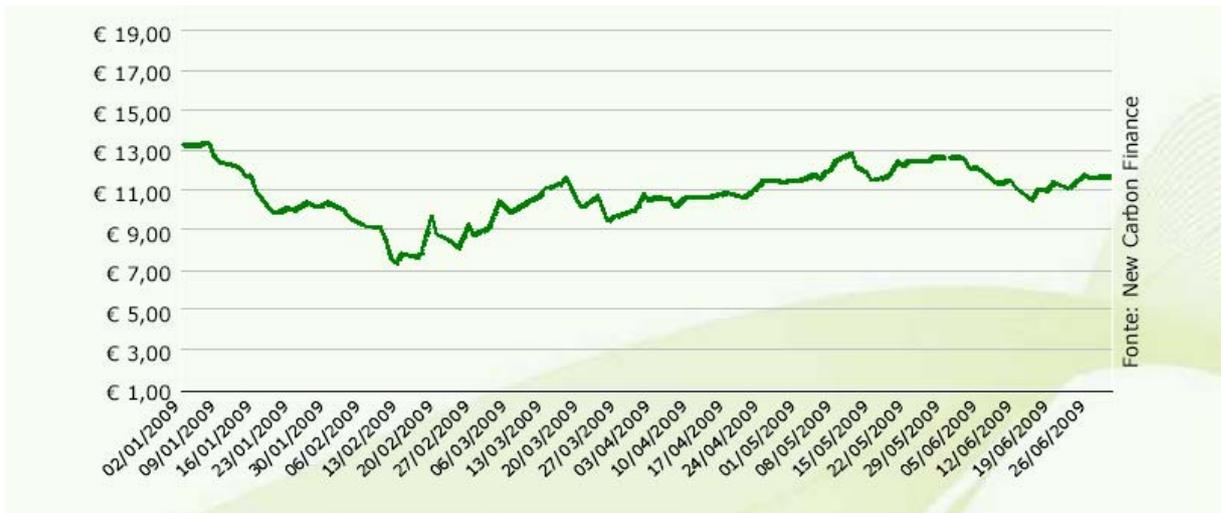


Figura 17 – Valores das RCEs (FIRJAN, 2009)

3.5. A TRIBUTAÇÃO DOS CRÉDITOS DE CARBONO

Um dos maiores problemas em relação às RCEs refere-se ao tratamento tributário que deve ser dado a um mercado relativamente novo. Ainda não há legislação definitiva sobre o tema, porém tramitam no Congresso brasileiro, Projetos de Lei sobre o assunto equiparando o crédito de carbono a um valor mobiliário do mercado de derivativos (FIRJAN, 2009).

Segundo a Comissão de Valores Mobiliários (CVM) – órgão regulamentador do mercado de capitais – os créditos são ativos, sua comercialização tem como finalidade o cumprimento de metas ou investimento financeiro, já os produtos financeiros oriundos das negociações devem ser tributados caso a caso. O Banco Central do Brasil vê os créditos como serviço e acredita na incidência do ISS (FIRJAN, 2009).

Entende-se que é um ativo transacionável com base em contratos de concessão e sua tributação deve ser efetivada da seguinte forma:

- A compradora: a empresa que recebe valores dos créditos de carbono considera o valor como receita, que afeta o lucro contábil e, portanto deve ter como base de cálculo o IRPJ e a CSLL. Não incidência de PIS e COFINS, pois estão protegidas das contribuições por força da imunidade constitucional conforme Artigo nº149 § 2º, da Constituição Federal; Artigo 5 da Lei nº10.637/02 e Artigo 6 da Lei nº10.833/03. Existe a possibilidade de incidir o IOF caso os créditos sejam considerados derivativos (FIRJAN, 2009).
- A vendedora: caso seja tributada pelo lucro presumido, deve seguir as obrigações do Artigo 15 da Lei 9.249/95 (FIRJAN, 2009).

Esse posicionamento é passível de alteração a qualquer momento, visto que ainda não há legislação definitiva sobre o assunto.

CAPÍTULO 4 – CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E FINANCEIRAS DA USINA SANTA CÂNDIDA

4.1. A USINA SANTA CÂNDIDA

Instalada na cidade de Bocaina, situada no interior do Estado de São Paulo, a Usina Santa Cândida Açúcar e Álcool Ltda. (Figura 18) é atuante no setor sucroalcooleiro há mais de 40 anos. Suas atividades se iniciaram na década de 60 por meio da exploração nas áreas de cereais, de pecuária e de engenho de aguardente de cana-de-açúcar. Já na década de 80, foi inserida no mercado de álcool combustível, produzindo álcool anidro e hidratado com o intuito de abastecer a frota nacional cujos veículos se utilizem desse combustível. Acompanhando as tendências de mercado, em meados de 1996 iniciaram a construção da fábrica de açúcar produzindo, na safra de 97/98, 10.000 sacas de 50kg por dia. No ano de 2002, a usina ampliou sua planta e, conseqüentemente, a produção de álcool, dobrando a produção de açúcar para 20.000 sacas de 50kg por dia (USC, 2009).



Figura 18 – Visão geral da Usina Santa Cândida (USC, 2009)

4.2. ÁREA AGRÍCOLA

A usina investe continuamente em avanço tecnológico e manutenção de equipamentos. Possui controle de qualidade rigoroso dos produtos, desde a entrada da matéria prima até seus produtos finais (USC, 2009).

Atualmente possui uma área plantada de 30.000ha, produzindo em média 88t/ha, sendo em média seis cortes com riqueza de 147kg de ATR (açúcar totalmente recuperado) por tonelada de cana processada. Utiliza-se de modernas práticas para conservação do solo com equipamentos de alta tecnologia em todas as operações, respeitando as reservas legais e áreas de preservação permanente. Possui ainda uma área fertirrigada de 6.500ha, utilizando-se da vinhaça como fertilizante orgânico, resolvendo o problema de resíduos industriais tornando os processos produtivos ecoeficientes (USC, 2009). A Figura 19 ilustra a área agrícola da Usina Santa Cândida.



Figura 19 – Campo de cana-de-açúcar da Usina Santa Cândida (USC, 2009)

4.3. CAPACIDADE DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E MOAGEM

Sua planta, com capacidade de processamento de 2.900.000 toneladas de cana por safra, produz 200.000 toneladas de açúcar e 130.000.000 de litros de álcool etílico. Há ainda, uma usina termoelétrica com 29 MW de capacidade instalada gerando em média 23MW de potência elétrica, sendo distribuída da seguinte forma: 8MW para consumo interno e 15MW vendido como excedente de energia para a rede, sendo vendidos anualmente 65.000MW de energia elétrica (USC, 2009). A Figura 20 ilustra a área industrial da Usina Santa Cândida.



Figura 20 – Área industrial da Usina Santa Cândida (USC, 2009)

Segundo Dantas Filho (2009), tem-se como resultado médio 260kg de bagaço para cada tonelada de cana moída. A Tabela 6 ilustra a relação anual entre cana moída e o bagaço descartado.

Tabela 6 – Total de bagaço resultante da moagem

Ano	Cana moída [t]	Bagaço [t]
2007	2.804.485	734.214
2008	3.012.922	766.553

A capacidade de geração de energia elétrica da usina, a partir da queima do bagaço da cana-de-açúcar, instalada pela usina, é de 29MW, onde 8MW são para consumo próprio, 15MW são vendidos como excedente para a Companhia Paulista de Força de Luz e, segundo contrato, a usina deve manter uma reserva para garantia contratual de 6MW como mostra a Tabela 7 (USC, 2009).

Baseando-se na produção de oito meses, chega-se ao resultado da energia gerada pela usina, que opera 24 horas por dia, sete dias por semana durante a safra.

Assim tem-se um total de 5.760 horas de operação no período de safra (24 h/dia x 30 dias/mês x 8 meses), que propicia os resultados da Tabela 7 (USC, 2009). A Figura 21 ilustra essa distribuição de potências.

Tabela 7 – Distribuição da potência elétrica gerada, no período de safra

Capacidade Total [MW]	Consumo próprio [MW]	Excedente [MW]	Reserva [MW]
167.040	46.080	34.560	34.560

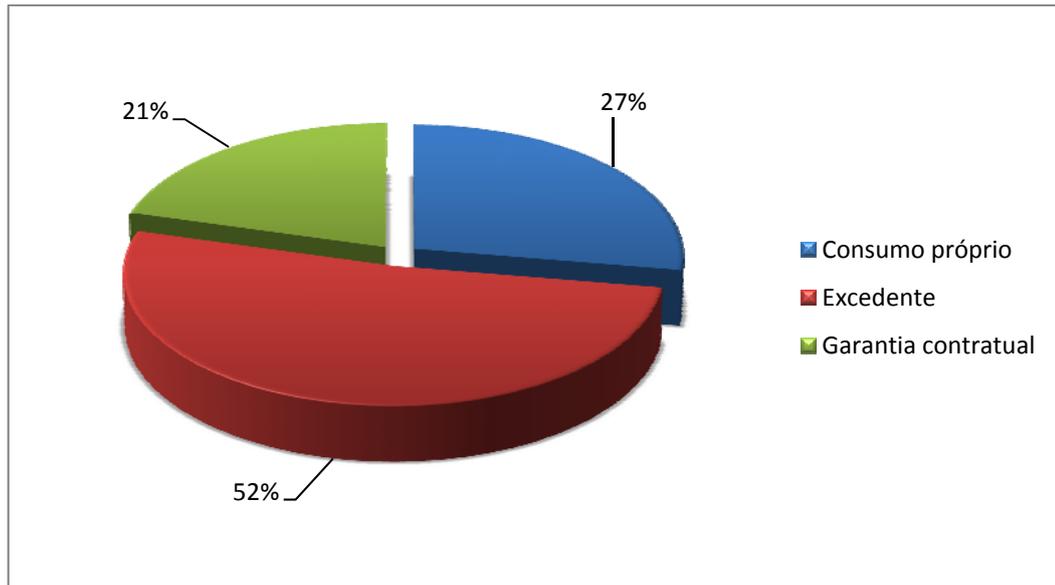


Figura 21 – Estrutura da cogeração

Percebe-se pela Figura 21 que mais de 50% da energia gerada refere-se ao excedente e destina-se à venda para a CPFL, gerando para a usina, uma nova fonte de receita considerada como um subproduto. Gera ainda, créditos de carbono que são negociados no mercado internacional, mostrando o comprometimento da usina com as questões de ordem ambiental.

4.4. RECURSOS E PROCESSOS PRODUTIVOS

Suas caldeiras, de classe A, têm pressão de operação superior a 1.960kPa (19,6bar = 19,98kgf/cm²). São caldeiras aquatubulares onde o vapor sai da caldeira para os geradores e para as moendas com 21kgf/cm² de pressão e temperatura de 300°C, chegando às turbinas com 280°C. Após esse primeiro processo, sai das turbinas com 1,5kgf/cm² e temperatura em torno de 140°C (DANTAS FILHO, 2009).

A quantidade de bagaço na alimentação das três caldeiras é de 178,1t/h, sendo o fluxo de água contínuo bombeado com pressão de 36kgf/cm² para as caldeiras de 21bar e de 57kgf/cm² para caldeira de 42bar, com e temperatura variando entre 115°C e 120°C, com saída para alimentar as três caldeiras, dependendo da demanda de vapor, em média de 332m³/h (DANTAS FILHO, 2009).

A Figura 22 ilustra o diagrama de blocos das utilidades da Usina Santa Cândida, assim como os principais fluxos energéticos envolvidos.

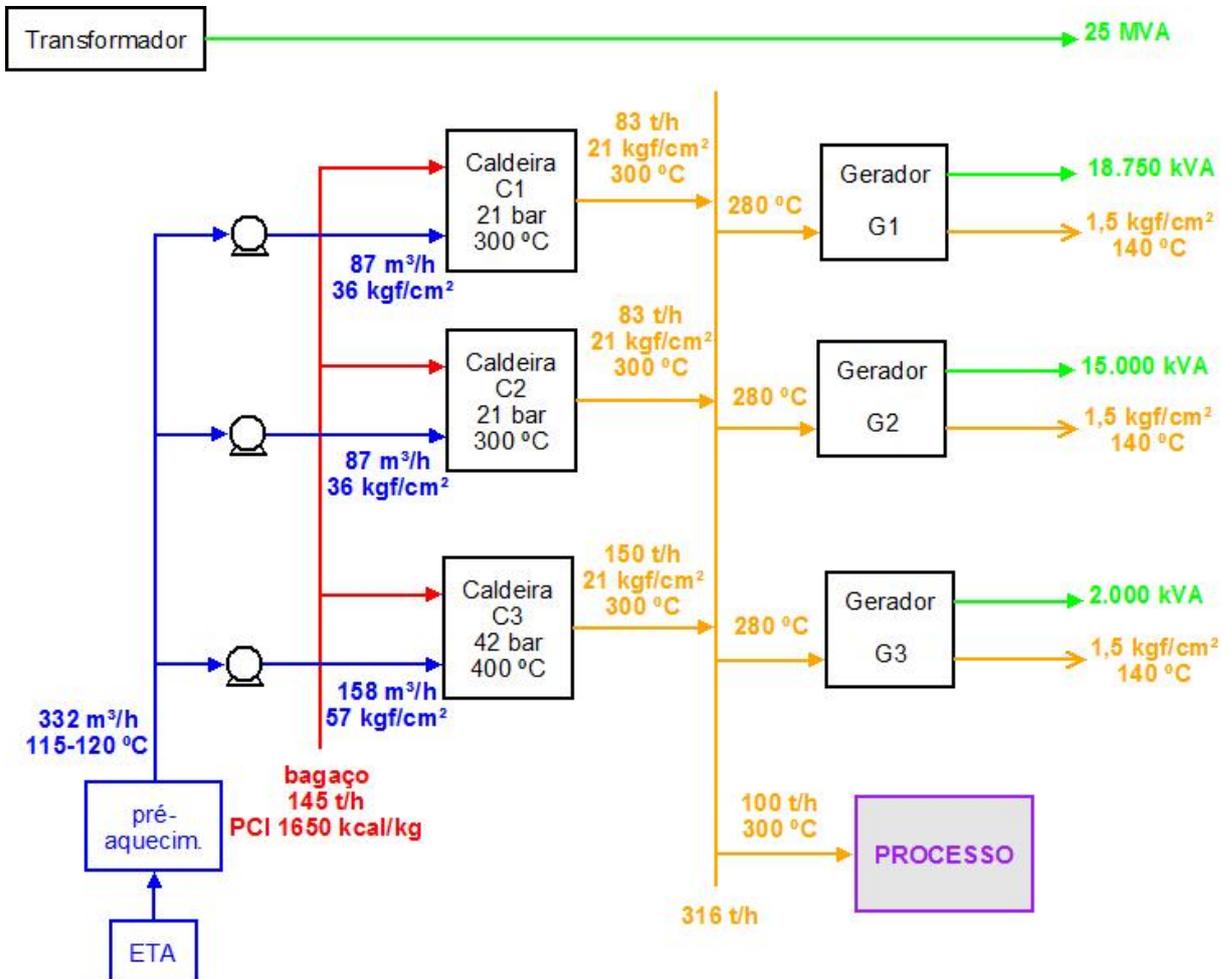


Figura 22 – Diagrama de blocos das utilidades da USC

O poder calorífico inferior do bagaço de cana-de-açúcar é de 1.650kcal/kg, trata-se da energia liberada em forma de calor por meio da combustão.

A Tabela 8 mostra a quantidade de vapor produzido por suas caldeiras de 21bar e 42bar, que se aproxima de 316t/h, sendo de 90 a 100t/h utilizado nas turbinas das moendas e o restante é transferido para a geração de energia elétrica suprimindo a demanda da usina. Isso caracteriza um sistema de cogeração com ciclo Rankine em paridade térmica (*bottoming*).

Tabela 8 – Dados atuais da usina em relação às características de produção (USC, 2009)

Produção	Usina Santa Cândida
Quantidade de bagaço queimado na caldeira	145t/h
Quantidade de vapor produzido	316t/h
Temperatura do vapor de alta pressão	300°C e 400°C
Eficiência das caldeiras	85%
Quantidade de vapor consumido no processo	230t/h
Quantidade de cana moída	560t/h
Quantidade de energia consumida nas moendas	6.600KW (vapor)
Excedente de bagaço	10t/h
Quantidade de vapor consumido nas turbinas das moendas	90 a 100t/h
Quantidade de vapor consumido no turbo gerador	216 a 226t/h
Quantidade de energia vendida para a rede	15MW
Quantidade de energia consumo próprio	8MW
Quantidade de cana moída por safra	3.302.000t
Quantidade de dias por safra	260

A Usina Santa Cândida pode ser considerada de médio porte, produzindo na safra 2006/2007 cerca de 2.804.485 toneladas e na safra 2007/2008 cerca de 3.012.922 toneladas de cana.

4.5. MODELO DE PLANTA E DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS

As plantas do setor sucroalcooleiro têm uma série de características comuns, variando, geralmente, em torno dos produtos finais e do aproveitamento, ou reaproveitamento, de insumos e de resíduos em alguma parte do processo.

A Figura 23 ilustra o fluxo esquemático para fabricação de produtos derivados da cana-de-açúcar e as Tabelas 9 e 10 descrevem as etapas dos processos de produção de açúcar e de álcool, respectivamente.

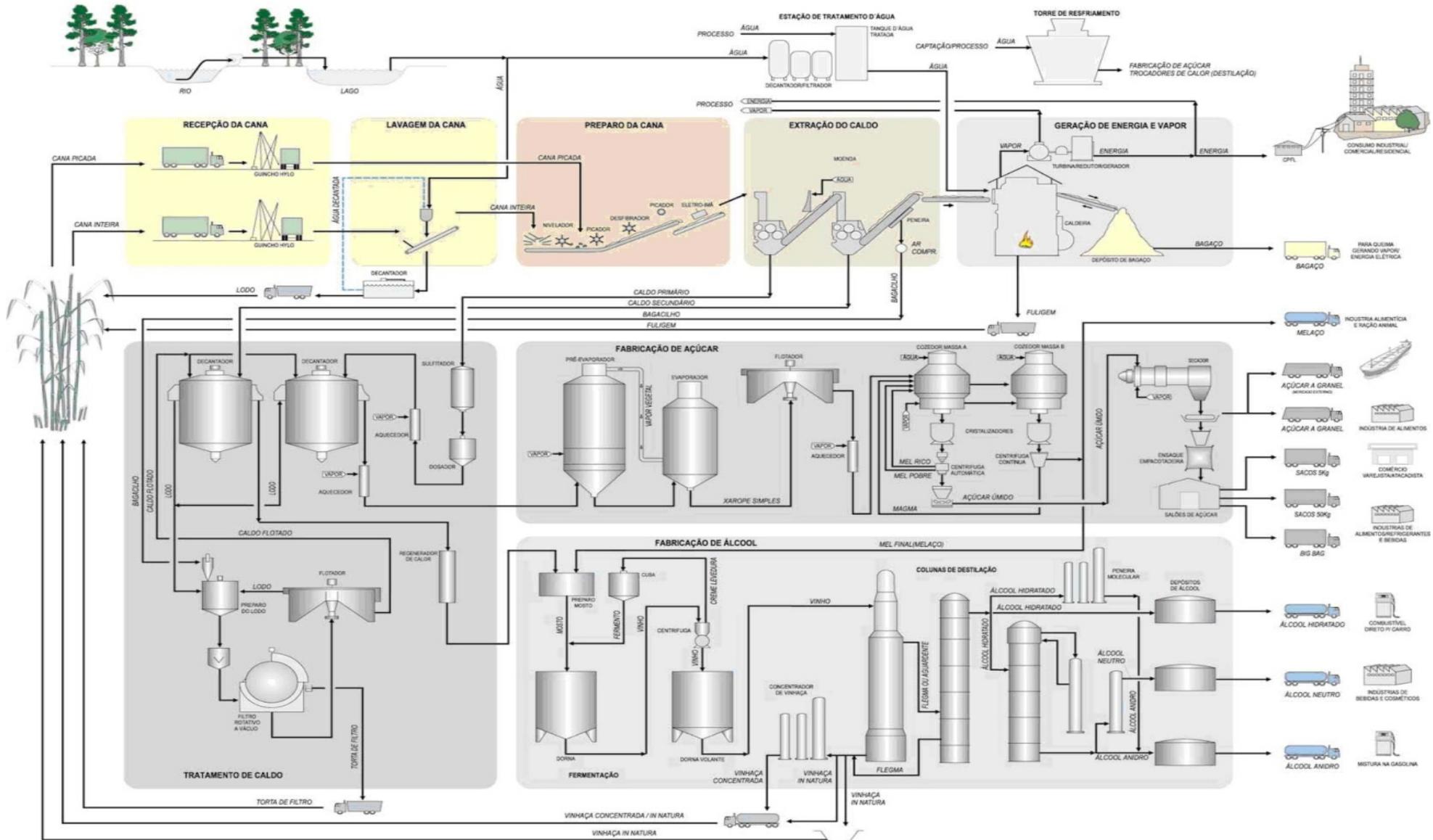


Figura 23 – Fluxo esquemático para fabricação de produtos derivados da cana-de-açúcar

Fonte: <http://www.proqualycursos.com.br/images/stories/fluxograma.jpg>

Tabela 9 – Processo de produção de açúcar (GOIOERÊ, 2009-1)

Etapa	Processo	Descrição
1	Recepção da cana	A cana-de-açúcar é recebida e pesada para verificação e controle da matéria prima.
2	Estocagem	A cana é descarregada em pontes rolantes equipadas com garras hidráulicas, em uma mesa alimentadora para que seja armazenada em estoque.
3	Preparo da cana	Para facilitar a extração do caldo, durante essa etapa é feita a picagem e desfibramento da cana.
4	Esmagamento e extração do caldo	É feito por um conjunto de esmagadores extraindo 98% do caldo que há nas fibras da cana. Somente a partir da boa regulagem do equipamento é possível obter tal eficiência de extração.
5	Peneiramento	Após o esmagamento, o caldo passa por um conjunto de peneiras retendo a palha, bagaço e impurezas grossas. Cerca de 70% do caldo da primeira moagem após peneirado é utilizado na fabricação do açúcar.
6	Preparo do caldo	O caldo da primeira moagem segue para tratamento e recebe o leite de cal para correção de pH - que ajuda na decantação de matérias orgânicas e inorgânicas - deixando o caldo limpo. Em seguida, o caldo é enviado para aquecimento feito pelos trocadores de calor, geralmente aquecidos a 105°C. Após esse processo, o caldo aquecido vai para os clarificadores e lá permanece por, em média, 3 horas ficando em descanso, nesse processo ocorre a decantação das impurezas fazendo com que o caldo saia limpo, claro, de tonalidade amarelada, porém totalmente transparente à luz e sem turbidez. A concentração do caldo ou transformação em xarope, se efetiva após a evaporação da água que o

		caldo contém, efetuada pelos evaporadores, que são um conjunto de trocadores de calor. A concentração do caldo que era de 17% no início da moagem, passa a 60% nesse processo. Com essa concentração, o xarope segue para um tratador onde é tratado quimicamente para eliminar substâncias em suspensão e, conseqüentemente, elevando à qualidade da matéria prima.
7	Concentração e cristalização por cozimento	O xarope segue para fábrica e fica depositado em um tanque, continuamente é extraído para os cozedores a vácuo, ficando em um ambiente de aquecimento de aproximadamente 190 Milibares e pressão negativa em média de 25 polegadas de vazio, até atingir o ponto de concentração ideal para receber os microcristais. Antes do xarope ser bombeado para o cozedor a vácuo contínuo, recebe o depósito de magma, ou líquido mater para aumentar o desenvolvimento do cristal até que chegue a 0,8mm (padrão médio brasileiro). Assim que a massa de açúcar fica pronta, segue para o cristalizador onde fica sendo revolvida até ser encaminhada para a centrifugação.
8	Centrifugação	Nesse processo os cristais são separados, porém ainda possuem 1% de umidade e devem ser secados.
9	Secagem	Por meio de aquecimento do ar e ventilação forçada, a umidade contida nos cristais é eliminada, deixando o açúcar no ponto ideal para armazenagem.
10	Armazenagem	É ensacado em volumes de 50kg e encaminhado para empilhamento

Tabela 10 – Processo de produção do álcool (GOIOERÊ, 2009-2)

Etapas	Processo	Descrição
1	Lavagem da cana	A cana é lavada para que sejam eliminadas as impurezas, facilitando as etapas seguintes para fabricação do álcool.
2	Preparo da cana	A cana é cortada por um conjunto de facas em pedaços miúdos e encaminhada a um desfibrador onde é completamente triturada, passa por um separador magnético que recolhe eventuais pedaços de metal e segue aos ternos – conjunto de rolos – para a extração do caldo.
3	Peneiramento	O caldo passa por uma peneira vibratória para retirada do bagaço e em seguida é bombeado para um tanque onde será feito o tratamento do caldo.
4	Adição de Cal	É feita para eliminar os ácidos livres presentes no caldo, para que esses não se tornem sacarose ao serem expostos ao calor.
5	Tratamento do caldo	É feito para eliminar as impurezas que possam prejudicar os demais processos, ou seja, o caldo depois de peneirado passa pelo aquecimento, decantação e filtração.
6	Aquecimento	Serve para esterilizar o caldo e, conseqüentemente, eliminar qualquer tipo de bactéria. Este aquecimento deve ser superior a 90°C e inferior a 105°C, sob pena de descompensação do líquido em tratamento.
7	Fermentação	Depois de retiradas todas as impurezas, o caldo segue para a fermentação.

4.6. INFORMAÇÕES FINANCEIRAS

O investimento para implantação do sistema de cogeração da usina foi de R\$1.190.000,00 por MW. Sua capacidade instalada é de 21MW gerando um montante de investimento na ordem de R\$25.000.000,00, tendo como custo de manutenção e operação de R\$12,00 por MWh (DANTAS FILHO, 2009). O investimento para adequação às diretrizes do MDL foi de R\$350.000,00.

A usina possui um contrato de venda de excedente de energia com a Companhia Paulista de Força e Luz, no valor de R\$132,63 por MWh, por um período de 20 anos sendo esse valor corrigido por meio do IGP-M.

Sua receita com venda de excedente chega a R\$11.459.232,00 adquiridos por meio dos 86.400MW de potência elétrica excedente. Há também a receita oriunda das negociações das RCEs no mercado de créditos de carbono, que geram em média 23.933 créditos por safra, sendo cada RCE negociada por €17,00 cada, gerando o montante aproximado de R\$1.098.516,00

Assim, a Usina Santa Cândida conta com duas novas fontes de receita ou subprodutos que são a venda de excedente de energia elétrica e a venda dos créditos de carbono.

A queima da biomassa em usinas sucroalcooleiras é efetuada diretamente em caldeiras e sua energia térmica é utilizada na produção de vapor, que alimenta, além de etapas do processo, as turbinas geradoras de energia elétrica. Saindo dessas turbinas, o vapor é utilizado para atender às necessidades da produção, além daquelas já atendidas. Esse processo conhecido como cogeração, rende para a Usina Santa Cândida, segundo o cenário projetado, a média de lucro líquido de R\$9.190.560,00 por safra.

O processo de adequação às diretrizes do MDL da usina é considerado como baixo custo, na ordem de R\$350.000,00, o que torna sua implementação atrativa, diante do retorno com as negociações das RCEs no mercado financeiro internacional no valor de R\$1.098.525,00, em média, por safra, e trata de um problema de ordem mundial que é a preocupante emissão de CO₂ na atmosfera.

CAPÍTULO 5 – DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA DE ANÁLISE

5.1. LEVANTAMENTO E APURAÇÃO DOS DADOS

Será feito levantamento de informações na Usina Santa Cândida, para que sejam desenvolvidos cenários de demonstração dos resultados, e assim poder apurar o valor presente líquido (VPL), a taxa interna de retorno (TIR) e o *payback* definindo a viabilidade econômica desses cenários, que são:

1. Retorno financeiro da usina sem autossuficiência energética. Será feito a partir do faturamento com açúcar e álcool, sem nenhum tipo de sistema de cogeração, ou seja, a rentabilidade da usina comprando energia da concessionária;
2. Retorno financeiro da usina com autossuficiência energética. Obtida por meio das vendas de açúcar, álcool e energia elétrica para a rede;
3. Retorno financeiro da usina com autossuficiência e reserva energética. Esse cenário é elaborado com vendas dos produtos e do excedente, além das reservas contratuais;
4. Retorno financeiro da usina após adequação ao MDL. Será desenvolvido com a venda de produtos e do excedente, além dos retornos das RCEs.

As informações financeiras a serem levantadas são:

- Investimento inicial da usina em equipamentos e infra-estrutura para cogeração em paridade elétrica;
- Investimento para adequação às diretrizes MDL, documentação e tramitação do processo de aceite do projeto;
- Valor negociado com a CPFL para compra de energia elétrica;
- Valor negociado em contrato com a CPFL para venda do excedente de energia elétrica;
- Índice financeiro de correção monetária acordado em contrato com a CPFL;

- Custo de manutenção de máquinas e equipamentos;
- Tempo de projeção dos cenários em estudo;
- Valor de negociação das RCEs oriundas das reduções de CO₂, negociadas no mercado financeiro internacional.

As informações operacionais que se fazem necessárias são:

- Tempo estimado de safra, ou seja, quantas horas por dia, dias por mês e meses por ano de operação produtiva;
- Capacidade da planta de cogeração;
- Qual a potência excedente é gerada para venda à CPFL;
- Fator de redução de emissão de CO₂ calculado como linha de base do projeto MDL e autorizado pela Organização das Nações Unidas (tCO₂e).

Como base nas informações obtidas, é possível apurar a demonstração dos resultados da Usina Santa Cândida. A demonstração dos resultados (DER) servirá para evidenciar a formação do resultado líquido da usina oferecendo uma síntese de seus resultados operacionais e não operacionais para assim serem avaliados os resultados econômicos/financeiros dos diversos cenários propostos (DANTAS FILHO, 2009):

DEMONSTRAÇÃO DOS RESULTADOS	
	Receita líquida
-	Operação e manutenção
=	EBITDA
-	Depreciação
=	Lucro antes do IR
-	IR
=	Lucro líquido
+	Depreciação
+	RCEs
-	Capital de giro
=	Fluxo de caixa

A receita líquida é composta pelo somatório de vendas menos os impostos a serem pagos com a operação. Será apurada a partir da energia (MWh) multiplicado

pelo valor de venda da energia excedente. O valor de venda da energia excedente sofrerá correção monetária para contemplar a projeção proposta.

O custo de operação e manutenção (OM) se refere aos custos incorridos pela empresa em seu processo de fabricação. Será gerada a partir do custo de manutenção multiplicado pela energia consumida nos processos da usina.

O EBITDA (*earnings before interest, taxes, depreciation, and amortization*), que é o lucro antes de juros, impostos, depreciação e amortização, equivale ao lucro operacional que será apurado por meio da subtração entre a receita líquida e o custo de operação e manutenção.

A depreciação considera o desgaste ou obsolescência dos ativos até que esses cheguem ao valor zero e são contabilizados periodicamente. Será apurada pelo quociente entre os investimentos da usina e o tempo de projeção do cenário.

O lucro antes da tributação do imposto de renda (IR) é a subtração entre o EBITDA e a depreciação.

O IR é um imposto federal que deve ser apurado sobre o lucro da usina. Será calculado sobre o lucro antes do IR por meio de alíquota de 34% composta por 25% IRPJ (imposto de renda sobre pessoa jurídica) e 9% CSLL (contribuição social sobre o lucro líquido).

O capital de giro é considerado como sendo o dinheiro livre em caixa para a empresa realizar seus negócios. Será calculado a partir da diferença entre contas a pagar e contas a receber. Contas a pagar será apurada por $(OM+IR)/30$ e contas a receber por $(receita líquida/360)*40$.

Assim, chega-se aos resultados de fluxo de caixa e por meio desses resultados serão realizados os cálculos de viabilidade econômica.

5.2. CÁLCULO DO VALOR PRESENTE LÍQUIDO

É considerada uma técnica sofisticada de orçamento de capital, que leva em consideração o valor do dinheiro no tempo, usando uma taxa específica denominada custo de capital, também conhecida como taxa mínima de atratividade (TMA). O custo de capital, ou TMA, serve como retorno mínimo de ganho do projeto mantendo o valor de mercado da empresa (GUITMAN; MADURA, 2003).

O valor presente líquido (VPL), ou NPV (*net present value*), é o resultado encontrado ao subtrair o investimento inicial de um projeto (CF_0) do valor presente das entradas do fluxo de caixa (CF_t), descontado o custo de capital, como demonstra a Equação (9) (GUITMAN; MADURA, 2003).

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} - CF_0 \quad (9)$$

Segundo Santana (2005) as vantagens do VPL são:

- Facilidade na interpretação dos resultados;
- Obtenção de rápida resposta na comparação de cenários;
- Pode ser utilizado em fluxo de caixa não convencional com mais de uma variação nas entradas e saídas;
- Possui visibilidade gráfica;
- Permite a utilização de várias comparações por meio de diferentes taxas de custo de capital.

Utiliza-se em planejamento de investimentos de longo prazo, medindo o potencial das entradas frente às saídas do fluxo de caixa do projeto, tendo como principal objetivo, o valor presente das entradas do fluxo superiores ao investimento (POGUE, 2004).

Os critérios adotados para a tomada de decisão são de aceite ou rejeição nas seguintes situações: projeto aceito – sendo VPL maior que zero; projeto rejeitado – sendo VPL menor que zero (GUITMAN; MADURA, 2003).

Seus resultados são demonstrados a partir dos projetos hipotéticos A e B, apresentados na Tabela 12 e nas Figuras 24 e 25. Vale salientar que não foi associada a nenhuma moeda corrente válida, com o intuito de destacar que estes valores são meramente hipotéticos podendo, e devendo, ser substituídos por moedas válidas quando de sua aplicação.

Tabela 11 – Dados dos projetos A e B (GUITMAN; MADURA, 2003)

	Projeto A	Projeto B
Investimento Inicial	\$ 42.000	\$ 45.000
Ano	Entradas de caixa	
1	\$ 14.000	\$ 28.000
2	\$ 14.000	\$ 12.000
3	\$ 14.000	\$ 10.000
4	\$ 14.000	\$ 10.000
5	\$ 14.000	\$ 10.000

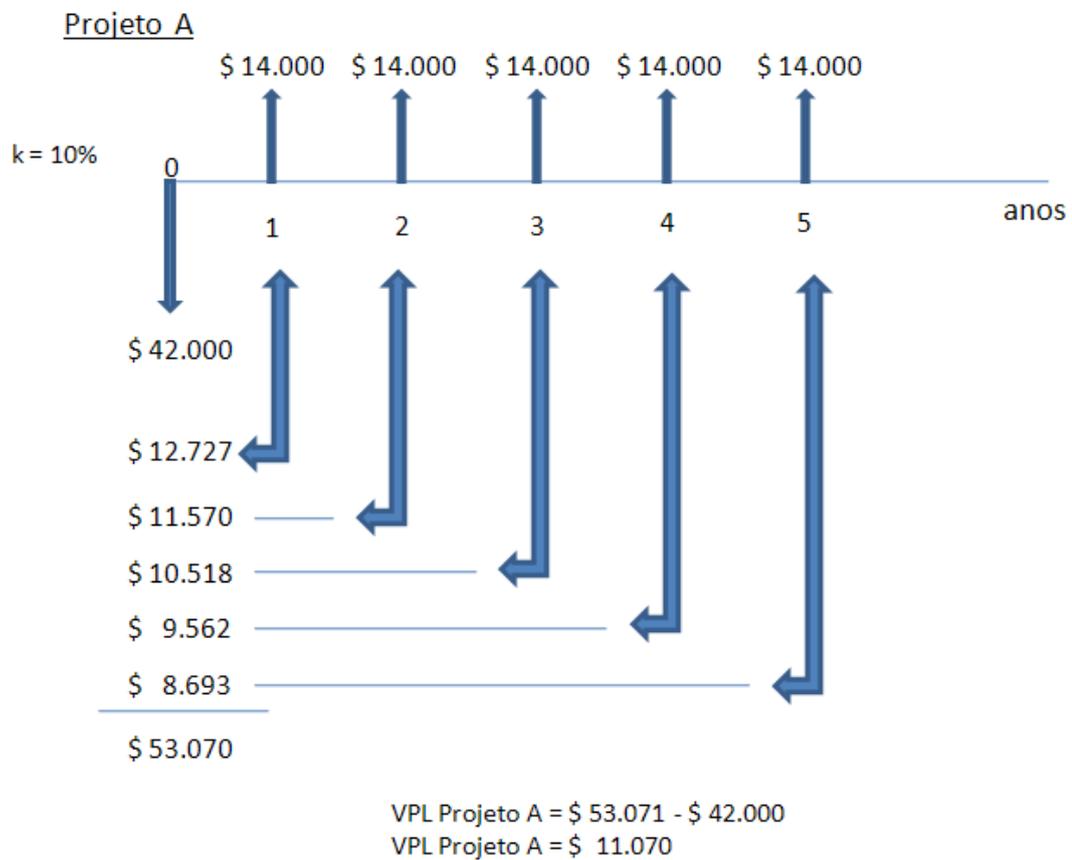


Figura 24 – Valor presente líquido para o projeto A



Figura 25 – Valor presente líquido para o projeto B

As Figuras 24 e 25 mostram de que forma é calculado o VPL, ou seja, cada valor de entrada do fluxo de caixa é trazido para a data “0” descontando-se a TMA, após isso, exclui-se a saída (ou investimento inicial) e se obtém o valor de VPL.

Os resultados das Figuras 24 e 25 demonstram que ambos os projetos são aceitos, pois têm VPL superior a zero, porém ao classificá-los, o projeto A tem VPL de \$11.070 que é superior ao projeto B, sendo considerado o de maior retorno financeiro.

5.3. CÁLCULO DA TAXA INTERNA DE RETORNO

A taxa interna de retorno (TIR) é o mais utilizado e mais complexo cálculo de orçamento de capital. A TIR, ou IRR (*internal rate return*), tem como objetivo igualar a \$0 o VPL de um projeto de investimento. Segundo Guitman e Madura (2003), essa fórmula é desenvolvida “na base da tentativa e erro”, por isso, geralmente utilizam-

se ferramentas eletrônicas para efetuar seu cálculo. As Equações (10) e (11) representam seu desenvolvimento.

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} - CF_0 \quad (10)$$

$$CF_0 = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} \quad (11)$$

Apesar da preferência acadêmica pelo VPL, pesquisas indicam que os executivos preferem medir seus resultados financeiros por meio da TIR, ou seja, a forma percentual é considerada mais atraente no mercado financeiro (POGUE, 2004).

A TIR é independente das taxas praticadas no mercado de capitais, bem como dos riscos embutidos no custo de capital, ou seja, trata-se do lucro referente ao investimento apresentado em forma de porcentagem (SANTANA, 2005).

Os critérios adotados para a tomada de decisão são de aceite ou rejeição nas seguintes situações: projeto aceito – sendo a TIR maior que o custo de capital estabelecido; projeto rejeitado – sendo a TIR menor que o custo de capital estabelecido (GUITMAN; MADURA, 2003). As Figuras 26 e 27 ilustram a evolução da TIR para os projetos hipotéticos A e B. Mais uma vez não é utilizada qualquer moeda vigente, apenas “\$” para indicar que é um valor monetário.

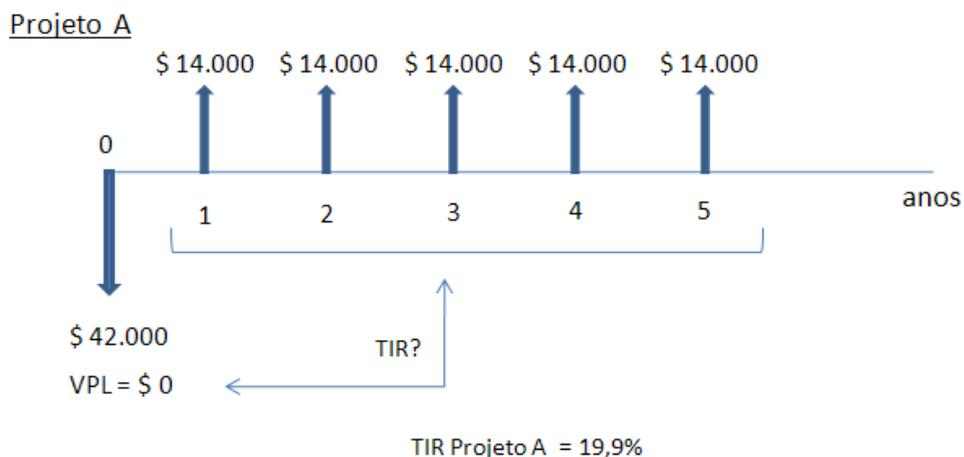


Figura 26 – Taxa interna de retorno referente ao projeto A

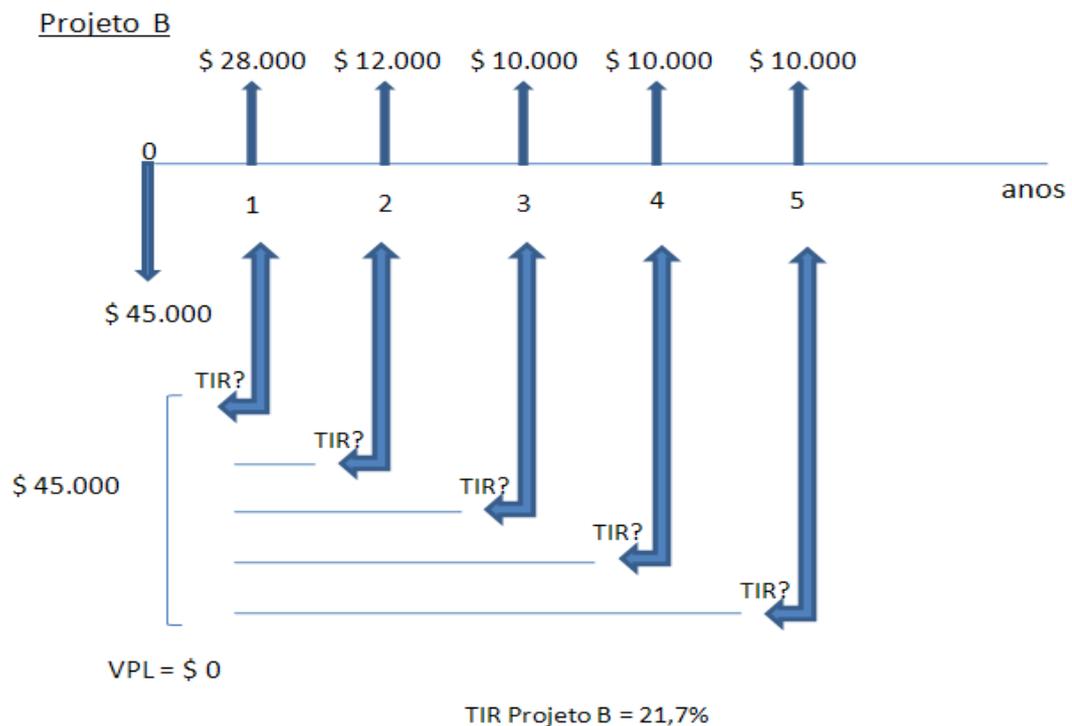


Figura 27 – Taxa interna de retorno referente ao projeto B

As Figuras 26 e 27 mostram de que forma é calculada a TIR, onde todos os valores de entrada do fluxo de caixa devem ter $VPL=0$ no momento do investimento, ou seja, na data “0” do fluxo.

Comparando a TIR dos projetos A e B, observa-se que o projeto B é economicamente mais viável que o projeto A, pois sua TIR é de 21,7%, superior à do projeto A.

5.4. CÁLCULO DO *PAYBACK*

O *payback* é normalmente utilizado com o objetivo de avaliação temporal do investimento proposto, ou seja, trata-se do período de recuperação do investimento e é considerado como uma técnica simples de orçamento de capital. O período de *payback* é determinado pela gerência da empresa de forma subjetiva, como base

em inúmeros fatores de impacto direto ao projeto como risco, retorno, expansão etc. (GUITMAN; MADURA, 2003).

Os critérios adotados para a tomada de decisão são de aceite ou rejeição nas seguintes situações: projeto aceito – sendo o período de *payback* menor do que o período máximo aceitável pela gerencia do projeto; projeto rejeitado – sendo o período de *payback* maior do que o período máximo aceitável pela gerência do projeto (GUITMAN; MADURA, 2003).

Trata-se de uma ferramenta de apoio à decisão financeira e deve ser utilizada como complemento aos cálculos do VPL e da TIR, pois não associa o tempo à maximização das riquezas, não leva em consideração o valor do dinheiro no tempo e, por fim, não reconhece os fluxos de caixa após o período de *payback* (GUITMAN; MADURA, 2003).

Seu uso é apropriado para análise de projetos que envolvam alto risco, como ferramenta de apoio para a tomada de decisão, tendo como principal vantagem a medição, em escala de tempo, do retorno financeiro (SCHNIEDERJANS et al., 2005, p. 107). A Figura 29 demonstra o fluxo de caixa para os projetos hipotéticos A e B.



Figura 28 – Fluxo de caixa dos projetos A e B

O projeto A resulta em um *payback* de três anos. Trata-se de retornos uniformes calculados pelo quociente entre investimento e retorno de capital, Equação (3), calculado da seguinte forma: $\$42.000 / \$14.000 = 3$ anos para retorno do investimento, como demonstra a Tabela 12.

Tabela 12 – Fluxo de caixa e resultado do *payback* para o projeto A

Payback projeto A		
Ano	Fluxo de caixa	Payback
0	(\$ 42.000)	-
1	+ \$ 14.000	- \$ 28.000
2	+ \$ 14.000	- \$ 14.000
3	+ \$ 14.000	\$ 0
4	+ \$ 14.000	+ \$ 14.000
5	+ \$ 14.000	+ \$ 28.000

O projeto B resulta em um *payback* de dois anos e meio. Trata-se de retornos mistos não uniformes e sua fórmula de cálculo não é tão direta como no projeto A. A Tabela 13 mostra que no segundo ano houve um retorno de \$40.000, ou seja, ficam faltando \$5.000, que são obtidos a partir da metade do retorno no terceiro ano.

Tabela 13 – Fluxo de caixa e resultado do *payback* para o projeto B

Payback projeto B		
Ano	Fluxo de caixa	Payback
0	(\$ 45.000)	-
1	+ \$ 28.000	- \$ 17.000
2	+ \$ 12.000	- \$ 5.000
3	+ \$ 10.000	+ \$ 5000
4	+ \$ 10.000	\$ 15.000
5	+ \$ 10.000	\$ 25.000

A Figura 29 ilustra um comparativo entre a evolução do retorno de investimento de ambos os casos (A e B), demonstrando que ambos os projetos são viáveis, porém se analisado pelo VPL, o projeto A tem maior retorno, sendo assim

escolhido como mais viável financeiramente. Se a base de decisão for por meio da TIR, observa-se que o projeto B tem maior taxa de retorno sendo o mais viável financeiramente. A decisão pela escolha do projeto é tomada pela diretoria de uma empresa, com base em uma das técnicas mencionadas.

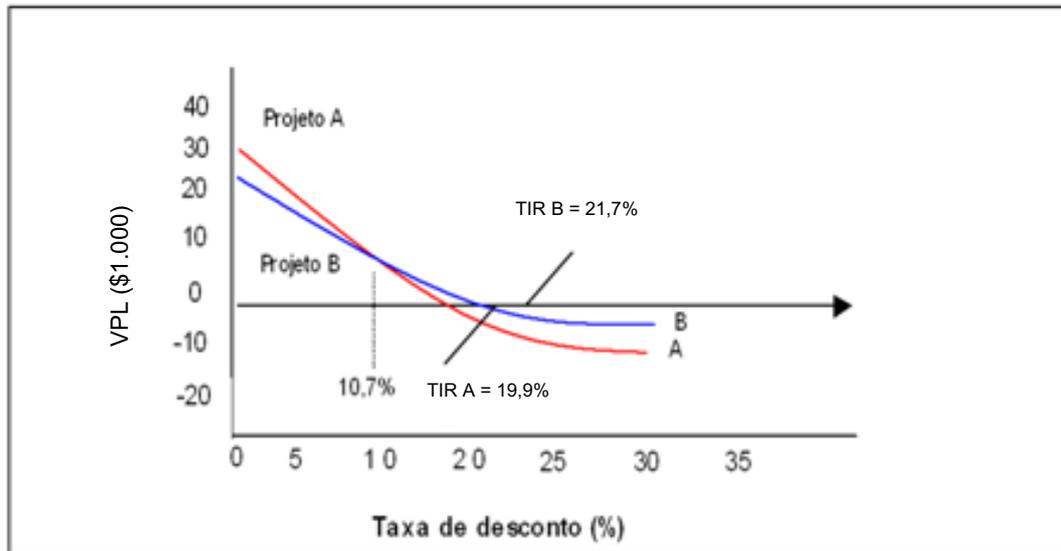


Figura 29 – Período de retorno de investimento

CAPÍTULO 6 – APLICAÇÃO DA METODOLOGIA A CENÁRIOS ELABORADOS

Este capítulo refere-se à aplicação da metodologia descrita no Capítulo 5, nos diversos cenários propostos com base nas informações coletadas da Usina Santa Cândida. Os cenários são: sem autossuficiência energética; com autossuficiência energética; com autossuficiência e reserva energética; e com autossuficiência energética, reserva energética e enquadramento ao MDL.

Tais cenários foram elaborados com projeção para 10 anos, a um custo de capital de 12% ao ano.

6.1. APLICAÇÃO AO CENÁRIO SEM AUTOSSUFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O cenário sem autossuficiência energética foi elaborado com o intuito de servir como referência para a comparação com os demais cenários, para assim ser possível mensurar os ganhos obtidos. A Figura 30 ilustra essa configuração, que contempla a compra de 37,5MVA destinados à demanda de energia elétrica da planta, além de três caldeiras para suprir a demanda de energia térmica da planta, sendo duas com capacidade máxima de pressão de 21bar, tendo como vazão volumétrica de entrada 87m³/h de água pré-aquecida sob pressão de 36kgf/cm² e vazão mássica de saída de 83t/h de vapor sob pressão de 21kgf/cm², à temperatura de 300°C e uma caldeira com capacidade máxima de pressão de 42bar, tendo como vazão volumétrica de entrada 158m³/h de água pré-aquecida sob uma pressão de 57kgf/cm² e vazão mássica de saída de 150t/h sob pressão de 21kgf/cm², à temperatura de 300°C. O processo em si consome 100t/h de vapor a 300°C, descartando 216t/h.

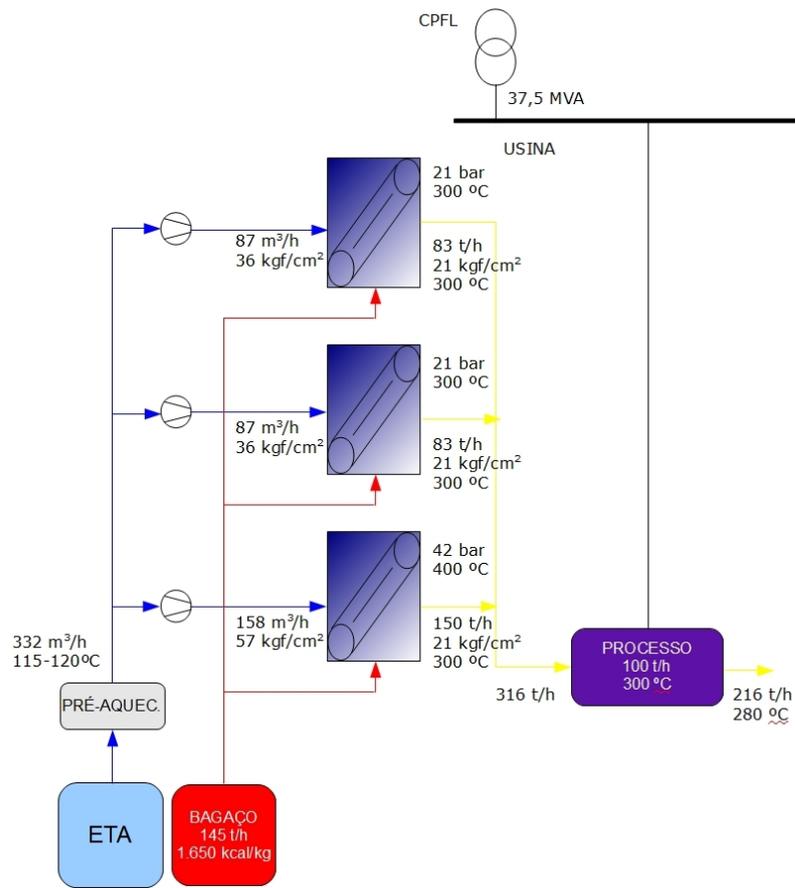


Figura 30 – Cenário da usina sem autossuficiência energética

O valor estimado como receita líquida foi baseado na média de faturamento anual com a venda de produtos conforme os valores indicados na Tabela 14.

Tabela 14 – Composição da conta receita líquida do cenário sem autossuficiência

	Açúcar	Álcool anidro	Álcool hidratado
Produção	4.000.000 sacas	88.000.000 litros	44.000.000 litros
Valor de mercado venda	US\$ 31,41 p/saca	US\$ 0,504 p/litro	US\$ 0,438 p/litro
Faturamento médio anual	US\$ 125.622.222,00	US\$ 44.391.111,00	US\$ 19.267.111,00

A base para o cálculo da conta operação e manutenção foi uma estimativa de 40% do faturamento bruto, em dobro, pois trata-se de um cenário com elevado valor de custos e despesas (DANTAS FILHO, 2009).

A depreciação foi determinada a partir do investimento de US\$2.777.777,00 projetado para 10 anos, resultando em US\$277.777,00 para cada ano.

O capital de giro foi construído a partir da diferença entre contas a pagar e contas a receber elaboradas da seguinte forma:

$$CR = \left(\frac{RL}{360\text{dias}} \right) \cdot 40\text{dias} \quad (12)$$

$$CP = \left(\frac{OM+IR}{360\text{dias}} \right) \cdot 30\text{dias} \quad (13)$$

Fundamentada no fluxo de caixa desse cenário, chega-se ao resultado financeiro relacionado na Tabela 15.

Tabela 15 – Resultados financeiros do cenário sem cogeração

VPL	TIR	Payback
US\$ 97.410.382,00	638%	1º ano

Os parâmetros estabelecidos sugerem o VPL maior que 0, lembrando que essa equação mede o retorno do investimento de forma monetária, logo, é encontrado um valor bem superior a 0, na ordem de US\$ 97.410.382,00, demonstrando ser um projeto viável. A TIR, que mede o retorno do investimento de forma percentual, também mostra um elevado grau de retorno, na ordem de 638% (durante os 10 anos de projeto) se mostrando bem superior à taxa mínima de atratividade de 12% ao ano. Já o *payback*, que mede o tempo de retorno do investimento, mostra que seu retorno se dá ainda no primeiro ano do projeto, tornando-o viável. Com base nessas informações, conclui-se que o projeto é viável, ou seja, mesmo sem a implementação de um sistema de cogeração, a usina apura bons resultados financeiros na venda de seus produtos.

6.2. APLICAÇÃO AO CENÁRIO COM AUTOSSUFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O cenário com autossuficiência energética, visto na Figura 31, corresponde ao cenário anterior (Figura 30) sendo agregado o valor de venda de energia excedente para a rede, haja vista a geração de energia proposta por essa configuração. Para tanto, elaborou-se um cenário com a implantação de três turbinas a vapor para gerar cerca de 27MW de potência a ser disponibilizado à rede da usina, que seria suficiente para suprir toda energia demandada no cenário hipotético proposto para fins de análise, inclusive substituindo a compra de gás natural pela queima do bagaço de cana-de-açúcar.

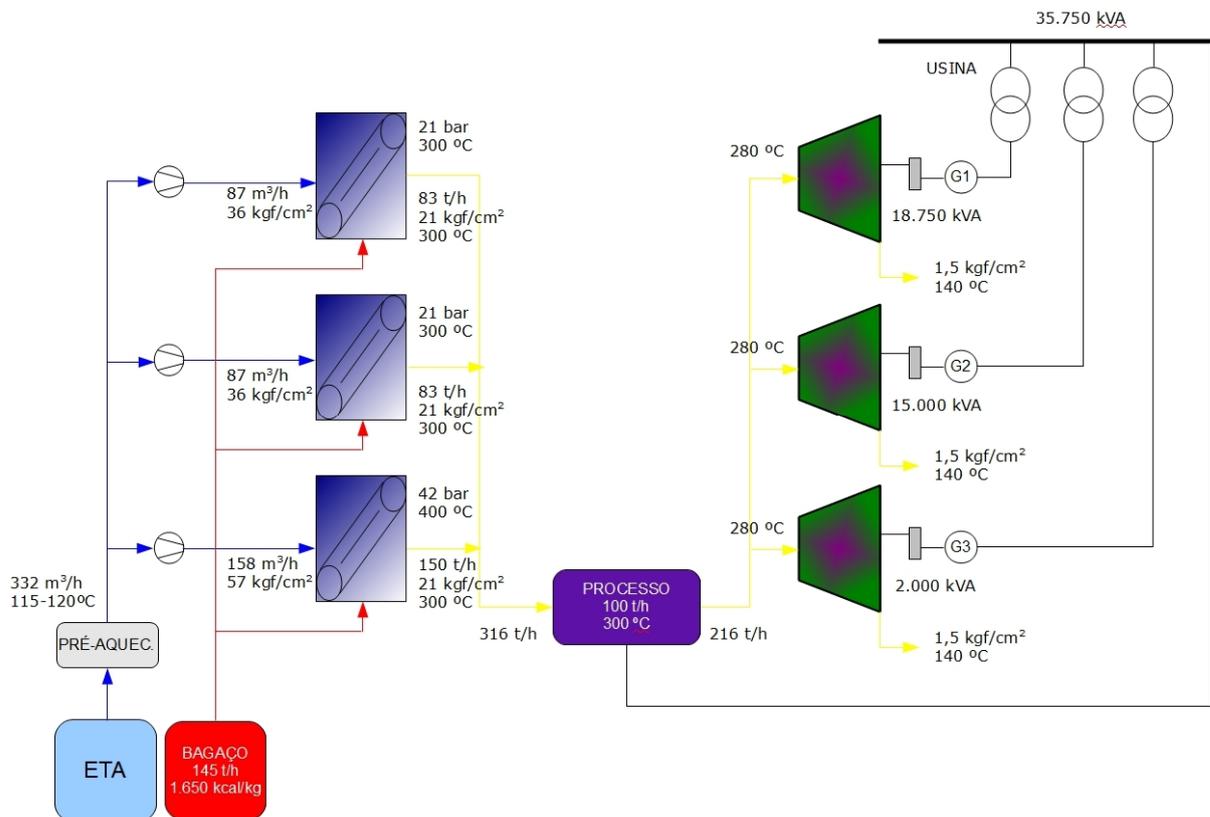


Figura 31 – Cenário da usina com autossuficiência energética

Sua capacidade de geração de energia é equivalente a 29MW, sendo 8MW para uso próprio e 21MW de excedente para comercialização na rede por meio de contrato firmado com a Companhia Paulista de Força e Luz – CPFL, que compra 15MW desses 21MW. O valor negociado para venda é de US\$73,68 por MWh, esse valor sofre correções anuais pelo índice IGP-M de 9,8% ao ano. O sistema de

cogeração ainda conta com uma despesa adicional com operação e manutenção, na ordem de US\$6,67 por MWh, sendo corrigido pelo mesmo índice de IGP-M.

A Tabela 16 discrimina o total de horas trabalhadas no período de safra, que será a referência para contabilizar a energia produzida (vapor), a energia gerada (eletricidade) e os custos relacionados ao processo produtivo.

Tabela 16 – Descrição do período produtivo da usina

Horas/Dia	Dias/Mês	Meses/Ano	Horas/Safra/Ano
24	30	8	5.760

A Tabela 17 demonstra a composição do excedente de energia apurado por meio da multiplicação entre horas/safra/ano e o valor total equivalente à potência excedente gerada/produzida, assim como os valores equivalentes à demanda energética.

Tabela 17 – Totais de energia demandada e produzida/gerada

Uso próprio	Excedente
[MWh]	[MWh]
46.080	86.400

A base para o cálculo da conta operação e manutenção foi uma estimativa de 40% do faturamento bruto (DANTAS FILHO, 2009).

A depreciação foi determinada a partir do investimento de US\$16.777.777,00, projetado para 10 anos, resultando em US\$1.677.777,00 para cada ano.

O capital de giro foi construído a partir da diferença entre contas a pagar e contas a receber, conforme definido nas Equações (12) e (13).

O valor estimado como receita líquida foi baseado na média de faturamento anual com a venda de produtos mais o ganho com a venda do excedente de energia elétrica, conforme Tabela 18.

Tabela 18 – Composição da conta receita líquida do cenário com autossuficiência energética

	Açúcar	Álcool anidro	Álcool hidratado
Produção	4.000.000 sacas	88.000.000 litros	44.000.000 litros
Valor de mercado venda	US\$ 31,41 p/saca	US\$ 0,504 p/litro	US\$ 0,438 p/litro
Faturamento médio anual	US\$ 125.622.222	US\$ 44.391.111	US\$ 19.267.111

A Tabela 19 ilustra a projeção de receita com a venda do excedente de energia.

Tabela 19 – Receita projetada com a venda de excedente de energia

Ano	US\$
1	6.366.240,00
2	6.990.768,14
3	7.676.562,50
4	8.429.633,28
5	9.256.580,30
6	10.164.650,83
7	11.161.803,08
8	12.256.775,96
9	13.459.165,68
10	14.779.509,84

A conta operação e manutenção também sofre modificação, pois a ela foi adicionado o custo de US\$6,67 por MWh produzido/gerado pelo sistema de cogeração, sendo corrigido pelo índice de IGP-M ano a ano.

Assim, chega-se a um retorno muito superior ao obtido pela usina sem autossuficiência energética, demonstrando que o investimento em cogeração, além de ser viável economicamente, é altamente rentável, como demonstram os valores relacionados na Tabela 20.

Tabela 20 – Resultados financeiros do cenário com autossuficiência energética

VPL	TIR	Payback
US\$ 371.997.866,87	404%	1º ano

Esse cenário, com a implementação de sistema de cogeração, tem como resultado de VPL US\$ 371.997.866,87, ou seja, superior a 0 e também ao resultado do cenário anterior de US\$ 97.410.382,00, demonstrando ser um projeto ainda mais viável que o anterior.

Percebe-se que a TIR, teve uma queda de 638% para 404%, durante os 10 anos de projeto, ainda assim se mostrando bem superior à taxa mínima de atratividade de 12% ao ano. Essa queda se dá ao elevado investimento nas turbinas e demais modificações necessárias na produção para atender às necessidades da implementação do sistema de cogeração em paridade elétrica, de acordo com a capacidade da planta. O *payback* manteve seu retorno ainda no primeiro ano de projeto.

Com base nessas informações, conclui-se que o cenário de implementação do sistema de cogeração é mais viável do que o cenário anterior onde não há o mesmo. Verifica-se que apesar do elevado investimento, o retorno financeiro é extremamente atrativo para a usina, visto que além de produzir/gerar energia para seu consumo, evitando um gasto considerável com a compra de eletricidade. Conta também com a venda dos excedentes para a CPFL, o que é considerado como um subproduto negociado pela usina.

6.3. APLICAÇÃO AO CENÁRIO COM AUTOSSUFICIÊNCIA E RESERVA ENERGÉTICA

No cenário com autossuficiência e reserva energética, Figura 32, além da autossuficiência energética e do ganho com a venda da energia excedente, há ainda o ganho obtido com a venda das reservas energéticas, que fazem parte do contrato de venda, como garantias contratuais (6MW).

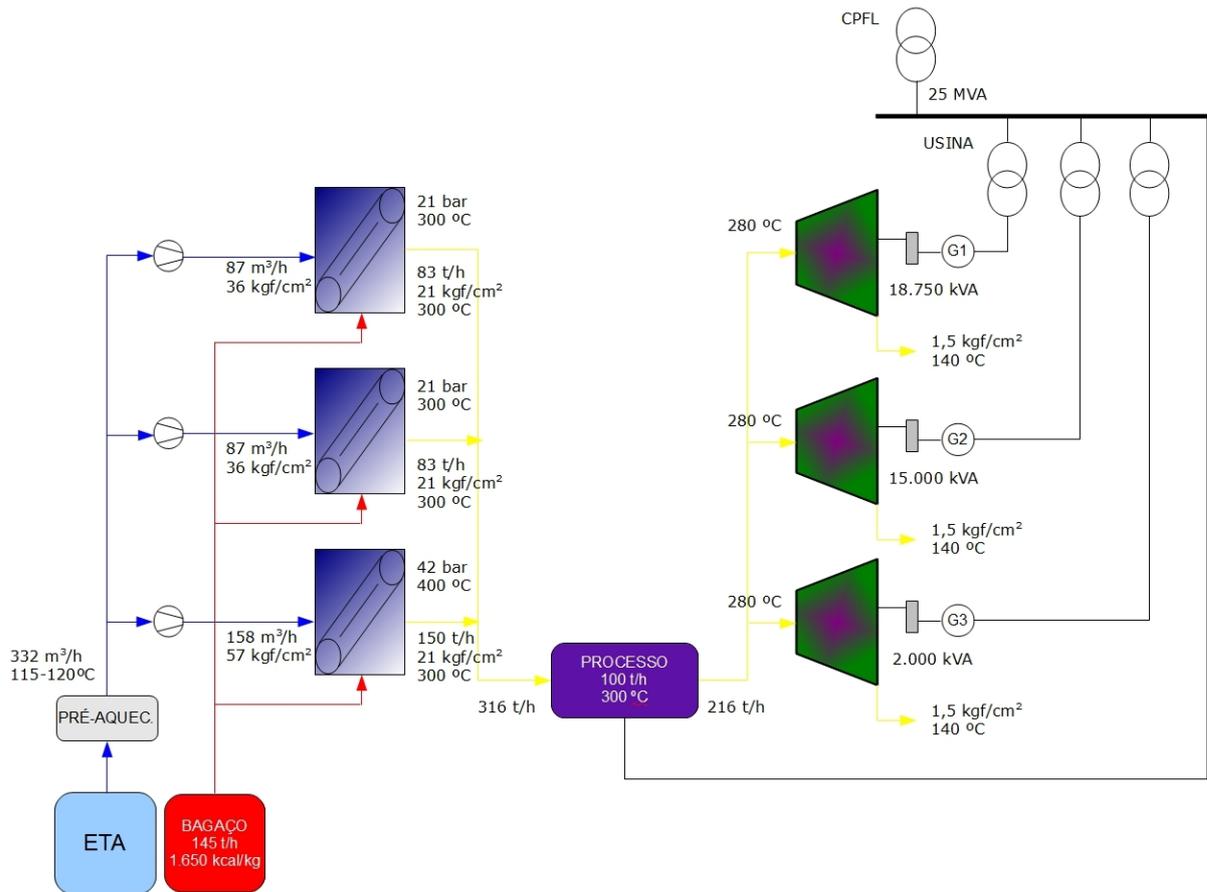


Figura 32 – Cenário com autossuficiência e reserva energética

Sua capacidade de geração de energia é equivalente a 29MW, sendo 8MW para uso próprio e 21MW de excedente para comercialização na rede por meio de contrato firmado com a Companhia Paulista de Força e Luz – CPFL. Dos 21MW, 15MW são vendidos como excedente e 6MW servem como reserva para garantia contratual. O valor negociado para venda é de US\$73,68 por MWh. Esse valor sofre correções anuais pelo índice IGP-M de 9,8% ao ano. O sistema de cogeração ainda conta com uma despesa adicional com operação e manutenção, na ordem de US\$6,67 por MWh, sendo corrigido pelo mesmo índice de IGP-M. A Tabela 21 relaciona as energias demandada, excedente e de reserva.

Tabela 21 – Resumo energético do sistema com autossuficiência energética e produção de excedente energético

Uso próprio MWh	Excedente MWh	Reserva MWh
46.080	86.400	34.560

A base para o cálculo da conta operação e manutenção foi uma estimativa de 40% do faturamento bruto (DANTAS FILHO, 2009).

A depreciação foi determinada a partir do investimento de US\$16.777.777,00, o mesmo utilizado no cenário com autossuficiência energética, pois com o mesmo investimento é possível gerar o excedente mais as garantias, projetado para 10 anos, resultando em US\$1.677.777,00 para cada ano.

O capital de giro foi construído a partir da diferença entre contas a pagar e contas a receber, conforme definido nas Equações (12) e (13).

O valor estimado como receita líquida foi baseado na média de faturamento anual com a venda de produtos, mais o ganho com a venda de excedente de energia elétrica, mais o ganho com a venda das garantias, conforme Tabela 22.

Tabela 22 – Composição da conta receita líquida do cenário com autossuficiência e comercialização do excedente energético

	Açúcar	Álcool anidro	Álcool hidratado
Produção	4.000.000 sacas	88.000.000 litros	44.000.000 litros
Valor de mercado venda	US\$ 31,41 p/saca	US\$ 0,504 p/litro	US\$ 0,438 p/litro
Faturamento médio anual	US\$ 125.622.222	US\$ 44.391.111	US\$ 19.267.111

A Tabela 23 relaciona os valores projetados para o excedente e para as garantias contratuais.

A Tabela 24 relaciona os resultados financeiros para o cenário em análise, com autossuficiência e reserva energética.

A conta operação e manutenção também sofre modificação, pois a ela foi adicionado o custo de US\$6,67 por MWh produzido/gerado pelo sistema de cogeração, sendo corrigido pelo índice de IGP-M ano a ano.

Tabela 23 – Receita projetada com a venda de excedente de energia mais garantias contratuais

Ano	Excedentes [US\$]	Garantias [US\$]
1	6.366.240,00	2.546.496,00
2	6.990.768,14	2.796.307,26
3	7.676.562,50	3.070.625,00
4	8.429.633,28	3.371.853,31
5	9.256.580,30	3.702.632,12
6	10.164.650,83	4.065.860,33
7	11.161.803,08	4.464.721,23
8	12.256.775,96	4.902.710,38
9	13.459.165,68	5.383.666,27
10	14.779.509,84	5.911.803,93

Tabela 24 – Resultados financeiros do cenário com autossuficiência energética e excedentes

VPL	TIR	Payback
US\$ 382.575.550,50	412%	1º ano

Esse cenário agrega além da venda de excedente de energia elétrica, a venda das garantias contratuais de 6MW elevando o VPL em praticamente US\$10 milhões. Esse cenário em relação ao cenário 1, que teve como resultado US\$371.997.866,87, ou seja, superior a 0, e também ao resultado do cenário 2 de US\$ 97.410.382,00, demonstrando ser um projeto extremamente viável se comparado ao primeiro cenário onde não há sistema de cogeração.

Percebe-se que a TIR teve um ligeiro aumento, passando de 404% para 412% durante os 10 anos de projeto, se mostrando superior à taxa mínima de atratividade de 12% ao ano e à taxa apurado no cenário 2. O *payback* manteve seu retorno ainda no primeiro ano de projeto.

Sendo assim, conclui-se que esse cenário é ainda mais viável que o anterior e que o 6MW tanto podem ser vendidos como excedente de energia à CPFL, como podem ser utilizados pela própria usina caso haja aumento na demanda energética.

6.4. APLICAÇÃO AO CENÁRIO DE ENQUADRAMENTO AO MDL

A usina conta ainda com mais um ganho além da venda de excedente e garantias. Trata-se da venda das RCEs após enquadramento às diretrizes do MDL.

O investimento para adequação a esse mecanismo foi de US\$194.444,00, mudando mais uma vez as receitas da usina. Para esse cenário não foram alterados os valores de operação e manutenção, pois entende-se que o investimento é direcionado à burocracia do processo, incluída no investimento.

O capital de giro foi construído a partir da diferença entre contas a pagar e contas a receber, conforme definido nas Equações (12) e (13).

Seu fator de redução de emissão, autorizado pela Organização das Nações Unidas – ONU é de 0,277tCO₂e e o valor de negociação das RCEs é em média de US\$24,84 por RCE. Esse valor foi obtido considerando o câmbio de conversão em US\$1,80 e €2,63 para cada real no dia 15 de abril de 2010.

O valor estimado como receita líquida foi baseado na média de faturamento anual com a venda de produtos, mais o ganho com a venda de excedente de energia elétrica, mais o ganho com a venda das garantias, mais o ganho com as RCEs, conforme Tabela 20. A Tabela 25 ilustra o valor agregado pela venda das RCEs.

O valor médio de ganho com as RCEs foi determinado como fixo devido às oscilações do mercado de futuro ao qual pertence. A Tabela 26 apresenta os resultados financeiros para o sistema com autossuficiência energética, venda de excedente e comercialização de RCEs.

Tabela 25 – Receita projetada com a venda de excedente de energia, valor das garantias contratuais e receita com RCEs

Ano	Excedente [US\$]	Garantias [US\$]	RCEs [US\$]
1	6.366.240,00	2.546.496,00	832.249,82
2	6.990.768,14	2.796.307,26	832.249,82
3	7.676.562,50	3.070.625,00	832.249,82
4	8.429.633,28	3.371.853,31	832.249,82
5	9.256.580,30	3.702.632,12	832.249,82
6	10.164.650,83	4.065.860,33	832.249,82
7	11.161.803,08	4.464.721,23	832.249,82
8	12.256.775,96	4.902.710,38	832.249,82
9	13.459.165,68	5.383.666,27	832.249,82
10	14.779.509,84	5.911.803,93	832.249,82

Tabela 26 – Resultados financeiros do cenário com cogeração e comercialização de excedentes e RCEs

VPL	TIR	Payback
US\$ 387.426.937,69	413%	1º ano

Esse sem dúvidas é o cenário mais interessante para a Usina Santa Cândida, pois agrega a venda de excedente de energia, a venda das garantias contratuais e a negociação de créditos de carbono no mercado internacional. Nesse caso, especificamente, além do ganho financeiro, há ainda o ganho sócio-ambiental tornando a usina uma empresa mais atraente aos investidores.

Seu VPL tem como resultado US\$ 387.426.937,69, considerado como viável frente aos parâmetros e aos demais cenários, porém com uma especificidade: o investimento para adequação ao MDL, que foi de US\$194.444,00 e sua primeira negociação de créditos de carbono lhe gerou um ganho de US\$ 832.249,82, ou seja, o ganho obtido com as negociações são muito superiores ao investimento efetuado.

Vale lembrar que um investimento foi efetuado uma única vez enquanto os ganhos acontecem ao fim de cada safra. Desta forma, pode-se dizer que nesse cenário existem dois subprodutos: o excedente de energia elétrica e os créditos de carbono.

A TIR teve um aumento pouco significativo de 1% em relação ao cenário 3, passando de 412% para 413% durante os 10 anos de projeto. O *payback* manteve seu retorno ainda no primeiro ano de projeto.

Conclui-se que esse cenário é o mais viável de todos devido ao ganho com a venda de excedente de energia, das garantias contratuais e ainda os créditos de carbono tornando-a, além de autossuficiente energeticamente, uma usina preocupada com a questão ambiental e social do Brasil.

CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1. CONCLUSÕES

O estudo demonstra que além do vasto conhecimento científico, desenvolvimento tecnológico e benefícios ambientais, a utilização do bagaço da cana-de-açúcar como fonte de energia traz ainda benefícios de ordem financeira para as usinas sucroalcooleiras. O objetivo foi alcançado por meio da metodologia de análise proposta, que possibilitou a comparação de vários cenários adaptados à mesma planta básica, demonstrando o retorno financeiro na implementação de sistemas de cogeração, bem como nas negociações dos créditos de carbono.

O Protocolo de Kyoto viabilizou aos países emergentes, por meio do MDL, a busca pela autossuficiência energética, a minimização da poluição e os ganhos financeiros, visto que os países considerados como industrializados encontram dificuldades na implementação de novas tecnologias.

A Tabela 27 demonstra a alta lucratividade apurada na Usina Santa Cândida, que se torna ainda maior ao se implementar o sistema de cogeração. Pode-se ainda considerar a venda de excedente de energia e créditos de carbono como mais dois produtos de venda da usina.

Tabela 27 – Comparação de resultados da pesquisa

Cenários	VPL (US\$)	TIR %	Payback
1. sem cogeração	94.410.382,06	638	1º ano
2. com cogeração	371.997.866,87	404	1º ano
3. com cogeração+garantias	382.575.550,50	412	1º ano
4. com cogeração+garantias+RCE	387.426.937,69	413	1º ano

Vale lembrar que a tributação das negociações dos créditos de carbono ainda é precária ou nenhuma, logo, os ganhos são praticamente líquidos e seu custo de implementação extremamente baixo, na ordem de US\$194.444,44.

A base para o cálculo da conta operação e manutenção foi uma estimativa de 40% do faturamento bruto, em dobro (DANTAS FILHO, 2009). Essa metodologia só foi aplicada ao primeiro cenário, pois se trata de um cenário com elevado valor de custos e despesas visto que toda sua energia é comprada da Companhia Paulista de Força e Luz, no caso dos demais cenários, o único custo apurado na conta operação e manutenção é o de US\$6,67 por MWh produzido/gerado pelo sistema de cogeração, sendo corrigido anualmente pelo IGP-M.

O primeiro cenário mostra, conforme os parâmetros estabelecidos, VPL maior que 0, lembrando que essa equação mede o retorno do investimento de forma monetária, logo, encontra-se um valor bem superior a 0, na ordem de US\$ 97.410.382,00, demonstrando ser um projeto viável. A TIR, que mede o retorno do investimento de forma percentual, também mostra um elevado grau de retorno, na ordem de 638% (durante os 10 anos de projeto) se mostrando bem superior à taxa mínima de atratividade de 12% ao ano. Já o *payback*, que mede o tempo de retorno do investimento, mostra que seu retorno se dá ainda no primeiro ano do projeto, tornado-o viável. Com base nessas informações, conclui-se que o projeto é viável, ou seja, mesmo sem a implementação de um sistema de cogeração, a usina apura bons resultados financeiros na venda de seus produtos.

O cenário 2, com a implementação de sistema de cogeração, tem como resultado de VPL o valor de US\$ 371.997.866,87, ou seja, superior a 0 e também ao resultado do cenário anterior de US\$ 97.410.382,00, demonstrando ser um projeto ainda mais viável que o anterior.

Nota-se que a TIR teve uma queda de 638% para 404%, durante os 10 anos de projeto, ainda assim se mostrando bem superior à taxa mínima de atratividade de 12% ao ano. Essa queda se dá em função do elevado investimento para implantação das turbinas e demais modificações necessárias na produção para atender às necessidades da implementação do sistema de cogeração em paridade elétrica. O *payback* manteve seu retorno ainda no primeiro ano de projeto.

Com base nessas informações, conclui-se que o cenário de implementação do sistema de cogeração é mais viável do que o cenário anterior, onde não há a produção de vapor nem a geração de eletricidade. Verifica-se que apesar do elevado investimento, o retorno financeiro é extremamente atrativo para a usina visto que além de produzir energia para seu consumo, evita um gasto considerável com a

compra de energia e conta, também, com a venda dos excedentes para a CPFL, o que é considerado como um subproduto negociado pela usina.

No cenário 3, além da venda de excedente de energia elétrica, há a venda das garantias contratuais de 6MW, elevando o VPL em praticamente US\$10 milhões. Esse cenário teve como resultado US\$371.997.866,87. Em relação ao cenário anterior de US\$ 97.410.382,00, onde não há sistema de cogeração, e aos parâmetros estabelecidos, demonstra ser um projeto extremamente viável.

Percebe-se que a TIR teve um ligeiro aumento passando de 404% para 412% durante os 10 anos de projeto, se mostrando superior à taxa mínima de atratividade de 12% ao ano e à taxa apurada no cenário anterior. O *payback* manteve seu retorno ainda no primeiro ano de projeto.

Sendo assim, conclui-se que esse cenário é ainda mais viável que o anterior e que os 6MW tanto podem ser vendidos como excedente de energia à CPFL como podem ser utilizados pela própria usina caso haja aumento na demanda energética.

O cenário 4 é sem dúvidas o cenário mais interessante para a Usina Santa Cândida, pois agrega a venda de excedente de energia, a venda das garantias contratuais e a negociação de créditos de carbono no mercado internacional. Nesse caso, especificamente, além do ganho financeiro, há ainda o ganho sócio-ambiental tornando a usina uma empresa mais atraente aos investidores.

Seu VPL tem como resultado US\$ 387.426.937,69, considerado como viável frente aos parâmetros e aos demais cenários, porém com uma especificidade: o investimento para adequação ao MDL foi de US\$194.444,00 e sua primeira negociação de créditos de carbono lhe gerou um ganho de US\$ 832.249,82, ou seja, o ganho obtido com as negociações são muito superiores ao investimento efetuado. Vale lembrar que um investimento foi efetuado uma única vez enquanto os ganhos acontecem ao fim de cada safra. Desta forma pode-se dizer que nesse cenário existem dois subprodutos: a venda do excedente de energia elétrica e a negociação dos créditos de carbono.

A TIR teve um aumento pouco significativo de 1% em relação ao cenário anterior passando de 412% para 413% durante os 10 anos de projeto. O *payback* manteve seu retorno ainda no primeiro ano de projeto.

Conclui-se que esse cenário é o mais viável de todos devido ao ganho com a venda de excedente de energia, das garantias contratuais e ainda os créditos de

carbono tornando-a, além de autossuficiente energeticamente, uma usina preocupada com a questão ambiental e social do Brasil.

Todos os cenários aqui descritos foram elaborados baseados em dados reais da Usina Santa Cândida, com o intuito de mostrar que a metodologia é aplicável a cenários distintos.

7.2. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Geralmente estudos sobre viabilidade não são precisos em seus valores de investimento, retorno, taxa de juros, bem como período de investimento entre outros. Essa falta de precisão em alguns casos afetam os resultados obtidos, ou seja, alteram os resultados da viabilidade, pois fornecem diferentes resultados da análise em vários níveis desenvolvendo diferentes respostas a diferentes investimentos.

A partir das incertezas no estudo de viabilidade, pode-se utilizar a lógica difusa por meio da incorporação das incertezas a partir da teoria dos conjuntos fuzzy ou difusos ou ainda nebulosos. Essa lógica não se restringe somente ao uso industrial, podendo ser aplicado também em diversas outras áreas sujeitas a incertezas, assim como a área financeira. Considera-se pouco empregado nessa área devido ao desconhecimento do método.

As análises de incertezas incorporadas pela lógica difusa, essa pode ser complementada por meio do método de simulação de Monte Carlo para análise de risco financeiro. Assim, agregar essas duas tecnologias à metodologia proposta proporcionaria minimizar as incertezas e riscos inerentes a esse tipo de investimento.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução normativa nº 235/2006**: estabelece os requisitos para a qualificação de centrais termelétricas cogeneradoras de energia e dá outras providências. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2006235.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2009.
- BALESTIERI, J. A. P. **Cogeração: geração combinada de eletricidade e calor**. 1. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2002. 279 p.
- BAKER, S. L. **Perils of the internal rate of return**. 2000. Disponível em: <<http://hspm.sph.sc.edu/COURSES/ECON/invest/invest.html>>. Acesso em: 14 jul. 2009.
- CARBONO BRASIL. **O mercado de carbono**. Disponível em: <http://www.carbonobrasil.com/#mercado_de_carbono>. Acesso em: 27 ago. 2009.
- CARBONO BRASIL. **Perspectivas do mercado de carbono para 2009**. Disponível em: <http://www.carbonobrasil.com/#perspectivas_do_mercado_de_carbono_para_2009>. Acesso em: 27 ago. 2009.
- CASTRO, A. J. A., CASSIANO, D. A. & FERREIRA, N. L. Gaseificação do bagaço da cana-de-açúcar: modelagem, análise e comparação com sistema real. **Exacta**, São Paulo, vol. 7, n. 1, p. 39-47, jan./mar. 2009.
- CHICAGO CLIMATE EXCHANGE. **Emission Reduction Commitment**. Disponível em: <<http://www.chicagoclimatex.com/content.jsf?id=72>>. Acesso em: 3 set. 2009.
- DANTAS FILHO, P. L. **Análise de custos na geração de energia com bagaço de cana-de-açúcar**: um estudo de caso em quatro usinas de São Paulo. 2009. 171f.. Dissertação (Mestrado em Energia) – Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia, Universidade de São Paulo, 2009.
- FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO RIO DE JANEIRO. **Boletim do escritório de carbono** (Boletim carbono 10 de agosto 2009). Disponível em: <<http://www.firjan.org.br/data/pages/4028808120E98EC70120F83B592E032A.htm>>. Acesso em: 3 set. 2009.

- GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T. & NIGRO, E. B. F. **Bioenergia no Estado de São Paulo: situação atual, perspectivas, barreiras e propostas.** São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2008. 150 p.
- GRUBB, M. The economics of the Kyoto protocol. **World Economics**, v. 4, n. 3, p. 143-189, 2003.
- GUARDABASSI, P. M. **Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia perspectivas para países em desenvolvimento.** 2006. 126f.. Dissertação (Mestrado em Energia) – Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia, Universidade de São Paulo, 2006.
- GUITMAN, L. J. & MADURA, J. **Administração financeira: uma abordagem gerencial.** São Paulo: Pearson, 2003. 676 p.
- JAFFE, J., RANSON, M. & STAVINS, R. N. Linking tradable permit systems: a key element of emerging international climate policy architecture. **Ecology Law Quarterly**, v. 36, p. 789-808, 2009.
- KINTO, O. T., GALVÃO, L. C. R., GRIMONI, J. A. B. & UDAETA, M. E. M. Energia da gaseificação de biomassa como opção energética de desenvolvimento limpo. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas. **Anais online...** Disponível em: http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC00000022002000100061&lng=en&nrm=abn. Acesso em: 20 ago. 2009.
- LEAL, M. R. L. V. **Testes de gaseificação de bagaço e palha.** 2004. Disponível em: http://www.nest.unifei.edu.br/portugues/pags/novidades/curso_cyted/files/pdf/Tema%201-%20Residuos%20Agricolas%20da%20Cana-de-Acucar/GaseificacaoBagaçoPalha.PDF. Acesso em: 24 ago. 2009.
- LIN, G. C. I. & NAGALINGAM, S. V. **CIM justification and optimisation.** London: Taylor & Francis, 2000. p. 36.
- LOPES, I. V. **O mecanismo de desenvolvimento limpo: guia de orientação.** Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2002. 90 p. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/clima/quioto/mdl.htm>. Acesso em: 14 jul. 2009.
- LORA, B. A. **Potencial de geração de créditos de carbono e perspectivas de modernização do setor sucroalcooleiro do estado de São Paulo através do mecanismo de desenvolvimento limpo.** 2008. 136f.. Dissertação (Mestrado em Energia) – Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia, Universidade de São Paulo, 2008.

- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (BRASIL). **Ciência da mudança do clima.** Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/3883.html>>. Acesso em: 14 jul. 2009.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (BRASIL). **O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.** Guia de orientação 2009. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0202/202614.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2009.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (BRASIL). **Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento limpo (MDL) no Brasil e no mundo.** Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0200/200842.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2009.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (BRASIL). **Resenha Energética Brasileira.** Exercício de 2008 (preliminar Abril 2009). Disponível em: http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/ben/arquivos/resenha_2008/Resenha_energetica_-_2008-V2_-_16-04-09.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2009.
- MOREIRA, H. M. & GIOMETTI, A. B. R. O Protocolo de Kyoto e as possibilidades de inserção do Brasil no mecanismo de desenvolvimento limpo por meio de projetos em energia limpa. **Contexto Internacional**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 1, p. 9-47, jan./abr. 2008.
- OLIVARES-GÓMEZ, E. **Projeto, construção e avaliação preliminar de um reator de leito fluidizado para gaseificação de bagaço de cana-de-açúcar.** 1996. 200f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, 1996.
- OMETTO, A. R. **Avaliação do ciclo de vida do álcool etílico hidratado combustível pelos métodos EDIP, exergia e emergia.** 2005, 209f.. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Universidade Federal de São Carlos, 2005.
- PESSINE, R. T. **Normas e regulamentos básicos sobre produtor independente de energia elétrica.** Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.energia.usp.br/documentos/RobertoTeixeiraPessine21-09-2007.ppt>>. Acesso em: 14 jul. 2009.

- POGUE, M. Investment appraisal: a new approach. **Managerial Auditing Journal**, v. 19, n. 4, p. 565-570, 2004.
- PRADO, T. G. F. **Externalidades do ciclo produtivo da cana-de-açúcar com ênfase na produção de energia elétrica**. 2007. 254f.. Dissertação (Mestrado em Energia) – Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia, Universidade de São Paulo, 2007.
- SANTANA, M. J. **Análise do retorno econômico com a conservação de energia: caso da Usina de Paulo Afonso IV**. 2005. 86 f.. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal de Pernambuco, 2005.
- SCHNIEDERJANS, M. J., SCHNIEDERJANS, A. M. & SCHNIEDERJANS, D. G. **Outsourcing and insourcing in an international context**. Armonk, NY: M.E.Sharpe, 2005. (p. 107)
- UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. **Kyoto protocol reference manual on accounting of emissions and assigned amount**. Bonn: United Nations Framework Convention on Climate Change, 2008.
- UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. **Joint implementation**. Bonn: United Nations Framework Convention on Climate Change, 2009. Disponível em: <http://unfccc.int/kyoto_protocol/mechanisms/joint_implementation/items/1674.php>. Acesso em: 28 ago. 2009.
- UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. **The mechanisms under the Kyoto Protocol: emissions trading, the clean development mechanism and joint implementation**. Bonn: UNFCCC. Disponível em: <http://unfccc.int/kyoto_protocol/mechanisms/items/1673.php>. Acesso em: 18 ago. 2009.
- USINA DE AÇÚCAR E ÁLCOOL GOIOERÊ. **Processo de produção de açúcar**. Disponível em: <<http://www.usinagre.com.br/v3/pt/?act=products&prod=acu>> Acesso em: 11 set. 2009.
- USINA DE AÇÚCAR E ÁLCOOL GOIOERÊ. **Processo de produção do álcool**. Disponível em <<http://www.usinagre.com.br/v3/pt/?act=products&prod=alc>> Acesso em 11 de setembro de 2009.

USINA SANTA CÂNDIDA AÇÚCAR E ÁLCOOL LTDA. Disponível em:
<<http://www.santacandida.com.br/>>. Acesso em: 14 julho 2009.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- BENEDUZZI, A. H.; MASHIBA, M. H. S. & RAMOS, R. A. V. Mecanismos de desenvolvimento limpo no setor sucroalcooleiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE ESTUDANTES DE ENGENHARIA MECÂNICA, 12., Ilha Solteira, 2005. **Anais...** Ilha Solteira: UNESP, 2005. 2 p. Disponível em: <http://www.dem.feis.unesp.br/cdrom_creem2005/pdf/fs12.pdf>. Acesso em: 14 agosto 2009.
- CARDOSO, P. H. **Roteiro básico para elaboração de um projeto de mecanismos de desenvolvimento limpo**. Rio de Janeiro: Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável – CEBDS, 2004, 50p. Disponível em: <<http://www.cebds.org.br/cebds/pub-docs/pub-mc-roteiro-mdl.pdf>>. Acesso em: 14 agosto 2009.
- CHOHFI, F. M.; DUPAS, F. A. & LORA, E. E. S. Balanço, análise de emissão e seqüestro de CO₂ na geração de eletricidade excedente no setor sucroalcooleiro. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL E GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 5., Campinas, 2004. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2004. 8 p.
- CONEJERO, M. A. **Marketing de créditos de carbono: um estudo exploratório**. 2006. 243f.. Dissertação (Mestrado em Administração) – Programa de Pós-graduação em Administração de Organizações, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2006.
- LEME, R. M.; CUNHA, K. B. & WALTER, A. S. Adicionalidade em projetos de MDL e a cogeração no setor sucroalcooleiro brasileiro. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL E GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 5., Campinas, 2004. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2004. 10p.
- MENEGUELLO, L. A. & CASTRO, M. C. A. A. O Protocolo de Kyoto e a geração de energia elétrica pela biomassa da cana-de-açúcar como mecanismo de desenvolvimento limpo. **Revista Internacional de Desenvolvimento Local**, Araraquara, v. 8, n. 1, p. 33-43, Março 2007.
- REIS, L. B., FADIGAS, E. A. A. & CARVALHO, C. E. **Energia, recursos naturais e práticas do desenvolvimento sustentável**. Barueri: Manole, 2005. 415p.

ANEXO 1 - NÚMEROS DE BASE

	US\$	R\$					
horas	24	24					
dias	30	30					
meses	8	8					
MWh	5760	5760					
MW excedente	15	15			base do dólar	\$ 1,80	
MWh excedente	86400	86400					
MW excedente garantia	6	6			base do euro	€ 2,63	
MWh excedente garantia	34560	34560					
valor de venda MWh	73,68	132,63			RCE	€ 17,00	
IGP-M correção contratual	0,098	0,098					
investimento sem cogeração	2.777.777,78	5.000.000,00					
investimento cogeração	13.888.888,89	25.000.000,00					
investimento mdl	194.444,44	350.000,00					
custo de capital	0,12	0,12					
projeção em anos	10	10					
depreciação sem cogeração	277.777,78	500.000,00					
depreciação cogeração + garantias	1.388.888,89	2.500.000,00					
depreciação cogeração + garantias + MDL	19.444,44	35.000,00					
IRPJ 25% + CSLL 9% = 34%	0,34	0,34					
fator de redução de emissão	0,277	0,277					
Valor de venda RCE em euro	24,84	44,71					
custo da operação e manutenção por MWh	6,67	12,00				preço médio do mercado	
faturamento médio anual com açúcar	125.622.222,22	226.120.000,00	4.000.000,00	sacas	56,53	p/saca	
faturamento médio anual com álcool anidro	44.391.111,11	79.904.000,00	88.000.000,00	litros	0,908	p/litro	
faturamento médio anual com álcool hidratado	19.267.111,11	34.680.800,00	44.000.000,00	litros	0,7882	p/litro	
total de faturamento médio anual	189.280.444,44	340.704.800,00					
despesas operacionais em torno de 40%	75.712.177,78	136.281.920,00					
receita líquida com vendas	113.568.266,67	204.422.880,00					
capital de giro							
contas a receber =(receita líquida/360)*40 dias							
contas a pagar = (O&M + IR)/360)*30 dias							

ANEXO 2 - SEM SISTEMA DE COGERAÇÃO

	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4	
	US\$	R\$	US\$	R\$	US\$	R\$	US\$	R\$
Receita Líquida	189.280.444,44	340.704.800,00	189.280.444,44	340.704.800,00	189.280.444,44	340.704.800,00	189.280.444,44	340.704.800,00
- O&M	151.424.355,56	272.563.840,00	151.424.355,56	272.563.840,00	151.424.355,56	272.563.840,00	151.424.355,56	272.563.840,00
= EBITDA	37.856.088,89	68.140.960,00	37.856.088,89	68.140.960,00	37.856.088,89	68.140.960,00	37.856.088,89	68.140.960,00
- Depreciação	277.777,78	500.000,00	277.777,78	500.000,00	277.777,78	500.000,00	277.777,78	500.000,00
= Lucro antes IR	37.578.311,11	67.640.960,00	37.578.311,11	67.640.960,00	37.578.311,11	67.640.960,00	37.578.311,11	67.640.960,00
- IR	12.776.625,78	22.997.926,40	12.776.625,78	22.997.926,40	12.776.625,78	22.997.926,40	12.776.625,78	22.997.926,40
= Lucro Líquido	24.801.685,33	44.643.033,60	24.801.685,33	44.643.033,60	24.801.685,33	44.643.033,60	24.801.685,33	44.643.033,60
+ Depreciação	277.777,78	500.000,00	277.777,78	500.000,00	277.777,78	500.000,00	277.777,78	500.000,00
- Capital de Giro	7.347.745,38	13.225.941,69	7.347.745,38	13.225.941,69	7.347.745,38	13.225.941,69	7.347.745,38	13.225.941,69
contas a receber	21.031.160,49	37.856.088,89	21.031.160,49	37.856.088,89	21.031.160,49	37.856.088,89	21.031.160,49	37.856.088,89
contas a pagar	13.683.415,11	24.630.147,20	13.683.415,11	24.630.147,20	13.683.415,11	24.630.147,20	13.683.415,11	24.630.147,20
= FLUXO DE CAIXA	17.731.717,73	31.917.091,91	17.731.717,73	31.917.091,91	17.731.717,73	31.917.091,91	17.731.717,73	31.917.091,91
	US\$	US\$		R\$	R\$			
investimento	-2.777.777,78	-2.777.777,78		-5.000.000,00	-5.000.000,00		VPL US\$	97.410.382,06
ano 1	17.731.717,73	14.953.939,95		31.917.091,91	26.917.091,91		TIR US\$	638%
ano2	17.731.717,73	32.685.657,68		31.917.091,91	58.834.183,82			
ano 3	17.731.717,73	50.417.375,41		31.917.091,91	90.751.275,73		VPL R\$	175.338.687,72
ano 4	17.731.717,73	68.149.093,14		31.917.091,91	122.668.367,64		TIR R\$	638%
ano 5	17.731.717,73	85.880.810,86		31.917.091,91	154.585.459,56			
ano 6	17.731.717,73	103.612.528,59		31.917.091,91	186.502.551,47			
ano 7	17.731.717,73	121.344.246,32		31.917.091,91	218.419.643,38			
ano 8	17.731.717,73	139.075.964,05		31.917.091,91	250.336.735,29			
ano 9	17.731.717,73	156.807.681,78		31.917.091,91	282.253.827,20			
ano 10	17.731.717,73	174.539.399,51		31.917.091,91	314.170.919,11			

ANEXO 4 - COM SISTEMA DE COGERAÇÃO + GARANTIAS CONTRATUAIS

	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4
	US\$	R\$	US\$	R\$	US\$	R\$	
Receita Líquida	198.193.180,44	356.747.724,80	199.067.519,85	358.321.535,72	200.027.631,94	360.049.737,50	201.081.931,04
- O&M	76.518.577,78	137.733.440,00	76.597.685,62	137.875.834,11	76.684.553,94	138.032.197,09	76.779.944,04
= EBITDA	121.674.602,67	219.014.284,80	122.469.834,23	220.445.701,61	123.343.078,01	222.017.540,41	124.301.987,00
- Depreciação	555.555,56	3.000.000,00	1.666.666,67	3.000.000,00	1.666.666,67	3.000.000,00	1.666.666,67
= Lucro antes IR	121.119.047,11	216.014.284,80	120.803.167,56	217.445.701,61	121.676.411,34	219.017.540,41	122.635.320,33
- IR	41.180.476,02	73.444.856,83	41.073.076,97	73.931.538,55	41.369.979,86	74.465.963,74	41.696.008,91
= Lucro Líquido	79.938.571,09	142.569.427,97	79.730.090,59	143.514.163,06	80.306.431,48	144.551.576,67	80.939.311,42
+ Depreciação	555.555,56	3.000.000,00	1.666.666,67	3.000.000,00	1.666.666,67	3.000.000,00	1.666.666,67
- Capital de Giro	12.213.210,01	22.040.444,69	12.312.716,43	22.162.889,58	12.387.414,62	22.297.346,32	12.469.440,70
contas a receber	22.021.464,49	39.638.636,09	22.118.613,32	39.813.503,97	22.225.292,44	40.005.526,39	22.342.436,78
contas a pagar	9.808.254,48	17.598.191,40	9.805.896,88	17.650.614,39	9.837.877,82	17.708.180,07	9.872.996,08
= FLUXO DE CAIXA	68.280.916,64	123.528.983,28	69.084.040,82	124.351.273,48	69.585.683,53	125.254.230,35	70.136.537,38
	US\$	US\$		R\$	R\$		
investimento	-16.666.666,67	-16.666.666,67		-30.000.000,00	-30.000.000,00		VPL US\$
ano 1	68.280.916,64	51.614.249,97		123.528.983,28	93.528.983,28		TIR US\$
ano2	69.084.040,82	120.698.290,79		124.351.273,48	217.880.256,76		
ano 3	69.585.683,53	190.283.974,32		125.254.230,35	343.134.487,12		VPL R\$
ano 4	70.136.537,38	260.420.511,71		126.245.767,29	469.380.254,40		TIR R\$
ano 5	70.741.430,00	331.161.941,71		127.334.574,00	596.714.828,41		
ano 6	71.405.662,58	402.567.604,29		128.530.192,65	725.245.021,06		
ano 7	72.135.056,38	474.702.660,67		129.843.101,49	855.088.122,55		
ano 8	72.936.003,72	547.638.664,39		131.284.806,69	986.372.929,24		
ano 9	73.815.523,98	621.454.188,37		132.867.943,16	1.119.240.872,40		
ano 10	74.781.325,18	696.235.513,55		134.606.385,33	1.253.847.257,73		

	Ano 9		Ano 10		
o 8	R\$	US\$	R\$	US\$	R\$
	30.887.075,42	18.842.831,96	33.917.097,52	20.691.313,77	37.244.364,79
	22.062.196,73	13.459.165,68	24.226.498,23	14.779.509,84	26.603.117,71
	255,35	155,78	280,40	171,06	307,91
	86400	86400	86400	86400	86400
	8.824.878,69	5.383.666,27	9.690.599,29	5.911.803,93	10.641.247,08
	255,35	155,78	280,40	171,06	307,91
	34560	34560	34560	34560	34560
	2.794.578,19	1.704.847,95	3.068.726,31	1.872.093,53	3.369.768,36
	1.996.127,28	1.217.748,54	2.191.947,36	1.337.209,67	2.406.977,40
	23,10	14,09	25,37	15,48	27,86
	86400	86400	86400	86400	86400
	798.450,91	487.099,41	876.778,95	534.883,87	962.790,96
	23,10	14,09	25,37	15,48	27,86
	34560	34560	34560	34560	34560

ANEXO 5 - COM SISTEMA DE COGERAÇÃO + GARANTIAS CONTRATUAIS + RCEs

	Ano 1		Ano 2		Ano 3	
	US\$	R\$	US\$	R\$	US\$	R\$
Receita Líquida	198.193.180,44	356.747.724,80	199.067.519,85	358.321.535,72	200.027.631,94	360.049.737,50
- O&M	76.518.577,78	137.733.440,00	76.597.685,62	137.875.834,11	76.684.553,94	138.032.197,09
= EBITDA	121.674.602,67	219.014.284,80	122.469.834,23	220.445.701,61	123.343.078,01	222.017.540,41
- Depreciação	1.686.111,11	3.035.000,00	1.686.111,11	3.035.000,00	1.686.111,11	3.035.000,00
= Lucro antes IR	119.988.491,56	215.979.284,80	120.783.723,12	217.410.701,61	121.656.966,89	218.982.540,41
- IR	40.796.087,13	73.432.956,83	41.066.465,86	73.919.638,55	41.363.368,74	74.454.063,74
= Lucro Líquido	79.192.404,43	142.546.327,97	79.717.257,26	143.491.063,06	80.293.598,15	144.528.476,67
+ Depreciação	1.686.111,11	3.035.000,00	1.686.111,11	3.035.000,00	1.686.111,11	3.035.000,00
- Capital de Giro	12.245.242,42	22.041.436,35	12.313.267,36	22.163.881,25	12.387.965,55	22.298.337,99
contas a receber	22.021.464,49	39.638.636,09	22.118.613,32	39.813.503,97	22.225.292,44	40.005.526,39
contas a pagar	9.776.222,08	17.597.199,74	9.805.345,96	17.649.622,72	9.837.326,89	17.707.188,40
= FLUXO DE CAIXA	69.465.522,94	125.037.941,30	69.922.350,83	125.860.231,50	70.423.993,54	126.763.188,37
	US\$	US\$		R\$	R\$	
investimento	-16.861.111,11	-16.861.111,11		-30.350.000,00	-30.350.000,00	
ano 1	69.465.522,94	52.604.411,83		125.037.941,30	94.687.941,30	
ano2	69.922.350,83	122.526.762,67		125.860.231,50	220.548.172,80	
ano 3	70.423.993,54	192.950.756,20		126.763.188,37	347.311.361,17	
ano 4	70.974.847,39	263.925.603,60		127.754.725,31	475.066.086,47	
ano 5	71.579.740,01	335.505.343,60		128.843.532,02	603.909.618,49	
ano 6	72.243.972,59	407.749.316,20		130.039.150,67	733.948.769,16	
ano 7	72.973.366,39	480.722.682,59		131.352.059,51	865.300.828,66	
ano 8	73.774.313,72	554.496.996,32		132.793.764,70	998.094.593,37	
ano 9	74.653.833,99	629.150.830,31		134.376.901,18	1.132.471.494,55	
ano 10	75.619.635,19	704.770.465,50		136.115.343,35	1.268.586.837,89	

	Ano 1		Ano 2		Ano 3	
	US\$	R\$	US\$	R\$	US\$	R\$
Total Cogeração+ garantias	8.912.736,00	16.042.924,80	9.787.075,40	17.616.735,72	10.747.187,50	19.344.937,50
Cogeração	6.366.240,00	11.459.232,00	6.990.768,14	12.583.382,66	7.676.562,50	13.817.812,50
	73,68	132,63	80,91	145,64	88,85	159,93
	86400	86400	86400	86400	86400	86400
Garantias	2.546.496,00	4.583.692,80	2.796.307,26	5.033.353,06	3.070.625,00	5.527.125,00
	73,68	132,63	80,91	145,64	88,85	159,93
	34560	34560	34560	34560	34560	34560
Custo cogeração p/MWh	806.400,00	1.451.520,00	885.507,84	1.593.914,11	972.376,16	1.750.277,09
Cogeração	576.000,00	1.036.800,00	632.505,60	1.138.510,08	694.554,40	1.250.197,92
	6,67	12,00	7,32	13,18	8,04	14,47
	86400	86400	86400	86400	86400	86400
Garantias	230.400,00	414.720,00	253.002,24	455.404,03	277.821,76	500.079,17
	6,67	12,00	7,32	13,18	8,04	14,47
	34560	34560	34560	34560	34560	34560
Créditos						
cogeração	86.400	86.400	86.400	86.400	86.400	86.400
garantia	34.560	34.560	34.560	34.560	34.560	34.560
total	120.960	120.960	120.960	120.960	120.960	120.960
fator de redução de emissão	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277
RCE	33.506	33.506	33.506	33.506	33.506	33.506
valor médio de comercialização	24,84	44,71	24,84	44,71	24,84	44,71
valor de venda das RCEs	832.249,82	1.498.049,68	832.249,82	1.498.049,68	832.249,82	1.498.049,68

Ano 4		Ano 5		Ano 6		Ano 7	
US\$	R\$	US\$	R\$	US\$	R\$	US\$	R\$
11.801.486,59	21.242.675,87	12.959.212,43	23.326.582,37	14.230.511,17	25.614.920,10	15.626.524,31	28.127.743,76
8.429.633,28	15.173.339,90	9.256.580,30	16.661.844,55	10.164.650,83	18.296.371,50	11.161.803,08	20.091.245,54
97,57	175,62	107,14	192,85	117,65	211,76	129,19	232,54
86400	86400	86400	86400	86400	86400	86400	86400
3.371.853,31	6.069.335,96	3.702.632,12	6.664.737,82	4.065.860,33	7.318.548,60	4.464.721,23	8.036.498,22
97,57	175,62	107,14	192,85	117,65	211,76	129,19	232,54
34560	34560	34560	34560	34560	34560	34560	34560
1.067.766,26	1.921.979,27	1.172.514,13	2.110.525,43	1.287.537,77	2.317.567,98	1.413.845,22	2.544.921,40
762.690,19	1.372.842,33	837.510,09	1.507.518,17	919.669,83	1.655.405,70	1.009.889,44	1.817.801,00
8,83	15,89	9,69	17,45	10,64	19,16	11,69	21,04
86400	86400	86400	86400	86400	86400	86400	86400
305.076,07	549.136,93	335.004,04	603.007,27	367.867,93	662.162,28	403.955,78	727.120,40
8,83	15,89	9,69	17,45	10,64	19,16	11,69	21,04
34560	34560	34560	34560	34560	34560	34560	34560
86.400	86.400	86.400	86.400	86.400	86.400	86.400	86.400
34.560	34.560	34.560	34.560	34.560	34.560	34.560	34.560
120.960	120.960	120.960	120.960	120.960	120.960	120.960	120.960
0,277	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277
33.506	33.506	33.506	33.506	33.506	33.506	33.506	33.506
24,84	44,71	24,84	44,71	24,84	44,71	24,84	44,71
832.249,82	1.498.049,68	832.249,82	1.498.049,68	832.249,82	1.498.049,68	832.249,82	1.498.049,68

Ano 8		Ano 9		Ano 10	
US\$	R\$	US\$	R\$	US\$	R\$
17.159.486,35	30.887.075,42	18.842.831,96	33.917.097,52	20.691.313,77	37.244.364,79
12.256.775,96	22.062.196,73	13.459.165,68	24.226.498,23	14.779.509,84	26.603.117,71
141,86	255,35	155,78	280,40	171,06	307,91
86400	86400	86400	86400	86400	86400
4.902.710,38	8.824.878,69	5.383.666,27	9.690.599,29	5.911.803,93	10.641.247,08
141,86	255,35	155,78	280,40	171,06	307,91
34560	34560	34560	34560	34560	34560
1.552.543,44	2.794.578,19	1.704.847,95	3.068.726,31	1.872.093,53	3.369.768,36
1.108.959,60	1.996.127,28	1.217.748,54	2.191.947,36	1.337.209,67	2.406.977,40
12,84	23,10	14,09	25,37	15,48	27,86
86400	86400	86400	86400	86400	86400
443.583,84	798.450,91	487.099,41	876.778,95	534.883,87	962.790,96
12,84	23,10	14,09	25,37	15,48	27,86
34560	34560	34560	34560	34560	34560
86.400	86.400	86.400	86.400	86.400	86.400
34.560	34.560	34.560	34.560	34.560	34.560
120.960	120.960	120.960	120.960	120.960	120.960
0,277	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277
33.506	33.506	33.506	33.506	33.506	33.506
24,84	44,71	24,84	44,71	24,84	44,71
832.249,82	1.498.049,68	832.249,82	1.498.049,68	832.249,82	1.498.049,68

Autorizo cópia total ou parcial desta obra, apenas para fins de estudo e pesquisa, sendo expressamente vedado qualquer tipo de reprodução para fins comerciais sem prévia autorização específica do autor.

Melissa Mandaloufas
Taubaté, março de 2011.