JANAINA GARCIA DE OLIVEIRA

Perspectivas para a cogeração com bagaço de cana-de-açúcar:
potencial do mercado de carbono para o setor sucro-alcooleiro paulista

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia
de São Carlos da Universidade de São Paulo,
como parte dos requisitos para obtenção do título
de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Dr. Wilson Kendy Tachibana

São Carlos
2007

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da informação do Serviço de Biblioteca - EESC/USP

O48p

Oliveira, Janaina Garcia

Perspectivas para a cogeração com bagaço de cana-de-açúcar: potencial do mercado de carbono para o setor sucroalcooleiro paulista / Janaina Garcia de Oliveira; orientador Wilson Kendy Tachibana. -- São Carlos, 2007.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Engenharia de Produção) --- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2007.

1. Cogeração com bagaço de cana. 2. Projetos MDL.
3. Mercado de Carbono. I. Título

A Deus, meu Pai, minha Mãe,
meus irmãos e meu amor, Nenê.

AGRADECIMENTOS

Aos meus Pais, Milton e Francisca, pessoas magníficas que me trouxeram à vida e sempre estiveram presentes nela, sendo fundamentais nesta fase de minha vida, dedicando todo o amor possível e impossível, me compreendendo, acalmando e incentivando sempre.

Aos meus irmãos Jacque e Andrey que com muito carinho e paciência souberam conviver com meus momentos de impaciência. Ao Fábio, pelas caronas, conversas e amizade.

Ao Marcos (Nenê) pelo amor, incentivo, paciência, dedicação e imenso apoio no desenvolvimento do trabalho.

Ao meu orientador, Wilson Tachibana, por me aprovar, contribuir com minha experiência em docência, incentivar e respeitar minhas decisões durante a realização deste trabalho. Serei eternamente grata.

Aos profissionais entrevistados que me forneceram dados e informações importantes, necessários ao desenvolvimento da pesquisa.

À CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo apoio financeiro durante parte do período de elaboração do trabalho.

Aos meus parentes e amigos que, direta ou indiretamente, contribuíram e participaram deste trabalho. Quero agradecer em especial, minhas primas Carolina e Fabiana que me ajudaram durante a pesquisa de campo.

A André e Paulo Escobar, Kamila e Rodrigo pelas informações preciosas disponibilizadas.

Às minhas amigas Cláudia, Elaine, Mariana e Eliciane pela revisão de trabalhos, pela ajuda, troca de idéias, e momentos de descontração (e os chocolates).

A todos os meus colegas do mestrado, pela troca de conhecimento, experiências e amizade, em especial, aos parceiros de publicação Charbel Jabbour e Fernando Hagihara. Obrigada pelo apoio.

Aos professores Arnaldo Walter e André Simões da UNICAMP, pela parceria no desenvolvimento e publicação de artigos, em especial ao professor Arnaldo que tanto contribuiu no desenvolvimento do trabalho e para minha evolução acadêmica e pessoal.

A todos os professores, pela competência, e por todo o conhecimento propiciado. Em especial, o professor Edmundo, que também me possibilitou praticar a arte da docência.

Aos funcionários do Departamento e do Serviço de Pós-graduação, pelos serviços e presteza no atendimento de todas as minhas necessidades.

Enfim, agradeço a Deus, pela oportunidade de estar aqui e conhecer todas essas pessoas que tanto contribuíram para a conclusão deste trabalho. Muito Obrigada!

“Sucesso significa fazer o melhor que pudermos com aquilo que temos. Sucesso está em fazer, não em obter - está na tentativa, não no triunfo.”

Wynn Davis

RESUMO

OLIVEIRA, J. G. (2006). Perspectivas para a cogeração com bagaço de cana-de-açúcar: potencial do mercado de carbono para o setor sucro-alcooleiro paulista. 160 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

O objetivo do presente trabalho é avaliar o potencial do setor sucro-alcooleiro paulista no Mercado de Carbono Internacional (MCI), sob a perspectiva da cogeração de energia elétrica excedente baseada na queima de bagaço da cana. Estudos com foco nestes dois segmentos podem representar maior incentivo a novos investimentos em projetos para a geração de Reduções Certificadas de Emissões (RCE) sob o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). O processo de cogeração de energia elétrica por bagaço de cana torna-se importante no contexto mundial devido ao fato de ser uma forma adequada de substituição da queima de combustíveis fósseis pela queima de combustível renovável (bagaço), reduzindo assim, os impactos causados ao meio ambiente pelas emissões de gases do efeito estufa. Essa característica renovável da cogeração, a partir do bagaço da cana, pode fomentar investimentos por países desenvolvidos em projetos que visualizem o atendimento das obrigações de reduções de Gases do Efeito Estufa (GEE), estabelecidas pelo Protocolo de Kyoto. Visando atingir o objetivo proposto, foram realizados levantamentos bibliográficos sobre dados setoriais, com base em literatura especializada, simulações computacionais a partir de tais dados para definir o potencial de geração de eletricidade excedente e o potencial de comercialização de RCE pelo setor no Mercado de Carbono, bem como entrevistas com profissionais ligados às áreas de estudo de forma levantar opiniões e expectativas da participação do setor sucro-alcooleiro no mercado de carbono, foco central deste trabalho. Esta pesquisa visou contribuir para a divulgação da importância do comportamento do setor sucro-alcooleiro paulista em relação ao MC, em termos de atração de novos projetos sob o enfoque do MDL.

Palavras-chave: Cogeração com bagaço de cana. Projetos MDL. Mercado de carbono.

ABSTRACT

OLIVEIRA, J. G. (2006). Sugar cane bagasse cogeneration perspective: Carbon Trade potencial for Sao Paulo Sugar-Cane Sector. 160 f. Dissertation (Master) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

The objective of this dissertation is to assess the prospects of cogeneration projects by the sugar-alcohol industry of the largest sugarcane-producing region in Brazil -- the state of Sao Paulo -- in the context of Clean Development Mechanism (CDM) and of the international carbon credit market. This study with focus in exceeding electricity cogeneration from sugarcane bagasse can influence the development of projects complying with the rules of the CDM, established by the Kyoto Protocol. The process of cogeração from sugar cane bagasse becomes important in world-wide context because bagasse burnig substitute fossil fuels, reducing the impacts caused by the greenhouse gases (GHG) emissions. This renewable characteristic of the bagasse electricity cogeneration, can encourage investments from sugar-cane enterprinsing in bagasse cogeneration CDM projects. Aiming to reach the proposed objective, bibliographical research based on specialized literature about sectorial data was done. Computational simulations from such data was used to define the exceeding electricity potencial generation and the Certified Emission Reduction (CER) commercialization potential from sugar-cane sector in the Carbon Trade and interviews with specialists linked to the study areas. This study can contribute for spreading the importance of the Sao Paulo sugar-alcohol sector in Carbon Trade, in terms of attract new investiments on Clean Development Mechanisms.

Keywords: Sugar cane bagasse cogeneration. CDM projects. Carbon Trade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Densidade de área de cana safra 2004/2005 por município no estado de São Paulo	35
Figura 2 - Ciclo de produção e processamento da cana-de-açúcar.....	37
Figura 3 - Processo de Cogeração por Bagaço	42
Figura 4 - Curva de permanência de carga do subsistema	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Emissões/Remoções de GEE por segmento e tipo de gás.....	69
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Usinas geradoras de eletricidade excedente em SP - Jan. 2007	47
Tabela 2 - Cronograma de eliminação da queima pré-colheita da cana-de-açúcar	53
Tabela 3 – Mitigação de carbono (C) pelo setor sucro-alcooleiro por ano	55
Tabela 4 – Gases de Efeito Estufa (GEE) no processo de produção de cana, açúcar e álcool (1998)	56
Tabela 5 – Unidade sucro-alcooleira típica	92
Tabela 6 – Configurações consideradas - sistema de cogeração	93
Tabela 7 – Potencial de cogeração de eletricidade por bagaço da cana - Cenário 2010	94
Tabela 8 - Instituições e entrevistados participantes - Perspectivas para cogeração por bagaço	96
Tabela 9 - Instituições e entrevistados participantes - Mercado de Carbono e projetos MDL de cogeração por bagaço	97
Tabela 10 - Usinas e entrevistados participantes	98
Tabela 11 - Emissões de CO _{2e} evitadas, por safra, baseado na potência excedente (MW)... ..	100
Tabela 12 - Projeção em dólares para retorno esperado – comercialização de RCE	101
Tabela 13: Perspectivas para processos produtivos em 2010 - avaliados nas entrevistas	116
Tabela 14 - Características das usinas selecionadas para pesquisa	131

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AND	Autoridade Nacional Designada
CE	Conselho Executivo
CIMGC	Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima
COGEN	Associação paulista de cogeração de energia
COP	Conferência das Partes
CQNUMC	Convenção-Quadro das Nações Unidas para Mudanças Climáticas (em inglês UNFCCC)
CTC	Centro de tecnologia canavieira
EOD	Entidade Operacional Designada
ERU	Unidade de Redução de Emissão – do inglês Emission Reduction Unit
GEE	Gases de efeito estufa
GEF	Fundo Global para o Meio Ambiente – do inglês Global Environment Facility
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – do inglês Intergovernmental Panel on Climate Change
JI	Atividade de implementação conjunta – do inglês Joint Implementation
LULUCF	Uso da terra, mudança no uso da terra e florestas – do inglês Land Use, Land Use Change and Forestation
MCT	Ministério de Ciência e Tecnologia
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MMA	Ministério de Meio Ambiente
MOP	Reunião das Partes do Protocolo de Quioto – do inglês Meeting of Parties
ONS	Operador Nacional do Sistema
PCF	Prototype Carbon Fund
PDD	Documento de concepção do projeto – do inglês Project Design Document
PIB	Produto Interno bruto

PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
RCE	Redução Certificada de Emissão
SBI	Órgão Subsidiário de Implementação – do inglês Subsidiary Body for Implementation
SBSTA	Órgão Subsidiário de Assessoramento Científico e Tecnológico – do inglês Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice
tc	Tonelada de cana
UE	União Européia
ÚNICA	União da Agroindústria Canavieira de São Paulo
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	11
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE QUADROS	15
LISTA DE TABELAS	17
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	19
1 INTRODUÇÃO	23
1.1 Caracterização do tema de pesquisa	26
1.2 Problema de pesquisa	27
1.3 Objetivos da pesquisa	28
1.4 Relevância da pesquisa	28
1.5 Delineamento da pesquisa	29
1.6 Estrutura do trabalho	30
2 AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA E A COGERAÇÃO A PARTIR DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR	32
2.1 Caracterização do setor sucro-alcooleiro	32
2.2 Setor sucro-alcooleiro paulista	33
2.3 Ciclo produtivo da cana-de-açúcar	35
2.4 O processo de cogeração de eletricidade: contextualização	40
2.4.1 A cogeração de energia elétrica a partir do bagaço de cana-de-açúcar	42
2.4.2 Caracterização dos sistemas de cogeração por bagaço	44
2.4.3 Geração de eletricidade excedente no setor sucro-alcooleiro e aspectos tecnológicos	
.....	45
2.5 Emissões de gases do efeito estufa e cadeia produtiva sucro-alcooleira	52
3 MUDANÇAS CLIMÁTICAS, MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO E MERCADO DE CARBONO	58
3.1 Mudanças climáticas	58
3.1.1 Evolução das discussões sobre mudanças climáticas	61
3.1.2 Convenção-quadro sobre mudanças climáticas	63
3.1.3 Conferência das Partes	64
3.1.4 Protocolo de Quioto	64

3.2 Projetos sob a perspectiva do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.....	68
3.2.1 <i>Ciclo dos projetos</i>	71
3.2.2 <i>Mercado internacional de carbono</i>	75
3.3 Projetos típicos do segmento sucro-alcooleiro adequáveis ao MDL	79
3.3.1 <i>Caracterização dos projetos de cogeração por bagaço segundo o MDL</i>	80
3.3.2 <i>Fator de emissões de gases de efeito estufa para cogeração por bagaço</i>	81
4 MÉTODO DE PESQUISA	89
4.1 Caracterização da pesquisa	89
4.2 Técnica de coleta e análise dos dados	90
5 RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS	100
5.1 Potencial de geração de RCE pelo setor sucro-alcooleiro	100
5.2 Análise das entrevistas: perspectivas quanto à viabilização dos potenciais estimados ..	102
5.3 Fatores condicionantes da consolidação do Mercado de Carbono e perspectivas para o setor sucro-alcooleiro	123
5.4 Estudo de casos comparativo	131
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	137
6.1 Conclusões	137
6.2 Recomendações.....	140
REFERÊNCIAS.....	141
APÊNDICE A - Carta de apresentação.....	148
APÊNDICE B - Roteiro de Entrevistas - expansão da cogeração de excedentes de eletricidade	149
APÊNDICE C - Roteiro para entrevista - potencial do mercado de carbono	151
APÊNDICE D - Roteiro entrevistas - Estudo de Casos comparativo	153
APÊNDICE E - Roteiro entrevistas - Estudo de Casos comparativo (com MDL).....	155
ANEXO 1 - Países constantes do ANEXO B do Protocolo de Kyoto.....	157
ANEXO 2 - Países constantes do Anexo 1 da CQNUMA	158
ANEXO 3 - Projetos MDL registrados - São Paulo	159

1 INTRODUÇÃO

A utilização intensa de combustíveis de origem não-renovável, para fins energéticos, tem sido apontada pelo International Panel on Climate Change (IPCC) como a principal causa para o aumento da concentração de gases poluentes na atmosfera, com conseqüentes mudanças verificadas no clima do planeta nas últimas décadas. (INTERNATIONAL PANEL OF CLIMATE CHANGE - IPCC, 2001).

Desta forma, as fontes renováveis de energia vêm ganhando destaque diante das discussões globais para controle e/ou estabilização das concentrações de GEE na atmosfera.

A principal iniciativa mundial que relaciona às medidas de controle das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) foi a criação da Convenção Quadro das Nações Unidas para Mudanças Climáticas (em inglês, United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC). Adotada em 1992, a Convenção do Clima tem como objetivo “a estabilização das concentrações de GEE na atmosfera num nível que impeça uma interferência antrópica (humana) perigosa no sistema climático”. Para atingir esses objetivos, foram estabelecidas “responsabilidades comuns, porém diferenciadas” para os países mais industrializados do planeta (países do ANEXO 1¹), que são os responsáveis pela maior parte das emissões históricas de GEE (ROCHA e MELLO, 2004).

Desde 1995, os países membros da Convenção do Clima, denominados Partes da Convenção, têm se reunido para discutir as mudanças climáticas e tentar propor soluções para esse problema. Foram realizados, até agora, doze encontros, denominados Conferência das

Partes (COP), destacando-se a COP 3, realizada em Quioto (Japão), em 1997, quando foi criado o Protocolo de Quioto.

O Protocolo de Quioto determina redução de emissões de GEE para os países industrializados de 5,2%, em média, em relação aos níveis de 1990, no período entre 2008 e 2012. Em fevereiro de 2005, o Protocolo de Quioto entrou em vigor visando estabelecer medidas concretas na luta contra o aquecimento global do planeta (BORGES et al, 2005).

Para que as metas de redução de GEE sejam atingidas, o Protocolo de Quioto dispõe do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), descrito em seu artigo nº 12, o qual apresenta a proposta que cada tonelada de CO₂ equivalente deixada de ser emitida ou retirada da atmosfera por projetos instalados em um país em desenvolvimento (países não constantes no anexo B do protocolo), poderá ser negociada no mercado mundial em forma de Redução Certificada de Emissão (RCE). As empresas sediadas em países desenvolvidos que não conseguirem reduzir suas emissões poderão comprar RCE em países em desenvolvimento e usá-los para cumprir suas obrigações, ressaltando-se que apenas uma parcela (50%) dos compromissos de redução pode provir desse mecanismo (ROCHA e MELLO, 2005).

Os países em desenvolvimento podem se enquadrar aos requisitos do MDL a partir da realização de projetos que visem (SANCHES, 2003):

- Aumento de eficiência energética, elevando o uso de fontes renováveis;
- Uso da Terra, Mudança no Uso da Terra e Florestamento, fomentando projetos de captura de emissões e estocagem de carbono em sumidouros por meio de atividades de florestamento e reflorestamento.

Para Cenamo (2004), a partir do Protocolo de Quioto ficou claro que o mercado poderia auxiliar no processo de redução das emissões de GEE mediante a proposta de se criar

¹ Detalhados no Anexo 2 desta dissertação.

um valor transacionável para essas reduções, semelhante aos mecanismos existentes para alguns gases poluidores na Europa e Estados Unidos.

O mercado de Redução Certificada de Emissão (RCE), ou Mercado de Carbono (termo mais amplo), se estabelece a partir das transações de compra e venda de RCE, que pode ser adquirida, inclusive, por empresas, situadas em países do Anexo B do Protocolo de Quioto (países desenvolvidos), com o objetivo de abater suas metas de redução de emissões. A RCE é uma unidade emitida pelo Conselho Executivo do MDL (Organização das Nações Unidas - ONU), em decorrência da atividade de um projeto de MDL, e representa a não-emissão de uma tonelada métrica equivalente de dióxido de carbono pelo empreendimento (BOLSA DE MERCADORIAS E FUTUROS, 2005a).

Para Dubeux e Simões (2005) os principais projetos que podem ser certificados como redutores da emissão de carbono no seio do MDL são: projetos de aterros sanitários e de esgotamento sanitário, projetos de eficiência energética, de substituição de combustíveis fósseis por fontes renováveis de energia, projetos de melhoria de processos produtivos e projetos no setor de uso do solo e florestas.

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) se constitui como uma nova oportunidade aos países em desenvolvimento, para atrair investimentos externos e melhorar as tecnologias, bem como, uma forma de atrair divisas destinadas à aquisição de reduções certificadas, originárias de projetos enquadráveis nas exigências regulatórias do mecanismo (MINISTÉRIO DE DESENVOLVIMENTO INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR - MDICE, 2004).

Assim, baseado nas afirmações de Dubeux e Simões (2005), os projetos de geração elétrica por fontes renováveis, como os da cogeração por bagaço de cana-de-açúcar (biomassa) em substituição a combustíveis fósseis, estão entre os principais projetos passíveis de participação no Mercado de Carbono.

Essa dissertação de mestrado foca a cogeração de energia elétrica a partir do bagaço da cana, uma vez que o uso deste tipo de combustível em substituição ao consumo de combustíveis fósseis possibilita às empresas do setor sucro-alcooleiro participar do Mercado de Carbono.

Deve-se destacar que a justificativa para tal pesquisa está no fato de o setor sucro-alcooleiro paulista apresentar as seguintes características: concentrar maior número de empreendimentos potenciais, já instalados, para a execução de projetos de energia elétrica cogenerada sob as regras e procedimentos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo; atender de forma consistente aos requisitos estabelecidos por este mecanismo; e ser um setor importante no contexto econômico nacional. Além disso, o setor sucro-alcooleiro precisa reconhecer na energia elétrica um novo produto que pode adquirir importância relevante tanto em termos energéticos e econômicos, quanto ambientais (CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA - CTC, 2005).

Ressalta-se também que, mediante os levantamentos de dados realizados pela pesquisadora, não há um consenso na literatura sobre o potencial do setor sucro-alcooleiro paulista em negociar reduções certificadas de emissões no Mercado de Carbono.

1.1 Caracterização do tema de pesquisa

No Brasil, até junho de 2006, 23 (vinte e três) projetos de cogeração por bagaço foram registrados pelo Conselho Executivo do MDL (UNFCCC, 2006). Estes projetos representarão a negociação de significativos montantes financeiros em reduções certificadas de emissões (RCE) para as empresas do setor sucro-alcooleiro (cerca de US\$ 100 milhões em sete anos de contratos).

É importante ressaltar que do total de projetos de cogeração por bagaço, submetidos às Entidades Designadas, o estado de São Paulo abriga dezoito das usinas com projetos registrados. No entanto, cabe destacar que o Estado possui aproximadamente 130 unidades

sucro-alcooleiras e as dezoito usinas com projetos MDL registrados representam apenas 17,7% do total de empreendimentos passíveis de projetos para comercialização de RCE.

Dentro deste cenário, torna-se estratégico mobilizar o empresariado brasileiro, em especial do segmento sucro-alcooleiro, no sentido de reconhecer e ampliar a oferta de projetos passíveis de enquadramento no MDL, bem como criar, domesticamente, RCE e modalidades operacionais que permitam ao país aproveitar esta oportunidade (MDICE, 2004).

A forma mais consistente de mobilizar os agentes governamentais e empresariais para as potencialidades do setor sucro-alcooleiro paulista para o MC é realizar um levantamento de tendências sob a ótica dos especialistas das áreas em questão, de modo a possibilitar uma definição mais consistente da real relação existente entre o MC e o setor sucro-alcooleiro paulista.

1.2 Problema de pesquisa

Apesar das negociações já realizadas por empresas brasileiras no Mercado de Carbono, foram poucos os trabalhos acadêmicos realizados para identificar a atuação de setores específicos da economia nacional no MC. Assim, pode-se citar Andrade (2003), que realizou um estudo de caso na empresa Plantar S/A do setor de siderurgia para demonstrar a captação de valor para a empresa a partir da inserção no Mercado de Carbono; e Sanches (2003), que avaliou as perspectivas para o setor sucro-alcooleiro paulista sob o enfoque do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Quioto e concluiu que há perspectivas favoráveis para a implementação de projetos de cogeração de energia para comercialização dos créditos RCEs. Apesar da importância do estudo, Sanches (2003) não abordou o potencial de comercialização de RCE pelo setor sucro-alcooleiro paulista no Mercado de Carbono, fator que pode ser determinante para adquirir apoio governamental, bem como atrair investimentos externos em projetos MDL no setor.

Diante desse contexto, o enfoque da pesquisa pauta-se na questão:

Qual o potencial do setor sucro-alcooleiro paulista para negociar RCE no Mercado de Carbono, segundo perspectivas de projetos de cogeração a partir do bagaço de cana?

1.3 Objetivos da pesquisa

O objetivo geral deste trabalho é avaliar o potencial de negociação de RCE pelo setor sucro-alcooleiro paulista no Mercado de Carbono, visando destacar a importância de projetos de cogeração por bagaço em atrair novos investimentos em reduções certificadas de emissões. Como objetivos específicos têm-se:

- Revisar bibliografia sobre: setor sucro-alcooleiro paulista; cogeração de energia a partir o bagaço e palha da cana; potencial de produção de eletricidade por cogeração de bagaço;
- Revisar a literatura pertinente ao Mercado de Carbono, especialmente sobre a estrutura e regulamentação deste mercado;
- Quantificar o potencial de geração de excedentes de eletricidade pelo setor sucro-alcooleiro para 2010;
- Quantificar as RCEs que o setor sucro-alcooleiro paulista tem potencial para negociar no MC;
- Mensurar em termos financeiros o valor potencial das negociações do setor sucro-alcooleiro no MC.
- Avaliar os fatores condicionantes à disponibilização dos potenciais estimados.

1.4 Relevância da pesquisa

A cogeração apresenta alguns atrativos, tanto para o sistema elétrico e meio ambiente, quanto para o empreendedor e o usuário deste serviço. Desta forma, Souza (2004) afirma que, frequentemente, a geração de excedentes apresenta vantagens comparativas dentre outros

tipos de geração, entre elas: caracteriza-se pela forma descentralizada (próximo a demanda, podendo atender sistemas isolados; ocorre em períodos secos, quando a oferta hidrelétrica pode estar baixa); utiliza combustível e equipamentos locais (de baixa influência cambial); é relativamente menos agressora ao meio ambiente; o insumo é renovável; os investimentos em capital são relativamente menores; rápida entrada em operação comercial; e emprega mão-de-obra em zona rural.

É relevante citar as possibilidades de receita adicional, a partir da comercialização de Reduções Certificadas de Emissão, já que a utilização do bagaço da cana-de-açúcar nos processos de cogeração caracteriza a geração por fonte renovável, podendo assim atrair investimentos para projetos sob as regras do MDL, de países com compromissos de reduções de emissões de gases do efeito estufa (países ANEXO B²) segundo o Protocolo de Quioto (SANCHES, 2003).

Algumas empresas já negociam RCE com empresas estrangeiras, e muitas outras, principalmente do setor sucro-alcooleiro, estão configurando ou já configuraram projetos para submissão à Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima, cujo objetivo principal é aprovar ou não projetos de MDL no Brasil.

A relevância desta pesquisa está em tornar explícita a importância de fomentar investimentos em energia cogorada, a partir da biomassa da cana, tendo em vista sua contribuição sócio-ambiental.

1.5 Delineamento da pesquisa

Para este trabalho foram levantados dados setoriais com base em literatura especializada. A partir de tais dados foram realizadas simulações em um software de simulação computacional de sistemas de potência a vapor de modo a definir o potencial de

² Consultar Anexo 1 desta dissertação.

geração de eletricidade excedente a partir da cogeração por bagaço. O potencial de comercialização de RCE foi definido a partir das simulações realizadas em planilhas do Excel, quando se considerou o potencial de eletricidade excedente e as emissões evitadas por MWh disponibilizados pelo setor sucro-alcooleiro. Definidos tais valores, foram realizadas entrevistas semi-estruturadas, ou seja, entrevistas com roteiro de perguntas pré-estabelecidas, com profissionais especializados em Mercado de carbono e setor sucro-alcooleiro paulista, representados por empresários, consultores e pesquisadores que atuam em centros de pesquisa, consultorias especializadas, usinas, órgãos governamentais estaduais, instituições financeiras e universidades.

1.6 Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado em seis capítulos principais, conforme demonstrado a seguir.

O capítulo 1, Introdução, faz a contextualização geral e específica deste trabalho, caracterizando o tema de pesquisa, a formulação do problema, bem como a declaração dos objetivos e a relevância do estudo.

No capítulo 2, o setor sucro-alcooleiro nacional e regional (Estado de São Paulo) é caracterizado. São apresentados dados e informações relacionados à abrangência da cultura, ciclo produtivo e de processamento da cana-de-açúcar, principais produtos, a geração de eletricidade pelo setor com suas principais características, bem como uma análise das contribuições do setor no contexto das emissões de gases de efeito estufa.

O capítulo 3 apresenta uma visão geral das discussões relacionadas às mudanças climáticas que culminaram no surgimento de compromissos de redução de emissões e nos mecanismos de flexibilização que permitem a utilização de instrumentos de mercado para lidar com os problemas ligados às mudanças climáticas.

O capítulo 4 tem como objetivo apresentar as considerações metodológicas da pesquisa (caracterização da pesquisa, técnicas de coleta e análise dos dados e cronograma de atividades).

No capítulo 5 é apresentado o potencial de comercialização de RCE pelo setor sucro-alcooleiro no mercado de carbono e, também, a análise das informações levantadas a partir das entrevistas pessoais realizadas com os profissionais ligados ao setor sucro-alcooleiro e Mercado de Carbono.

Por fim, no capítulo 6 serão apresentadas as conclusões do trabalho e recomendações para futuras pesquisas.

2 AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA E A COGERAÇÃO A PARTIR DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR

Neste capítulo a agroindústria sucro-alcooleira nacional e regional (São Paulo) é caracterizada. A geração de energia termoelétrica a partir da combustão da biomassa residual (bagaço) para atender a demanda dos processos produtivos das usinas, é tratada. Foco especial é atribuído à geração elétrica excedente para comercialização junto às distribuidoras de energia elétrica e as contribuições do setor no contexto das emissões de gases de efeito estufa.

2.1 Caracterização do setor sucro-alcooleiro

A cultura canavieira é praticada em quase todos os Estados brasileiros com uma área plantada de 5,9 milhões de hectares na safra 2005/2006 (ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE COGERAÇÃO - COGEN, 2006). A maior região produtora é a Centro-Sul (C-S)³, com cerca de 78% da produção brasileira, sendo os 22% restantes produzidos na região Norte-Nordeste (N-NE)⁴. Na região C-S o Estado de São Paulo, se destaca como maior produtor nacional, com aproximadamente 60% da produção, seguido do Paraná e Minas Gerais. Na região N-NE os principais produtores são Alagoas, Pernambuco e Paraíba, nessa ordem.

Em 2006 havia, no país cerca de 330 usinas de processamento de cana-de-açúcar, das quais 227 estão localizadas na região C-S, divididas em três tipos de instalações: usinas de açúcar, que produzem exclusivamente açúcar; usinas de açúcar com destilarias anexas, que

³ A região Centro-Sul é composta dos seguintes Estados: DF, ES, GO, MT, MS, MG, PR, RJ, RS, SC e SP.

⁴ A região Norte-Nordeste é composta dos seguintes Estados: AC, AL, AP, AM, BA, CE, MA, PA, PB, PE, PI, RN, RO, RR, SE e TO

produzem açúcar e álcool; e instalações que produzem exclusivamente álcool, ou destilarias autônomas (LEME, 2005). Geograficamente, a distribuição das usinas acompanha a concentração da produção de cana-de-açúcar. Na safra 2005/2006 essas unidades processaram cerca de 436,8 milhões de toneladas de cana-de-açúcar⁵, destinadas à produção de 17 bilhões de litros de etanol e 26,7 milhões de toneladas de açúcar (UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA - ÚNICA, 2006).

A agroindústria sucro-alcooleira brasileira dispõe dos seguintes produtos: o açúcar, o álcool anidro, usado como combustível adicionado à gasolina numa proporção de 25%, e o álcool hidratado, que atende à parcela de carros movidos exclusivamente a álcool, além de um pequeno mercado de usos não energéticos (limpeza, por exemplo). É importante citar os subprodutos com potencial energético, destacando-se o bagaço e a palha, sendo o primeiro amplamente utilizado como combustível na alimentação de caldeiras das usinas, e o segundo com perspectivas de utilização como combustível economicamente viável dentro de um período de 10 a 20 anos (LEME, 2005).

O setor sucro-alcooleiro paulista, como já observado, caracteriza-se como o maior produtor de cana-de-açúcar, açúcar e álcool, pelo maior número de usinas e destilarias, e abriga o maior número de unidades geradoras de eletricidade excedente, como será detalhado na próxima seção.

2.2 Setor sucro-alcooleiro paulista

O Estado de São Paulo abriga cerca de 130 unidades sucro-alcooleiras. Segundo dados da UNICA (2006), na safra 2005/2006 as usinas e destilarias do Estado processaram 242,8 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, o que representou aproximadamente 60% da produção nacional.

⁵ Número disponibilizado pela ÚNICA (2006).

A produção de álcool, em 2005, alcançou 9,9 bilhões de litros, sendo 5,4 bilhões de litros de álcool anidro e 4,5 bilhões de litros de álcool hidratado. A produção de açúcar foi de 16,7 milhões de toneladas.

No segmento de geração de eletricidade a partir de bagaço de cana-de-açúcar o Estado se destacou com produção superior a 1.500 MW (tendo em vista que a produção nacional foi de 2.200 MW em 2005) dos quais cerca de 600 MW foram comercializados com distribuidoras do setor elétrico (COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ - CPFL, 2004).

O período de safra em usinas e destilarias paulistas resulta, em média, 200 dias, iniciando a moagem, geralmente, em meados de abril e encerrando em meados de dezembro. No entanto, o período de safra pode diferir entre unidades, resultando em safras que variam desde 130 até 280 dias.

A região de Ribeirão Preto se destaca como a principal produtora de cana-de-açúcar e derivados no Estado de São Paulo. É importante notar que há atualmente uma tendência considerável de expansão deste segmento para a região oeste do Estado onde há, hoje, maior disponibilidade de terras para a cultura canavieira. Segundo informações da Única (2006), estima-se a construção de 40 novas unidades sucro-alcooleiras nesta região até 2010.

A Figura 1 abaixo apresenta a distribuição da cultura canavieira pelos municípios do Estado, em estudo realizado para a safra 2004/2005.

É possível constatar a importância dessa cultura na região nordeste do Estado onde está inserida Ribeirão Preto, a qual concentra a maior densidade de área da cultura da cana-de-açúcar. Verifica-se significativa densidade também, nas regiões oeste e centro-oeste do estado.

Figura 1 – Densidade de área de cana safra 2004/2005 por município no estado de São Paulo.
Fonte: Rudorff et al. (2005).

2.3 Ciclo produtivo da cana-de-açúcar

As etapas iniciais do ciclo produtivo da cana-de-açúcar envolvem: o preparo do solo, o plantio das mudas e os tratamentos para prevenção contra pragas, além da fertirrigação, as quais estão descritas na Figura 2, a qual apresenta todo o ciclo produtivo e de processamento da cana-de-açúcar.

Após o processo de maturação a cana passa pelo processo de colheita. Essa fase envolve as etapas de limpeza (eliminação de pontas e folhas), corte e carregamento. Os três tipos de colheita mais difundidos no Brasil são: (1) semi-mecanizada, ou seja, limpeza do canavial com queima, corte manual e carregamento mecanizado, feito por guas carregadoras; (2) mecanizada com colheita de cana queimada, ou seja, limpeza com queima, e corte e carregamento mecanizados, feitos por colheitadeiras de cana picada; e (3) mecanizada com colheita de cana crua, ou seja, corte, limpeza e carregamento mecanizados, feitos por colheitadeiras de cana picada.

Para o corte sem queima, a colheita mecanizada se torna mais viável, embora os investimentos em equipamentos sejam elevados. Entretanto, o setor terá que se adequar a colheita da cana sem queima já que a Lei Estadual 11.241/02, que será detalhada posteriormente, estabelece um cronograma de eliminação das queimadas pelo setor sucro-alcooleiro, até 2031.

Após a colheita, a cana é transportada em caminhões, do canavial até as usinas. Podem ser usados caminhões de 15, 28 ou até 45 toneladas de capacidade de carga, que percorrem distância média de 20 km até as usinas e destilarias, segundo Macedo; Leal e Silva (2004). A cana transportada da lavoura para as usinas e destilarias é pesada, amostrada e descarregada.

Na amostragem são obtidos dois importantes parâmetros que determinam a qualidade da cana recebida: o teor de sacarose aparente e a porcentagem de sólidos solúveis. Também importante é o teor de fibra da cana, pois reflete a quantidade de bagaço que estará disponível após a extração do caldo. Toda a cana é descarregada de forma mecanizada, em sistemas de lavagem e preparo.

No processo de lavagem a cana é lavada com água sobre mesas que alimentam a linha de produção, com o objetivo de reduzir ao máximo a quantidade de impurezas aderidas à cana que podem prejudicar o rendimento das etapas subseqüentes. Esse procedimento é comumente realizado para a cana queimada. Após a lavagem, inicia-se a etapa de preparo, quando é feita a desintegração parcial do colmo de maneira a facilitar o processo de extração da sacarose. As operações básicas são corte, com uso de facas rotativas, e desfibramento, quando é destruída a estrutura original da cana.

Figura 2 - Ciclo de produção e processamento da cana-de-açúcar
 Fonte: Leme (2005); World Alliance for Decentralized Energy - WADE (2004).

Em seguida é realizada a extração do caldo que pode ser feita em moendas ou em difusores (prática pouco empregada no Brasil) a partir do esmagamento da cana por conjuntos de cilindros metálicos, conhecidos como moendas. Para que a eficiência de extração da sacarose seja elevada, realiza-se a embebição, com adição de água ou caldo à matéria submetida à moagem. Os equipamentos que compõem as etapas de preparo e moagem são normalmente acionados por turbinas a vapor, que convertem a energia térmica contida no fluxo de vapor em energia mecânica disponível no eixo das turbinas. É nesta etapa do processo que o bagaço é disponibilizado.

O caldo extraído da cana é, então, distribuído para as etapas de produção de açúcar e álcool. Na produção de açúcar o tratamento do caldo segue sequência bem definida que inclui etapas de tratamento preliminar, composto de desaerador e peneira, para eliminação de impurezas; sulfitação, adição de ácido fosfórico e adição de cal, para clareamento do caldo; e decantação. Se o destino for produção de etanol, por outro lado, não há padronização de tratamento. Há usinas e destilarias que não fazem tratamento algum, outras pasteurizam o caldo aquecendo-o e resfriando-o, e existem, ainda, as que fazem tratamento similar ao açúcar, a menos da sulfitação (LEME, 2005).

Os principais resíduos resultantes do processo produtivo da cana-de-açúcar são: a palha, o bagaço, cinzas, a torta de filtro e o vinhoto.

A palha (pontas e folhas) é um resíduo da colheita da cana crua. Segundo Macedo; Leal e Silva (2004), considerando-se a rota de corte e limpeza mecanizados de cana picada, seguida de enleiramento, enfardamento e transporte da palha, pode-se adotar índice de 140 kg de palha, com 15% de umidade, por tonelada de cana moída, e poder calorífico inferior de aproximadamente 12.750 kJ/kg. Nota-se aqui a significativa característica energética da palha, que desperta o interesse de aproveitamento como combustível já que seu poder calorífico é quase 70% maior que o poder calorífico do bagaço (LEME, 2005).

Enquanto a palha é um resíduo gerado na colheita da cana, o bagaço e o vinhoto são os principais resíduos resultantes do processamento industrial da cana-de-açúcar.

O bagaço é um resíduo resultante da etapa de moagem da cana para a extração do caldo e tradicionalmente é utilizado como combustível nas usinas e destilarias de todo o setor. O bagaço é transportado das moendas ou difusores em esteiras, até os alimentadores de bagaço das caldeiras para ser queimado.

Macedo; Leal e Silva (2004) estimam que o índice de produção de bagaço pode chegar a 280 kg de bagaço por tonelada de cana moída, com 50% de umidade e poder calorífico inferior da ordem de 7.500 kJ/kg.

Diversas outras formas de aproveitamento do bagaço são verificadas como, por exemplo, para a produção de ração animal, composição de chapas estruturais para indústria moveleira, fabricação de papel, produção de furfural e até hidrólise para produção de álcool.

A vinhaça é um subproduto resultante da destilação do vinho, na etapa de produção de etanol. Líquido de cor escura, com baixo teor de sólidos, é rico em nutrientes e matéria orgânica⁶ com pH ácido. Seu índice de produção é da ordem de 10 litros de vinhaça para cada litro de álcool, segundo Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB (2002). Devido ao seu alto potencial poluidor e à grande quantidade produzida, a vinhaça é um dos resíduos mais preocupantes no setor sucro-alcooleiro. No entanto, a dificuldade de disposição final da vinhaça tem sido contornada por sua aplicação no solo como fertilizante, na técnica conhecida por fertirrigação. Essa prática elimina a necessidade de compra de parte dos insumos necessários à cultura da cana.

Considerando o elevado potencial energético que os resíduos resultantes do ciclo produtivo da cana-de-açúcar, incluindo aqui bagaço e a palha, apresentam, é que se vislumbra o potencial de a geração de eletricidade excedente pelo setor sucro-alcooleiro para

comercialização com a rede pública. Ademais, ressalta-se a importância desse tipo de geração no contexto de produção de eletricidade por fontes alternativas ao petróleo que será detalhada em item posterior deste capítulo.

O foco de pesquisa neste trabalho volta-se para a geração de eletricidade no setor sucro-alcooleiro, especificamente a geração excedente. A seguir será discutido minuciosamente o processo de cogeração de energia elétrica no segmento sucro-alcooleiro.

2.4 O processo de cogeração de eletricidade: contextualização

Segundo a COMISSÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ENERGIA - CSPE (2004) a cogeração pode ser definida como a produção combinada de calor útil e trabalho mecânico, geralmente convertido total ou parcialmente em energia elétrica. Trata-se do aproveitamento parcial ou integral de resíduo energético inevitavelmente produzido, considerando a demanda de diversos setores da economia tanto de calor quanto de eletricidade.

Os sistemas de cogeração são uma alternativa eficiente, face aos sistemas tradicionais do sistema elétrico. A cogeração é uma tecnologia já introduzida e desenvolvida no setor industrial, devido às suas inquestionáveis vantagens, sendo um processo energético baseado em centrais térmicas que produzem vapor e eletricidade, os quais são depois utilizados para o consumo (XAVIER, 2001).

A atividade de cogeração possibilita a otimização energética na produção concomitante de energia elétrica e calor útil, destinados para processos industriais e outras aplicações, com conseqüente redução no consumo de combustíveis relativamente às configurações convencionais (CSPE, 2004).

⁶ Cada metro cúbico de vinhaça é composto de 2,70 kg de matéria orgânica, 4,92 kg potássio (K_2O), 2,08 kg cálcio (CaO), 690 gramas de nitrogênio (N), 490 gramas magnésio (MgO) e 150 gramas fósforo (P_2O_5) (LEITE, 1999).

No Brasil, a cogeração foi regulamentada com o decreto-lei n. 1.872, de 21 de maio de 1981, que permitia aos concessionários de serviço público de eletricidade adquirir energia elétrica excedente gerada por autoprodutores, com a utilização de fontes energéticas que não empregavam combustíveis derivados de petróleo.

A eletricidade excedente a que se referia o decreto consistia na diferença entre a geração elétrica, que pode ser obtida pela plena utilização da capacidade instalada do produtor, e o seu consumo próprio. Em situações excepcionais, caracterizadas pela escassez de energia elétrica, ou sua perspectiva, poderia ser determinado aos autoprodutores o suprimento compulsório dessa energia aos concessionários de serviços públicos de eletricidade.

Com a nova regulamentação da indústria de eletricidade, a partir de 1995 surgiram novos agentes no setor, ficando estabelecida através do decreto nº. 2003, de 10 de setembro de 1996, a nova regulamentação da produção de energia elétrica por produtor independente e por produtor.

No Brasil, a cogeração foi explorada pelo setor industrial, geralmente com foco na auto-suficiência energética, sobretudo considerando os ganhos econômicos resultantes. Os segmentos industriais que tipicamente empregam a tecnologia de cogeração são o sucroalcooleiro, o de celulose e papel, o siderúrgico e o de refino de petróleo.

Segundo Xavier (2001), a energia de cogeração, oriunda de pequenas centrais termelétricas, pode ser vista como complemento de infra-estrutura importante nas áreas agrícolas, urbana e industrial, por expandir a oferta de eletricidade em prazo relativamente curto.

Na seção a seguir, verificar-se-á a importância da energia co-gerada pelo setor sucroalcooleiro.

2.4.1 A cogeração de energia elétrica a partir do bagaço de cana-de-açúcar

Segundo Sanches (2003) o processo de cogeração de energia no setor sucro-alcooleiro consiste em aproveitar o vapor produzido (energia térmica) pela queima do bagaço em caldeiras, para movimentar os equipamentos da própria unidade industrial e, simultaneamente, acionar conjuntos geradores de energia elétrica (Figura 3).

Figura 3 - Processo de Cogeração por Bagaço

O Estado de São Paulo é detentor do maior número de unidades que exportam excedentes de eletricidade. Dentre as 130 unidades cerca de 50 comercializam excedentes de energia elétrica com distribuidoras e comercializadoras (tais como: CPFL, AES/Eletropaulo, Grupo Rede, Grupo Endesa e Elektro). Se considerarmos o potencial de produção de eletricidade excedente que o setor pode oferecer, o número de unidades é baixo.

Para Escobar (2003), desde que a agroindústria canavieira foi introduzida no Brasil (1.532) transcorreram aproximadamente quatro séculos para que fosse cogitado o uso de bagaço de cana moída nos engenhos como combustível.

Até alguns anos atrás, o bagaço de cana era tratado como um resíduo industrial, sendo incinerado nas próprias unidades sucro-alcooleiras para a geração de vapor. Não havia a idéia que o bagaço era um combustível com propriedades adequadas para geração de energia, considerando custo zero e poder calorífico considerável para uso energético. Os equipamentos

(caldeiras) nas usinas eram desenvolvidos, justamente para consumir o máximo possível de bagaço, evitando, portanto, o transtorno que este resíduo trazia para a unidade fabril (sujeira, espaço, transporte, etc.) (ESCOBAR, 2003). Atualmente, a geração de energia elétrica, por bagaço adquiriu importância e é praticada por todas as unidades sucro-alcooleiras brasileiras.

Os investimentos necessários à implantação da energia de cogeração são, em grande parte, inferiores aos necessários para a produção de eletricidade pelo sistema hidráulico. Segundo Tolmasquim (2005), o investimento necessário para a expansão da geração hidrelétrica, situa-se entre US\$ 820/kW enquanto que para a geração com bagaço este valor é de US\$ 719/kW⁷.

Ademais, segundo Coelho (1999), a cogeração de energia a partir do bagaço da cana-de-açúcar traz diversas vantagens para os distintos atores envolvidos na política energética brasileira, a saber:

- para o setor elétrico, por colaborar na garantia de geração de eletricidade, em particular no período seco da região Sudeste, o que corresponde ao período da safra de cana-de-açúcar;
- para o setor sucro-alcooleiro, por permitir a diversidade da produção; e
- para a sociedade, pelas vantagens ambientais e sociais, incluindo a geração de empregos na zona rural, aumento da arrecadação de impostos e pela dinamização do setor de bens de capital;

Além disso, a cogeração a partir do bagaço de cana traz vantagens ao meio ambiente por substituir o uso de combustíveis fósseis por combustível renovável (bagaço), contribuindo para as reduções de emissões GEE regionais. A característica renovável da energia co-gerada por bagaço tende a facilitar a execução de projetos sob o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Quioto e gerar RCE para empresas do setor sucro-alcooleiro.

⁷ De acordo com Tolmasquim (2005), esses valores foram estimados sob o prisma da análise econômico-financeira, sendo esta, uma das dimensões dentre aquelas que devem ser examinadas na tomada de decisão, tais como: dimensões ambientais, éticas, regulatórias e estratégicas.

2.4.2 Caracterização dos sistemas de cogeração por bagaço

Segundo Leme (2005), a geração de vapor é realizada em caldeiras do tipo aquatubular que utilizam bagaço de cana como combustível. Para tais equipamentos há basicamente três modelos: caldeiras com fornalha do tipo ferradura, caldeiras com grelha plana ou inclinada, e caldeiras que realizam queima em suspensão. Os dois primeiros modelos realizam queima em leito fixo (em pilhas), já o terceiro, como diz o nome, realiza queima em suspensão. O tipo de queima influencia a eficiência da caldeira. As caldeiras com queima em leito fixo são mais antigas e ineficientes, e bastante comuns no setor por terem sido empregadas nas primeiras unidades produtivas. Já as caldeiras com queima em suspensão são mais modernas, apresentam maior eficiência e possibilitam maiores capacidades de operação. Elas têm sido a opção quando da substituição de equipamentos antigos e instalação de novas unidades (LEME, 2005).

Ainda segundo o autor, com relação a eficiência das caldeiras, um ponto importante a se destacar é o aproveitamento da energia contida no fluxo de gases de exaustão. Isso pode ser feito através de superaquecedores de vapor, que aumentam a temperatura do vapor gerado; através de economizadores, que ao aquecer a água de alimentação da caldeira reduzem o consumo de bagaço; e com pré-aquecimento do ar de combustão, que tem o mesmo efeito. O vapor gerado atende a duas demandas de energia: eletromecânica e térmica. O atendimento da demanda eletromecânica é feito pelo acionamento de turbinas a vapor, acopladas a geradores de eletricidade, moendas, bombas e ventiladores. A demanda térmica do processo é atendida pelo vapor de escape das turbinas, o que caracteriza a cogeração de energia (LEME, 2005).

Leme (2005) também afirma que a vantagem da cogeração é o uso mais eficiente do conteúdo de energia da fonte primária, por meio do aproveitamento de parte da energia

térmica que normalmente seria rejeitada para a atmosfera. Como indica Horlock⁸ (1987 apud LEME, 2005), o conceito de cogeração vai além do simples aproveitamento de uma corrente com conteúdo térmico útil. O que se busca é a melhor utilização da energia primária, desde a fase de projeto de uma instalação, exigindo que o projetista leve em consideração tanto a demanda, térmica quanto potência mecânica, enquanto planeja seu sistema de suprimento.

Quanto a geração eletromecânica, o atendimento das demandas de potência elétrica e mecânica é feito por um conjunto de turbinas a vapor, acionadas pelo vapor produzido a partir da queima do bagaço em caldeiras (LEME,2005). Walter (1994) apresenta três tipos de arranjos usuais, no que diz respeito ao conjunto de turbinas, todos operando em ciclos a vapor: uso exclusivo de turbinas a vapor de contra-pressão, combinação de turbinas a vapor de contra-pressão com turbinas de condensação e sistemas mais avançados que empregam turbinas de extração-condensação de controle automático.

Segundo Walter (1994), os sistemas com turbinas de contra-pressão são os mais comuns, sendo empregados basicamente quando o dimensionamento da instalação visa a auto-suficiência de potência eletromecânica. Nesses sistemas, a geração de energia elétrica segue as variações da demanda de vapor de processo determinadas pelo ritmo de operação das usinas e destilarias. Essa é uma barreira importante a comercialização de eventuais excedentes de eletricidade pelo setor.

2.4.3 Geração de eletricidade excedente no setor sucro-alcooleiro e aspectos tecnológicos

O processo de cogeração auto-suficiente de energia térmica e eletromecânica com bagaço de cana-de-açúcar é prática comum nas unidades sucro-alcooleiras brasileiras, ou seja, geração de energia para atendimento da demanda das usinas e destilarias. A geração

⁸ HORLOCK, J.H. **Cogeneration – Combined Heat and Power (CHP)**. 1st Edition. Oxford: Pergamon Press, 1987. 210p.

excedente de eletricidade pelo setor até meados do ano 2000 era marginalmente praticada. No entanto, verifica-se atualmente, uma intensificação dessa prática, já que diversas usinas vêm comercializando excedentes junto às distribuidoras, comercializadoras e consumidores livres de energia elétrica, assim como indicado na Tabela 1.

Segundo Souza e Burnquist (2000), a usina sucro-alcooleira paulista São Francisco, localizada na região de Sertãozinho, Estado de São Paulo, em conjunto com a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), foi a pioneira na venda de energia gerada através do bagaço de cana, em 1987.

Após a celebração do contrato entre a usina São Francisco e a CPFL, foram celebrados outros contratos de permuta de energia com usinas de açúcar e álcool, todos com períodos de curto prazo. Somente em 1993 é que vieram a ser celebrados contratos de longo prazo – 10 anos (XAVIER, 2001). O projeto despertou interesse da Eletrobrás que, desde então, sempre veicula a intenção de dinamizar a cogeração de energia elétrica por parte do setor sucro-alcooleiro em nível nacional.

O segmento de cogeração de energia a partir do bagaço de cana no Brasil dispõe de uma potência instalada de bioeletricidade (eletricidade a partir de biomassa da cana) estimada em 2.700 MW, dos quais 1.900 MW são para autoprodução (auto atendimento do empreendimento) e 800 MW são comercializados com distribuidoras do setor de energia (ANEEL, 2007).

O Estado de São Paulo está representado por 39,4% das usinas brasileiras, com 130 unidades que respondem por 1600 MW do potencial técnico instalado, e se caracteriza como o principal Estado a disponibilizar excedentes de eletricidade, atingindo cerca de 700 MW, valor que representa 87,5% da disponibilidade nacional (COGEN, 2007). Dada esta importância, este trabalho focou o Estado de São Paulo como objeto de estudo.

Tabela 1 – Usinas geradoras de eletricidade excedente em São Paulo – jan. 2007

UNIDADES			
1	Usina Alto Alegre S.A. - Açúcar e Alcool	25	Santa Cândida Açúcar e Alcool Ltda.
2	Usina Alta Mogiana S.A. Açúcar e Alcool	26	Companhia Energética Santa Elisa S.A
3	Usina Barra Grande de Lençóis S.A	27	Açucareira Zillo Lorenzetti S.A.
4	Bioenergia Cogeneradora Ltda. (Santo Antônio)	28	Companhia Energética São José
5	Central de Alcool Lucélia Ltda.	29	Usina São José da Estiva S.A. - Açúcar e Alcool
6	Usina Cerradinho Açúcar e Alcool S.A.	30	Usina São Martinho S.A
7	Usina Cerradinho Açúcar e Alcool S.A	31	Companhia Açucareira Vale do Rosário
8	Cocal Comércio Indústria Canaã	32	Virálcool Açúcar e Alcool Ltda.
9	Coinbra-Creciumal S.A.- Leme	33	Usina São Domingos - Açúcar e Alcool S.A.
10	Usina Colombo S.A. - Açúcar E Alcool	34	Dedini Açúcar e Alcool Ltda.
11	Usina da Pedra	35	Usina de Açúcar e Alcool MB Ltda.
12	Usina da Serra	36	Cosan S.A. Indústria e Comércio – Filial Junqueira
13	Equipav S.A. Açúcar e Alcool	37	Cosan S.A. Indústria e Comércio - Filial Rafard
14	Floralco Açúcar e Alcool Ltda.	38	Univalem S.A. - Açúcar e Alcool
15	Açúcar Guarani S.A	39	Cosan S.A. Indústria e Comércio – Filial Diamante
16	Usina Iracema	40	Açúcar e Alcool Oswaldo Ribeiro de Mendonça Ltda – Guairá
17	Usina Mandu S.A.	41	Coinbra - Frutesp Industrial Ltda.
18	Nova America S.A	42	Central Paulista de Açúcar e Alcool Ltda. Jaú
19	Usina Moema Açúcar E Alcool Ltda.	43	Cosan S.A. Indústria e Comércio – Filial Costa Pinto
20	Nardini Agroindustrial Ltda.	44	Dedini S.A. Agro Industrial
21	Nova América S.A.	45	Usina Vertente
22	Pie - RP Termoelétrica S.A.	46	Termoelétrica Santa Adélia Ltda.
23	Destilaria Pioneiros	47	Antonio Ruette Agroindustrial Ltda.
24	Pitangueiras Açúcar E Alcool Ltda.	48	Usina Santa Isabel

Fonte: DATACOGEN (2007)

É importante destacar, no entanto, que é possível ampliar significativamente o potencial de geração de excedente de eletricidade no País. Em estudo realizado por Leal (2004) são apresentados números de até 6.000 MW e índices de produção de excedentes de 150 kWh/t de cana moída, com tecnologia comercial, considerando a geração ao longo de todo o ano, com uso da palha como combustível complementar.

Dados da COGEN (2005) descrevem que o potencial técnico atual de produção nacional de bioeletricidade poderia atingir 8.000 MW (considerando o uso da palha) no período de safra (2005/2006). Descontando-se a demanda do setor (1.900 MW), teríamos

6.100 MW de energia elétrica excedente, passível de ser comercializada com as distribuidoras.

Cabe ressaltar que das vantagens citadas anteriormente o potencial de geração excedente não é explorado devido a uma série de barreiras empresariais, econômicas e políticas relacionadas a geração pelo setor. Cabe destacar aqui: desinteresse do empresário em reconhecer a energia como um novo produto da atividade canavieira, construção de novas unidades com maior foco na produção de etanol e legislações que permitam maior flexibilidade para disponibilização e comercialização da energia excedente.

Deve-se considerar também, que para um incremento na disponibilidade de excedentes de eletricidade, torna-se importante a implantação de sistemas termoelétricos mais modernos em relação àqueles disponíveis no setor, atualmente.

De acordo com Leme (2005), quando o objetivo é adequar a instalação para a produção e venda de eletricidade excedente, deve-se buscar a viabilização de operação ao longo de todo o ano e a estabilização da produção de energia comercializável. O autor destaca dois pré-requisitos para se atingir tal objetivo: (1) a instalação de turbinas exclusivamente de condensação ou de turbinas de extração-condensação de controle automático e (2) a disponibilidade de combustível complementar ao bagaço, fundamental à geração de eletricidade por períodos superiores ao da safra ou nos períodos em que a usina estiver parada.

Ainda, segundo Leme (2005), o uso de turbinas de condensação ou extração-condensação permite que a geração de eletricidade seja conduzida de forma mais independente em relação à operação da usina. Isso porque o vapor que aciona esse tipo de turbina pode ser condensado à parte do processo de açúcar e álcool, com o sistema operando em geração simples, e não em cogeração. No caso de turbinas exclusivamente de contrapressão, obrigatoriamente o vapor é condensado pelo processo, em cogeração de

energia, e se o processo não estiver operando, também as turbinas devem parar ou reduzir em muito sua marcha, interrompendo a geração de eletricidade.

Quanto à disponibilidade de combustível complementar, Leme (2005) ressalta que o combustível usado no sistema é o bagaço, obtido diretamente da moagem da cana, enquanto a usina opera. Obviamente, caso a usina não esteja operando, o bagaço não é produzido. Nessa situação, se o objetivo é estabilizar a produção de eletricidade excedente para comercialização, torna-se indispensável a disponibilidade de combustível armazenado, para atender à demanda das caldeiras nas paradas da usina ou nos períodos de entressafra para a geração ao longo de todo ano. A palha pode ser considerada aqui, já que novas tecnologias estão sendo desenvolvidas para o melhor aproveitamento desta como combustível complementar ao bagaço.

O emprego de turbinas de condensação e extração-condensação requer a utilização de condensadores, para que a energia térmica contida no fluxo de vapor de escape seja rejeitada e o vapor condensado possa retornar à caldeira. No caso do vapor que participa da cogeração, esse papel é desempenhado pelo próprio processo.

Segundo Walter (2003) as tecnologias que permitem a produção de eletricidade excedente em larga escala, e exclusivamente a partir dos resíduos da cana, são os ciclos a vapor com turbinas de contra pressão, os ciclos a vapor com turbinas de extração-condensação e os ciclos baseados na gaseificação da biomassa (os chamados ciclos BIG-GT, i.e., gaseificação de biomassa integrada a ciclos de turbinas a gás). Os ciclos a vapor, tanto com turbinas de contra pressão quanto de extração-condensação, correspondem a tecnologias comerciais. Já os ciclos BIG-GT estão ainda em fase preliminar de desenvolvimento.

De acordo com Walter (2003), os ciclos de cogeração com turbinas de contra pressão permitem a produção de eletricidade excedente apenas no período da safra. Na entre safra, tais sistemas só poderiam operar se o vapor no escape das turbinas fosse descarregado diretamente

na atmosfera ou, então, se fosse feita a condensação à pressão próxima a do processo industrial (em geral, 2,5 bar, absoluta). A primeira alternativa é inviável do ponto de vista ambiental, enquanto a segunda é inviável do ponto de vista econômico. Entretanto, no fim do período de safra algumas usinas praticam essas alternativas, principalmente para eliminar os estoques de bagaço que não podem ser comercializados.

Ainda segundo o autor, para a maximização da eletricidade excedente a ação mais usual é a elevação da pressão e da temperatura do vapor gerado, o que requer a substituição de uma ou de várias turbinas empregadas na geração elétrica. Até alguns anos atrás, a elevação de pressão era bastante modesta, de 2,2 MPa para 3,2-4.2 MPa. Mais recentemente as usinas passaram a empregar de forma mais difundida a alternativa de geração a 6,5 MPa, 480°C. Se a elevação da pressão do vapor gerado ocorrer com a manutenção de algumas turbinas existentes, o sistema de vapor das usinas ficará mais complexo, com uma configuração em cascata, com pelo menos um nível de pressão intermediária entre a de geração e a de processo.

Para Walter (2003), o simples emprego de turbinas a vapor mais eficientes para a geração elétrica pode trazer resultados bastante expressivos. É também possível melhorar a geração elétrica via redução da demanda de vapor das turbinas de acionamento mecânico e, no limite, eliminá-la totalmente, através da eletrificação dos processos de preparação da cana e de moagem, por exemplo (WALTER, 2003).

Para a cogeração com turbinas de contra pressão, Walter (2003) afirma que dependendo do perfil de geração de vapor, da eficiência das turbinas de geração elétrica e da demanda de potência mecânica, a produção de eletricidade excedente pode variar de 10 a 50 kWh/tc, contra um índice de consumo interno à própria usina que é da ordem de 10 a 13 kWh/tc.

Para a produção de eletricidade excedente ao longo de todo o ano, deve-se considerar a implantação de ciclos a vapor com turbinas de extração-condensação. Turbinas de extração-condensação também permitem manter mais constante a geração elétrica, aumentando a qualidade da energia que é comercializada. Nesse caso, para que se atinja um nível de eficiência que assegure a viabilidade econômica do investimento, é também preciso que os parâmetros termodinâmicos do vapor sejam elevados (i.e., pressão e temperatura do vapor). Entretanto, Walter (2003) ressalta que quando da queima de biomassa esses parâmetros não podem ser muito elevados, tanto por razões econômicas quanto técnicas. Do ponto de vista técnico, e dependendo da composição da biomassa, o problema está no risco potencial de corrosão e formação de depósitos nas superfícies do gerador do vapor (WALTER, 2003).

A tecnologia de cogeração com turbinas a vapor de extração-condensação é absolutamente madura e está há vários anos em estágio comercial. Portanto, os riscos tecnológicos associados são baixos. Entretanto, no setor sucro-alcooleiro brasileiro os primeiros sistemas de cogeração com turbinas de extração-condensação só recentemente foram instalados em módulos de no máximo 30 MWe. Nesse caso, os sistemas com turbinas de extração-condensação coexistem com sistemas com turbinas de contra pressão (WALTER, 2003).

Para que possam operar ao longo de todo o ano, de acordo com Walter (2003) uma questão central é o armazenamento de biomassa ou, então o uso de um combustível complementar. O combustível complementar mais imediato seria a palha da cana, recolhida no campo e transportada à usina. Para a operação exclusiva com biomassa derivada da cana, a disponibilidade de biomassa e o número de horas anuais de operação são parâmetros determinantes da capacidade máxima do sistema.

Ainda segundo o autor, dependendo do projeto da turbina a vapor, a capacidade de geração elétrica na entre safra pode ser diferente do que na safra. Como as extrações de vapor

não existem na entre safra, e se a capacidade de “engolimento” de vapor do corpo de baixa pressão da turbina for grande, a capacidade de geração elétrica aumenta em função da quantidade de vapor gerado. Essa, por sua vez, depende da disponibilidade de combustível. Entretanto, em geral o projeto é tal que as capacidades de geração na safra e na entre safra são próximas, mas menores na entre safra (WALTER, 2003).

2.5 Emissões de gases do efeito estufa e cadeia produtiva sucro-alcooleira

As emissões de CO₂ classificam-se como biogênicas (EB) e não biogênicas (ENB). Chamam-se de EB aquelas produzidas pela combustão da biomassa, como lenha, carvão vegetal e outros derivados da biomassa. As emissões biogênicas não contribuem para o efeito estufa, desde que sua utilização seja acompanhada da equivalente reposição de matéria prima vegetal, pois o processo de fotossíntese retira da atmosfera a quantidade correspondente de carbono liberada na combustão (BRITO, 2004).

Para Brito (2004), as emissões de CO₂ estão relacionadas à combustão de qualquer energético, especialmente a do carvão, do petróleo e do gás natural. Os combustíveis fósseis produzem esse gás em proporções relativamente fixas, sendo as emissões do carvão maiores do que as do petróleo e do gás.

De acordo com Campos (2003), parte significativa das emissões de gases de efeito estufa têm origem na produção de resíduos agrícolas e estima-se que 40% do que é produzido anualmente seja queimado no campo. Segundo o IPCC (1995) os resíduos da cana-de-açúcar representam aproximadamente 11% da produção mundial de resíduos agrícolas, e a queima desses resíduos liberam quantidades significantes de CO₂ e outros GEE com alto potencial poluidor.

Dentro do processo de geração de energia a partir do bagaço e palha da cana-de-açúcar, a principal preocupação de natureza ambiental se refere à prática da queima da cana antes da colheita para facilitar o corte e/ou plantio. Para tratar desta questão, regulamentação

específica foi implementada para eliminar gradualmente a prática de queima da palha no campo. Em São Paulo, a Lei Estadual 11.241/02, regulamentada pelo Decreto Estadual 47.700/03, dispõe sobre a eliminação progressiva da queima da palha da cana-de-açúcar como método de limpeza do canavial. Desta forma, as usinas paulistas devem reduzir, anualmente, percentuais das áreas queimadas já estabelecidos pela lei supracitada. Segundo disposto na Lei, a eliminação deverá obedecer ao cronograma mostrado na Tabela 2 (LEME, 2005).

Tabela 2 – Cronograma de eliminação da queima pré-colheita da cana-de-açúcar.

Ano	Área mecanizável onde não se pode efetuar a queima	Percentagem de eliminação da queima
1º ano (2002)	20% da área cortada	20% da queima eliminada
5º ano (2006)	30% da área cortada	30% da queima eliminada
10º ano (2011)	50% da área cortada	50% da queima eliminada
15º ano (2016)	80% da área cortada	80% da queima eliminada
20º ano (2021)	100% da área cortada	Eliminação total da queima
Ano	Área não mecanizável onde não se	Percentagem de eliminação da
10º ano (2011)	10% da área cortada	10% da queima eliminada
15º ano (2016)	20% da área cortada	20% da queima eliminada
20º ano (2021)	30% da área cortada	30% da queima eliminada
25º ano (2026)	50% da área cortada	50% da queima eliminada
30º ano (2031)	100% da área cortada	Eliminação total da queima

Fonte: Leme (2005).

A Lei define dois diferentes cronogramas, um para áreas mecanizáveis e outro para áreas não mecanizáveis. Áreas mecanizáveis são plantações em terrenos acima de 150 ha., com declividade igual ou inferior a 12% e em solos com estrutura que permita a adoção de técnicas usuais de mecanização da atividade de corte de cana. Áreas não mecanizáveis são plantações em terrenos com declividade superior a 12% e demais áreas com estrutura de solo que inviabilizem a adoção de técnicas usuais de mecanização da atividade de corte de cana (LEME,2005).

É importante destacar que a emissão de CO₂ pela queimada do canavial não é considerada como uma emissão líquida de carbono, uma vez que durante o ciclo fotossintético seguinte ocorrerá absorção de CO₂ atmosférico, que segundo Silva (1996) e da ordem de 15 Mg CO₂ ha.⁻¹ ano ⁻¹. Contudo, outros gases precursores do efeito estufa, como N₂O, NOX, CO e CH₄⁹, são liberados e, a taxa de emissão depende do tipo de biomassa e das condições da queima (SANCHES, 2003).

Outra questão analisada por Sanches (2003) está relacionada ao potencial foco de emissão na estocagem de bagaço para combustão nas caldeiras. Sendo o bagaço um resíduo vegetal, sua decomposição pode emitir metano. Durante a safra o uso constante do bagaço ameniza possíveis emissões. Porém, para a geração de energia na entre-safra, exige-se volumes maiores de bagaço armazenado durante a safra que, com as palhas e pontas trazidas da lavoura de cana-de-açúcar, servirão como combustível para a produção de energia. Estudos específicos sobre emissões de metano a partir do bagaço são ainda desconhecidos, mas tal possibilidade pode existir e deve ser investigada.

De acordo com Macedo (2003) a produção e utilização da cana-de-açúcar no Brasil caracterizam-se como atividades de grande porte (436 milhões de toneladas de cana, safra 2005/2006) e que no conjunto geram elevados excedentes energéticos, ou seja, a produção de energia de origem renovável é bastante superior ao consumo de combustíveis fósseis e, dessa forma, o ciclo da cana-de-açúcar realiza um efeito de mitigação das emissões de GHG (gases do efeito estufa). Para o autor, o setor apresenta uma redução líquida de 206 kg CO₂/t cana processada, valor este, estimado a partir do uso energético do etanol e do bagaço na substituição de combustíveis fósseis derivados, principalmente do petróleo.

⁹ A emissão desses gases durante as queimadas equivalem a: N₂O = 0,25 Kg/Tálcool, NOX = 9,00 Kg/tálcool, CO = 301,40 Kg/tálcool e CH₄ = 5,05 Kg/tálcool. Para maiores detalhes consultar Ometto (2005).

Macedo (2000) também quantificou a mitigação de emissões de GEE, a partir da análise do setor como um todo, incluindo o ciclo de produção e processamento da cana-de-açúcar (produção de açúcar e álcool). Em princípio, dois efeitos predominaram:

- aumento no CO₂ atmosférico pelo uso de combustíveis fósseis e insumos produzidos com energia fóssil na produção agrícola/industrial de açúcar e álcool;
- redução na taxa de emissões de CO₂ pela substituição de gasolina por etanol e óleo combustível por bagaço em setores externos.

Na análise do ciclo de vida, as emissões de CO₂ "equivalente" consideram também (MACEDO, 2000):

- emissões de metano nas queimadas de cana, vinhoto e caldeiras de bagaço.
- emissões de GEE de motores a etanol (relativas às de gasolina).
- emissões de N₂O do solo.

A Tabela 3 apresenta a contribuição do setor sucro-alcooleiro quanto a redução nas emissões de carbono (C) equivalente por ano.

Tabela 3 - Mitigação de carbono (C) pelo setor sucro-alcooleiro por ano	
ATIVIDADES	10 ⁶ t C (equiv.) / ano
Uso de combustíveis fósseis na agroindústria	+ 1.28
Emissões de Metano na queima da cana	+ 0.06
Emissões de N ₂ O	+ 0.24
Substituição de gasolina por etanol	- 9.13
Substituição de bagaço por óleo combustível (indústria química, alimentos)	- 5.20
Contribuição líquida (redução na emissão de C)	- 12.74

Fonte: Macedo (2000)

Esta redução nas emissões de CO₂ corresponde a quase 20% de todas as emissões de combustíveis fósseis no Brasil. A Tabela 4 traz uma distribuição mais detalhada dos itens que participam neste balanço.

Tabela 4 - Gases de Efeito Estufa (GEE) no processo de produção de cana, açúcar e álcool (1998)

ATIVIDADES QUE TÊM IMPACTO NA TAXA DE EMISSÃO DE GHG	tCO₂/t cana*
1- Produção, colheita e transporte da cana	
1.a Fixação (fotossíntese) de carbono da atmosfera	-0,6947
1.b Liberação de CO ₂ pelo uso de combustíveis (diesel) na lavoura: tratos culturais, irrigação, colheita, transporte de cana	+0,0047
1.c Liberação de CO ₂ na queima do canavial (~80% das pontas e folhas)	+0,1980
1.d Liberação de outros gases de efeito estufa, na queima do canavial (principalmente metano)	+0,0010 a + 0,0050
1.e Liberação de N ₂ O do solo pelo uso de adubação nitrogenada	+ 0,0032
1.f Liberação de CO ₂ (comb. fóssil) na produção dos insumos da lavoura (mudas, herbicidas, pesticidas, etc.)	+0,0067
1.g Liberação de CO ₂ (diesel, o.c.) na fabricação dos equipamentos agrícolas que serão usados na lavoura	+0,0024
1.h Oxidação dos resíduos não totalmente queimados, no campo	+0,0495
2- Industrialização de cana: produção de açúcar e álcool (45% açúcar, 55% álcool)	
2.a Liberação de CO ₂ na fermentação alcoólica	+0,0381
2.b Liberação de CO ₂ na fabricação dos insumos da indústria (cal, H ₂ SO ₄ , etc.)	+0,0005
2.c Liberação de CO ₂ na produção dos equipamentos e prédios, instalações industriais	+0,0028
2.d Liberação de CO ₂ na queima de todo o bagaço, substituindo óleo combustível, <u>na produção de açúcar e álcool</u>	+0,2316
2.e Emissão evitada de CO ₂ , pelo uso de bagaço na produção de açúcar (somente), em vez de óleo combustível ou carvão	-0,1040
3- Uso dos produtos finais, açúcar e álcool	
3.a Em princípio, a médio prazo praticamente todo o carbono no açúcar é oxidado (metabolizado, etc.) e volta à atmosfera	+0,0970
3.b Liberação de CO ₂ na queima do etanol, em motores automotivos	+0,0791
3.c Emissão evitada de CO ₂ , pelo uso de etanol em motores automotivos, em vez de gasolina	-0,1267
Total das emissões evitadas por tonelada de cana processada	-0,2068

* (+) representam aumento de emissões de gases de efeito estufa;

(-) reduções de emissões de GEE em tCO₂.

FONTE: Adaptada de Macedo (2002)

Observa-se que, segundo o estudo de Macedo (2002), considerando todo o ciclo produtivo da cana-de-açúcar, o setor contribui para reduzir as emissões de CO₂ por tonelada de cana. Além da possibilidade de aumento na produção/uso de etanol, reduções adicionais nas emissões de CO₂ podem ser obtidas nos próximos anos através do uso da palha da cana como combustível complementar ao bagaço na geração de energia, com conseqüente

minimização das queimadas nos canaviais. Reduções de 55% da área queimada, com recuperação de apenas 50% de palha nesta área, evitariam a emissão de 25×10^6 t CO₂/ano (com tecnologias avançadas de conversão termo-elétrica) ou até 50% desta emissão, com ciclos a vapor convencionais (MACEDO, 2000).

Ometto (2005) destaca que a colheita da cana-de-açúcar, é a atividade de maior potencial para o efeito estufa, devido, principalmente, aos gases hidrocarbonetos, metano e monóxido de carbono, emitidos durante a queimada, e ao dióxido de carbono (CO₂), emitido pelo uso de diesel nos equipamentos agrícolas, nos ônibus e nos caminhões, visto que o CO₂ emitido pela queimada não é contabilizado. Também afirma que a grande quantidade de CO₂ emitida, principalmente pela queimada, é absorvida durante o crescimento, mas, tal absorção, é realizada durante um ano ou um ano e meio, enquanto a emissão da queimada da palha da cana ocorre em alguns minutos e de forma difusa (OMETTO, 2005).

Segundo Elia Neto (2005), o aproveitamento da palha e do bagaço excedente para fins energéticos tem um potencial de reduzir 18% das emissões brasileiras de GEE oriundas do uso de combustíveis fósseis nos setores de transporte e energia. Parte dessas reduções poderá ser elegível para obtenção de crédito de carbono.

É importante ressaltar que o setor contribui em grande parte com as reduções de emissões de CO₂, lembrando que outros gases de efeito estufa (N₂O, NOX, CO, CH₄) e com maior potencial poluidor, são componentes das emissões registradas nos processos canavieiros e podem influenciar negativamente o balanço de emissões do setor.

3 MUDANÇAS CLIMÁTICAS, MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO E MERCADO DE CARBONO

Neste capítulo serão contextualizadas as discussões globais sobre mudanças climáticas, bem como os acordos firmados entre países que terminaram na definição de metas de redução de emissões e mecanismos financeiros de regulamentação.

3.1 Mudanças climáticas

O padrão de desenvolvimento econômico adotado pelas nações, baseado na utilização de combustíveis fósseis, principalmente derivados do petróleo, tem intensificado o efeito estufa atmosférico. O efeito estufa é um fenômeno natural, ou seja, existe na natureza, independentemente da ação do homem e do sistema econômico. Ele é causado pela presença de determinados gases na atmosfera terrestre que, por este motivo, são chamados de Gases de Efeito Estufa (GEE¹⁰) (ROCHA e MELLO, 2004; IPCC, 2001).

No entanto, sabe-se que a presença atmosférica destes gases – medida em termos de concentração – vem aumentando devido a determinadas atividades econômicas e industriais. Esta intensificação também vem sendo denominada efeito estufa antrópico.

¹⁰ Dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hexafluoreto de enxofre (SF₆) e as famílias dos perfluorcarbonos (compostos completamente fluorados, em especial perfluormetano CF₄ e perfluoretano C₂F₆) e hidrofluorcarbonos (HFCs).

Para que uma determinada substância seja considerada como causadora de efeito estufa antrópico, ela precisa ser um gás, nas condições normais de temperatura e de pressão, e apresentar, no mínimo, uma destas duas características (OMETTO, 2005):

- ser capaz de absorver radiação infravermelha e ser estável na atmosfera com tempo de residência de anos a séculos;
- ser de origem fóssil e convertida em CO₂ na degradação para a atmosfera.

Desde o período pré-industrial (ano 1.800) as concentrações de dióxido de carbono aumentaram 31%, ou seja, de 280 partes por milhão em volume (ppmv) para mais de 380 ppmv em 1990 (IPCC, 2001).

As alterações na concentração dos GEE contribuem para variações globais no clima. O principal efeito das mudanças climáticas envolve o aquecimento global. Nos últimos 100 anos a temperatura global aumentou em média 0,2 a 0,6°C segundo dados do IPCC (2001). Indícios das mudanças estão sendo observados atualmente, com a ocorrência de fenômenos relacionados ao aumento na frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, como alterações nos regimes de chuvas, intensificação de períodos de seca, aumento no nível dos oceanos e redução das geleiras nas regiões polares.

Segundo o IPCC (2006), as variações climáticas podem envolver mudanças globais no meio ambiente, no solo e na vegetação, aumento do nível do mar, aumento severo de temperaturas, mudanças nas características de precipitação, ocasionando enchentes e, em outras regiões, maior ocorrência de secas. Países desenvolvidos e em desenvolvimento sentirão de formas variadas os efeitos das mudanças climáticas.

Estima-se que a disponibilidade de água de forma global poderá ser limitada ou até mesmo escassa. Haverá uma redução significativa da produção agrícola, em virtude da alteração dos regimes de precipitação e períodos de estiagem. Em algumas regiões ocorrerão perdas de culturas ou estas terão de ser remanejadas para áreas com clima adequado à cultura

ou melhoradas geneticamente para se adaptarem aos novos regimes climáticos. Tais mudanças poderão influenciar o êxodo rural, já que as populações rurais terão de encontrar novas formas de trabalho nas cidades para sobreviver (IPCC, 2006).

Áreas de florestas poderão desaparecer em determinadas regiões do planeta, o que influenciará a perda da fauna e da biodiversidade regional. Em outras regiões, no entanto, novos ecossistemas poderão surgir ou terão de ser remanejados para regiões onde terão condições de sobreviver.

Os aumentos das temperaturas globais causarão perdas significativas das áreas congeladas na Antártida e na região do Ártico. Como consequência espécies da fauna e ecossistemas marinhos poderão ser extintos ou migrarem para regiões mais frias destas regiões (IPCC, 2006).

O derretimento das geleiras poderá influenciar o aumento do nível dos oceanos (5 a 95 cm), e afetar as populações e atividades econômicas instaladas nestas regiões, considerando que metade da população mundial habita as regiões costeiras. Ademais, eventos extremos como maremotos e tempestades serão mais frequentes e será necessário, então, se pensar no remanejamento da população costeira (IPCC, 2006).

O aquecimento global poderá influenciar também, o aumento da mortalidade, em regiões frias, onde a população não está habituada ao calor excessivo¹¹. Ocorrerá um aumento na propagação de vetores de doenças tropicais (malária, dengue, cólera) e aumento dos problemas relacionados à poluição do ar urbano. Em contrapartida, poderá se verificar a queda nas enfermidades relacionadas às baixas temperaturas (IPCC, 2006).

Na América Latina (região onde se encontra o Brasil), a agricultura é representativa para as economias regionais e o aquecimento climático poderia trazer grandes prejuízos para esse setor específico. É importante destacar, também, que eventuais variações no clima

¹¹ Fato parecido ocorreu na Europa em 2003, quando uma onda de calor incipiente com o clima da região causou a morte de 35 mil pessoas.

poderiam agravar alguns problemas relacionados à desigualdade social, desnutrição e doenças causadas por vetores (malária, dengue) e enfermidades infecciosas (cólera) (IPCC, 2006).

De acordo com o IPCC (2004), todas as variações descritas tendem a se concretizar devido a falta de estrutura e preparo dos sistemas sociais e ambientais e a inexistência de políticas regionais para enfrentar as variações climáticas. Portanto, o principal desafio da sociedade mundial é identificar as oportunidades que facilitem o uso mais racional dos recursos econômicos, financeiros, sociais e tecnológicos e criar políticas de adaptação e/ou adequação às variações no clima do Planeta.

O que pode ser observado, no entanto, é que as variações climáticas não proporcionarão somente efeitos negativos ou prejuízos para as regiões estudadas. Ao contrário, em regiões como Europa, Ásia e América do Norte, será possível remanejar ou inserir novos tipos de culturas, apropriadas ao clima mais quente. Em outras regiões como na Austrália e na nova Zelândia o meio ambiente apresenta características para se auto-adaptar e transformar a biodiversidade e culturas de modo a se adequar às variações climáticas (IPCC, 2006).

Torna-se importante destacar que os países em desenvolvimento sentirão os maiores efeitos das mudanças climáticas, seja pela fragilidade tecnológica e de pesquisas, ou pela postergação da criação de políticas voltadas para a adaptação à essas variações. A justificativa para tal adiamento é que esses países apresentam outras prioridades, como o combate à desigualdade social e a fome. No entanto, a postergação poderá agravar ainda mais esses problemas.

3.1.1 Evolução das discussões sobre mudanças climáticas

As mudanças climáticas vêm sendo discutidas principalmente a partir da década de 70, nas pautas de reuniões governamentais e de órgãos internacionais, que possibilitaram a criação de mecanismos de gerenciamento ambiental e regulamentações firmadas em acordos

estabelecidos entre vários países durante os diversos eventos internacionais realizados (BORGES et al., 2005).

Em 1972 é que maior destaque foi atribuído à causa ambiental, com a realização da 1ª Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente (CNUMA), realizada em Estocolmo. Este evento deixou explícita a necessidade da criação de medidas de controle efetivo dos fatores que afetam diretamente as alterações no meio ambiente.

A Conferência de Estocolmo contribuiu de maneira importante para gerar um novo entendimento sobre os problemas ambientais e a maneira como a sociedade provê a sua subsistência. Os acordos ambientais multilaterais, firmados após a Conferência, procuraram considerar a relação meio ambiente e desenvolvimento de modo que não mais seria possível tratar desenvolvimento sem considerar o meio ambiente e vice-versa (BARBIERI, 2004).

A preocupação com o aquecimento global incentivou a parceria entre a Organização Meteorológica Mundial (OMM) e o Programa das Nações Unidas sobre Meio Ambiente (PNUMA), que uniram esforços e realizaram, em 1979, a 1ª Conferência Mundial do Clima, resultando na instituição, por essas entidades, do Programa Mundial do Clima. Esses dois órgãos – OMM e PNUMA – também instituíram, em 1988, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). Como resultado dos trabalhos do IPCC e do Programa Mundial do Clima, proliferou-se, no âmbito das Nações Unidas, uma série de propostas e resoluções, todas reconhecendo a urgência e importância de enfrentamento do problema. Em 1990, durante a 2ª Conferência do Clima, chegou-se à conclusão de que os Estados deveriam adotar medidas nacionais e regionais destinadas a reduzir as fontes emissoras e também negociar um tratado internacional sobre o tema (BORGES et. al., 2005).

Para Barbieri (2004), o período compreendido entre a 1ª CNUMA e a Rio 92, se caracteriza pela busca de uma nova relação entre meio ambiente e desenvolvimento, uma vez

que havia indicações de que a forma como o desenvolvimento estava sendo conduzido poderia causar danos à biosfera e, conseqüentemente, afetar drasticamente a humanidade.

Assim, em 1992, diversos países se reuniram no Rio de Janeiro para a 2ª Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, onde firmaram a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas.

3.1.2 Convenção-quadro sobre mudanças climáticas

A Convenção-Quadro das Nações Unidas para Mudanças Climáticas (CQNUMC) foi o primeiro acordo ambiental que envolveu a comunidade internacional. Apesar de ter sido aberto para assinatura dos Estados na Rio/92, entrou em vigor em 21 de março de 1994 com apoio de mais de 160 Estados. Até abril de 2006, havia sido assinada por 189 “Partes” (países), que assumem assim um compromisso internacional para a proteção legal do equilíbrio, sob os termos da Convenção (UNFCCC, 2006; CUNHA, 2005).

O objetivo da Convenção é estabelecer diretrizes e condições para estabilizar a concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera, em níveis tais que evitem a interferência antrópica perigosa no sistema climático. Para atingir esses objetivos, foram estabelecidas “responsabilidades comuns, porém diferenciadas” para os países mais industrializados do planeta (países do ANEXO 1) que são os responsáveis pela maior parte das emissões históricas de GEE (ROCHA e MELLO, 2004).

A CQNUMC é caracterizada como um tratado do tipo “quadro”, pois é negociado mais para atingir o consenso sobre a necessidade de tomada de ação para enfrentar determinado problema, do que para definir obrigações específicas e fechadas aos Estados-partes. Por isso, restringe-se a delimitar princípios e diretrizes gerais através de um texto eminentemente programático (CUNHA, 2005).

Assim, como destaca Cunha (2005), essa espécie de tratado caracteriza-se por traçar uma moldura normativa de direitos e deveres de natureza vaga, a qual necessita de maior

detalhamento da regulamentação. Tal detalhamento pode ser atingido com a criação de um órgão composto por representantes dos Estados-parte, aos quais são delegados poderes de complementar e expedir normas de especificação. A cada reunião desse órgão, chamado Conferência das Partes (COP), são discutidos e normatizados pontos ainda indefinidos da convenção-quadro, tendo como limites a moldura legislativa previamente traçada. A Conferência das Partes é formada por representantes dos Estados-parte e, é a autoridade máxima na tomada de decisões no âmbito da CQNUMC.

3.1.3 Conferência da Partes

De 1994, com a entrada em vigor da CQNUMC, foram realizadas 12 Conferências das Partes, sendo que a última foi realizada em Nairóbi em dezembro de 2006. Em cada reunião, decisões importantes foram acordadas para o estabelecimento de regras e procedimentos que possibilitassem o cumprimento dos compromissos assumidos pelos países ANEXO 1 de reduzir as emissões antrópicas para controlar os danos causados ao clima do planeta.

Destaque será dado às discussões realizadas na COP 3 (Quioto/Japão) especificamente àquelas relacionadas ao Protocolo de Quioto, bem como as discussões relacionadas ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e o Mercado de Reduções Certificadas de Emissões (RCE).

3.1.4 Protocolo de Quioto

O Protocolo de Quioto representou o primeiro acordo realizado no âmbito da CQNUMC a estabelecer compromissos de redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), além de definir critérios e diretrizes para a utilização de mecanismos de mercado.

Desta forma, foram quantificadas metas de redução de emissões de GEE para os países constantes do ANEXO 1, em média 5,2% em relação aos níveis de 1990, para um período de

compromisso entre 2008 e 2012. Como citado anteriormente, os gases precursores de efeito estufa são representados por uma cesta de seis gases: CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs e SF₆. Entretanto, a contabilização das reduções de emissões é expressa em dióxido de carbono equivalente (CO₂e), uma vez que este gás se destaca como o principal gás de efeito estufa, por ser emitido em maior quantidade pelas atividades antrópicas (CUNHA, 2005).

Para possibilitar que as metas de redução de GEE sejam atingidas, o artigo 6 do Protocolo estabelece que qualquer Parte incluída no ANEXO 1 da Convenção pode transferir ou adquirir, de qualquer outra parte, unidades de redução de emissões a fim de cumprir os compromissos de reduções. Para tanto, essas unidades de reduções devem ser resultado de projetos de redução ou remoção de emissões das atividades antrópicas. Desta forma, o projeto deverá respeitar as seguintes condições: ser aprovado pelas partes envolvidas; promover reduções das emissões que sejam adicionais às que ocorreriam na sua ausência; e que a aquisição de unidades de redução de emissões seja suplementar às ações domésticas realizadas com a finalidade de cumprir os compromissos estabelecidos no Anexo B do Protocolo.

A transferência ou aquisição de unidades de reduções de emissões são reguladas por mecanismos de flexibilização estabelecidos no Protocolo de Quioto. São eles:

Implementação Conjunta (original em inglês Joint Implementation - JI): essa atividade possibilita a negociação bilateral de projetos de redução de emissões de GEE entre países integrantes do Anexo B do Protocolo. A JI permite que países ANEXO 1 possam compensar suas emissões participando de sumidouros e projetos de redução de emissões entre si e assim, constituir e transferir unidades de redução de emissões (ERU - Emission Reduction Units) de gases de efeito estufa do país em que o projeto está sendo implementado para o país emissor (ROCHA, 2003; CUNHA, 2005).

Comércio de Emissões (CE): permite que as Partes incluídas no Anexo B comercializem permissões de emissões. Essas permissões serão alocadas a cada Parte conforme os respectivos compromissos quantificados de redução de emissões de GEE, permitindo-se às Partes livremente transferir ou adquirir permissões, mas sempre se mantendo o número máximo de permissões em circulação ao mercado igual ao total do volume permitido de emissões de carbono (IPCC, 2001).

Essas duas opções – JI e CE – são atrativas para aqueles Estados que já mantêm políticas de eficiência energética, como o Japão, e para quem a redução de emissões internamente seria muito mais onerosa do que para Estados que ainda não têm políticas energéticas consolidadas. O CE também será atrativo aos Estados em transição para uma economia de mercado, como a Rússia, detentores de grandes quantidades de hot air¹². Como visto, tanto as JI quanto o CE destinam-se exclusivamente aos países membros do ANEXO I (CUNHA, 2005).

Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL): disposto nos termos do artigo 12 do Protocolo, o MDL objetiva assistir as Partes não incluídas no Anexo I (países em desenvolvimento) para que atinjam o desenvolvimento sustentável¹³ e contribuam para os objetivos da Convenção Quadro das Nações Unidas para Mudanças Climáticas - CQNUMC, bem como assistir as Partes incluídas no Anexo I para que cumpram suas metas quantificadas de redução de emissões.

¹² Como decorrência da crise econômica por que passaram os países em transição (como exemplo a Rússia) no começo da década de 90, resultante da abertura de suas economias ao sistema capitalista, suas emissões de GEE apresentaram acentuado declínio, de modo que, mesmo em 2010, tenderão a permanecer abaixo das metas insertas no Protocolo de Quioto. Na verdade, esses países possuem um excesso de reduções de emissões e é permitido a estes comercializar a diferença entre suas emissões verificadas e suas metas, denominando-se tal diferença como “hot air” (CUNHA, 2005).

¹³ O desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações. É o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro. Essa definição surgiu na Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pelas Nações Unidas para discutir e propor meios de harmonizar dois objetivos: o desenvolvimento econômico e a conservação ambiental (WORLD WIDE FUND FOR NATURE - WWF, 2007).

Dessa forma, um governo ou empresa pertencente ao Anexo I pode investir em um projeto de redução ou captura de emissões, em um país não constante do Anexo I, obtendo, com isso, Reduções Certificadas de Emissões (RCEs), as quais serão destinadas ao cumprimento de até 50% de suas metas quantificadas. Diferentemente dos outros dois mecanismos – JI e CE -, cujo início de operação está previsto para 2008, ao MDL foi dado um *prompt start*, isto é, um aval, permitindo-se aos países obter RCEs resultantes de projetos iniciados a partir do ano 2000 (ROCHA E MELLO, 2005; CUNHA, 2005).

A idéia central do MDL é que os países desenvolvidos possam investir em projetos de redução de emissões a custos menores nos países em desenvolvimento, recebendo créditos de redução e diminuindo a necessidade de implementar medidas internas de mitigação, possivelmente a maiores custos marginais. Em contrapartida, os países em desenvolvimento beneficiam-se com o incremento do fluxo de investimentos, agora direcionado a alcançar metas nacionais de desenvolvimento sustentável (UNEP RISO CENTRE - URC, 2003). Neste sentido, o MDL pode (CUNHA, 2005; URC, 2003):

- atrair capital para projetos que apóiem transição a uma economia mais próspera e menos intensiva em carbono;
- incentivar e permitir a participação ativa tanto do setor público como do setor privado;
- agir como ferramenta de transferência de tecnologias ambientalmente sustentáveis;
- ajudar a definir prioridades de desenvolvimento sustentável, mediante: transferência de tecnologias e recursos financeiros;
- incentivar as alternativas sustentáveis de geração de energia elétrica;
- incentivar o incremento de medidas de conservação e eficiência energética;
- buscar a diminuição da pobreza através da geração de emprego e renda;
- fomentar os benefícios ambientais locais.

O MDL passou a constituir uma ótima oportunidade para os países em desenvolvimento, em atrair investimentos externos e absorção de tecnologia, bem como uma forma de atrair divisas destinadas à aquisição de reduções certificadas, originárias de projetos que atendam as exigências regulatórias do mecanismo (MDICE, 2004). Portanto, o MDL é o instrumento de mercado da Convenção aplicável ao Brasil.

Os mecanismos de flexibilização são considerados pontos inovadores do Protocolo, pois utilizam instrumentos econômicos para lidar com o problema das mudanças climáticas globais. Os instrumentos econômicos também denominados instrumentos de mercado envolvem normas e regulamentações que buscam induzir uma mudança de comportamento (de empresas e consumidores), seja por meio de taxação de produtos cujo ciclo de vida pode contribuir para o aumento da poluição global, ou pela emissão de licenças negociáveis, ao invés de determinar níveis ou métodos específicos de controle da poluição. Segundo Stavins (2000), os instrumentos econômicos, se bem projetados e implementados, encorajam empresas e indivíduos a empreender esforços para controle que são em seu próprio interesse e que coletivamente atingem metas para políticas públicas (SANCHES, 2003).

Ao dispor de instrumentos econômicos para o cumprimento das metas de reduções dos países ANEXO 1, os mecanismos de flexibilização incentivam o surgimento do mercado internacional de carbono ou mercado de reduções certificadas de emissões. As expectativas em torno da expansão desse mercado são significativas, estando fortalecidas pela entrada em vigor, em 16 de fevereiro de 2005, do Protocolo de Quioto que valida, enfim, medidas concretas de incentivo à cooperação internacional para lidar com questões relacionadas às mudanças climáticas (BORGES, 2005).

3.2 Projetos sob a perspectiva do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

Como já destacado anteriormente, as metas de reduções de gases de efeito estufa assumidas pelos países desenvolvidos podem ser atingidas por meio da implementação de

atividades de projeto nos países em desenvolvimento que resultem na redução da emissão de gases de efeito estufa ou no aumento da remoção de CO₂, mediante investimentos em tecnologias mais eficientes, substituição de fontes de energia fósseis por renováveis, racionalização do uso da energia, florestamento e reflorestamento, entre outras.

Para o desenvolvimento de projetos, alguns procedimentos estabelecidos pela CQNUMC devem ser seguidos. Desta forma, os projetos devem, inicialmente, apresentar a definição das atividades de projeto (*project activities*) que são as ações que um empreendimento deverá realizar para reduzir ou remover emissões de gases de efeito estufa. As atividades de projeto devem estar exclusivamente relacionadas a determinados tipos de gases de efeito estufa e aos setores/fontes de atividades responsáveis pela maior parte das emissões, conforme previsto no Anexo A do Protocolo de Quioto (ver Quadro 1) (LOPES, 2002).

Quadro 1 - Emissões / Remoções de Gases de Efeito Estufa (GEE) por Segmentos e tipo de gás

Segmentos e tipos de GEE			
Energia	Processos Industriais	Agricultura	Resíduos
CO ₂ – CH ₄ – N ₂ O	CO ₂ – N ₂ O – HFCs – PFCs – SF ₆	CH ₄ – N ₂ O	CH ₄
<u>Queima de Combustível</u> <ul style="list-style-type: none"> • Setor energético • Indústria de transformação • Indústria de construção • Transporte • Outros setores <u>Emissões Fugitivas de Combustíveis</u> <ul style="list-style-type: none"> • Combustíveis sólidos • Petróleo e gás natural 	<ul style="list-style-type: none"> • Produtos minerais • Indústria química • Produção de metais • Produção e consumo de halocarbonos e hexafluoreto de enxofre • Uso de solventes • Outros 	<ul style="list-style-type: none"> • Fermentação entérica • Tratamento de dejetos • Cultivo de arroz • Solos agrícolas • Queimadas prescritas de cerrado • Queimadas de resíduos agrícolas 	<ul style="list-style-type: none"> • Disposição de resíduos sólidos • Tratamento de esgoto • Tratamento de efluentes líquidos • Incineração de resíduos
REMOÇÕES DE CO ₂ *			
Florestamento / Reflorestamento			
Remove: CO ₂ Libera: CH ₄ – N ₂ O – CO ₂			

* Remoções por sumidouro poderão ser utilizadas para atender os compromissos assumidos, tendo sido autorizadas pela Decisão 17/CP.7 do Acordo de Maraqueche. Apesar de haver emissão de gases de efeito estufa o resultado líquido é de remoção.

Fonte: Lopes, 2002.

Podem participar de uma atividade de projeto os países constantes do ANEXO 1 e os não inseridos nesse ou entidades públicas e privadas desses Países, desde que por elas devidamente autorizadas. Atividades de projeto podem ser implementadas por meio de parcerias com o setor público ou privado (MCT, 2005b).

O setor privado apresenta grande perspectiva de participação, pois o potencial para reduzir emissões nesse setor é significativo. Além disso, é receptor de fluxos crescentes de investimentos que podem ser destinados a atividades de projeto do MDL, que é um mecanismo de mercado concebido para ter sua ativa participação (LOPES, 2002).

Para que sejam consideradas elegíveis no âmbito do MDL, as atividades de projeto devem contribuir com os objetivos da Convenção e observar alguns pré-requisitos. O primeiro requisito trata da adicionalidade, a qual determina que atividade de projeto deve resultar na redução de emissões de gases de efeito estufa e/ou remoção de CO₂ comprovadas e adicionais ao que ocorreria na ausência da atividade de projeto do MDL (CEPEA, 2004).

Outro requisito do MDL é a contribuição da atividade de projeto para o desenvolvimento sustentável do país no qual venha a ser implementada. Deve, ainda, ser capaz de demonstrar benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo relacionados com a mitigação da mudança do clima (MCT, 2005b).

As reduções de emissão de gases de efeito estufa e/ou remoções de CO₂ atribuídas a uma atividade de projeto podem resultar em Reduções Certificadas de Emissões (RCEs) e que, como citado anteriormente, poderão ser utilizadas pelos países do ANEXO 1 como forma de cumprimento parcial dos compromissos de redução de emissão de GEE.

Os países desenvolvidos, com compromissos e metas de redução, deverão ser os principais participantes desse mercado pelo lado da demanda. No caso específico do MDL, os países em desenvolvimento deverão desempenhar um papel significativo nesse mercado,

sobretudo na oferta de reduções de emissões de gases de efeito estufa e ou/remoções de dióxido de carbono (LOPES, 2002).

Para os países em desenvolvimento, como o Brasil, o estímulo proveniente desse mercado se concentrará nas atividades de projeto segundo o MDL. Espera-se que grande parte dos investimentos destinados às atividades de projeto do MDL venha do exterior.

3.2.1 Ciclo dos projetos

As atividades de projeto do MDL, bem como as reduções de emissões de gases de efeito estufa e/ou remoção de CO₂ a estas atribuídas deverão ser submetidas a um processo de avaliação e verificação por meio de instituições e procedimentos estabelecidos pela CQNUMC. As principais instituições preparadas para avaliar e verificar as atividades de projetos são (CUNHA, 2005; LOPES, 2002):

- Conselho Executivo (original do inglês - Executive Board - EB): supervisiona o funcionamento do MDL. Dentre as principais funções atribuídas à esse órgão destaca-se o credenciamento das Entidades Operacionais Designadas; registro das atividades de projeto do MDL; emissão de RCEs; desenvolvimento e operação do Registro do MDL; estabelecimento e aperfeiçoamento de metodologias para definição da linha de base, monitoramento e fugas¹⁴.
- Autoridade Nacional Designada (original do inglês Designated National Authorities - DNA): esse órgão é designado pelos governos de países participantes de atividades de projeto do MDL. É responsável por atestar a participação voluntária de um país e verificar se as atividades de projeto contribuem para o desenvolvimento sustentável do Estado em desenvolvimento. É esse órgão que aprova ou não as atividades de projeto do MDL.

¹⁴ Fuga ou vazamento (em inglês Leakage) são as emissões ou redução de emissões (absorção) de GEEs não quantificada em um determinado projeto, podendo ocorrer fora dos limites do projeto. Pode ser um resultado de efeitos inesperados, incluindo circunstâncias imprevistas, linha de base definida impropriamente, tempo de duração ou limites do projeto e formulação inadequada do projeto.

- A Autoridade Nacional Designada no Brasil é a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima, estabelecida por Decreto Presidencial em 7 de julho de 1999. As principais atribuições desse órgão envolvem a regulamentação dos mecanismos do Protocolo de Quioto e a aprovação dos projetos considerados elegíveis para o MDL. A Comissão Interministerial é presidida pelo Ministério da Ciência e Tecnologia e vice-presidida pelo Ministério do Meio Ambiente. É representada ainda por membros dos Ministérios das Relações Exteriores; da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; dos Transportes; das Minas e Energia; do Planejamento, Orçamento e Gestão; do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e da Casa Civil da Presidência da República.
- Entidade Operacional Designada (original do inglês Designated Operational Entities - DOE): são entidades nacionais ou internacionais credenciadas pelo Conselho Executivo e designadas pela COP/MOP para validar atividades de projetos do MDL de acordo com as decisões de Marraqueche; verificar e certificar reduções de emissões de gases de efeito estufa e remoções de CO₂; enviar um relatório anual ao Conselho Executivo; e manter disponíveis para o público as informações sobre as atividades de projeto do MDL.

As atividades de projeto de redução de emissões serão elegíveis para o MDL desde que atendam aos seguintes requisitos (LOPES, 2002):

- a participação seja voluntária;
- sejam aprovadas pelo país que abrigará as atividades;
- atinjam os objetivos de desenvolvimento sustentável definidos pelo país que implementará o projeto;
- reduzam as emissões de gases de efeito estufa de forma adicional ao que ocorreria na ausência da atividade de projeto do MDL;

- contabilizem o aumento de emissões de gases de efeito estufa que ocorram fora dos limites das atividades de projeto e que sejam mensuráveis e atribuíveis a essas atividades;
- considerem a opinião de todos os agentes relacionados com a atividade de projetos que sofrerão os impactos das atividades;
- não tragam prejuízos ao meio ambiente local;
- proporcionem benefícios mensuráveis, reais e de longo prazo relacionados com a mitigação das mudanças climáticas;
- estejam relacionadas aos gases e setores definidos no Anexo A do Protocolo de Quioto ou se refiram às atividades de projetos de reflorestamento e florestamento.

Recomenda-se, ainda, que Partes Anexo I se abstenham da utilização de RCEs geradas a partir de tecnologia nuclear.

Após adequação aos requisitos supracitados o proponente do projeto entrará na fase seguinte do ciclo dos projetos MDL quando, necessariamente, deverá se submeter às seguintes etapas:

Elaboração do Documento de Concepção de Projeto - (do inglês Project Design Document - PDD): nesta etapa todas as atividades relacionadas ao projeto devem ser descritas, tais como, definição da metodologia de linha de base¹⁵ e metodologia para o cálculo das emissões relativas às atividades de projeto, descrição das emissões abrangidas pela atividade de projeto (project boundary), eventuais fugas de emissões, definição do período de obtenção de créditos, delineamento do plano de monitoramento necessário para a coleta e armazenamento dos dados relacionados ao cálculo de emissões reduzidas, justificativa para a adicionalidade da atividade de projeto, descrição e referências quanto aos impactos causados, resumo dos

¹⁵ Linha de base ou cenário de referência é o nível atual e a evolução das emissões de GEEs que ocorreriam caso o projeto não fosse implantado. Esse cenário é utilizado para o cálculo da redução de emissões (créditos) a serem gerados pelo projeto.

comentários dos agentes relacionados ao projeto e informações sobre as fontes de financiamento públicas.

Validação/Aprovação (do inglês Validation): nesta fase o projeto será avaliado e validado pela Entidade Operacional Designada. Aqui será analisado se o projeto preenche todos os requisitos exigidos para projetos segundo o MDL (descritos acima).

Registro: nesta etapa o Conselho Executivo emitirá parecer formal sobre o aceite da atividade de projeto, com base no relatório de validação da EOD. O CE poderá solicitar uma revisão do relatório de validação caso os requisitos estabelecidos não tenham sido atendidos.

Monitoramento: consiste no processo de coleta e armazenamento de todos os dados necessários para o cálculo da redução das emissões de gases de efeito estufa ou o aumento da remoção de CO₂, de acordo com a metodologia de linha de base da atividade de projeto. Esta etapa condiciona a verificação/certificação e emissão das RCEs.

Verificação/Certificação: fase em que a EOD verifica por meio de auditoria periódica e independente, e relata por escrito (certificar) se a redução de emissões previstas pelo PDD efetivamente ocorreram. A certificação garante que as reduções de GEE foram de fato adicionais às que ocorreriam na ausência do projeto.

Emissão e aprovação das RCEs: etapa final do ciclo do projeto e se configura a partir do relatório de certificação quando o Conselho Executivo poderá emitir um montante de RCEs correspondentes ao total de emissões reduzidas pela atividade de projeto do MDL. A emissão ocorrerá 15 (quinze) dias após o recebimento da solicitação. O administrador do Registro do MDL, subordinado ao Conselho Executivo, deposita as RCEs certificadas nas contas abertas nesse mesmo Registro, de acordo com o solicitado no Documento de Concepção do Projeto, em nome das devidas Partes, bem como dos participantes das atividades de projeto do MDL, já deduzida parcela equivalente a 2% dos totais das RCEs, que será integralizada em um fundo de adaptação, destinado a ajudar os países mais vulneráveis a se adaptarem aos efeitos

adversos da mudança do clima. Outra parcela, determinada pela COP, por recomendação do Conselho Executivo, será utilizada para cobrir despesas administrativas do MDL. O recurso financeiro destinado ao pagamento dos RCEs provêm de fundos de financiamento criados pela Organização das Nações Unidas (ONU).

3.2.2 Mercado internacional de carbono

O mercado internacional de carbono permite a transação, entre os Países ANEXO B do Protocolo de Quioto¹⁶, das reduções provenientes do comércio internacional de emissões e das atividades de implementação conjunta e, entre esses e os países em desenvolvimento, as reduções certificadas de emissões, resultantes do MDL. Neste trabalho, trataremos especificamente as das transações com RCEs.

As RCEs representam a comprovação de que aquele projeto efetivamente reduziu emissões em determinada quantidade de CO₂e¹⁷. O Protocolo de Quioto não dispõe de regras explícitas sobre a forma de estruturação de mercado e transações de RCE entre os financiadores (Partes Anexo I) e as Partes que abrigam os projetos. Desta forma, a estruturação a ser dada ao projeto e as condições de financiamento e investimento inicial ou pagamento pelas RCEs, são firmadas por acordos entre os participantes do projeto. A maioria dos projetos registrados ou em fase de implementação tem apresentado características mais próximas a contratos de compra e venda de RCEs do que propriamente financiamento de projeto (DUBEUX E SIMÕES, 2005).

Na maioria das vezes, nas transações de RCE baseadas em projetos o comprador adquire safras futuras de carbono evitado a serem produzidas pelo projeto, principalmente no período de 2008-2012. Essas transações se assemelham àquelas realizadas no mercado de

¹⁶ Ver Anexo 1 desta dissertação.

¹⁷ Uma unidade RCE representa a redução ou não emissão de 1 tonelada métrica de gases de efeito estufa contabilizados em dióxido de carbono equivalente (tCO₂e).

balcão, onde o comprador e o vendedor negociam títulos não vinculados à bolsa de valores (ROCHA, 2003).

Os valores de créditos de carbono negociados por contratos podem variar de US\$ 3,00 a US\$ 15,00/t CO₂e. Naturalmente, quanto menor o risco de registro da redução de emissão por parte do comprador, maior o preço pago na transação.

Para Lecocq (2004), os principais fatores que influenciam o preço são:

- confiabilidade do proponente e viabilidade do projeto;
- confiança na capacidade de gestão do projeto e na entrega dos créditos ao longo do projeto;
- estrutura do contrato (pagamentos antecipados, pagamentos contra-entrega, taxas de desconto aplicadas a pagamentos antecipados) incluindo os riscos inerentes ao projeto que o proponente está disposto a aceitar;
- safra de emissões evitadas, considerando que somente algumas safras são elegíveis para obrigações para entrega de créditos;
- custo da validação e da potencial certificação;
- apoio e cooperação do país onde o projeto está instalado;
- benefícios ambientais e sociais relacionados ao projeto.

Apesar da falta de regras claras sobre o funcionamento e estrutura de precificação do mercado de carbono, verifica-se que este se encontra em ampla expansão. Segundo Capoor e Ambrosi (2006) as transações de RCE obtidas por projetos MDL no ano de 2004, chegaram a 107 milhões tCO₂e.

Em 2005, segundo dados do Banco Mundial, as negociações de RCE atingiram valores próximos de 800 milhões t CO₂e, ou seja, um crescimento de 748% em relação ao ano de 2004. Esse crescimento expressivo de negociações expõe um forte indício da expansão desse mercado. Ademais, verifica-se que estão sendo desenvolvidas estruturas políticas e financeiras que colaboram para o desenvolvimento de novos projetos para negociação de

RCE. Cabe destacar a iniciativa do Banco Mundial que dispõe do Prototype Carbon Fund constituído em 1999, que dispõe de US\$ 180 milhões para financiar projetos de redução de GEE nos países em desenvolvimento e nos países ANEXO I (JI). O Fundo conta com recursos disponibilizados pelos governos da Holanda, Finlândia, Suécia, Canadá e Noruega e mais 17 grandes empresas (como a Gaz de France, Deutsche Bank, Mitsubishi, Statoil-Norway) e foca projetos que envolvam geração de energia por fontes renováveis, aproveitamento de gases em aterros sanitários, eficiência energética, e agroflorestais (WORLD BANK, 2006).

Os principais participantes desse mercado pelo lado da oferta RCE por projetos MDL, são Índia, Brasil e China, que juntos representam mais de 70% do mercado. A China e a Índia detêm 60% do potencial de geração de RCE no mercado, pois esses países dispõem de uma matriz de energética altamente ineficiente e qualquer melhoria nos processos de geração de energia representarão significativas reduções de emissões de GEE (FENHANN, 2006).

O Brasil responde por cerca de 10% da participação no mercado de carbono e dispõe de uma estrutura governamental para avaliação da qualidade dos projetos mais desenvolvida que China e Índia o que garante maior confiabilidade aos projetos brasileiros e que, conseqüentemente afetarão a melhor valoração das RCE transacionadas no mercado de carbono. Segundo dados do Banco Mundial, até 2010 o Brasil poderá movimentar aproximadamente US\$ 1,2 bilhão.

Considerando o lado da demanda por RCE, os países europeus estão entre os principais compradores. Destaque para a Holanda e o Reino Unido. Do lado asiático, o Japão se destaca como maior comprador (CAPOOR; AMBROSI, 2006).

Com relação às perspectivas futuras do mercado, segundo estimativas do Banco Mundial, do Massachusetts Institute of Technology (MIT) e da United Nations Conference on Trade and Development (UNCTD), a demanda por créditos de emissões de carbono poderá

chegar a US\$ 10 bilhões por ano em 2010, com valores estimados por diferentes fontes variando entre US\$ 8 e US\$ 32/t CO₂e. O tamanho futuro do mercado internacional de carbono é ainda muito incerto, pois, além das variáveis tradicionais que afligem os mercados em geral, esse em particular depende de muitas variáveis políticas e econômicas que ampliam ou restringem as possibilidades de negócios entre as partes interessadas (DUBEUX; SIMÕES, 2005).

No entanto, as decisões de negócios não podem ser retardadas por muito tempo. Muitos projetos de MDL podem levar de 2 a 3 anos, desde a fase inicial do PDD até a fase de geração efetiva de créditos, especialmente grandes projetos que geram volumes substanciais de reduções certificadas (LEME, 2006)¹⁸. Nessas condições, e na medida em que se aproxima o ano de 2012, quando finda o primeiro período de compromisso estabelecido pelo Protocolo de Quioto, para o qual existem metas estabelecidas, o momento atual é decisivo para a negociação de créditos de carbono (DUBEUX E SIMÕES, 2005).

O mercado de carbono está em franco desenvolvimento e considerar seu desaparecimento no futuro, diante da atual infra-estrutura desenvolvida para as transações internacionais permite confirmar a expectativa de um progressivo fortalecimento deste mercado (BORGES, 2005; DUBEUX E SIMÕES, 2005).

Para Dubeux e Simões (2005) os principais projetos que podem ser certificados como redutores da emissão de carbono no seio do MDL são: projetos de aterros sanitários e de esgotamento sanitário, projetos de eficiência energética, de substituição de combustíveis fósseis por energias renováveis, projetos de melhoria de processos produtivos e projetos no setor de uso do solo e florestas.

As oportunidades de projetos MDL para o Brasil no âmbito do mercado internacional de carbono são significantes. Merece destaque os projetos de eficiência energética, geração

¹⁸ Palestra proferida por Rodrigo Leme na disciplina Mudanças Climáticas e Mercado de Carbono da Unicamp com o tema Ciclos dos projetos MDL, 16 maio 2006.

elétrica a partir de fontes renováveis de energia, além da coleta de biogás de aterros sanitários com resíduos sólidos urbanos, e florestamento.

Segundo Dubeux e Simões (2005), estima-se factível que o Brasil atinja em curto e médio prazo uma captação de recursos externos oriundos de projetos segundo o MDL da ordem de US\$ 200 a US\$ 300 milhões, com base em um preço de mercado de US\$ 5,00/tCO₂, fluxo que pode ser consideravelmente ampliado pela provável valorização do preço da tonelada de carbono.

O potencial de enquadramento no MDL de projetos de geração de eletricidade a partir de fontes de energias renováveis para suprimento à rede de energia elétrica é significativo. Um estudo realizado por Dubeux; Simões (2005) revelou que conservadoramente a venda de RCEs teria um potencial de receita de US\$ 1,30/MWh até US\$ 5/MWh. Esse valor pode ajudar a melhorar a rentabilidade dos projetos e reduzir o repasse ao consumidor final na tarifa de energia elétrica do incentivo de preço concedido à geração de energia renovável.

Dentre as oportunidades de projetos a partir da geração elétrica por fontes renováveis destacam-se os projetos de cogeração de energia por bagaço. Estes projetos representavam 60% da carteira brasileira de projetos registrados pelo Conselho Executivo do MDL como será apresentado no próximo item.

3.3 Projetos típicos do segmento sucro-alcooleiro adequáveis ao MDL

Em todo o mundo, segundo dados de Fennhann (2006), existem cerca de 70 projetos de cogeração por bagaço de cana-de-açúcar em processo de validação e/ou registro pelo Conselho Executivo (CE) do MDL. O Brasil se destaca por abrigar 23 (vinte e três) projetos de cogeração por bagaço (dados até o final de junho de 2006), já registrados pelo mencionado EB. Esses projetos poderão representar importantes reduções de emissões de gases do efeito estufa, bem como a negociação de significativos montantes financeiros em Reduções

Certificadas de Emissões (RCE) ou créditos de carbono para as empresas do setor sucro-alcooleiro responsáveis pelos projetos.

Tal afirmação está baseada em uma análise realizada para este trabalho, a partir dos relatórios de concepção de projetos registrados pelo EB, pertencentes a dezoito usinas paulistas (listadas no ANEXO 3). Os resultados demonstram que as atividades dos projetos analisados poderão reduzir as emissões em cerca de 350 milhões de tCO₂e entre os anos de 2001 e 2012. Essas reduções podem representar cerca de US\$ 2,8 milhões em créditos de carbono para um valor por crédito negociado a US\$8,00 (estimativa conservadora).

É importante ressaltar que do total de projetos de cogeração por bagaço, submetidos à EOD e CE do MDL, o Estado de São Paulo abriga 18 (dezoito) das usinas com projetos registrados. No entanto, cabe destacar que São Paulo possui 130 unidades sucro-alcooleiras. Observa-se, portanto, que os projetos registrados representam apenas 13,9% do total de empreendimentos passíveis de projetos para comercialização de RCE. Vislumbra-se aí o amplo potencial para expansão de projetos de cogeração com vistas ao enquadramento no MDL no Estado de São Paulo.

3.3.1 Caracterização dos projetos de cogeração por bagaço segundo o MDL

Os projetos sob as regras do MDL para o setor sucro-alcooleiro envolvem a geração excedente de energia elétrica por uma usina. Uma característica particular da geração de eletricidade em unidades sucro-alcooleiras é o uso de bagaço da cana-de-açúcar, como combustível para as caldeiras. As caldeiras geram vapor que é distribuído tanto para algumas etapas do processo produtivo que demandam vapor quanto para a movimentação de geradores de eletricidade para atender às áreas que demandam energia elétrica.

O fator de adicionalidade de um projeto que objetiva se adequar ao MDL encontra-se exatamente na geração excedente de eletricidade com a combustão do bagaço da cana-de-

açúcar nas caldeiras, em substituição aos combustíveis de origem fóssil que, certamente, seriam utilizados caso o bagaço não estivesse disponível para esse fim.

A contribuição dos projetos de cogeração com bagaço para as reduções de emissões é medida por um fator ou índice de emissões. De acordo com Leme (2005), os fatores de emissão ou índices de caracterização são números representativos de uma dada tecnologia ou atividade, que estabelecem relação entre um aspecto ambiental dessa atividade e uma variável associada com o objetivo de caracterizar a atividade quanto a esse aspecto ambiental.

É importante ressaltar que os índices representam valores típicos, devendo ser usados apenas para a obtenção de estimativas. Na prática, uma série de outros fatores – como exemplo, condições de operação, composição do combustível, idade do equipamento, etc. – devem ser considerados se informações mais precisas forem necessárias.

Para este estudo um levantamento prévio foi realizado para identificar os projetos registrados pelo CE do MDL, desenvolvidos por usinas paulistas e adotados como referência para as estimativas dos potenciais de negociação de RCE pelo foco do estudo.

A partir da análise dos dezoito (18) projetos registrados foi possível identificar que a geração de 1 MWh excedente por uma usina equivale a redução 0,268 tCO₂e. É importante destacar que este valor não representa valores médios, mas sim um índice padrão adotado por cada usina para estimar suas reduções de emissões e geração de RCEs e será melhor detalho no item 3.3.2.

3.3.2 Fator de emissões de gases de efeito estufa para cogeração por bagaço

As informações apresentadas neste item são baseadas nos trabalhos de Leme (2005) e Esparta et al. (2006), que se aprofundaram no estudo da aplicação da metodologia de linha de base para projetos MDL de cogeração por bagaço. Para complementar, os documentos de concepção de projeto (PDDs) de duas usinas foram utilizados como base para descrever o fator de emissões adotado nesta dissertação: 0,268 tCO₂e/MWh.

Segundo Leme (2005), o ponto chave no estabelecimento da linha de base em projetos de geração de energia elétrica proveniente das fontes conhecidas como renováveis reside na determinação da geração de eletricidade evitada, ou da eletricidade que seria gerada na ausência do projeto.

Assim, para o autor, se fosse possível simplesmente identificar uma planta específica que o projeto em análise deslocasse quando entrasse em operação, seria direta a determinação da eletricidade evitada e, conseqüentemente, da redução de emissões. Bastaria quantificar o tipo de combustível usado na planta específica e aplicar o fator de emissão correspondente.

No entanto, para plantas conectadas à rede de eletricidade, tem-se maior dificuldade na determinação da geração de eletricidade evitada, já que o uso da biomassa residual de cana-de-açúcar como combustível para geração de eletricidade enquadra-se no caso de geração conectada à rede – Sistema Interligado Nacional (SIN), subsistema Centro Oeste, Sul e Sudeste (CO-S-SE) (LEME, 2005).

Desta forma, os autores citam uma combinação de duas categorias de metodologias de linha de base existentes: uma, que toma por linha de base a influência do projeto na operação das centrais existentes e futuras; e, a outra, que toma por linha de base a influência do projeto na construção de novas centrais de geração (KARTHA, LAZARUS E BOSI, 2002).

Desta forma, foi aprovada pelo Comitê Executivo do MDL, em 22/11/2004, a metodologia “AM0015 – Cogeração com bagaço de cana-de-açúcar conectada à rede” (United Framework Convention for Climate Change - UNFCCC, 2006) para determinação da linha de base de projetos de geração de eletricidade conectados à rede, a partir de bagaço de cana.

A metodologia AM0015 adota os conceitos de margem de operação, margem de construção e margem combinada para determinação da linha de base de projetos de geração de eletricidade com bagaço de cana, considerando seus efeitos tanto na operação das centrais existentes, quanto na construção de novas centrais (LEME, 2005).

Para Leme (2005), a palavra margem, na metodologia, reflete o fato de que os efeitos da nova central no sistema não atingirão todo o parque de geração a ele conectado. Apenas certo conjunto de centrais, que atendem às variações de carga na rede, será afetado. Estas centrais são o que a metodologia chama de margem do sistema, e constituem aquelas centrais com menor prioridade de despacho. São elas as primeiras a serem ligadas ou desligadas em virtude de variações de carga do sistema. Centrais que não pertencem à margem do sistema estão na sua base, e dificilmente seriam afetadas pela entrada em operação da nova central a biomassa.

A aplicação da metodologia AM0015 compõem-se dos seguintes passos, conforme destaca Leme (2005):

(1) Determinação da área de influência do projeto

Para o caso estudado nesta dissertação, que é o Estado de São Paulo, a área de influência do projeto é o subsistema formado pelo conjunto de centrais de geração de eletricidade, conectadas à rede e despachadas de forma centralizada pelo Operador Nacional do Sistema, pertencentes aos subsistemas interligados Sul, Sudeste e Centro-Oeste (S-SE-CO).

(2) Cálculo dos fatores de emissão da operação do sistema, em tCO_2/MWh

Para o cálculo da margem de operação pela média ponderada da geração do sistema, excluindo-se uma parcela das centrais baixo-custo/deve-operar, a metodologia AM0015 determina que devem ser calculados dois fatores de emissão distintos: um para as centrais baixo-custo/deve-operar e outro para as demais centrais. Ambos são calculados pela média ponderada das emissões de gases de efeito estufa correspondentes à energia gerada por essas centrais ao longo do ano.

As centrais baixo-custo/deve-operar procuram representar aquele conjunto de centrais conectadas à rede, e despachadas de forma centralizada, que operariam majoritariamente na base e, por isso, dificilmente seriam afetadas pela operação da central a biomassa de cana. A

metodologia AM0015 assume que pertencem à categoria baixo-custo/deve-operar as centrais hidrelétricas, geotermelétricas, eolioelétricas, termonucleares, centrais a biomassa de baixo custo e centrais fotovoltaicas (ESPARTA et al., 2006).

No Brasil, e particularmente no subsistema S-SE-CO, essa hipótese parece bastante razoável, com a particularidade de que na categoria baixo-custo/deve-operar aparecem apenas as centrais hidráulicas e termonucleares, dado que não há centrais geotermelétricas, eolioelétricas, a biomassa de baixo custo e fotovoltaicas despachadas de forma centralizada no país.

As centrais que não pertencem à categoria baixo-custo/deve-operar são definidas por exclusão, isto é, aquelas centrais conectadas à rede e despachadas pelo Operador Nacional do Sistema - ONS que não sejam hidrelétricas ou termonucleares. Restam, portanto, as centrais termelétricas a combustíveis fósseis: carvão mineral, óleo combustível, gás natural e óleo diesel. Em tese, essas classe de centrais, em virtude de seus mais altos custos de operação, acompanham as variações de carga do sistema, operando majoritariamente na margem. Conseqüentemente, são essas centrais as mais afetadas pela entrada em operação da central a biomassa de cana (ESPARTA et al., 2006).

A determinação dos fatores de emissão, tanto para a categoria baixo-custo/deve-operar quanto para as demais centrais, dependeria de acesso aos dados de operação anual de cada uma das centrais conectadas ao subsistema S-SE-CO e despachadas de forma centralizada pelo Operador Nacional do Sistema.

(3) Determinação da parcela de centrais baixo-custo/deve-operar a ser excluída

A determinação da parcela de centrais baixo-custo/deve-operar a ser excluída, segundo a metodologia AM0015, deve ser feita através do coeficiente λ . Ele é calculado através da curva de permanência de carga do sistema e reflete percentualmente a parcela de tempo em que operam na margem as centrais baixo-custo/deve-operar. Assim, o cálculo de λ depende da

disponibilidade de dados horários da geração no subsistema estudado para obtenção de sua curva de permanência de carga (ESPARTA et al., 2006; LEME, 2006).

O cálculo da curva de permanência de carga está representado na figura 4, apresentada nos trabalhos base citados no início deste item.

O cálculo de λ é feito em três passos, identificados na Figura 4:

- (1) Preenche-se a curva de permanência de carga do sistema de forma que a área mais clara, sob a curva, seja igual à geração baixo-custo/deve-operar;
- (2) Obtém-se o número de horas correspondentes à intersecção da área clara com a curva de permanência de carga, que reflete o número de horas que as centrais baixo-custo/deve-operar estiveram na base da geração;
- (3) Calcula-se λ , como mostrado na figura.

O coeficiente λ reflete, de forma aproximada, a parcela de tempo que as centrais baixo-custo/deve-operar operam na margem, ou seja, a parcela de tempo em que essas centrais acompanham as variações de carga do sistema e, portanto, são afetadas pela entrada em operação da central a biomassa de cana. De forma oposta, λ reflete a parcela de tempo em que as centrais não baixo-custo/deve-operar operam na base e portanto, não são afetadas pela central a biomassa.

O emprego desse fator tem como objetivo corrigir a distorção de se considerar que todas as centrais baixo-custo/deve-operar operam na base e de que todas as demais centrais operam na margem. Em países como o Brasil, e no subsistema S-SE-CO, essa hipótese é verdadeira, já que há grande capacidade instalada em geração hidráulica, o que faz com que parte da geração hidráulica (baixo-custo/deve-operar) opere na margem do sistema, acompanhando suas variações de carga. Dessa forma, λ corrige, de forma aproximada, a participação das centrais baixo-custo/deve-operar na margem, incluindo aí uma parcela delas.

Figura 4 – Curva de permanência de carga do subsistema S-SE-CO.

Fonte: Esparta et al. (2006) e Leme (2005)

(4) Cálculo da margem de operação do subsistema S-SE-CO

A margem de operação do subsistema S-SE-CO é determinado, a partir da equação

(1):

$$EF_{OM, \text{ simples-ajustado}, y} = (1 - \lambda_y) \frac{\sum_{i,j} F_{i,j,y} \cdot COEF_{i,j}}{\sum_j GEN_{j,y}} + \lambda_y \frac{\sum_{i,j} F_{i,j,y} \cdot COEF_{i,j}}{\sum_j GEN_{j,y}} (tCO_2e/MWh)$$

Onde:

- λ_y é a estimativa da razão do número de horas no ano “y” (em %) para o qual plantas baixo-custo/despacho-inflexível despacham na margem.
- $F_{i,j,y}$ é a quantidade de combustível (em massa ou unidade de volume) consumido por fontes de energia no ano y.

- j, refere-se às fontes de energia elétrica disponibilizados na rede, excluindo a operação baixo custo e plantas que devem operar incluindo importação da rede
- COEF i, j, y é o coeficiente de emissões de CO₂ do combustível i (tCO₂/massa ou unidade de volume do combustível), considerando o componente carbono dos combustíveis usados por plantas de energia j (ou m) e a porcentagem de oxidação do combustível no ano y,a.
- GEN j, y é a eletricidade (MWh) entregue à rede pela fonte j (ou m).

Para o cálculo da margem de operação, os dados diários de despacho do Operador Nacional do Sistema (ONS) precisam ser agrupados. No entanto, o ONS não disponibiliza regularmente tais informações o que dificulta o levantamento de tais dados. Para os projetos aqui analisados o cálculo da margem de operação é feito para os anos de 2002, 2003, 2004. O resultado obtido a partir do cálculo da média aritmética foi 0,4310 tCO₂eq/MWh para a margem de operação do subsistema Sul, Sudeste e Centro-Oeste.

(5) Cálculo da margem de construção do subsistema S-SE-CO

O cálculo da margem de construção depende da disponibilidade dos dados de entrada em operação de cada uma das centrais conectadas ao subsistema S-SE-CO e despachadas de forma centralizada. É determinado a partir da equação 2:

$$EF_{BM,y} = \frac{\sum_{i,m} F_{i,m,y} \cdot COEF_{i,m}}{\sum_m GEN_{m,y}} \quad (tCO_2e/MWh) \quad (2)$$

O resultado obtido foi **0,1045 tCO₂/MWh**.

(6) Cálculo da margem combinada do subsistema S-SE-CO

A margem combinada é determinada, conforme metodologia AM0015, pela média aritmética das margens de operação, 0,4310 tCO₂eq/MWh, e de construção, 0,1045 tCO₂eq/MWh. O resultado obtido é de **0,268 tCO₂eq/MWh**. Este valor foi adotado neste trabalho como linha de base para comparação da geração de eletricidade com biomassa de cana no subsistema S-SE-CO.

4 MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo tem como objetivo caracterizar a metodologia de pesquisa adotada, e as simulações com o programa BAG v.1.7 desenvolvido no âmbito do projeto PNUD/MME, que permitiu a definição dos potenciais de geração de eletricidade excedente pelo setor em estudo.

4.1 Caracterização da pesquisa

Conforme exposto, a presente pesquisa busca estimar e avaliar o potencial do Mercado de Carbono para o setor sucro-alcooleiro paulista visando destacar a importância da geração de eletricidade excedente a partir do bagaço da cana-de-açúcar para atrair investimentos adicionais em projetos segundo o MDL de modo a gerar reduções certificadas de emissões passíveis de negociação no mercado de carbono mundial.

Até o presente momento, tal estimativa não foi ainda sistematizada em trabalhos acadêmicos e literatura consultada, o que caracteriza uma pesquisa exploratória e descritiva, pois se pretende explicitar dados relativos ao potencial do mercado de carbono para o setor sucro-alcooleiro paulista e descrever as principais características da relação entre esses segmentos. Para Gil (1988), a pesquisa exploratória visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Também, a pesquisa descritiva tem como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então o estabelecimento de relações entre variáveis.

Quanto à forma de abordagem do problema, esta pesquisa pode ser caracterizada como quantitativa. Para Richardson (1999) o método quantitativo caracteriza-se pelo emprego da quantificação tanto nas modalidades de coleta de informações, quanto no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas, desde a mais simples como percentual, média, desvio-padrão, às mais complexas, como coeficiente de correlação, análise de regressão, etc. É frequentemente aplicado em estudos descritivos.

Tal metodologia foi aqui adotada, uma vez que o objetivo principal deste trabalho é quantificar o montante de RCE que o setor sucro-alcooleiro pode negociar no Mercado de Carbono. A quantificação será realizada a partir das unidades sucro-alcooleiras instaladas no Estado de São Paulo que ainda não estão desenvolvendo projetos de cogeração por bagaço segundo as regras do MDL e que tenham perspectivas de produzir eletricidade excedente até o ano de 2010, decisão que viabiliza a primeira.

Para conhecer as empresas que não dispõem de projetos de MDL foram consultados os projetos de cogeração por bagaço em usinas paulista registrados pelo CE do MDL. Tais informações foram coletadas no sítio da internet da Convenção-Quadro das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas (UNFCCC, 2006), no qual estão disponíveis todas as informações referentes às atividades de projetos existentes no mundo atualmente.

Foram desconsiderados os empreendimentos nos quais já se realizou investimentos nos processos de produção de energia elétrica e que provavelmente, não terão novos investimentos até 2010.

4.2 Técnica de coleta e análise dos dados

Para a coleta de dados secundários referentes ao setor sucro-alcooleiro paulista e ao mercado de carbono recorreu-se a pesquisa bibliográfica a fontes diversas, tais como publicações em revistas científicas, teses e dissertações, relatórios de entidades representativas do setor e universidades, publicações de órgãos governamentais (e.g.,

ministérios, secretarias estaduais e municipais) e institutos de pesquisa. Para a coleta de dados primários recorreu-se a softwares de simulação de potência e entrevistas semi-estruturada.

De modo a facilitar a visualização, o processo de coleta, está sistematizado em etapas.

Etapa 1 - Informações técnicas sobre processo produtivo e de geração de eletricidade disponíveis em usinas.

O levantamento de informações sobre as empresas do setor sucro-alcooleiro, referentes aos sistemas de potência e processo produtivo foi realizado com base no projeto Programa da Nações Unidas para o Desenvolvimento/Ministério de Minas e Energia (PNUD/MME) - “Levantamento do Potencial Nacional de Produção de Eletricidade nos Segmentos Sucro-alcooleiro, Madeireiro e em Usinas de Beneficiamento de Arroz”, coordenado pelo prof. Arnaldo Walter (OLIVEIRA et al., 2006).

As informações referentes ao setor sucro-alcooleiro foram aqui adotadas e adequadas para o Estado de São Paulo a partir dos dados disponibilizados, principalmente, por órgãos governamentais e institutos de pesquisa estaduais. Os principais dados são:

- número de unidades sucro-alcooleiras em operação no Estado;
- expectativas de expansão do setor e inserção de novas unidades até o ano de 2010;
- expectativas de investimentos em cogeração de eletricidade excedente.

Etapa 2 - Levantamento do potencial de geração excedente para setor sucro-alcooleiro - ano base 2010.

Para atingir o objetivo proposto no presente trabalho, foi realizado um levantamento do potencial excedente de geração de eletricidade pelo setor sucro-alcooleiro paulista dentro de um horizonte de médio prazo, ou seja, 2010 (OLIVEIRA et al., 2006). Para o cálculo foi utilizado o programa BAG v.1.7¹⁹ desenvolvido no âmbito do projeto PNUD/MME, um software para simulação computacional de sistemas de potência a vapor, de modo a

¹⁹ Para maiores detalhes consultar Walter (2005).

possibilitar a manipulação de dados e informações técnicas referentes aos sistemas de cogeração dentro do prazo aqui definido.

O potencial de geração de eletricidade foi calculado levando em consideração uma unidade sucro-alcooleira típica, apresentada na Tabela 5. Essa unidade típica foi definida, segundo os dados apresentados no projeto PNUD/MME, levantados junto a empresas do setor, para identificar as práticas comuns e tendências verificadas nos processos de geração de eletricidade nas unidades sucro-alcooleiras e procuraram apenas retratar valores médios (WALTER, 2005).

Deste modo, como descrito na Tabela 5, a moagem média da unidade sucro-alcooleira típica é estimada em 1.800.000 t cana/ano, operando 200 dias na safra, com demanda de vapor do processo de 500 kg/t de cana e moagem horária média de 416,7 t de cana/hora.

Tabela 5: Unidade sucro-alcooleira típica

UNIDADE SUCRO-ALCOOLEIRA TÍPICA		
Parâmetro	Unidade	Valor
Moagem anual média	t de cana/ano	1.800.000
Dias de operação na safra	dias	200
Fator de capacidade - safra e entre safra	%	90
Moagem média horária	t de cana/hora	416,7
Demanda de vapor do processo	kg/tonelada de cana	500
Pressão e temperatura do vapor de processo	bar/°C	2,5/137°C (saturado)
Demanda de potência elétrica	kWh/ton. Cana	12
Demanda de potência mecânica	kWh/ton. Cana	16
Índice de disponibilidade de biomassa	%	28
Umidade do bagaço	%	50

Fonte: Elaboração própria com base em Walter (2005).

Para este estudo foram adotadas duas configurações distintas, aqui denominadas A e B, e para cada uma delas foram definidas variantes da tecnologia de geração de eletricidade (ver Tabela 6) cujos investimentos sejam possíveis para o horizonte de estudo definido, ou seja, 2010. A distinção entre as duas configurações está em: para a configuração A as tecnologias previstas para os processos produtivos são aquelas comumente adotadas nas

usinas e, para a configuração B, são tecnologias mais avançadas, disponíveis no mercado, mas pouco adotadas por esse setor, seja pelos elevados investimentos demandados ou mesmo pelo desinteresse do empresário pela exportação de excedentes.

Para a configuração A, as principais características de operação do processo de geração de energia elétrica envolvem: operação somente na safra, com sistema de turbinas de contra-pressão, caldeiras de 62 bar/470°C e demanda de vapor do processo definida em 500 kg/t de cana.

Para a configuração B a tecnologia empregada para o processo de cogeração envolve: operação do processo o ano todo, com sistema de turbinas de extração-condensação, caldeiras de 82 bar/480°C e demanda de vapor de processo definida em 280 kg/t de cana.

Tabela 6 – Configurações consideradas - sistema de cogeração

Itens do processo de cogeração	CONFIGURAÇÃO	
	A	B
Operação	Na safra	Todo o ano
Sistema	Turbinas de contra-pressão	Turbina de extração-condensação
Caldeiras (por T do vapor gerado)	62 bar/470°C	82 bar/480°C
Demanda de vapor de processo	500 kg/t cana	280 kg/t cana
Biomassa empregada	Bagaço	Bagaço e palha
Potência mecânica [kWh/t cana]	14	14
Eficiência (%) gerador de vapor	83	87
Eficiência (%) isoentrópica da turbina	50	52
Eficiência (%) isoentrópica das turbinas	70	73
Fluxo de vapor para o desaerador (kg/h)	5	5
Excedente bagaço (%) / demanda palha	4,7 / 0,0	0,0 / 40,0

Fonte: Elaboração própria com base em Walter (2005).

A avaliação realizada a partir do software de simulação de sistemas de potência a vapor resultou, conforme Tabela 7, em um potencial de geração excedente de eletricidade dentro do Estado de São Paulo, para o ano de 2010, variando de 1.420 MW a 4.020 MW –

dependendo dos investimentos realizados pelo setor para incremento da tecnologia de geração de energia elétrica.

Tabela 7 - Potencial de cogeração de eletricidade por bagaço da cana - Cenário 2010

Dados do sistema de cogeração	CONFIGURAÇÃO	
	A	B
Índice de geração (kWh/t cana)	61,7	155,5
Índice exportável (kWh/t cana)	49,7	143,5
Potencial de geração (MW médios)	2800	5400
Potencial de excedentes (MW médios)*	1420	4020
*descontada a capacidade instalada em usinas até 2010 = 1380 MW independente da configuração.		

Fonte: Elaboração própria com base em Walter (2005).

Para a configuração A o setor teria um total de energia excedente passível de comercialização de 6.816.000 MWh/safra. A implantação da tecnologia apresentada para esta configuração demandaria investimentos da ordem de R\$ 2-2,5 bilhões (para todo o setor). A comercialização da energia excedente com as distribuidoras poderia representar uma receita aproximada de R\$ 920 milhões para uma tarifa de R\$ 135²⁰ por MWh.

Já para a configuração B o setor disponibilizaria um total de 31.838.400 MWh/ano para comercialização com as distribuidoras, o que poderia representar uma receita bruta aproximada de R\$ 4,3 bilhões. A implantação de tal tecnologia exigiria investimentos estimados em R\$ 6-7 bilhões.

É importante ressaltar que o tempo aproximado para implementação da tecnologia sugerida nas configurações A e B é de aproximadamente vinte e quatro meses, prazo considerado curto se comparado com outras fontes, como a hidroeletricidade, que tarda em torno de cinco anos para implantação.

Estimar o potencial de geração de eletricidade excedente é relevante neste trabalho uma vez que, como apresentado no capítulo 3, somente a partir da produção de excedentes de

eletricidade por uma usina é que se verifica adicionalidade nas atividades de projetos de cogeração com bagaço da cana-de-açúcar segundo às regras do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

Etapa 3 - Cálculo do potencial de geração de RCE pelo setor sucro-alcooleiro para negociação no mercado de carbono.

As reduções de emissões estimadas nas atividades de um projeto MDL são representadas pelo índice definido em tCO₂e. No caso do setor sucro-alcooleiro as reduções de emissões dependerão da quantidade de MWh excedente produzido pelo sistema de cogeração.

Para o levantamento do índice tCO₂e evitada, por cada MWh excedente gerado, foi realizada uma pesquisa junto ao sítio da internet da Convenção Quadro das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas (CQNUMC), para obter informações sobre os projetos paulistas de cogeração com bagaço de cana-de-açúcar registrados pelo Conselho Executivo de MDL. Após essa consulta, foi realizada uma análise de 18 PDDs de usinas paulistas, registrados pelo referido Conselho, com o objetivo de identificar o índice que representa a quantidade de toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e) que tais projetos deixariam de emitir para cada MWh excedente produzido por uma usina. Nos projetos analisados, conforme apresentado no item 3.3.2 o índice é expresso em 0,268 tCO₂e, por MWh, valor adotado neste trabalho.

O cálculo do potencial de negociação de RCE no mercado de carbono para o setor sucro-alcooleiro foi realizado em planilha do Excel, na qual os valores referentes ao potencial de geração de eletricidade excedente, juntamente com o índice em toneladas de dióxido de carbono equivalente (0,268 tCO₂e/MWh) evitadas por projetos cogeração de eletricidade excedente em usinas canavieiras, foram reunidos e manipulados. Desta forma, foram

²⁰ Valor médio estimado a partir do resultado do 1º leilão de energia nova realizado em 2005 (CCEE, 2006).

estimadas as quantidades de emissões evitadas por projetos e a quantidade de reduções certificadas de emissões (RCE) que poderão ser negociadas a partir de projetos de MDL no Mercado de Carbono Mundial.

Etapa 4 - Levantamento dos fatores condicionantes à viabilização dos potenciais

Por fim, foram analisados, também, os fatores condicionantes à efetiva viabilização dos potenciais de geração de eletricidade excedente e criação de RCEs, estimados para o setor em estudo. Tais fatores foram levantados a partir de entrevistas semi-estruturadas. Para Pádua (2004) a entrevista semi-estruturada permite a organização de um conjunto de questões sobre o tema que está sendo estudado, mas permite, e às vezes até incentiva, que o entrevistado fale livremente sobre assuntos que vão surgindo como desdobramentos do tema principal.

As entrevistas foram realizadas junto aos profissionais, pesquisadores e empreendedores, ligados às principais instituições do setor sucro-alcooleiro e mercado de carbono, incluindo aqui as consultorias especializadas em projetos de MDL. A amostra foi composta da seguinte maneira:

- Profissionais de instituições de pesquisa, associações canavieiras e de cogeração e empresas ligadas ao setor elétrico (Tabela 8):

Tabela 8 - Instituições e entrevistados participantes - Perspectivas para cogeração por bagaço

Instituição/Empresa	Entrevistado
Centro de Tecnologia Canavieira (CTC)	André Elia Neto José Suleiman Hassuani
Associação Paulista de Cogeração de Energia (COGEN)	Carlos Roberto Silvestrin
União da Agroindústria Canavieira (ÚNICA)	Onório Kitayama
CENBIO (Centro de Pesquisa em Biomassa)	José Roberto Moreira
Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL)	Paulo Sérgio Javorski

- Consultorias especializadas em projetos MDL e centros de pesquisa (Tabela 9):

Tabela 9 - Instituições e entrevistados participantes - Mercado de Carbono e projetos MDL de cogeração por bagaço

Instituição/Empresa	Entrevistado
Ecoinvest Carbon	Adelino Ricardo Esparta
Instituto Totum	Marco Antônio Fugihara
MGM Internacional	José Roberto Moreira
Fábrica Ética/Centro de Pesquisa em Economia Avançada	Marcelo Theoto Rocha

Para esta etapa foram elaborados dois tipos de roteiros de entrevista: o primeiro objetivou analisar as perspectivas e opiniões quanto à expansão da cogeração de excedentes de eletricidade por biomassa da cana. No segundo, se investigou as perspectivas quanto ao Mercado de Carbono Internacional e potencial do setor sucro-alcooleiro em negociar RCE.

Foi realizado um pré-teste²¹ que possibilitou a apreciação dos instrumentos, com vistas à verificação da capacidade de obtenção das informações necessárias e à detecção de falhas, bem como à realização de um exercício prévio de coleta das informações, de modo que a pesquisadora se familiarizasse com sua aplicação.

Os contatos iniciais foram mantidos por telefone e e-mail e foram apresentadas as informações gerais do trabalho, tais como carta de apresentação e resumo do assunto a ser discutidos nas entrevistas. As entrevistas pessoais ocorreram no período de outubro a dezembro de 2006. A duração das entrevistas pessoais variou de 40 a 80 minutos.

É importante ressaltar que em alguns casos a participação do entrevistado se deu por e-mail, em forma de questionário dissertativo, já que fatores como indisponibilidade de tempo do entrevistado e limitações de tempo para a conclusão do trabalho interferiram na realização das entrevistas por contato pessoal.

²¹ Participaram do pré-teste o Prof. Dr. Arnaldo Walter (cogeração) e o Prof. Dr. André Felipe Simões (Mercado de Carbono), ambos da UNICAMP.

Foram contatados, no total, 14 profissionais representantes de associações sucro-alcooleiras, de cogeração, empresas de energia, centro de pesquisas, consultorias ligadas ao segmento de projetos MDL, mas cinco entrevistas não foram consolidadas nesta etapa do trabalho, pelos seguintes motivos: os profissionais não dispunham de informações que atendessem o roteiro de pesquisa por completo; indisponibilidade de tempo do profissional; e estrutura societária que restringisse a divulgação de dados e opiniões.

Na operacionalização ou tratamento dos dados desta pesquisa, seguiu-se os passos: ordenação dos dados (com a transcrição das gravações, releitura do material e organização dos relatos); agrupamento dos dados e análise final.

Etapa 5 - Estudo de casos comparativo

De modo a analisar, as motivações dos empreendedores do setor em estudo, para investimento e não investimento em projetos MDL, pelo setor sucro-alcooleiro, foram entrevistados dois representantes de usinas localizadas na região noroeste do Estado de São Paulo (Tabela 10):

Tabela 10 - Usinas e entrevistados participantes	
Usina	Entrevistado
Usina Cerradinho Açúcar e Alcool S.A.	José Fernandes Rio Hebert Moraes Machado
Usina Santa Isabel S.A.	Alcides Luis Graciano

Para esta fase de entrevistas foram adotados os seguintes critérios de seleção:

- Usinas com características similares nos quesitos: tamanho (processamento de cana-de-açúcar) e potência exportada (MW).
- Usina que investiu em projeto de cogeração por bagaço segundo o MDL;
- Usina que não investiu em projeto de cogeração por bagaço segundo o MDL.

O estudo de casos objetivou a identificação simplificada dos fatores condicionantes da concretização do potencial do mercado de carbono, para que fossem compreendidas as motivações a que estão sujeitos os empresários do setor quando optam pelo desenvolvimento de projetos MDL, bem como identificar os motivos pelos quais determinado empresário não investiu neste tipo de projeto. É importante ressaltar que o resultado do estudo de casos foi apresentado somente com o objetivo de observar o comportamento de duas unidades e a generalização de opiniões fica comprometida já que a amostra é pequena (duas usinas).

No capítulo 5 serão apresentados os resultados do potencial de geração de RCE pelo setor sucro-alcooleiro paulista para negociação no Mercado de carbono e análise das entrevistas realizadas para esta dissertação.

5 RESULTADOS E ANÁLISE CRÍTICA DOS DADOS

O objetivo desta dissertação é avaliar o potencial de negociação de RCE pelo setor sucro-alcooleiro paulista no Mercado de Carbono a partir da cogeração por bagaço da cana-de-açúcar. Neste capítulo, apresentam-se os resultados obtidos na avaliação dos potenciais de cogeração de excedentes de eletricidade, emissões evitadas e conseqüente geração de Reduções Certificadas de Emissões, bem como a análise das entrevistas realizadas junto aos profissionais ligados às áreas de estudo.

5.1 Potencial de geração de RCE pelo setor sucro-alcooleiro

Baseado no potencial de energia elétrica excedente, apresentado no item 4.2 para as configurações A e B, e adotando os dados das unidades (18 usinas) pesquisadas que desenvolveram projetos MDL, tornou-se possível a simulação do potencial do setor sucro-alcooleiro paulista para negociar RCEs no mercado internacional de carbono.

A Tabela 11 mostra as emissões evitadas de CO₂ equivalente para as configurações A e B, por safra, para um índice estimado em 0,268 tCO_{2e}/MWh.

Tabela 11 - Emissões de CO_{2e} evitadas, por safra/ano, baseado na potência excedente (MW)

Conf.	MW excedente	Horas (*)	MWh	Índice(**)	tCO ₂ eq.ev.
A	1.420	4800	6.816.000	0,268	1.826.688
B	4.020	7920	31.838.400	0,268	8.532.691
(*) configuração A = 200 dias * 24 horas / configuração B = 330 dias * 24 horas					
(**) toneladas de CO ₂ equivalente evitado - tCO _{2e}					
Observações: os dias de operação representam o período de operação total no ano ou safra descontados 10% para períodos de ajustes ou paradas. Para configuração A=220 dias safra e B=365 dias no ano.					

O setor sucro-alcooleiro paulista poderia evitar a emissão de 1,8 milhão tCO_{2e}, para a configuração A, e 8,5 milhões tCO_{2e} para a configuração B, por ano. A negociação de RCEs geradas pelas emissões evitadas poderia proporcionar ao setor sucro-alcooleiro retornos financeiros significativos, dependendo do valor negociado por RCE. Na tabela 12, apresentam-se resultados de simulações para diversos cenários de valoração das RCEs. O período de contrato é de sete anos. Os valores adotados em dólares para a unidade de RCE foram baseados nas médias de preços praticados no mercado de emissões internacional, em 2006, verificados junto ao sítio PointCarbon²² e, também, em tendências de preços estimadas para o mercado mundial, tal como apresentam Dubeux e Simões (2005), ou seja, variando entre US\$ 5 e US\$ 32.

Tabela 12 - Projeção em dólares para retorno esperado – comercialização de RCE

Projeção para RCE (US\$ 1.000.000) e tCO _{2e} - contrato de 7 anos							
Conf.	tCO _{2e}	\$5,00	\$8,00	\$10,00	\$20,00	\$25,00	\$32,00
A	12.786.816	\$ 63,93	\$102,29	\$127,87	\$255,74	\$319,67	\$409,18
B	59.728.837	\$ 298,64	\$477,83	\$597,28	\$1.194,57	\$1.493,22	\$1911,32

É possível observar que, para a configuração A, as emissões evitadas de CO₂ pelo setor atingiriam 12,8 milhões de toneladas em sete anos. Em termos financeiros essas reduções de emissões poderiam representar US\$ 409 milhões em créditos de carbono pelo período de contrato, considerando um preço negociado por crédito de US\$ 32,00/tCO_{2e}.

Considerando as projeções para configuração B, notam-se valores muito mais significativos tanto para os índices de reduções de CO_{2e} quanto para as receitas associadas.

Para um contrato de sete anos de vigência tem-se uma redução aproximada de 60 milhões de tCO_{2e}, com retorno financeiro estimado em US\$ 1,9 bilhão pelos créditos negociados, para um preço por crédito de US\$ 32,00/tCO_{2e}.

²² Point Carbon disponibiliza análises sobre a movimentação e evolução do mercado de carbono

Os potenciais estimados acima são poucos expressivos, se comparados com outros projetos, como por exemplo, um projeto de decomposição de HFC23 desenvolvido na China. Tem-se uma vantagem imensa para o projeto Chinês. Os projetos de cogeração por bagaço com potencial de realização no Estado, para a configuração A, representariam 31,6% de um único projeto chinês, ou seja, 12,7 milhões tCO₂e, contra 40,5 milhões de tCO₂e em sete anos²³ (UNFCCC, 2007).

Para o setor desenvolver maior quantidade de projetos MDL será preciso resolver primeiro a questão que envolve a disponibilização dos excedentes de eletricidade, já que foi possível constatar nas entrevistas com profissionais ligados ao setor que existem ainda muitas barreiras a serem vencidas quanto a produção, disponibilização e comercialização de eletricidade pelo setor no mercado de energia. Mesmo assim, será impossível atingir níveis parecidos ao do projeto chinês citado acima.

5.2 Análise das entrevistas: perspectivas quanto à viabilização dos potenciais estimados

As simulações realizadas nos itens 4.1 e 5.1 resultaram em valores que poderão ser verificados, considerando a expansão da cogeração de excedentes de eletricidade e desenvolvimento de projetos MDL pelo setor sucro-alcooleiro. O levantamento das perspectivas foi realizado a partir de entrevistas, como mencionado na etapa 4 do item 4.2.

A realização de entrevistas semi-estruturadas junto aos profissionais ligados ao setor sucro-alcooleiro e mercado de carbono permitiu conhecer os aspectos importantes relacionados à expansão da cogeração por bagaço e desenvolvimento de projetos MDL.

– Potencial da expansão da cogeração de excedentes pelo setor sucro-alcooleiro

²³ O projeto chinês usado como referência tem um período de contrato de 21 anos (2007-2027) e os valores usados para a comparação são equivalentes a 7 anos desse mesmo projeto.

Os entrevistados foram questionados sobre as perspectivas de expansão da geração de eletricidade pelo setor sucro-alcooleiro no Estado de São Paulo.

Para Carlos Silvestrin (Associação Paulista de Cogeração – COGEN), a expansão da cogeração será intensificada a partir de 2008 e estará consolidada entre os anos de 2010 e 2015, e uma expansão maior poderá ser verificada com a introdução de novas tecnologias (gaseificação de biomassa, maior utilização da palha, etc.) Aproximadamente 1500 - 2000 MW poderão ser disponibilizado pelo setor de 2008 até o ano de 2015, motivado principalmente pelo leilão de energia.

O entrevistado também afirma que a expansão no Estado de São Paulo está ocorrendo na região oeste, onde cerca de 40 novas usinas estão sendo construídas, ou estão em projeto para instalação até o ano de 2010. Nas regiões tradicionais (Região Nordeste e Noroeste, que já dispõem de um parque canavieiro) haverá uma tendência de troca de equipamentos e conseqüente aumento da eficiência dos processos produtivos, agrícolas (produção de maior volume tonelada por hectare) e intensificação de mecanização da colheita, o que possibilitará um maior aproveitamento da palha, já que os preços da energia poderão melhorar a viabilidade de se utilizar a palha como combustível.

Segundo Paulo Javorski (CPFL), da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), empresa pioneira em contratar eletricidade do setor sucro-alcooleiro, o setor elétrico apresentará um déficit entre a demanda e a oferta de energia já no ano de 2010 com tendências crescentes para os anos seguintes. A partir dessa perspectiva, maior incentivo deverá ser dado a outras fontes de geração como a cogeração por bagaço. Deve-se considerar também que a oferta futura para cobrir esse déficit terá origem em fontes hidráulicas, já mapeadas, principalmente na região Amazônica, fator que quebrará o paradigma de menor custo de produção deste tipo de energia, já que o custo de transporte para as regiões consumidoras será elevado.

Será neste momento que as fontes alternativas de energia passarão a ser mais competitivas. Ademais, a geração de eletricidade pelo setor sucro-alcooleiro apresenta algumas vantagens, citadas pelo entrevistado: é realizada por empreendimentos de pequeno porte, instalados próximos aos centros de consumo, que se utilizam de tecnologia produzida no Brasil, incentivando a indústria nacional, trazendo benefícios econômicos, já que o investimento em tecnologia nacional é menor e há benefícios sociais com a criação de empregos. É o que o entrevistado chama de relação “ganha-ganha” que ainda não foi enxergada pelo poder público.

– **Motivações para investimentos na expansão da cogeração por bagaço**

Os entrevistados explicitaram suas opiniões sobre os fatores que motivariam os empresários a realizar investimentos na cogeração de excedentes de eletricidade. Desta forma, para Carlos Silvestrin, o fator preponderante seria a segurança na regulamentação da energia cogerada para o investidor, ou seja, o investidor pode investir no projeto com a segurança legal de compra da energia tanto para venda no mercado regulado como no mercado livre.

Outro fator importante, citado por Carlos Silvestrin, seria o reconhecimento do valor agregado dessa energia (chamada pelo entrevistado de bioeletricidade) por ser ofertada no período seco. Nos leilões, esse valor fica explicado em uma fórmula denominada custo econômico de curto prazo. “Em cada leilão esse valor tem variado, o que vem desestimulando alguns investidores devido a incerteza dos benefícios da venda da bioeletricidade.”

Para o entrevistado existem fatores indutores e limitadores de novos investimentos. Os fatores limitadores são:

- disponibilidade do sistema elétrico para conexão da oferta da energia no sistema. As novas usinas estão sendo construídas em áreas abertas nas quais as linhas constituem-se “mais como de iluminação rural, do que com capacidade

de transporte de energia”. Com o aumento significativo da pressão das caldeiras o tamanho dos projetos aumenta, exigindo um sistema de transmissão de 138.000 volts, sistema não disponível em muitas localidades, como na região Centro-Oeste, por exemplo.

- infra-estrutura precária para o escoamento da produção de etanol e açúcar, fator que pode inibir investimentos em novas unidades com potencial de geração de excedentes.

Os fatores indutores são:

- as perspectivas de um preço que possa remunerar adequadamente a eletricidade. Essa remuneração poderia ser equiparada àquela verificada na comercialização do açúcar e do etanol.
- a possibilidade de comercialização de créditos de carbono.
- o uso de melhores tecnologias (já disponíveis). As usinas vivenciam o início do ciclo de caldeiras acima de 60 bar. Segundo Silvestrin, existem oito iniciativas de uso de caldeiras de 93 bar.

De acordo com Onório Kitayama (UNICA) “novas iniciativas precisam de incentivo. No caso da geração por bagaço, o governo não atribui a devida importância a esse segmento”. Assim, destaca a necessidade das seguintes iniciativas:

- Desenvolvimento de políticas públicas pelas quais o governo deve viabilizar também a bioeletricidade, e não somente o álcool.
- Fomento à maior familiarização do empresário com as oportunidades da bioeletricidade. O empresário desconhece que essa energia tem menor custo que a hidroelétrica. O governo deve atribuir maior remuneração aos investimentos feitos pelo empresário do setor sucro-alcooleiro.

- Definição de políticas públicas voltadas a disponibilização da energia gerada pelas usinas, na rede de distribuição, de modo que os custos desta conexão sejam rateados entre o empresário, governo e as distribuidoras. Para o entrevistado, é incoerente o usineiro construir a linha com recursos próprios e depois ceder à concessionária, por não ser atividade da usina transmitir e manter a linha de transmissão.

O entrevistado aponta que o setor está crescendo para fora do Estado de São Paulo e nessas regiões o sistema de transmissão de energia é muito ineficiente para conectar-se ao Operador Nacional do Sistema. Por isso, é importante que o governo defina políticas para tratar da disponibilização da bioeletricidade na rede.

Suleiman Hassuani (Centro de Tecnologia Canavieira - CTC) destaca dois fatores que têm sido preponderantes para motivar novos investimentos:

- a expansão do setor; e
- os preços atrativos da energia elétrica para novos projetos.

Já André Elia (também do CTC) acredita que o único fator motivador é a remuneração atrativa da energia elétrica.

Para Paulo Javorski (CPFL), a existência de marcos regulatórios motivariam a expansão. “Hoje um empreendedor do setor sucro-alcooleiro já tem “benefícios” regulatórios para adentrar no mercado de energia, como o PROINFA e os leilões, que são janelas que se abriram ao setor para dar vazão a energia excedente. De outra forma, a iniciativa privada está buscando abrir o mercado livre para esses empreendedores. Ou seja, o empreendedor tem a opção de vender energia elétrica tanto no mercado regulado quanto no mercado livre.” Há necessidade da abertura de mercado, onde haja liberdade na comercialização de energia de modo que todo benefício que esse tipo de geração proporciona possa ser repassado via

intermediário, ou seja, se uma empresa compra essa energia, que ela possa repassá-la para o consumidor final, que é um impedimento hoje. As regulamentações impedem que as usinas vendam sua energia via distribuidora. Os contratos são feitos diretamente com os consumidores, fato que, segundo o entrevistado, é um problema para os empresários do setor sucro-alcooleiro que não estão habituados a negociar energia elétrica diretamente com o consumidor final por não ser sua atividade fim (ou seja, a venda de açúcar e álcool).

Outra consideração a ser feita está relacionada aos custos de uso da rede pelo empreendedor. Em relação a esse custo já existe um benefício concedido ao setor canavieiro. Para potência gerada de até 30 MW, o empreendedor pode usufruir um benefício de desconto de 50% do custo de uso da rede.

Entretanto, o entrevistado acredita que esse benefício poderia ser estendido aos demais empreendimentos do setor e afirma que é preciso reavaliar essa restrição, disponibilizando o desconto para empreendimentos que têm capacidade acima de 30 MW. Também afirma que esse limite foi baseado na eletricidade oriunda de usinas hidroelétricas que até 30 MW (micros e Pequenas Centrais Hidroelétricas – PCHs) não eram operadas pelo sistema. No caso da cogeração por biomassa (bagaço) esse limite está equivocado, pois as usinas que disponibilizam potência superior a 30 MW não são operadas pelo sistema e não deveriam ter uma imposição de limites. Tais limites precisam ser trabalhados por via regulatória para que os geradores a biomassa recebam um tratamento a partir de sua diferença em relação à hidroeletricidade.

Segundo José Moreira (CENBIO) os seguintes fatores motivariam investimentos:

- ✓ fator econômico, ou seja, melhor remuneração pela energia exportada, considerando os melhores preços verificados nos leilões..

- ✓ redução do número de concorrentes no mercado, já que se verificam dificuldades na disponibilização do gás como energético e barreiras ambientais na construção de novas usinas hidrelétricas.
- ✓ a viabilização do uso da palha (em projetos de gaseificação de biomassa).
- ✓ redução dos custos de geração e melhor aproveitamento da palha com o uso de novas tecnologias (processos mais eficientes).

– **Estimativas de expansão**

Os entrevistados foram questionados sobre a proporção em capacidade de uma provável expansão da cogeração e o período de operação (somente na safra ou o ano todo).

De acordo com Carlos Silvestrin, o processo de cogeração, operando com caldeiras de alta pressão (a partir de 60 bar) e com moendas eletrificadas, apresenta uma relação média da ordem de 30% de eletricidade para auto-consumo e 70% para exportação. Para cada caso, individualmente, essa relação pode variar.

Para exemplificar, uma usina com geração de eletricidade em 30 MW. Aplicando a relação 70%-30% seriam disponibilizados cerca de 10 MW para auto-consumo e 20 MW para exportação. Se as usinas em construção (40 unidades) disponibilizassem 20 MW de excedentes cada uma, no ano de 2010 cerca de 800 MW poderiam ser exportados para a rede.

Para o entrevistado a instalação de 400 MW de turbinas com condensação possibilitaria a utilização de equipamentos para geração na entre-safra com adequação da potência disponibilizada. Esse cenário é bastante motivador quando se pode combinar a biomassa com outro combustível, podendo comercializar essa energia na forma de reserva de capacidade. O combustível complementar pode ser óleo, gás natural ou a própria biomassa. Há um projeto em desenvolvimento denominado GT-Flex – Geração Térmica Flexível que

faz uso dessa combinação. Desta forma, é possível ter a planta industrial da usina e instalar ao lado um sistema de queima desse combustível complementar com outro tipo de caldeira.

De acordo com Suleiman Hassuani, até 2015 a comercialização de excedentes de eletricidade deverá mais que triplicar, atingindo valores próximos a 1500 MW. Tudo indica que a geração irá se restringir ao período da safra. André Elia complementa e afirma não acreditar em uma expansão da cogeração por bagaço após 2015. Afirma que nesta época o sistema já estará consolidado, inclusive com as novas unidades operando.

Para Paulo Javorski, ocorrerá um aumento de 1000 MW até 2010 envolvendo as plantas existentes e novas. A expansão dependerá da demanda futura dessa energia elétrica, o que provavelmente ocorrerá, já que se estima um déficit entre a oferta e a demanda para o ano de 2010, e de maiores investimentos do setor na melhoria de eficiência do processo produtivo e de cogeração.

E ainda, acrescenta, que um fator que pode desacelerar essa expansão é uma situação adversa nos mercados de açúcar e álcool, nos quais a atratividade pode não ser tão grande quanto se vislumbra. Porém, sabe-se que em relação ao álcool existe um mercado comprador externo cada vez mais amplo, dado o valor do álcool quanto aos benefícios para reduções de emissões. Tem-se aí a geração de créditos de carbono, como mais um elemento de receita, mas que hoje não é incorporado nos projetos de geração. Os créditos de carbono são usados como “*upside*”, pós-projeto. Se o empreendimento fechou com uma taxa de retorno adequada existe ainda o incremento da venda de créditos de carbono.

...“Considerando a importância das questões ambientais no mundo, na medida em que os mercados mundiais passarem a ter consciência de que isso é uma figura firme na solução ambiental, acredita-se que os preços dos créditos de carbono vão crescer e trazer maior atratividade ainda. Então, agrega-se energia, crédito de carbono e há espaço para a volatilidade dos

preços do açúcar e do álcool, muito mais do açúcar, afinal o álcool também será muito demandado.”

“Na verdade os usineiros estão constituindo um portfólio de produtos.... Quanto maior flexibilidade no sistema de produção, mais fácil administrar o risco futuro.”

Moreira, acredita que até 2011 um total de 2500 MW possa ser disponibilizado, mas afirma que a expansão da cogeração por bagaço é limitada já que não há tanta demanda para motivar a disponibilização de valores superiores a 2500 MW. Para complementar afirma que a crise de energia ocorrida em 2001 foi motivada por ingerência do setor elétrico.

– **Utilização da palha da cana-de-açúcar como combustível no processo de cogeração**

Foi perguntado aos entrevistados sobre o aproveitamento da palha nos processos industriais da usina, já que algumas tecnologias, como a gaseificação combinada de bagaço e palha, podem aumentar ainda mais a eficiência dos processos de cogeração.

Carlos Silvestrin apresenta duas correntes para tratar da viabilidade do aproveitamento da palha. Na primeira, considera a palha como um ótimo fertilizante orgânico, mas que precisa de manuseio adequado, já que se verifica a formação de um “carpete” espesso sobre a lavoura, o que pode afetar a produtividade de algumas variedades de cana que não conseguem perfurar esse “carpete”. Assim, é necessário que parte dessa palha seja retirada. Destaca a importância, então, da existência de um processo industrial para aproveitamento dessa palha, que demandaria equipamentos que recolhessem, enfardassem e transportassem esse material até a usina, onde seria picado para entrar no processo (caldeiras) com as mesmas características (dimensões) do bagaço. A grande vantagem da palha é que esta apresenta umidade entre 10-15%, enquanto que o bagaço apresenta 50% de umidade, o que proporciona um ganho de eficiência na queima de palha por ser mais seca.

Em segundo lugar afirma ser importante destacar que estão se desenvolvendo tecnologias que utilizam parte do bagaço e da palha no processo, como a hidrólise, que converte esse material em etanol. A hidrólise tende a ganhar força. A medida que se aumenta a mecanização, se aumenta a disponibilidade da palha, e a medida que se aumenta a quantidade de usinas não há destinação à essa palha.

Para o entrevistado mesmo com o desenvolvimento da hidrólise haverá biomassa suficiente para ser utilizada como combustível nas caldeiras.

“A expansão que o setor vive sempre será superior à máxima velocidade que se consiga implantar para transformar bagaço em líquido. Não há velocidade que consiga consumir todo o bagaço disponível.”

Onório Kitayama afirma que as perspectivas positivas de utilização da palha têm relação com a viabilidade econômica. Para ele, os preços da energia elétrica deverão remunerar o transporte dessa palha, mas faz uma ressalva: “deve-se aproveitar melhor o potencial do bagaço, para então se pensar na palha”.

Para Suleiman Hassuani as perspectivas dependem de soluções técnico-econômicas, que estão em andamento. As usinas iniciantes ou de vanguarda estarão operando dentro de 2 a 5 anos com novas tecnologias, mais eficientes, e que melhor remuneram os investimentos para uso desse subproduto.

André Elia acredita que a viabilidade financeira é sempre dependente do preço atrativo de energia elétrica, que neste caso deve ser tratada como “energia verde” (preços subsidiados), pois os custos envolvidos são elevados, principalmente, em relação ao transporte da palha e às tecnologias necessárias para recolhimento desse material (equipamentos e máquinas).

O entrevistado acredita que mesmo não se viabilizando financeiramente, a viabilidade ocorrerá por questões ambientais (incluindo a legislação da não-queimada), afinal tem que se

dar um destino à palha que não tem condições de ficar acumulada no campo, e se houver necessidade de uma disposição, nada melhor e mais barato do que o aproveitamento energético na própria usina. Também, afirma que em menos de 5 anos as grandes usinas do Estado de São Paulo estarão aproveitando a palha conjuntamente com o bagaço.

De acordo com Paulo Javorski não há dúvida quanto a busca pela viabilidade de uso da palha, mas o custo da energia elétrica é importante. A viabilidade se verificará a partir de iniciativas de uso da palha em processos de gaseificação. Para ele, a busca pela eficiência vai acontecer e a relação custo benefício vai ser positiva. Dentro de um prazo de 3 anos esse combustível será incorporado ao processo de cogeração. O entrevistado ressalta, no entanto, que a expansão do sistema de cogeração no setor sucro-alcooleiro não depende só do preço de energia elétrica, mas, principalmente do mercado de açúcar e álcool.

José Moreira acredita que as perspectivas de uso da palha são excelentes, principalmente se a remuneração pela energia elétrica for apropriada. Para ele é questionável a necessidade de deixar grande quantidade de palha no campo. Se o preço final da energia for atrativo, torna-se viável o transporte da palha até a usina para fins energéticos.

– **Capacidade de financiamento da expansão por empreendedores do setor sucro-alcooleiro**

Foram analisadas as condições de financiamento dos empreendedores para investir no processo de cogeração. De modo geral, os entrevistados concordam que esse não se caracteriza como fator limitador de investimentos já que esse setor é destaque na economia nacional como apresentado no capítulo 2.

Assim, para Carlos Silvestrin o setor não tem problema de estrutura financeira mas sim de estrutura societária (78% da estrutura societária do tipo familiar) e esse seria um impedimento aos investimentos na cogeração de excedentes.

“Tanto as usinas quanto a indústria de base ligada ao setor são, em sua maioria, empresas familiares que conviveram entre períodos de glória e fracasso. Hoje, com uma visão mais globalizada, 5 a 6% do capital é estrangeiro, mas o restante ainda provém das empresas tradicionais e familiares.”

Carlos Silvestrin afirma que está ocorrendo uma mudança na visão das empresas familiares, devido ao crescimento dos negócios. A decisão de manter a estrutura como está, poderá trazer a estagnação de uma unidade. Se o objetivo é continuar crescendo a estrutura deverá ser mais flexível, com abertura para novos parceiros e uma nova estrutura de negócios, ou seja, uma estrutura voltada à profissionalização que ainda é pequena, mas que tende ao crescimento.

“Se não houver essa adequação é provável que as unidades sejam engolidas.”

Para Onório Kitayama o setor tem meios de auto-financiamento, mas muitos empresários ainda não perceberam as oportunidades do mercado (cita como exemplo a venda antecipada dos contratos de energia).

André Elia afirma que o setor tem condições de expansão com recursos próprios (porém não dispensam recursos do BNDES e outros), ou mesmo recursos da bolsa de valores (venda de ações em bolsa) e estrangeiros. Suleiman complementa que o setor já está se expandindo com recursos próprios, do BNDES e de investidores privados, e a geração de energia elétrica já tem sido considerada nesta expansão.

Para José Moreira o setor dispõe de estrutura para pagar uma parte (cerca de 10%) e financiar a outra parte junto ao BNDES, desde que as taxas de juros estejam entre 8-9% ao ano. No entanto, algumas empresas estão com dificuldades para honrar suas obrigações, o que dificulta a captação de recursos no mercado financeiro.

Outra questão apresentada pelo entrevistado envolve o interesse dos empresários em investir em energia elétrica, já que o açúcar e o álcool apresentam grandes retornos para o empreendimento e são as atividades fim desse setor, o que faz o empresário preferir investir em novas unidades com maior certeza de retorno e melhor remuneração do que os investimentos na cogeração, já que há incertezas quanto a venda e a remuneração adequada da eletricidade excedente.

– **Cogeração de excedentes e os projetos segundo o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo**

Foi investigado se os projetos para comercialização de créditos de carbono poderiam incentivar os investimentos em cogeração de excedentes pelos empresários do setor sucroalcooleiro.

De acordo com Carlos Silvestrin em uma usina nova a venda de energia elétrica pode representar de 25-40% do resultado do negócio (açúcar, álcool, eletricidade). O MDL é um fator secundário, uma vez que o empresário está habituado a lidar com mercadorias físicas (açúcar e etanol). Os créditos de carbono e a bioeletricidade são mercadorias virtuais que são novas para esses empreendedores.

“O crédito de carbono sempre será coadjuvante do processo principal da usina.”

Algumas iniciativas, no entanto, tendem a incentivar um maior desenvolvimento de projetos, como a parceria estabelecida entre a COGEN, ÚNICA e o Banco Mundial, que denota a importância dos projetos MDL de cogeração por bagaço. O Banco estará promovendo um leilão de créditos de carbono oriundos da cogeração por bagaço em 2007. Como incentivo à disponibilização de projetos por empresários do setor o Banco estará financiando uma parte das despesas decorrentes do processo de validação dos projetos das

usinas interessadas em participar, e assegurando a compra e manutenção do preço mínimo do crédito durante a realização do leilão.

Para Paulo Javorski os créditos de carbono são vistos como um incremento para os investidores e incentiva a melhoria tecnológica.

“Quanto mais rápido o avanço dos créditos de carbono, mesmo com custo maior de energia elétrica, a receita dos créditos de carbono vai viabilizar o salto de eficiência tecnológica. Os créditos de carbono vêm ou complementar ou melhorar a eficiência dos processos produtivos.”

Para Suleiman e André Elia os projetos de MDL são um bônus e não um “*driver*” motivador. O projeto MDL não pode alavancar investimento, no caso específico de cogeração. Pode sim, contribuir para melhorar a receita (mesmo assim com uma margem muito pequena). A burocracia, o custo do projeto MDL, e a linha de base também são empecilhos.

Para José Moreira os projetos MDL são complementares aos projetos de cogeração de eletricidade, muito embora sejam expressivas as oportunidades oferecidas pelos projetos. No entanto, o entrevistado acredita que essas oportunidades sejam finitas.

– **Perspectivas quanto aumento de eficiência dos processos produtivos**

Os entrevistados foram também questionados sobre as perspectivas de melhoria dos processos produtivos e de cogeração. O quadro abaixo mostra os aspectos do processo avaliados, bem como as perspectivas dos entrevistados para o ano de 2010. Os comentários adicionais feitos pelos entrevistados são apresentados a seguir.

Tabela 13: Perspectivas para processos produtivos em 2010, avaliados nas entrevistas

Entrevistado	ASPECTOS DO PROCESSO				
	Demanda de vapor do processo	Tipo de biomassa	Período Operação (safra ou ano todo)	Caldeiras (pressão, em bar)	Elettrificação do acionamento (Moendas)
Carlos Silvestrin	Diminuição	Bagaço e maior aproveitamento da palha	Safra	65 até 92 (520°C)	Maior eletrificação
Onório Kitayama	Diminuição para 350 kg e estabilização	Bagaço + palha	Safra	A partir de 65 bar	Maior eletrificação
Suleiman Hassuani	Diminuição	Bagaço + 0-20% palha	Safra	65 – alguns projetos 85, ou mais	Elettrificação é realidade
André Elia	Diminuição	Bagaço	Safra	65	Maior eletrificação
Paulo Javorski	Tende a se manter	Bagaço – palha precisa de maior incentivo	Safra	Padrão de 60 bar está consolidado	Maior eletrificação
José Moreira	-	Bagaço, palha ganhará importância	safra estendida (260 dias)	60 – 85 ideal para o setor	Maior eletrificação

Para Carlos Silvestrin, a diminuição da demanda de vapor do processo ocorrerá na medida em que se introduz a eletrificação dos equipamentos do processo e se otimiza a eficiência energética. Quanto mais eficiente for a usina, mais vapor será disponibilizado para a geração de eletricidade.

A tendência de maior aproveitamento da palha ocorrerá a partir do desenvolvimento de novas tecnologias para a colheita e para o processamento da palha, que tende a ganhar espaço como combustível.

Operar na safra e entressafra é algo que depende tanto da variedade da cana, quanto do fator clima e de terra disponível. “Não é uma vontade administrativa, somente, operar o ano todo.” O desenvolvimento de variedades transgênicas pode alterar ou estender o período de operação de usinas. Em relação às moendas, haverá uma tendência de aumento de sistemas com acionamento elétrico e o uso de caldeiras de 65 – 67 bar com limite até 93 bar e 520°C.

Para Onório Kitayama a demanda de vapor do processo tende a diminuir para 350 kg/tc com condensação, e estabilizar. Ressalta que a economia de vapor pode ser

transformada em eletricidade. O entrevistado acredita que investimentos para reduzir a demanda de vapor para 180 kg/tc ainda são muito elevados, considerando as características desse setor. Também acredita que a biomassa empregada será bagaço mais a palha, já que há uma tendência de se manter a tecnologia de caldeiras a partir de 60 bar, que permite o aproveitamento de 10% de palha. No entanto, afirma que políticas de incentivo devam ser criadas.

O entrevistado considera o período de safra como apropriado para operação, complementando a geração hidroelétrica, com maior tendência de eletrificação dos processos, e destaca o seguinte:

“Para contratos de disponibilização de eletricidade o ano inteiro o empresário perde o CEC (custo econômico de curto prazo)”.

O CEC é um bônus oferecido aos projetos de biomassa da cana por fornecer energia no período seco quando a segurança da energia hidroelétrica é menor.

Suleiman Hassuani acredita que a demanda de vapor do processo deve diminuir para possibilitar o aumento na geração de energia elétrica. Quanto à biomassa, afirma que será usado bagaço e em alguns casos bagaço somado a uma proporção entre 0 e 20% de palha, operando na safra, já que “os custos de operação na entressafra só se justificam quando há fábricas anexas.” Acredita que para as caldeiras a tendência imediata é de 65 bar, mas considera iniciativas para se utilizar equipamentos com pressões de 85 ou mais em alguns projetos. Também afirma que o acionamento elétrico de sistemas mecânicos já é uma realidade.

André Elia afirma que a usina demandará menos vapor para o processo, podendo utilizar ambos os tipos de biomassa. Porém, a palha será usada quando for um empecilho para as operações agrícolas (plantio da cana-de-açúcar). A tendência de operação será somente na safra, “pois não se verifica linha de pesquisa para cana produtiva o ano todo”. No entanto,

sugere que as usinas poderiam, na entressafra, utilizar gás natural para suprir a demanda em períodos de seca. A tendência imediata é de caldeiras com pressão de 65 bar (algumas usinas têm investido em equipamentos de 85 e até 100 bar) e o acionamento elétrico de moendas já é uma realidade em algumas poucas usinas.

Paulo Javorski acredita que as mudanças tecnológicas ou de utilização da palha precisam ser fomentadas pela natureza do setor, que passa por uma fase de modificação lenta e gradual, com maior profissionalização, e também acredita que usinas modelo devam ser criadas para incentivar novos investimentos.

Afirma que os exemplos precisam ser incentivados e defende a criação de casos piloto para investimentos em plantas mais eficientes. Projetos desenvolvidos pelo empresário em parceria com o governo ou empresas do governo que assumam junto com o empreendedor os riscos para testar novas tecnologias de forma que o exemplo possa ser copiado ou retransmitido. Essa atitude, segundo o entrevistado poderia ser um componente de uma política para esse setor.

Quanto ao período de operação, o entrevistado afirma que a mudança para a produção anual depende de novas tecnologias. A tecnologia que se aproxima seria a gaseificação. Se a usina for armazenar bagaço ela vai armazenar grandes quantidades, que não serão suficientes para gerar eletricidade o ano todo. Para isso mais uma vez é preciso um projeto piloto.

Para 2010, afirma que as caldeiras de 60 bar estarão consolidadas. “Para os novos empreendimentos não são considerados equipamentos abaixo de 60.” O salto de 60 para 100 bar é demorado e precisa ser testado e medido, em termos de eficiência, risco e retorno.

José Moreira acredita que a tecnologia utilizada no país para caldeiras (de 60 a 85 bar) seja suficiente para atender a esse setor específico. Na Dinamarca, por exemplo, alguns empreendimentos dispõem de equipamentos com 140 bar. Para o Brasil esses equipamentos

teriam de ser importados, o que não se justifica para o setor sucro-alcooleiro nacional, que ainda dispõe de processos produtivos ineficientes. Outro aspecto importante diz respeito a estrutura da indústria de base, já que essas empresas não estão preparadas para atender uma intensificação da demanda de equipamentos mais eficientes que os de 85 bar.

Para o entrevistado, a palha tende a ganhar importância como combustível, já que fatores como a legislação proibitiva das queimadas dos canaviais pré-colheita e a melhor remuneração da energia elétrica tendem a motivar o melhor aproveitamento dessa biomassa. Quanto à operação, afirma que o ideal não seria operar o ano todo, mas sim estender a safra dos atuais 200 dias, em média, para algo em torno de 260 dias, período considerado plausível. A tendência é de acionamento elétrico.

– **Condicionantes à viabilização da expansão mais acentuada da cogeração de excedentes**

Considerando a viabilização de um potencial maior de cogeração de excedentes do que o estimado no item 5.2, Carlos Silvestrin comenta que uma usina ganha eficiência com investimentos em novas tecnologias. A nova tecnologia implantada apresenta uma vida útil de 30 anos. A medida que o bagaço ganha maior valor comercial, a própria indústria vai buscar maior eficiência e a possibilidade de trabalhar com outras fontes de energia. Há também a possibilidade de ocorrer expansão adicional no caso de fomento por parte do governo do Estado, a partir do desenvolvimento de políticas ou um programa de fomento da geração distribuída, que segundo o entrevistado certamente, ocorrerá.

Da mesma forma, Onório Kitayama acredita ser necessário o desenvolvimento de políticas públicas que incentivem a geração de eletricidade por biomassa da cana.

Para Suleiman Hassuani, a tarifa da eletricidade é a maior alavanca para os investimentos. Isto deverá ocorrer, para se evitar a falta de energia elétrica. Outras condições, como financiamentos a baixo custo, também contribuem positivamente.

André Elia acredita em dois componentes motivadores: a tarifa diferenciada da eletricidade como “combustível verde” – não fóssil e pressões ambientais da não queimada da cana pré-colheita.

Paulo Javorski também afirma que a viabilização de um potencial maior tem relação com a tarifa da eletricidade. Segundo o entrevistado, deve-se verificar uma melhoria na relação custo e preço que acomode esse custo. O fator principal, no entanto, é o crescimento do mercado de álcool e açúcar.

De acordo com José Moreira um potencial maior seria disponibilizado, primeiro, a partir da expansão do mercado de açúcar e álcool. “No caso do açúcar seria menos provável, já que mundialmente há excedentes de oferta. Para o álcool a expectativa de expansão é mais significativa, principalmente num contexto de valorização dos biocombustíveis”. A demanda de álcool é infinita, de acordo com o entrevistado. Em segundo lugar a disponibilidade de terras para sustentar uma expansão. Para o setor seria razoável 20 milhões de hectares disponíveis para a cultura da cana-de-açúcar. Esse valor se aproxima da área do Estado de Roraima (224.298,980 km²).

– **Perspectivas da cogeração de excedentes para empreendimentos em construção**

Foram levantadas junto aos entrevistados opiniões sobre o aproveitamento do potencial de geração pelos investidores para os novos empreendimentos.

Para Carlos Silvestrin apesar de poucos projetos em construção estarem aproveitando o potencial de cogeração de excedentes (5% segundo o entrevistado) há uma tendência

crescente de melhor aproveitamento dessa oportunidade. Alguns grupos de usinas, que antes não se interessavam pelo segmento de geração de excedente de energia elétrica, mostram-se mais flexíveis em relação a isso.

“Em 20 meses houve uma inversão de idéias. A energia elétrica é um assunto que saiu do departamento de despesas e foi para o departamento de negócios. Então, as empresas estão buscando conhecer melhor o setor elétrico, seu funcionamento para melhor conviver com ele. O próprio setor elétrico está mais interessado em conhecer melhor o setor sucro-alcooleiro. Mesmo porque, ainda existe muito pré-conceito sobre o processo produtivo das usinas, que hoje estão muito mais avançadas. Muitas delas, apresentam processos automatizados, com central de operações que empregam somente 3 funcionários que podem controlar toda a usina.”

“Portanto, essa troca informações entre as usinas e o setor elétrico é importante para se destacar a oportunidade de mercado da geração elétrica, que o setor precisa tirar proveito, ou seja, inserir mais este produto na cadeia produtiva canavieira.”

Onório Kitayama também afirma que somente 5% das unidades em construção aproveitam o potencial de geração de excedentes. O entrevistado acredita que o governo deveria investir em um projeto modelo com a cogeração de bagaço, para que sejam exploradas as tecnologias mais eficientes do momento.

Para Paulo Javorski, as novas unidades já incorporam uma tecnologia já consagrada para geração de eletricidade com características dominadas (parque de produção e equipamentos eficientes). Mas, acredita que o importante é dar saltos de tecnologias.

Suleiman Hassuani afirma que o CTC dispõe de informações, mas que são confidenciais até o momento. No entanto, comentou que no início da expansão, dois anos atrás, os novos empreendimentos não contemplavam um enfoque na geração de eletricidade.

Mais recentemente, os novos empreendimentos já consideram a geração de energia elétrica como um produto importante e os investimentos nesta área têm ocorrido.

André Elia afirma não dispor de informação precisa sobre a nova expansão do setor (o terceiro salto segundo a UNICA). Mas, menciona que as 89 usinas, atualmente em construção no Brasil, são basicamente para a produção de açúcar e álcool (e mais álcool) devido ao aumento de demanda interna (carro “flex”) e externa (álcool como combustível verde) e ao preço internacional do açúcar.

“A questão ambiental esta ligada mais ao aspecto internacional de mistura de álcool nos combustíveis dos países que precisam cumprir as metas do Protocolo de Quioto. Estas unidades estão sendo implantadas por empresários já consolidados (a maioria das unidades em construção é filial de usinas existentes que não querem perder este momento de expansão, muitas delas utilizando equipamentos usados e de menor porte da sua matriz). Poucas são as que estão planejando um sistema moderno que viabilize a sobra de vapor para a cogeração de excedentes.”

– **Comentários e Observações Adicionais (entrevistados)**

Como comentários adicionais, Paulo Javorski defende que deve ocorrer um equacionamento regulatório mais aderente às necessidades dos investidores da bioeletricidade, ou seja, criar regulamentações estáveis pelas quais sejam reconhecidas e analisadas as oportunidades para matriz energética brasileira. Essa estabilidade regulatória depende do governo, que deve controlar por gestão e não por restrição. O governo deve criar um formato de negócios que defina compradores e vendedores neste mercado de energia.

Para José Moreira a sociedade deve voltar maior atenção à cogeração por bagaço, já que todos hão de se beneficiar deste tipo de energia, seja pela grande quantidade de energia elétrica disponibilizada com menor consumo de energia primária, ou pela significativa criação

de empregos e desenvolvimento econômico das regiões onde estarão instaladas as novas unidades.

5.3 Fatores condicionantes da consolidação do Mercado de Carbono e perspectivas para o setor sucro-alcooleiro

– Consolidação do Mercado de Carbono

Os entrevistados foram questionados sobre a consolidação do mercado de carbono sob uma perspectiva mundial, já que há certa indefinição da existência ou não de um mercado estruturado.

Para Marco Fugihara (Instituto Totum), o mercado não está consolidado, estando no início do seu desenvolvimento tanto interna quanto externamente. Também afirma que diversas ações ou definições precisam ser estabelecidas em relação a estrutura do mercado, regulamentação jurídica dos créditos de carbono, como um ativo ou um produto reconhecido pela legislação, transparência das opções e da escala de projetos.

“Tudo leva a crer que o mercado continue pós 2012, no entanto, ainda tem-se um mercado limitado ao ano de 2012. Não está evidente que as negociações diplomáticas salvaguardem a mitigação do aquecimento global. Assim, não é provável a existência de um Mercado de Carbono, similar ao mercado de derivativos ambientais ou mercado de sulfato nos Estados Unidos, por exemplo.”

Para Marcelo Rocha (Fábrica Éthica e CEPEA), o Mercado não está consolidado e ainda está em evolução. Embora as expectativas indiquem um mercado limitado a 2012, o entrevistado acredita que esse mercado foi criado e veio para ficar. Apresenta uma janela para o período do Protocolo, mas vai continuar existindo após 2012, mesmo porque o efeito estufa vai continuar existindo e instrumentos de mercado sempre serão necessários para auxiliar o

cumprimento de metas, sejam elas quais forem, seja para quais países forem. Então o mercado está em evolução e continuará crescendo independentemente do período Quioto, mesmo ocorrendo modificações no formato dos mecanismos de mercado os quais têm pontos que podem ser melhorados.

Para Ricardo Esparta (Ecoinvest) o mercado não está consolidado, no entanto, está em vias de constituir uma base sólida para a consolidação ainda neste ano, já que só agora os primeiros créditos de carbono foram gerados. A consolidação plena se dará até a metade de 2007. Após 2012 este mercado não apresentará grande evolução, a menos que, os Estados Unidos decidam pela ratificação do protocolo de Quioto e contribuam expressivamente com o crescimento do mercado de carbono internacional.

Para José Moreira (MGM Internacional e CENBIO) o mercado de carbono está plenamente consolidado e não há como retroceder.

De modo geral os entrevistados concordam que o mercado de carbono não está consolidado ainda, embora todos acreditem no desenvolvimento atual para futura consolidação no período Quioto (2008-2012). Um dos entrevistados, no entanto, acredita que este mercado está plenamente consolidado (com estrutura para evoluir), não considerando a ausência futura deste.

– **Importância do Brasil no Mercado de Carbono**

Foram levantadas as opiniões para avaliar as perspectivas do Brasil como participante do Mercado Internacional de Carbono e seus principais competidores em volume de Reduções Certificadas de Emissão (RCE) negociadas, no desenvolvimento e registro de projetos.

Segundo Marco Fugihara, o governo brasileiro não está preparado e não demonstra disponibilidade ou interesse em reconhecer ou incentivar o desenvolvimento desse mercado.

“Há incertezas no marco regulatório, que não favorecem o desenvolvimento do Brasil como um grande *“player”* nesse mercado”.

“O Brasil é secundário nesse mercado.” A China abarca 70% das reduções de emissões ou dos créditos de carbono. É praticamente impossível imaginar um papel importante do Brasil quando comparado à China. É muito provável que o Brasil seja ultrapassado, afinal o país lidera em números de projetos, não em volume ou quantidade de créditos de carbono.

O entrevistado acredita que esse posto já foi conquistado pela China, país que dispõe de regulamentação e regras jurídicas desde o ano de 2002.

Marcelo Rocha, entretanto, acredita que o Brasil tem papel importante e considera que os três principais *players* nesse mercado são China, Índia e Brasil. O entrevistado também lembra que a China e a Índia têm matriz energética baseada em carvão mineral e dispõem de grande potencial para projetos de eficiência energética ou por fontes renováveis. Os projetos nesses países são significantes quanto ao montante de reduções de emissões. O Brasil tem um potencial quanto aos projetos de eficiência energética ou fontes renováveis, mas proporcionalmente menor. O ponto importante destacado é que os projetos brasileiros apresentam maior “qualidade”. A qualidade dos projetos, para o entrevistado, envolve o arcabouço desenvolvido no país, ou seja, a criação de uma Comissão Interministerial que exige o relatório de validação antes do projeto receber a carta de aprovação; a sociedade civil organizada e representada por Organizações não-governamentais (ONGs) atentas aos focos de emissões; o setor empresarial que busca sempre inovações tecnológicas, melhorando a eficiência de seus processos produtivos.

Assim, para o entrevistado, todo esse conjunto de fatores cria um arcabouço institucional de bons projetos no país, que refletem nas quantidades de créditos disponibilizados e também na qualidade dos projetos em relação aos prazos corretos e minimização de discussões por ONGs.

Ainda de acordo com Marcelo Rocha, quando se comparam dois momentos: primeiro na avaliação de todos os projetos que estão sendo propostos no mundo a partir da fase de validação, percebe-se que em número de projetos a colocação dos países se dá: primeiro Índia, depois Brasil e em seguida a China. Em volume de emissões reduzidas, a ordem se inverte para China, Índia e Brasil. No entanto, dentre os projetos registrados pela ONU, a Índia e Brasil lideram. “Assim, uma coisa é ter projetos no papel a outra é ter os projetos registrados.”

De acordo com Ricardo Esparta o Brasil teve papel importante na negociação do MDL e os projetos foram importantes até esse período de consolidação, ou criação do mercado. Atualmente, já se verifica a queda da participação do país quando comparado à China e à Índia, que são grandes participantes desse mercado.

Para José Moreira, o Brasil é um importante participante em relação às ações comerciais. No entanto, considerando as ações institucionais e políticas, o governo brasileiro precisa melhorar sua atuação, principalmente quanto à qualificação de profissionais para negociar os interesses do país quanto aos projetos MDL e na definição das perspectivas de cada setor da economia quanto ao desenvolvimento de projetos potenciais.

– **Perspectivas para projetos de cogeração por bagaço segundo o MDL**

Em relação às perspectivas futuras dos projetos MDL por cogeração, os entrevistados concordam que este segmento tem pouco a expandir.

De acordo com Marco Fugihara, o setor sucro-alcooleiro não tem grandes possibilidades de expandir seus projetos MDL pelo fato de apresentar um volume de reduções de emissões reduzido quando comparado a qualquer outro setor com potencial de redução.

Para amenizar essa desvantagem Marco acredita que as associações de usinas, como a UNICA devem unir esforços e agrupar vários projetos em uma “cesta”, para obter bons resultados na negociação de um montante maior de créditos de carbono, ou seja, a comercialização em escala de RCE.

Para Marcelo Rocha, é provável que os projetos MDL de cogeração por bagaço decaiam, afinal vai depender das iniciativas do setor em investir na cogeração de excedentes. A questão principal é preço de venda da energia elétrica. O crédito de carbono ainda é secundário nesse tipo de investimento. Se a remuneração da energia for interessante, então o crédito de carbono passa ser interessante para o projeto. A evolução do setor no Mercado de Carbono está atrelada ao mercado de energia elétrica brasileiro.

Ricardo Esparta acredita que esse segmento pouco poderá se expandir mesmo considerando que as novas usinas utilizem o potencial de cogeração de excedentes. Na possibilidade de racionamento o preço da energia poderá subir e tornar atrativo esse tipo de projeto. Mesmo assim, o número de usinas é finito e naturalmente esse potencial poderá decair.

José Moreira afirma que, por enquanto, o setor continuará com parcela significativa dos créditos no montante de projetos brasileiros, até o ponto em que os projetos percam a contribuição (adicionalidade), ou seja, quando a maior parte das usinas realizarem projetos, o setor será questionado sobre os reais interesses, se ambientais ou somente econômicos.

– **Reduções Certificadas de Emissões disponibilizadas pelo setor sucro-alcooleiro**

Baseado nos valores estimados nesta dissertação para disponibilização de créditos de carbono pelo setor sucro-alcooleiro no Mercado de Carbono, ou seja, 12,7 a 60 milhões de créditos, os entrevistados foram questionados sobre as possibilidades desses valores realmente serem viabilizados.

Marco Fugihara não acredita que setor possa disponibilizar quantidades significativas de créditos de carbono e afirma que a contribuição das usinas, individualmente, não é expressiva.

Para Ricardo Esparta o setor poderá disponibilizar montante próximo de 12 milhões de RCE até o ano de 2012.

José Moreira acredita em valores entre os dois, condicionados ao crescimento, ou maior demanda de eletricidade, e melhor remuneração pela energia de biomassa (afirma que valores de R\$ 130,00/MWh são excelentes).

– **Projetos MDL de cogeração e interesses dos *stakeholders***

Foram analisados os interesses dos envolvidos com o setor sucro-alcooleiro paulista (usineiros, indústria de base, associações) em investir mais intensamente em projetos MDL de cogeração por bagaço.

Para Marcelo Rocha há grandes grupos de interesse. O governo com interesse em ampliar as fontes de energia na matriz energética, a sociedade interessada no desenvolvimento de um setor da economia (emprego e renda), que produz um combustível menos poluente, no entanto, limitada a certos critérios que envolvem a oposição da sociedade a expansão desenfreada da cana, e aos problemas que tal avanço poderia trazer (monocultura, problemas ambientais).

Os projetos devem ser desenvolvidos de forma que “todos” ganhem. O setor ganhe em economia, governo mais energia, sociedade com bons resultados da economia e menores impactos sobre o meio ambiente. O foco dos projetos está na venda da energia elétrica, o MDL é decorrente e tem representado papel importante quanto ao apoio à remuneração dos projetos de cogeração.

Para José Moreira há interesse, a dúvida está em relação à capacidade de investimento do setor na geração de excedentes de eletricidade. O foco principal do setor está na eletricidade. Os projetos MDL auxiliam na remuneração do investimento para a ampliação do processo de cogeração.

– **Comentários e observações adicionais (entrevistados)**

É importante relatar aqui alguns comentários adicionais feitos pelos entrevistados que de forma significativa contribuem para validar esta pesquisa.

Marco Fugihara fez uma observação importante sobre o fator de emissão descrito nos projetos do setor sucro-alcooleiro. Para o entrevistado, os valores não apresentam consistência uma vez que ainda não foi entendida a lógica de despacho de energia hidráulica, cogeração e energia térmica pelo ONS. “Os índices precisam ser melhor explorados para se obter maior consistência”, afinal de contas o índice que representa toneladas de dióxido de carbono evitado por MWh já foi alterado por diversas vezes, variando de 0,644 tCO_{2e}/MWh em 2005 (antes disso) para 0,268 tCO_{2e}/MWh, atualmente.

Ricardo Esparta afirma que (a metodologia) o índice de reduções de emissões para projetos de cogeração com bagaço é de sua autoria. Para o entrevistado, o índice foi estimado conforme a metodologia estabelecida pela Convenção Quadro das Nações Unidas para Mudanças Climáticas e trata-se de uma aproximação, pois o valor exato é difícil de ser calculado considerando que os dados oficiais disponíveis nos sites do governo (Operador Nacional do Sistema, Ministério de Minas e Energia), necessários para o cálculo do índice, são também pouco precisos. Os órgãos responsáveis pela atualização de dados referentes à operação da matriz energética brasileira divulgam informações que do ponto de vista técnico não casam com a realidade. No entanto, a ONU aprecia dados que sejam considerados oficiais e disponibilizados ao acesso público.

Marcelo Rocha observa que o ano 2012 não é o “fim do mundo” para os empreendedores que querem participar do mercado de carbono. O empresário do setor sucro-alcooleiro deve perceber que a realização do projeto hoje, ou em 2008, não trará prejuízos com a não negociação dos créditos presos ao período de 2012.

Também informa que o Banco ABN, durante evento que o entrevistado participou, expressou sua confiança na consolidação do mercado, já que as mudanças climáticas vão continuar existindo, as emissões estão aumentando, medidas de reduções mais drásticas terão que ser impostas e será necessário o uso de instrumentos de mercado para conter os avanços das emissões. Poderão ser criados novos mecanismos ou melhorias naqueles já existentes, como o MDL. Mas vai haver um mercado e aqueles que puderem gerar excedentes de créditos vão vender para aqueles que tem um déficit.

Marcelo Rocha afirma que o setor sucro-alcooleiro parece ser um setor ofertante de créditos, pois lida com um tipo de energia renovável, a não ser que uma ampla expansão comece a trazer impactos principalmente ambientais (no caso de desmatamento de áreas florestais para a cultura da cana). Como um todo, para a produção dessa energia ter-se-á muito mais emissões a partir do desmatamento e uso de combustíveis fósseis no ciclo sucro-alcooleiro (cultura, colheita e transporte até a usina). Se os projetos forem realizados de maneira coordenada todos os envolvidos ganharão e o setor será um dos principais ofertantes de créditos do mercado.

Ricardo Esparta acrescenta que o Mercado brasileiro de carbono é muito pequeno e conta com a falta de iniciativa do governo em incentivar seu desenvolvimento. Durante as Conferências das Partes (COP) o governo mostra ação, mas internamente falta transparência de ações e definição de políticas abrangentes sobre as mudanças climáticas e seus efeitos. “É preciso dar um norte ao MDL e identificar setores passíveis de projetos segundo o mecanismo. Seria importante a auto-regulação da Comissão Interministerial.”

José Moreira acredita ser importante a definição de uma média mundial ou um padrão universal de reduções verificadas e de remuneração por reduções, ou seja, um crédito de carbono com um padrão único, independe do país em que seja gerado, adotando uma metodologia única para a linha de base dos projetos e dos créditos de carbono.

5.4 Estudo de casos comparativo

Para este estudo de casos comparativo foram entrevistados representantes de duas usinas localizadas na região do município de Catanduva (São Paulo): Usina Santa Isabel e Usina Cerradinho. Ambas dispõem de excedentes de eletricidade para comercialização e são praticamente do mesmo porte considerando a capacidade de processamento de cana-de-açúcar. Na Tabela 14, são descritas algumas características das duas unidades pesquisadas.

Tabela 14 - Características das usinas selecionadas para pesquisa		
	Unidades	
Característica do processo	Santa Isabel	Cerradinho
Processamento de cana-de-açúcar	2,5 milhões/safra	2,4 milhões/safra
Safra	Maio – novembro	Abril – novembro
Geração de eletricidade	40 MW	41 MW
Auto-Consumo	18 MW	16 MW
Exportação	22 MW	25 MW
Agente comprador	Eletrobrás (PROINFA)	Eletropaulo

Fonte: Elaboração própria

As duas unidades foram escolhidas por estarem localizadas na mesma região e apresentarem características de processo semelhantes, o que permite avaliar com melhor clareza as opiniões sobre investimentos em projetos MDL de cogeração por bagaço.

No roteiro de entrevistas foram abordadas questões sobre o processo produtivo das unidades, visão do empresário em relação às perspectivas futuras para o setor sucro-alcooleiro e questões que visaram identificar as motivações de investimentos em projetos MDL para a

Usina Cerradinho e os motivos para o não investimento em projetos deste tipo para a Usina Santa Isabel.

– **Usina Cerradinho**

Fundada em 1964, a Usina Cerradinho está localizada no município de Catanduva, região noroeste do Estado de São Paulo. No ano de 2006 processou cerca de 2,9 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, produziu 1 milhão de litros de álcool e 7,3 milhões de toneladas de açúcar operando somente na safra de abril a novembro. O processo de cogeração de excedentes foi implantado no ano de 2001 e até 2005 a Usina gerou 41 MW/safra, sendo 16 para consumo próprio e 25 MW para exportação. A partir do ano de 2006 a Usina passou a gerar 50MW, sendo 14 MW para auto-consumo e 36 MW para comercialização. Os agentes compradores são: Eletropaulo e Eletrobrás (PROINFA). São utilizados como combustível na caldeira, bagaço e uma proporção de 3 a 5% de cavaco de madeira. Para o ano de 2007 a usina está se preparando para exportar maior volume de excedentes de eletricidade para a rede.

Cabe ressaltar que não há previsão para novos investimentos para melhoria do processo de cogeração para a disponibilização de maior excedentes de eletricidade. O grupo foca na expansão de duas novas unidades, uma no município de Potirendaba e outra em Chapadão do Céu no Estado de Goiás.

A geração de excedentes de eletricidade possibilitou à Usina desenvolver um projeto MDL de cogeração por bagaço com período de contrato de 2002 a 2009. Segundo José Fernandes Rio, gerente administrativo/financeiro da Usina Cerradinho, a maior motivação para investimentos neste tipo de projeto foi a busca de oportunidades de rentabilidade para o projeto de cogeração usando a oportunidade do MDL, além, de agregar e vincular valores à imagem da empresa. A empresa foi certificada pela TUV (Suddeustchland Bau und Betrieb GmbH) para validação de seu projeto de créditos de carbono. Foram utilizados como fonte de

financiamento das etapas do projeto, recursos do BNDES, Rabobank e Banco Santander. De 2002 a 2005 a empresa negociou 63.200 unidades de RCE, mas o valor da venda dos créditos não foi informado pelo entrevistado que mostra o interesse da empresa em renovar o contrato de venda dos créditos de carbono.

Além do projeto MDL a empresa desenvolve o Projeto Reflorest, para recuperar Áreas de Preservação Permanente (APP) nas propriedades próprias, de parceiros e arrendatários. A previsão é de se plantar 700.000 mudas nativas. Cabe ressaltar que a recuperação de APPs está amparada pela Resolução CONAMA n. 303, de 20 de março de 2002, que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2006).

No roteiro de entrevista foram levantadas opiniões do entrevistado sobre as perspectivas do setor sucro-alcooleiro paulista. Desta forma, sobre a expansão da produção da cana em São Paulo, o entrevistado afirma que a cana traz excelente valor agregado à terra e ao produtor rural, e acredita ser importante, no momento, a criação de um plano diretor para monitorar e controlar o crescimento do setor, já que o Estado dispõe naturalmente de um ambiente propício à produção canavieira (citando aqui, clima, solo e logística para escoamento de produção).

De acordo com o entrevistado, o Estado já está atingindo um ponto de saturação nesse setor o que motivou investimentos do grupo Cerradinho, na região Centro-Oeste. Uma nova usina do grupo foi implantada em Chapadão do Céu, no Estado de Goiás como citado anteriormente.

Para José Fernandes Rio, as expectativas quanto a produtos e subprodutos do processamento da cana (mercado de etanol, eletricidade, açúcar) são boas, principalmente em relação ao etanol, onde existe demanda por combustível “limpo”, reduzindo a dependência de petróleo de outros países e a emissão de Gases de Efeito Estufa dentro de um custo adequado

que suporte essa mudança. O álcool hoje se apresenta como o mais viável dos combustíveis líquidos, de forma geral, para a redução de GEE.

Quanto à geração de eletricidade pelo setor sucro-alcooleiro paulista, o entrevistado afirma que as expectativas são excelentes e que o setor tem capacidade para gerar 3000 MW sem dificuldades. O uso da palha como combustível poderá ser viabilizado já que existem estudos sobre a utilização desse material. Em breve, surgirão outras alternativas, como a limpeza da cana na própria usina, a alternativa de enfardamento e de utilização da palha.

Considerando as perspectivas quanto aos projetos MDL de cogeração por bagaço da cana-de-açúcar no estado de São Paulo o entrevistado acredita na expansão no número de projetos.

– **Usina Santa Isabel**

A Usina Santa Isabel dispõe de duas unidades sucro-alcooleiras, uma localizada no município de Novo Horizonte, fundada em 1978 e a outra no município de Mendonça, implantada no ano de 2006. A unidade de Mendonça foi o foco da entrevista, já que dispõe de cogeração com excedentes de eletricidade. O senhor Alcides Luis Graciano, diretor da Usina foi entrevistado.

A unidade de Mendonça tem capacidade de processar 2,5 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, com produção de 60.000 litros de álcool e 250.000 toneladas de açúcar. A geração de eletricidade corresponde a 40 MW, sendo 18 MW para auto-consumo e 22 MW para exportação contratados com a Eletrobrás pelo PROINFA. No processo de cogeração somente o bagaço é utilizado nas caldeiras e a unidade está operando somente na safra (maio a novembro).

Segundo o entrevistado, novos investimentos nos processos de cogeração poderão ser realizados nos próximos anos, nas duas unidades. Há previsão de disponibilização de

excedentes de eletricidade na unidade de Novo Horizonte para o ano de 2009 e expansão da cogeração na unidade de Mendonça a partir de 2010.

Na usina a fertirrigação é realizada, e cerca de 7% da colheita é mecanizada, já que as usinas precisarão se adequar à legislação de eliminação progressiva da queimada da palha no campo. O reflorestamento de 30% das áreas disponíveis é feito, segundo o entrevistado, por força da legislação de preservação de APPs.

É importante destacar que na opinião do entrevistado as legislações, tais como da eliminação das queimadas, deveriam ser acompanhadas de maior fomento às pesquisas para o desenvolvimento de tecnologias que dessem suporte ao empresário. No caso das queimadas seria interessante maior agilidade no desenvolvimento de processos mais eficiente que solucionassem o problema de limpeza das lavouras e destinação da palha residual, já que acredita-se que os processos desenvolvidos até agora não são economicamente viáveis para o empresário do setor sucro-alcooleiro.

Segundo Alcides Graciano, na Usina Santa Isabel os projetos MDL não foram realizados, até o momento, pois o proprietário afirma que o foco dos investimentos está na cogeração de excedentes de eletricidade e dispõe de pouca informação sobre este tipo de projeto (MDL). No entanto, futuramente, quando os investimentos nos processos de cogeração estiverem estabilizados, poderá investir nesse segmento.

O entrevistado foi incentivado a opinar sobre as perspectivas futuras para o setor sucro-alcooleiro paulista. Desta forma, acredita que no Estado haverá áreas disponíveis para essa cultura nos próximos 5 anos. Após esse período, a expansão se dará em outros Estados. O empresário não vê problemas em investir em novas unidades fora do Estado, desde que tenha disponibilidade financeira para realizar tais investimentos.

Sobre os mercados de etanol, açúcar e eletricidade, o entrevistado afirma que há uma super oferta de açúcar que poderá afetar os preços desse produto. O desenvolvimento do mercado externo de etanol depende de decisões políticas que visem incentivar o uso desse combustível, considerando seus benefícios ambientais e a necessidade de fomento aos combustíveis alternativos ao petróleo. Acredita que haja grande potencial para a geração de eletricidade excedente pelo setor sucro-alcooleiro e a utilização da palha como combustível auxiliar nos processos de cogeração deverá se concretizar a partir da adequação dos sistemas a vapor e do desenvolvimento de tecnologias para a coleta da palha no campo, transporte e disponibilização na usina.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo são apresentadas as conclusões da pesquisa feita. Também são apresentadas recomendações para estudos futuros que visem o aprofundamento do assunto abordado neste trabalho.

6.1 Conclusões

Este estudo teve como objetivo avaliar quantitativamente o potencial do setor sucro-alcooleiro paulista para negociar RCEs no Mercado de Carbono, associados à geração de energia elétrica excedente em sistemas de cogeração a partir do bagaço de cana. O procedimento metodológico incluiu, além de revisão bibliográfica, simulações computacionais de sistemas de cogeração, entrevista junto a especialistas e análise das informações obtidas. Assim, foi possível investigar as perspectivas de negociação de créditos de carbono e os fatores motivadores e limitadores da participação do setor sucro-alcooleiro nesse mercado. Pelo exposto nos capítulos anteriores, pode-se afirmar que o trabalho atingiu o objetivo proposto.

Duas configurações típicas (A e B) foram definidas, considerando diferentes padrões de investimentos e tecnologias, de modo a prospectar as melhorias dos processos produtivos no horizonte de estudo, ou seja, o ano de 2010.

Sendo assim, segundo os resultados das entrevistas realizadas junto aos profissionais ligados ao segmento de cogeração por bagaço da cana-de-açúcar e projetos MDL, a configuração A, na qual 1420 MW excedentes poderão ser disponibilizados, viabilizando projetos MDL que possam evitar 12,8 milhões de tCO_{2e} e gerar o mesmo montante de RCE, é a que mais se aproxima do horizonte definido nesta pesquisa, já que, de modo geral, os entrevistados afirmam que o cenário de larga penetração de sistemas equivalentes ou ligeiramente maiores ao da configuração A poderá se concretizar somente em 2015.

A consolidação do cenário de penetração majoritária da configuração B é impossível para o horizonte de 2010, já que elevados investimentos seriam demandados para adequar os processos produtivos a tecnologias mais eficientes.

A avaliação do potencial de negociação de Reduções Certificadas de Emissões pelo setor, foco do estudo, resultou em valores relativamente modestos para os volumes de reduções de emissões quantificados em RCE e retornos financeiros associados à comercialização desses títulos, quando comparados a projetos MDL em outras atividades econômicas, já realizados em outros países do mundo. A simples comparação com os retornos esperados para a comercialização de outros produtos da cadeia sucro-alcooleira, tais como, energia elétrica, açúcar e álcool, pode revelar quão modestos são os retornos esperados para as RCEs.

Ressalta-se que os projetos de geração de energia elétrica por fontes renováveis no Brasil apresentam como limitação, menores quantidades RCE disponibilizadas por projetos, visto que a matriz energética brasileira se caracteriza pela ampla participação das hidroelétricas, fator este que torna essa matriz “limpa”, ou seja, mais eficiente do ponto de vista das emissões de gases de efeito estufa. Essa característica influencia o cálculo do fator de emissões, que está associado às emissões que podem ocorrer caso os projetos propostos

não sejam realizados, no caso desta pesquisa, as instalações de cogeração com biomassa residual da cana.

A viabilização dos potenciais estimados neste trabalho, embora pouco significativos, está condicionada à disponibilização de eletricidade excedente pelas usinas sucro-alcooleiras. Como visto, muitos obstáculos precisam ser vencidos. A definição de políticas estáveis que regulem a produção de bioeletricidade pode ser a solução mais concreta para sanar quaisquer impedimentos à disponibilização deste produto à rede.

Superadas essas barreiras é provável que o setor conquiste sua parcela de participação no mercado de carbono e contribua para a redução de emissões de GEE. Ademais, esse setor poderá identificar outras formas de ações para contribuir com a minimização das mudanças climáticas, afinal existem ainda diversos aspectos nas atividades industriais e agrícolas que podem ser melhorados para reduzir impactos sobre o meio ambiente e a sociedade, em geral.

Cabe destacar que o etanol já está contribuindo para que o setor conquiste o mercado dos biocombustíveis, considerando as vantagens ambientais do consumo deste combustível em relação aos derivados do petróleo.

As parcerias entre governo e iniciativa privada precisam ser incentivadas, nesse segmento. Os órgãos governamentais têm condições de buscar maiores informações e incentivar a maior participação de empresas de todos os setores da economia. É importante que o governo discuta mais intensamente legislações e programas que incentivem o desenvolvimento de projetos MDL com vistas a integrar as empresas e a sociedade, em geral, no cenário de discussões que envolvam as mudanças climáticas.

Para finalizar, apesar dos potenciais aqui estimados não serem tão elevados, é importante que os diversos segmentos e atividades econômicas se interessem na importância das mudanças climáticas, mesmo que os interesses sejam somente econômico-financeiros, visando a comercialização dos créditos de carbono. As metas mundiais de redução de

emissões continuarão existindo e poderão ser estendidas para os principais países em desenvolvimento, como a China, a Índia e o Brasil. Enquanto isso não acontece, políticas de fomento poderiam ser criadas para que as oportunidades de projetos MDL no Brasil sejam identificadas e desenvolvidas mais intensamente.

6.2 Recomendações

Após a conclusão deste trabalho, nota-se a pertinência em se propor trabalhos de pesquisa que ainda possam ser desenvolvidos, visando agregar valor ao conhecimento disponível sobre o referido assunto e aumentar o conhecimento e a capacitação dos pesquisadores. A princípio, propõe-se:

- Investigação, com foco em potenciais projetos MDL, em outras atividades do setor sucro-alcooleiro;
- Investigação sobre os impactos ambientais da intensa expansão do setor sucro-alcooleiro no Estado de São Paulo.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (2005). **Modelo do setor elétrico brasileiro**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/ElleryFNE.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2005.

_____. (2007). **Matriz de energia elétrica**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=15>>. Acesso em 20 abr. 2007

ANDRADE, A. M. (2003). **A criação de valor para pequenas empresas brasileiras de siderurgia a partir da inserção no mercado de carbono**: um estudo de caso. 154 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto COPPEAD de Administração, Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA - COGEN (2005a). **Inserção da bioeletrecidade na matriz energética: agregando valor ao terceiro produto energético da agroindústria canavieira**. Documento de divulgação. Disponível em: <http://www.cogensp.com.br/publica.asp?id_tipo_doc=1>. Acesso 08 ago. 2005.

_____. (2007b). **A cogeração em São Paulo**. Documento de divulgação. Disponível em: <<http://www.cogensp.com.br/cogensp/cogera7.htm>> Acesso 20 abr. 2007.

BARBIERI, J. C. (2004). **Gestão ambiental empresarial**: conceitos, modelos e instrumentos. São Paulo: Saraiva.

BOLSA DE MERCADORIAS E FUTUROS (2005a). **Perguntas frequentes sobre o mercado de carbono**. Disponível em: <http://www.bmf.com.br/2004/pages/imprensa1/destaques/2005/maio/faq_carbono.pdf>. Acesso em 14 jul. 2005.

_____. (2005b). **Resenha de BM&F e Ministério do Desenvolvimento lançam o mercado brasileiro de carbono**. n.162, p. 16, 2005. Disponível em <http://www.bmf.com.br/pages/educacional1_novo/pub/resenhas/pdf162/especial03.pdf> Acesso em: 14 jul. 2005.

BORGES, F. H. et al. (2005) A evolução da preocupação ambiental e seus reflexos no ambiente dos negócios: uma abordagem histórica. In: ENCONTRO NACIONAL DE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 12., 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas - EBAPE/FGV. 1 CD-ROM.

BRAUNBECK, O. A. e CORTEZ, L. A. B. (2002) O Cultivo da Cana-de-Açúcar e o Uso dos Resíduos. **In: Uso da Biomassa para Produção de Energia na Indústria Brasileira**. Campinas: Ed. da Unicamp.

BRITO, J. S. (2004) **Texto informativo da União da Agroindústria Canavieira de São Paulo - Única**. Disponível em: <<http://www.unica.com.br>>. Acesso em: 08 set. 2005.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (2006a). **Comercialização de Energia**. Disponível em: <<http://www.ccee.org.br/cceeinterdsm/v/index.jsp?vgnextoid=65daa5c1de88a010VgnVCM10000aa01a8c0RCRD>> Acesso em: 14 de dezembro de 2006.

_____. (2006b). **Resultado do leilão de energia nova: produto**. Disponível em: <<http://www.ccee.org.br/index.jsp>>. Acesso em 16 mar. 2006.

CAMPOS, D. C. (2003) **Potencialidade do sistema de colheita sem queima da cana-de-açúcar para o sequestro de carbono**. 103 f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CAPOOR, K.; AMBROSI, P. (2006) **State and trends of the carbon market**. Washington DC: World Bank. Disponível em: <<http://carbonfinance.org/docs/StateoftheCarbonMarket2006.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2006.

CENAMO, M. C. (2004) **Relatório mudanças climáticas, o protocolo de quioto e mercado de carbono**. Piracicaba: CEPEA; ESALQ/USP. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/protocolo_quioto.pdf>. Acesso em 14 mar. 2005.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. (2004). **Glossário internacional de termos em mudanças climáticas, protocolo de quioto e mercado de carbono**. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/glossario_ambiental.pdf>. 2004>. Acesso em: 24 maio 2005.

CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA - CTC (2005a). Alternativas Energéticas a partir da Cana-de-Açúcar. In: Seminário Alternativas Energéticas a partir da Cana-de-Açúcar. Disponível em: <<http://www.ctc.com.br/php/pagina.php?doc=eventos-gef>>. Acesso em 22 set. 2005.

_____. (2005b). **Biomass power generation: sugar cane bagasse and trash**. Piracicaba. 1 CD-ROM (Série: Caminhos para a sustentabilidade).

COELHO, S. T. E. et al. (2002). **Levantamento do potencial real de cogeração de excedentes no setor sucro-alcooleiro**. São Paulo: CENBIO.

COMISSÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ENERGIA - CSPE (2004). **Usinas termelétricas de pequeno porte no Estado de São Paulo**. 2.ed. rev. amp. São Paulo: Páginas e Letras.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (2002a). **Lei Estadual Nº 11.241**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/leis/2002_Lei_Est_11241.pdf>. Acesso em: 15 out. 2006.

_____. (2006b). **Resolução CONAMA n. 303**, de 20 de março de 2002. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/federal/resolucoes/2002_Res_CONAMA_303.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2007.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTACIMENTO (2005). **Levantamento da safra brasileira de cana-de-açúcar 2005/06**. Disponível em: <<http://www.netcomex.com.br/conteudo.php?cod=490>>. Acesso em: 31 ago. 2005.

COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ - CPFL (2004). **Curso de Cogeração**. Apostila de treinamento interno.

COPERSUCAR (2005). **Meio Ambiente:** texto institucional Copersucar. Disponível em <http://www.copersucar.com.br/institucional/por/responsabilidade/meio_ambiente.asp>. Acesso em: 30 set. 2005.

COSTA, R. C.; PRATES, C. P. T. (2005) **O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração.** Disponível em <<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso 22 set. 2005.

CUNHA, K. B. (2005). **Mecanismo de desenvolvimento limpo: evolução do instrumento e suas perspectivas.** 212 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Mecânica - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

DATA COGEN (2007). **Empreendimentos que empregam a cogeração no Estado de São Paulo.** Disponível em: <http://www.datacogen.com.br/datacogen/empr_estado_sp.asp>. Acesso em 05 jan. 2007.

DEN ELZEN, Michel G.J. MOOR, André P.G. Evaluating the Bonn-Marrakesh agreement. **Climate Policy**, Amsterdam, v.2, n. 1, p. 111-14, May.

DONAIRE, D. (1999) **Gestão ambiental na empresa.** 2. ed. São Paulo: Atlas.

DUBEUX, C. B. S.; SIMÕES, A. F. (2005) Mercado internacional de créditos de carbono. In: NÚCLEO DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA - **Mudança do Clima.** Brasília: Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica, v.2, p.3, p. 57-113.

ELETROBRÁS CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS (2006). **Empreendimentos do Proinfa vão gerar 914 MW até o fim do ano.** Disponível em: <http://www.elektrobras.com/IN_Noticias_Temas/2006/novomodelo.asp>. Acesso em: 02 set. 2006.

_____. (2006). **Tolmasquim:** "Não há necessidade de outro programa nos moldes do Proinfa". Disponível em: <http://www.elektrobras.com/IN_Noticias_Temas/2006/novomodelo.asp>. Acesso em: 02 set. 2006.

ESCOBAR, M. R. (2003). Viabilidade econômico-financeira da energia co-gerada do bagaço de cana in natura. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.33, n.9, set.

ESPARTA, A. R. J. et al. (2006). Fator de emissão de gases de efeito estufa para o sistema interligado brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA. 11., Rio de Janeiro, **Anais...** Rio de Janeiro: DUPLICASOM. 1 CD-ROM.

FENNHANN, J. (2006). Overview of CDM bioenergy projects. In: JOINT IEA BIOENERGY TASK 38 & 40 WORKSHOP, 2006, **Proceedings...** Trondheim – Noruega.

GIL, A. C. (2002). **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC (2006). The regional impacts of climate change: an assessment of vulnerability. Relatório Especial (grupo 2) do IPCC. Disponível em: <<http://www.grida.no/climate/ipcc/regional/index.htm>> Acesso em: 12 jun. 2006.

_____. (2001). The Regional impacts of climate change: an assessment of vulnerability. In: REPORT of working group II of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge: Cambridge University Press.

JUNQUEIRA, M. D. (2004). Açucareira Vale do Rosário – Carbon finance. In: BONONI, C. A; MALVESSI, O. **Project Finance no Brasil: fundamentos e estudo de casos**. 2.ed. São Paulo: Atlas.

KARTHA, S.; LAZARUS, M.; BOSI, M. (2004). Baseline recommendations for greenhouse gas mitigation projects in the electric power sector. **Energy Policy**, Guildfors, v.32, n.4, p.545-566, Mar.

LEAL, M.R.L.V. (2000). Cogeração como opção tecnológica eficiente e complementar. In: FÓRUM PERMANENTE DE ENERGIA E AMBIENTE – Universalização do Atendimento de Energia Elétrica e Geração Distribuída. Campinas: UNICAMP.

_____. (2000). Impactos ambientais do uso em larga escala de sistemas BIG-GT na indústria da cana-de-açúcar. In: PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Projeto BRA 96/G31** - Geração de energia por biomassa, bagaço de cana-de-açúcar e resíduos. Rio de Janeiro.

LECOCQ, F. (2004). **State and trends of the carbon market**. Washington DC: World Bank..

LEITE, G. F. (1999). Avaliação econômica da adubação com vinhaça e da adubação mineral de soqueiras de cana-de-açúcar na usina Monte Alegre Ltda. - Monte Belo – MG. **Revista Universitária de Alfenas**, Alfenas, n.5, p.189-191. Disponível em: <http://www.unifenas.br/pesquisa/revistas/download/ArtigosRev2_99/pag189-191.pdf> Acesso em: 28 dez. 2006.

LEME, R. M. (2005). **Estimativa das emissões de poluentes atmosféricos e uso de água na produção de eletricidade com biomassa de cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Energia - Faculdade de Engenharia Mecânica – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

LIMA, M. A. et al. (1999). **Emissão de gases do efeito estufa provenientes da queima de resíduos agrícolas no Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente.

LOPES, I. V. (2002). **O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo: guia de orientação**. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas.

MACEDO, I. C. (2002) **Energia da cana-de-açúcar no Brasil**. In: Sustentabilidade na geração de energia no Brasil: os próximos 20 anos, Unicamp, Campinas.

_____. (2003). **Geração de energia elétrica a partir de biomassa no Brasil: situação atual, oportunidades e desenvolvimento**. Brasília. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos Ciência, Tecnologia e Inovação.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA - MCT (2005a). Energia Nuclear: FAQs. - Perguntas e Respostas Frequentes. Disponível em: <<http://www.inb.gov.br/faq.asp>>. Acesso 14 set. 2005.

_____. (2005b). **Protocolo de Quioto**. 34p. Disponível em <<http://www.mct.gov.br>>. Acesso em 25 jan. 2005.

MINISTÉRIO DE DESENVOLVIMENTO INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR - MDICE (2004). **Proposta de especificação do mercado brasileiro de reduções de emissões**. Rio de Janeiro: FGV.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME (2005a). **Destaques de energia 2004** (boletim). Disponível em <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em 03 ago. 2005.

_____. (2005b). **Plano Decenal de Expansão 2003 –2012: sumário executivo**. Disponível em <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em 30 ago. 2005.

MOURA, L. A. A. (2004). **Qualidade e gestão ambiental**. 4. ed. São Paulo: Juarez de Oliveira.

NAGAOKA, M.P.T. (2002). **A Comercialização da energia elétrica cogerada pelo setor sucro-alcooleiro em regiões do estado de São Paulo**. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

OLIVEIRA, J.A. et al. (2006). Cogeração com bagaço de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo no contexto do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 9., São Paulo, **Anais...** São Paulo: FGV-EAESP. 1 CD-ROM.

OMETTO, A.R. (2005). **Avaliação do ciclo de vida do álcool etílico hidratado combustível pelos métodos EDIP, exergia e emergia**. 200p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

PÁDUA, E.M.M. (2004). **Metodologia da pesquisa: abordagem teórico-prática**. 10. ed. rev. Campinas: Papirus (Coleção Magistério: Formação e Trabalho)

PATUSCO, J.A.M. (2005) **Coben 08/93: tratamento da cogeração nos balanços energéticos**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/frontSide/site/view.do?viewPublicationId=1590&viewPublicationTypeId=9&queryUrl=http%3A%2F%2Fwww.mme.gov.br%2Fsite%2Fsearch.do%3Fquery%3Dbiomassa>>. Acesso em: 06 out. 2005.

POINT CARBON. Disponível em: <www.pointcarbon.com>. Acesso em 13 jun. 2005.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA (2006). **Decreto Nº 5.882**. Publicado no DOU de 1º.9.2006. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5882.htm> Acesso em: 20 dez. 2006.

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL (2005). **Estrutura do setor elétrico**. Disponível em <<http://www.brasil.gov.br/planos.asp>>. Acesso em: 2 set. 2005.

RICHARDSON, R. J. (1999). **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. rev e ampl. São Paulo: Atlas.

ROCHA, M.T. (2003). **Aquecimento global e o mercado de carbono: uma aplicação do modelo CERT**. 196 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

ROCHA, M. T.; MELLO, P. C. (2004). O efeito estufa e o mecanismo de desenvolvimento limpo. In: **A questão ambiental: desenvolvimento e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Seguros.

RUDORFF, B.F.T. et al. (2004). **Estimativa de área plantada com cana-de-açúcar em municípios do estado de São Paulo por meio de imagens de satélites e técnicas de geoprocessamento: ano safra 2004/2005**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (INPE-11421-RPQ/762).

SANCHES, C.S. (2003). **Mecanismo de desenvolvimento limpo do protocolo de Quioto: há perspectivas para o setor sucro-alcooleiro paulista?**. 300 f. Tese (Doutorado) - Escola de Administração e Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2003.

SANTANA, E.A.; OLIVEIRA, C.A.C.N.V.A. (1999). A economia dos custos de transação e a reforma na indústria de energia elétrica do Brasil. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 29, n.3, p. 367-393, jul./set.

SCANDIFFIO, M. I. G. (2005). **Análise prospectiva do álcool combustível no Brasil – cenários 2004-2024**. Tese (Doutorado). Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

SECRETARIA DE ENERGIA RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO (2005). **Boletim Informativo, Séries Informações Energéticas**. Disponível em: <<http://ftp://ftp.sp.gov.br/ftpenergia/w97b1105.pdf>>. Acesso em 18 jan. 2006.

SIMS, R.E.H. (2004). **Bioenergy options for a cleaner environment: in developed and developing countries**. Amsterdam: Elsevier.

SOARES, G.F. S. (2002) **Curso de direito internacional público**. São Paulo: Atlas, v.1.

SOUZA, S.N.M. et al. (2002). Potencial de energia primária de resíduos vegetais no Paraná. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas. Disponível em: <<http://www.agr.unicamp.br/energia/agre2002/pdf/0052.pdf>>. Acesso em: 2 mar. 2006.

SOUZA, Z.J. (2004). **Geração de energia elétrica excedente no setor sucro-alcooleiro: entraves estruturais e custos de transação**. 278 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: 2003.

SOUZA, Z.J.; BURNQUIST, H.L. (2000). **A comercialização da energia elétrica co-gerada pelo setor sucro-alcooleiro**. São Paulo: CEPEA/Plêiada.

TOLMASQUIM, M.T. – coord (2005). **Geração de energia elétrica no Brasil**. CENERGIA. Rio de Janeiro: Interciência.

UNEP RISØ CENTRE – URC (2003). **Mecanismo de Desarrollo Limpio: introducción al MDL**. Roskilde: Unep Risø Centre – Risø National Laboratory.

UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO - ÚNICA (2005). **Agroindústria da cana-de-açúcar: alta competitividade canavieira.** Disponível em: <http://www.unica.com.br/pages/agroindustria_alta.asp>. Acesso em: 03 out. 2005.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE - UNFCCC (2007) **CDM Project Activities - Registered.** Project 0193 : HFC23 Decomposition Project of Zhejiang Juhua Co., Ltd, P. R. China. Disponível em: <<http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/DNV-CUK1135255248.44/view.html>> Acesso em 15 jan. 2007.

_____. (2005a) **Clean Development Mecanism projects.** Disponível em: <<http://unfccc.int/cdm>>. Acesso em: 28 ago. 2005.

_____. (2005b) **Project Design Document: Vale do Rosário bagasse cogeneration.** Disponível em: <<http://unfccc.int/cdm>>. Acesso 28 ago. 2005.

_____. (2006) **Registered CDM projects.** Disponível em: <<http://unfccc.int/cdm>>. Acesso em 30 jun. 2006.

WALTER, A.C.S. (2003). **Metodologias de avaliação e instrumentos para a viabilização do potencial de produção de energia elétrica com resíduos da cana-de-açúcar.** [S.l.:s.n.]. Relatório final da etapa II do Convênio CPFL-UNICAMP/FUNCAMP Período coberto pelo relatório – Janeiro a Junho de 2003.

_____. (Coord.). (2005) **Levantamento do Potencial Nacional de Produção de Eletricidade nos Segmentos Sucro-alcooleiro, Madeireiro e em Usinas de Beneficiamento de Arroz.** PNUD/MME-NIPE/UNICAMP, Campinas, Brasil: 2005.

_____. (2006) **(Simulação com o programa BAG v.1.7 desenvolvido no âmbito do projeto PNUD/MME)** Levantamento do Potencial de Produção de Eletricidade no Segmento Sucro-alcooleiro paulista, realizado em mar. 2006.

WORLD ALLIANCE FOR DECENTRALIZED ENERGY - WADE (2004). **Bagasse Cogeneration –global review and potential,** junho de 2004. Disponível em: http://www.localpower.org/documents_pub/report_bagasse_cogeneration.pdf. Acesso em 26/01/2006.

WORLD BANK, (2006) **Carbon Finance at the World Bank: List of Funds.** Disponível em: <http://carbonfinance.org/Router.cfm?Page=DocLib&CatalogID=27336>. Acesso: 20 june 2006.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE – WWF (2007). **O que é desenvolvimento sustentável.** Disponível em: <http://www.wwf.org.br/informacoes/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/index.cfm> Acesso em: 22 jan. 2007.

XAVIER, B.J. **As dificuldades da implantação da co-geração sob os aspectos técnicos e comerciais no cenário atual.** Campinas: [s.n.] Relatório Interno CPFL.

APÊNDICE A - Carta de apresentação

Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Engenharia de Produção

Prezado(a) Senhor(a),

Na qualidade de mestranda em Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, conjuntamente e sob orientação do Professor Doutor Wilson Kendy Tachibana, estou desenvolvendo uma pesquisa sobre os projetos MDL em Usinas sucro-alcooleiras.

Esta pesquisa busca investigar o potencial do mercado de carbono para o setor sucro-alcooleiro no Estado de São Paulo e fatores condicionantes para a concretização deste potencial.

Assim sendo, venho solicitar vossa contribuição para o desenvolvimento desta pesquisa, por meio da realização de entrevista, a fim de conhecer e estudar os principais fatores que condicionam o desenvolvimento de projetos MDL por empresas do setor sucro-alcooleiro.

Cabe ressaltar que esta pesquisa será objeto de estudos exclusivamente acadêmicos, tendo como resultado sua divulgação em congressos, encontros na comunidade científica nacional e internacional, e publicações em periódicos direcionados à temática.

Gostaria de salientar a confiabilidade acerca das informações prestadas, uma vez que todos os dados serão tratados de forma sigilosa e o nome das empresas poderão ser divulgados mediante autorização; ressaltando ainda que serão apresentados apenas os resultados consolidados. Acrescento que estes resultados estarão sempre à disposição de acordo com vosso interesse.

Antecipadamente agradeço a colaboração, e coloco-me desde já à disposição para maiores esclarecimentos.

Cordialmente,

Janaina Garcia de Oliveira

Contato: EESC-USP São Carlos – (16)3373-8286 ou cel.(19)9673-7480

E-mail: janagaol@yahoo.com.br

**APÊNDICE B - Roteiro de Entrevistas - expansão da cogeração de excedentes de
eletricidade**

Roteiro de Entrevista

Foco: Potencial de expansão da geração de eletricidade excedente setor sucro-alcooleiro.

Fatores condicionantes para a efetiva realização do potencial?

Entrevistado: _____

Empresa: _____

Cargo/função: _____

Contato: _____

Questões:

1. Acredita na expansão da geração de eletricidade pelo setor sucro-alcooleiro no Estado de São Paulo? Entre 2010 e 2015 ou outro período?
2. Dispõe de informações sobre número de usinas operando, atualmente, no Brasil e no Estado? E usinas que geram excedentes de eletricidade no Brasil e Estado de São Paulo?
3. Quais fatores motivariam os empresários a realizar investimentos na expansão da geração elétrica por cogeração com resíduos da cana-de-açúcar?
4. Em que proporção (em capacidade) se daria esta expansão entre 2010 e 2015, considerando que hoje o Estado dispõe de 400 MW (Walter, 2005) excedentes disponibilizados pelo setor sucro-alcooleiro. Acredita que geração será feita somente na safra ou o ano todo?
5. Há perspectivas da palha da cana-de-açúcar obter viabilidade financeira para ser utilizada como combustível complementar ao bagaço, dentro das usinas paulistas? Supondo que sim? Em que condições? Em que horizonte? Supondo que não, quais seriam as razões?
6. Acredita que o setor dispõe de estrutura financeira própria para financiar uma expansão? Caso não, conhece outras formas de levantar tais recursos?
7. É possível que os empresários do setor se motivem a investir na efetivação do potencial de geração de eletricidade baseados nas oportunidades proporcionadas por projetos MDL?
8. Qual a tendência de melhoria dos equipamentos relacionados à geração de energia. Por favor, justifique as respostas.

Expectativas (o que vai acontecer) para os seguintes itens:

- a. demanda de vapor do processo.
- b. Que tipo de biomassa (bagaço, palha, bagaço+palha)
- c. Operação na safra ou o ano todo

- d. caldeiras (60 bar = média do setor)
 - e. acredita na tendência de acionamento hidráulico ou elétrico do processo?
9. Em sua opinião, sob quais condições um potencial maior de geração de eletricidade poderia ser viabilizado?
 10. Dispõe de informação sobre as unidades em construção? Estarão os empresários aproveitando o potencial de geração de eletricidade ou não. Por favor, justifique.
 11. Gostaria de fazer outros comentários que julga importante sobre o assunto discutido?

APÊNDICE C - Roteiro para entrevista - potencial do mercado de carbono

Foco: Potencial do mercado de carbono para o setor sucro-alcooleiro.

Fatores condicionantes para a efetiva realização do potencial

Empresa: _____

Entrevistado: _____

Cargo/função: _____

Contato: _____

Questões:

1. Em sua opinião o mercado internacional de créditos de carbono está plenamente consolidado?
2. Acredita que o Brasil, representa papel importante nesse mercado? Por favor, justifique.
3. Quais os principais competidores regionais e mundiais do Brasil neste mercado?
4. Quais setores apresentam maior potencial para participar desse mercado no país?
5. Os projetos MDL de cogeração por bagaço representavam 41,8% dos projetos brasileiros registrados pelo EB até junho de 2006 (segundo dados da *United Framework Convention for Climate Change* - UNFCCC). Acredita que esse setor continuará com parcela significativa desse segmento? Por favor, justifique.
6. Estimativas realizadas neste trabalho mostram que o setor sucro-alcooleiro paulista poderá disponibilizar de 12,7 a 66 milhões de RCE (ver tabela em anexo). Acredita que o setor poderá disponibilizar esse montante de RCEs? Por favor, justifique.
7. Há interesses dos envolvidos com o setor sucro-alcooleiro paulista (usineiros, distribuidoras de energia, indústrias de base, etc.) em investir de forma significativa em projetos MDL baseados em cogeração com bagaço da cana-de-açúcar?
8. Gostaria de fazer comentários adicionais sobre o assunto, que julga importante comentar?

Anexo - Roteiro de Entrevista

Cálculo das Reduções Certificadas de Emissões com potencial de negociação pelo setor sucro-alcooleiro no Mercado de Carbono.

Tabela 1 - Emissões de CO_{2e} evitadas, por safra, baseado na potência excedente (MW)

Conf.	MW excedente	Horas (*)	MWh	Índice(**)	tCO ₂ eq.ev.
A	1.420	4800	6.816.000	0,268	1.826.688
B	4.020	8760	35.215.200	0,268	9.437.674

(*) configuração A = 200 dias * 24 horas / configuração B = 365 dias * 24 horas

(**) toneladas de CO₂ equivalente evitado - tCO_{2e}

Tabela 2 - Projeção em dólares para retorno esperado – comercialização de RCE

Projeção para RCE (US\$ 1.000.000) e tCO _{2e} - contrato de 7 anos							
Conf.	tCO _{2e}	\$5,00	\$8,00	\$10,00	\$20,00	\$25,00	\$32,00
A	12.786.816	\$ 63,93	\$102,29	\$127,87	\$255,74	\$319,67	\$409,18
B	66.063.715	\$ 330,32	\$528,51	\$660,64	\$1.321,27	\$1.651,59	\$2.114,04

APÊNDICE D - Roteiro entrevistas - Estudo de Casos comparativo

Roteiro de entrevista

Fatores condicionantes para investimentos em projetos MDL

Empresa: _____

Entrevistado: _____

Cargo: _____

Contato: _____

Questões

Aspectos do processo produtivo

1. A Usina dispõe de excedentes de eletricidade para comercialização? Capacidade em MW?
Agente comprador?
2. Fontes de financiamento utilizadas para melhorar eficiência do processo.
3. Características dos processos da unidade em estudo
 - a. Produção de cana-de-açúcar
 - b. Capacidade de processamento de cana-de-açúcar
 - c. Produção de álcool / açúcar
 - d. Capacidade de Cogeração (MW)
 - i. auto consumo
 - ii. comercialização
 - e. capacidade dos equipamentos instalados
 - i. caldeiras 230v/h
 - ii. turbinas
 - iii. possibilidade acionamento hidráulico e eletrificação
 - iv. demanda de vapor do processo
 - f. Gama de produtos
 - g. Tipo de biomassa
 - h. Período de operação (somente safra, safra + entressafra)
4. Previsão de novos investimentos para melhoria do processo produtivo com conseqüente disponibilização de maior excedentes de eletricidade. Fatores que condicionam expansão e/ou melhoria dos processos.
5. Visão do empresário:
 - a. expansão da produção da cana em São Paulo.

- b. Estratégias para eventual retração do crescimento ou direcionamento para outras regiões. Estaria preparado para investir em outros estados?
 - c. expectativas quanto a produtos e subprodutos do processamento da cana (mercado de etanol, eletricidade, açúcar).
 - d. quanto a geração de eletricidade pelo setor sucro-alcooleiro paulista.
 - e. Uso da palha como combustível.
6. Conhece os projetos MDL por cogeração de bagaço?
7. Motivos pelos quais a usina não investiu em projetos MDL
- a. Desconhece o assunto.
 - b. As etapas do processo demandam elevados investimentos.
8. Tipos de projetos relacionados à preservação ambiental desenvolvidos pela empresa.

APÊNDICE E - Roteiro entrevistas - Estudo de Casos comparativo (com MDL)**Roteiro de Entrevistas****Fatores condicionantes para investimentos em projetos MDL - Usina com projeto MDL****Empresa:** _____**Entrevistado:** _____**Cargo:** _____**Contato:** _____**QUESTÕES****Processo produtivo**

1. Fontes de financiamento utilizadas para melhorar eficiência do processo de cogeração.
2. Características dos processos.
 - a. Produção de cana-de-açúcar.
 - b. Capacidade de processamento de cana-de-açúcar.
 - c. Produção de álcool / açúcar.
 - d. Capacidade de Cogeração (MW)
 - i. auto consumo.
 - ii. comercialização.
 - iii. Agente comprador da eletricidade exportada.
 - e. capacidade dos equipamentos instalados.
 - i. caldeiras.
 - ii. turbinas.
 - iii. possibilidade acionamento hidráulico e eletrificação eletrificação.
 - iv. demanda de vapor do processo.
 - f. Gama de produtos.
 - g. Tipo de biomassa.
 - h. Período de operação.
9. Previsão de novos investimentos para melhoria do processo produtivo com conseqüente disponibilização de maior excedentes de eletricidade. Fatores que condicionam expansão e/ou melhoria dos processos.
10. Visão do empresário:
 - a. Quanto expansão da produção da cana em São Paulo.
 - b. Estratégias para eventual retração do crescimento ou direcionamento para outras regiões. Estaria preparado para investir em outros estados?

- c. expectativas quanto a produtos e subprodutos do processamento da cana (mercado de etanol, eletricidade, açúcar)
- d. quanto a geração de eletricidade pelo setor sucro-alcooleiro paulista.
- e. Uso da palha como combustível
- f. Perspectivas quanto aos projetos MDL de cogeração por bagaço da cana-de-açúcar no estado de São Paulo.

Projeto MDL:

- 1. Quais fatores influenciaram a decisão de desenvolvimento de um projeto MDL?
- 2. Fontes de financiamento utilizadas para o desenvolvimento das atividades e fases do projeto.
- 3. Projetos relacionados à preservação ambiental desenvolvidos pela empresa.
- 4. Quantidade de RCE negociadas pela empresa no mercado internacional de carbono?
- 5. Há interesse da empresa em renovar o contrato MDL.

ANEXO 1 - Países constantes do ANEXO B do Protocolo de Quioto

Parte	Compromisso de redução ou limitação quantificada de emissões (porcentagem do ano base ou período)
Alemanha	92
Austrália	108
Áustria	92
Bélgica	92
Bulgária*	94
Canadá	92
Comunidade Européia	92
Croácia*	95
Dinamarca	92
Eslováquia*	92
Eslovênia*	92
Espanha	92
Estados Unidos da América	93
Estônia*	92
Federação Russa*	100
Finlândia	92
França	92
Grécia	92
Hungria*	94
Irlanda	92
Islândia	110
Itália	92
Japão	94
Letônia*	92
Liechtenstein	92
Lituânia*	92
Luxemburgo	92
Mônaco	92
Noruega	101
Nova Zelândia	100
Países Baixos	92
Polónia*	94
Portugal	92
Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte	92
República Tcheca*	92
Romênia*	92
Suécia	92
Suíça	92
Ucrânia*	100

* Países em processo de transição para uma economia de mercado.

Fonte: MCT (2005b)

ANEXO 2 - Países constantes do Anexo 1 da CQNUMC

Austrália	Áustria
Bielarusa ^a	Bélgica
Bulgária ^a	Canadá
Croácia ^a *	República Tcheca ^a *
Dinamarca	Comunidade Económica Européia
Estónia ^a	Finlândia
França	Alemanha
Grécia	Hungria ^a
Islândia	Irlanda
Itália	Japão
Letónia ^a	Liechtenstein*
Lituânia ^a	Luxemburgo
Mônaco*	Holanda
Nova Zelândia	Noruega
Polónia ^a	Portugal
Romênia ^a	Federação Russa ^a
Eslováquia ^a *	Eslovênia ^a *
Espanha	Suécia
Suíça	Turquia
Ucrânia ^a	Reino Unido da Grã Bretanha e Irlanda do Norte
Estados Unidos da América	

Fonte: MCT (2005b).

^a Países em processo de transição para economias de mercado.

* Nota dos autores: Países adicionados ao Anexo 1 por emenda que entrou em vigor em 13 de agosto de 1998, conforme decisão 4/CP.3 aprovada na COP. 3.

ANEXO 3 – Projetos MDL registrados - São Paulo

Projetos Registrados - Usinas no Estado de São Paulo (julho de 2006)				
	Data de Registro	Título do Projeto	Reduções*	Município/Estado
1	9/mar/06	Moema Bagasse Cogeneration Project (MBCP)	13,139	Orindiúva/SP
2	9/mar/06	Equipav Bagasse Cogeneration Project (EBCP)	31,821	Promissão/SP
3	9/mar/06	Central Energética do Rio Pardo Cogeneration Project (CERPA) Usina da Pedra	16,29	Serrana/SP
4	6/mar/06	Cruz Alta Bagasse Cogeneration Project (CABCP) Usina Guarani	10,061	Olímpia/SP
5	6/mar/06	Zillo Lorenzetti Bagasse Cogeneration Project (ZLBC)	53,774	Lençóis Paulista/SP
6	6/mar/06	Termoelétrica Santa Adélia Cogeneration Project (TSACP)	22,204	Jaboticabal/SP
7	4/mar/06	Alto Alegre Bagasse Cogeneration Project (AABCP)	9,674	Presidente Prudente/SP
8	3/mar/06	Coinbra-Cresciumal Bagasse Cogeneration Project (CCBCP)	17,481	Leme/SP
9	3/mar/06	Bioenergia Cogeradora S.A. (“Bioenergia”), corresponding to the Santo Antonio Mill (USA – from the Portuguese “Usina Santo Antônio”) and the São Francisco mill (USFR – from the Portuguese “Usina São Francisco”)	20,84	Sertãozinho/SP
10	3/mar/06	Lucélia Bagasse Cogeneration Project (LBCP)	14,362	Lucélia/SP
11	3/mar/06	Colombo Bagasse Cogeneration Project (CBCP)	28,018	Ariranha/SP
12	3/mar/06	Serra Bagasse Cogeneration Project (SBCP)	6,644	Ibaté/SP
13	3/mar/06	Cerradinho Bagasse Cogeneration Project (CBCP)	34,742	Catanduva/SP
14	3/mar/06	Vale do Rosário Bagasse Cogeneration (VRBC)	25,277	Morro Agudo/SP
15	24 Feb 06	Santa Cândida Bagasse Cogeneration Project (SCBCP)	10,604	Bocaina/SP
16	20 Feb 06	Alta Mogiana Bagasse Cogeneration Project (AMBCP)	12,024	São Joaquim da Barra/SP
17	20 Feb 06	Nova América Bagasse Cogeneration Project (NABCP)	12,027	Tarumã/SP
18	20 Feb 06	Santa Elisa Bagasse Cogeneration Project (SEBCP)	45,801	Sertãozinho/SP
TOTAL - REDUÇÕES DE EMISSÕES			384,783	
*Reduções de emissões estimadas em toneladas métricas de CO2 equivalente por ano (definido pelos participantes do projetos).				

Fonte: UNFCCC (2006a)