

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA EM ENGENHARIA

ALEXANDRE MANO
CRISTIANA CREPALDI SANTOS

ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE REDUÇÃO DE EMISSÃO DE
CO₂ NA COGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM BIOMASSA DE
CANA-DE-AÇÚCAR

São Paulo
2005

ALEXANDRE MANO
CRISTIANA CREPALDI SANTOS

ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE REDUÇÃO DE EMISSÃO DE
CO₂ NA COGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM BIOMASSA DE
CANA-DE-AÇÚCAR

Monografia apresentada a Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção
do Certificado de conclusão do curso de
MBA – Tecnologia e Gestão Ambiental do
PECE – Programa de Educação Continuada.

Orientador: Prof. Dr. Gil Anderi da Silva

São Paulo
2005

DEDICATÓRIA

“Dedicamos este trabalho a amizade sincera que a tudo suporta.”

Os amigos,

Cris e Alê

AGRADECIMENTOS

A Coimbra Cresciumal S.A. que tão solícitamente nos cedeu todas as informações necessárias a este estudo, e em especial a Eng^a Maria Aparecida Perón Carmelindo, que nos atendeu com enorme gentileza.

As empresas onde nos tornamos profissionais, Procknor Engenharia Ltda. e Waterloo Brasil Ltda.

Ao Prof. Dr. Gil Anderi da Silva, por entender nossas dificuldades e incentivar a conquista deste trabalho.

A Rosana P. da Silva Chaves, secretária do PECE, também pelo incentivo.

A Alexandre Garcia, pelo otimismo.

E nosso maior agradecimento aos nossos pais e irmãos sempre presentes.

RESUMO

De uma forma abrangente, este estudo reuniu alguns dos recursos disponíveis internacionalmente, resultantes dos acordos firmados nas reuniões da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. E que quando utilizados, possibilitam o desenvolvimento econômico, traduzido no consumo de energia, de forma equilibrada com o desenvolvimento sustentável. Este novo conceito de desenvolvimento tornou-se significativo para a inclusão de soluções regionais no panorama internacional de redução de emissão de gases de efeito estufa. Justificando o objetivo deste trabalho, a estimativa do potencial de redução de emissões de GEE para o projeto de cogeração de energia com biomassa de cana-de-açúcar, da Central Termoelétrica Coimbra Cresciumal S.A.

ABSTRACT

Within a general approach, this study has collected some of the international available resources, which have been the result of the firmed agreements from the United Nations Framework Convention on Climate Change. By means of their employment, economic development is led in the form of energy consumption along with the balance towards the sustained development. This new developmental conception is remarkable for the insertion of regional solutions of the international scope upon greenhouse gases emission reduction. The purpose of this study aims the GHG emission reduction potential estimation as per the energy cogeneration project on sugar cane biomass from Central Termoelétrica Coimbra Cresciumal S.A.

SUMÁRIO

<i>DEDICATÓRIA</i>	<i>i</i>
<i>AGRADECIMENTOS</i>	<i>ii</i>
<i>RESUMO</i>	<i>iii</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>iv</i>
<i>SUMÁRIO</i>	<i>v</i>
<i>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</i>	<i>vi</i>
<i>LISTA DE TABELAS</i>	<i>vi</i>
<i>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</i>	<i>vii</i>
<i>1. Introdução</i>	<i>9</i>
1.1. As Mudanças Antrópicas e sua Relação com o Setor Energético	10
1.2. O Efeito Estufa	13
1.3. O Aquecimento Global e a Convenção do Clima	16
1.4. O Protocolo de Kyoto	21
1.5. Panorama Nacional	23
1.6. Panorama Internacional	25
<i>2. Objetivo</i>	<i>33</i>
<i>3. O Mercado de Crédito de Carbono</i>	<i>34</i>
<i>3. Geração de Energia: Planejamento e Sustentabilidade</i>	<i>35</i>
<i>4. A Central Termoelétrica Coimbra Cresciumal S.A.</i>	<i>38</i>
<i>5. Elegendo o Projeto de Referência (Baseline)</i>	<i>40</i>
<i>6. Estimativa do Volume de Créditos de Carbono</i>	<i>41</i>
<i>7. Conclusão</i>	<i>44</i>
<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	<i>45</i>
<i>ANEXO A – Status de Ratificação do Protocolo de Kyoto (16.12.2004)</i>	<i>49</i>

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<i>Figura 1.1 - Oferta Interna de Energia (2000-2003).</i>	12
<i>Figura 1.2 -Emissões Mundiais de Dióxido de Carbono por Região, 1990 a 2025.</i>	26
<i>Figura 1.3 – Consumo Energético Mundial (1970 a 2025).</i>	27
<i>Figura 1.4 – Projeção de Consumo de Combustíveis Fósseis para Geração de Energia em 2001, 2010, 2020 e 2025.</i>	30
<i>Figura 1.5 – Panorama Mundial de Consumo de Combustíveis para Geração de Energia, 1970 – 2025.</i>	31
<i>Figura 3.1 - Ciclo Bottoming.</i>	37

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1.1 – Principais Problemas Ambientais</i>	10
<i>Tabela 1.2 - Concentrações Globais de Alguns Gases de Efeito Estufa geradas por atividades humanas</i>	15
<i>Tabela 1.3 - Exemplos de Políticas e Medidas para Redução de Gases do Efeito Estufa em Países do Anexo I (Protocolo de Kioto)</i>	28
<i>Tabela 6.1 - Geração de Energia e Redução de Emissões de CO₂ no Projeto da Coinbra Cresciumsal S.A.</i>	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agencia Nacional de Energia Elétrica
B	Biomassa de cana-de-açúcar
BM&F	Bolsa de Mercadoria e Futuros
°C	Unidade de temperatura Grau Celsius
CM	Carvão mineral
CO ₂	Dióxido de carbono
COP	Conferência das Partes
E	Energia elétrica gerada
Fe	Fator de emissão
GEE	Gases de Efeito Estufa
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.
kgf/cm ²	Unidade de pressão, quilograma-força por centímetro quadrado
kW	Unidade de potência, quilo Watt
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas ¹
JBIC	Japan Bank for International Cooperation
MBRE	Mercado Brasileiro de Redução de Emissões
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MW	Unidade de potência, mega Watt
MWh	Fluxo de energia, mega Watt hora
ONU	Organização das Nações Unidas
%	Porcentagem
PIE	Produtores Independentes de Energia

¹ Traduzido da língua inglesa.

t	Unidade de massa, tonelada
tC/TJ	Unidade do fator de emissão, tonelada de carbono por tera joule
t CO ₂	Tonelada de dióxido de carbono
tep	Tonelada Equivalente de Petróleo
t/h	Fluxo de massa, tonelada por hora
TWh/ano	Fluxo de energia, tera Watt hora por ano
RE	Redução de Emissão
UNFCCC	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças
UNICA	União da Agroindústria Canavieira de São Paulo

1. Introdução

Desde o surgimento da espécie humana nunca houve a necessidade de um desafio de projetar, e construir, uma economia que possa sustentar o progresso da humanidade sem destruir seus sistemas de sustentação como nos dias atuais. O homem entra no novo século com uma economia que pode levá-lo aonde não deseja ir.

O contingente humano no planeta nos dias atuais é quatro vezes maior do que no século XVIII. Tal crescimento permitiu a humanidade um avanço na qualidade de vida inexistente no século passado, os quais demandaram um excessivo consumo dos recursos naturais existentes (Brown, 1999).

De acordo com dados da *United Nations* (1996), a população mundial levou toda a sua história para atingir 1,6 bilhão de indivíduos no ano de 1900; o total chegou aos 2 bilhões em 1930. O terceiro bilhão foi adicionado em 1960, o quarto em 1977 e, em apenas doze anos, o quinto, em 1989. Se o crescimento populacional seguir a projeção mediana das Nações Unidas, os números humanos crescerão em mais 4,6 bilhões no próximo século.

Proporcional ao crescimento populacional encontra-se o crescimento econômico. Durante o século XVIII, a economia global expandiu de um produto anual de US\$ 2,3 trilhões em 1900, para US\$ 39 trilhões, em 1998 (Brown, 1999). Observa-se que o crescimento em apenas um século excede aquele desde do início da humanidade.

Cabe ressaltar que essa renda é concentrada em pequena parte da população mundial e que, pelo menos quatro quintos da população vive em condições de sub existência. Além disso, o modelo econômico atual, que levou a

humanidade a atingir o patamar econômico explicitado acima, subjuga os sistemas naturais do planeta.

Combinados, o crescimento da população e da economia, elevaram consideravelmente as mudanças causadas pelo homem. No passado, antes da revolução industrial, tais mudanças eram insignificantes. Contudo, as variações naturais ocorridas ao longo dos séculos eram bastante lentas diferente das mudanças antropogênicas, que ocorrem em espaços de tempo relativamente curto.

1.1. As Mudanças Antrópicas e sua Relação com o Setor Energético

As principais mudanças causadas pelo homem podem ser resumidas nos problemas ambientais descritos na Tabela 1.1.

A Tabela 1.1 apresenta os principais problemas ambientais dos dias atuais:

Tabela 1.1 – Principais Problemas Ambientais

	Problema Ambiental	Principal Causa (Fonte)
Local	Poluição urbana do ar	Energia (indústria e transporte) Uso de combustíveis fósseis para transportes derivados de petróleo que emitem CO ₂ , particulados, CH ₄ , NO _x e outros.
	Poluição do ar em ambientes fechados	Energia Uso de combustíveis sólidos (biomassa e carvão) para aquecimento e cocção, que dão origem principalmente a particulados.
Regional	Chuva ácida	Energia (queima de combustíveis fósseis) Emissões de SO ₂ e NO _x , material particulado e produção de ozônio resultantes da queima de combustíveis fósseis, principalmente no transporte.
Global	Redução da camada de Ozônio Aquecimento por Efeito Estufa e mudança do clima	Indústria Clorofluorcarbonos Energia Emissão de CO ₂ na queima de combustíveis fósseis.

Fonte: GOLDEMBERG, J. *Energia, meio ambiente e desenvolvimento*. São Paulo, EDUSP, 2001.

Observa-se que os problemas ambientais relacionados na Tabela 1.1 têm várias causas, tais como o aumento populacional, indústria, transportes, agricultura e até mesmo o turismo, além das mudanças dos padrões de consumo (Goldemberg, 2004). Contudo as causas principais de tais problemas são relacionadas à produção e uso de energia.

O setor energético é responsável por produzir impactos ambientais em toda a sua cadeia de desenvolvimento, desde a captura dos recursos naturais básicos para seus processos de produção, até seus usos finais por diversos tipos de consumidores (Reis, 2001).

Sabe-se que, para existir crescimento econômico faz-se necessária a existência de energia, não sendo única força motriz para o desenvolvimento, mas fator essencial. Contudo a razão pela qual a energia contribui substancialmente para a degradação ambiental está na base da matriz energética mundial que, desde a revolução industrial no final do século XVIII edifica-se no uso de combustíveis fósseis (carvão e petróleo) que possuem impurezas de enxofre e material particulado, além da produção de óxidos de nitrogênio (NO_x) e dióxido de carbono (CO_2), resultantes da sua combustão.

Os motores automobilísticos, de combustão interna, têm dominado o transporte coletivo e individual por mais de oito décadas, nos países industrializados. A eletricidade é tão segura hoje que qualquer interrupção no seu fornecimento é considerada uma emergência. Ademais o custo da eletricidade é tão baixo (em termos de poder aquisitivo do consumidor) que descobrir novas fontes energéticas que sejam mais convenientes, confiáveis e acessíveis do que os combustíveis fósseis, não faz parte da idéia de vários cientistas. (Falvin; Dunn, 1999).

De acordo com a Figura 1.1, a oferta de combustíveis para a geração de energia no Mundo e no Brasil baseia-se em 79,5% na queima de combustíveis fósseis no Mundo, ao passo que no Brasil eles representam 57,3%.



Figura 1.1 - Oferta Interna de Energia (2000-2003).

Fonte: Ministério de Minas e Energia. *Balanço Energético Nacional*, 2003.

As principais conseqüências desta evolução são o aumento dos combustíveis fósseis e a resultante poluição em todos os níveis – Local, Regional e Global. Cerca de 85% do enxofre lançado na atmosfera origina-se da queima de combustíveis fósseis e, bem como cerca de 75% das emissões de carbono.

O Consumo Final de Energia em 2002 no Brasil foi de 177,4 milhões de tep, montante correspondente a 89,6% da Oferta Interna de Energia e 2,9 vezes superior ao de 1970. A indústria com 37%, o transporte com 27% e o residencial com 12%, respondem por 76% do consumo final de energia (*Balanço Energético Nacional*, 2003).

Segundo dados do Ministério das Minas e Energia, as fontes de energia renováveis no Brasil representam cerca de 42% do consumo, em 1998, e sua porcentagem tem se mantido aproximadamente constante desde 1970. A situação das reservas brasileiras de combustíveis fósseis não é, porém, favorável para minimização no seu consumo. Estima-se que, para o petróleo e o gás natural, estas

reservas sejam superiores a vinte anos. Isso significa que nas próximas décadas haverá um aumento de importação de petróleo e gás natural, sobretudo este último para geração de eletricidade. Segundo estudos específicos isso desfavorecerá o consumo de biomassa.

As conseqüências ambientais do aumento da demanda de consumo de energia, derivada de combustíveis fósseis, são aquelas outrora discutidas na Tabela 1.1.

E é neste ponto onde há o conflito entre o desenvolvimento e a sustentabilidade, já que o modelo de desenvolvimento depende, desde a revolução industrial no final do século XVIII, de combustíveis fósseis (carvão e petróleo). O modelo apresentado é o principal fator de emissão dos Gases de Efeito Estufa (GEE).

1.2. O Efeito Estufa

Alguns gases da atmosfera, principalmente o dióxido de carbono (CO_2), funcionam como uma capa protetora que impede que o calor absorvido da irradiação solar escape para o espaço exterior, mantendo uma situação de equilíbrio térmico sobre o planeta, tanto durante o dia como durante a noite. Essa “capa protetora” é dada pela capacidade de irradiação de raios infravermelhos pelos GEE. Sem o carbono na atmosfera a superfície da Terra seria coberta de gelo. A essa particularidade benéfica da camada de ar em volta do globo se dá o nome de "efeito estufa".

A importância do efeito estufa pode ser melhor compreendida quando se observa as condições reinantes na Lua. Não havendo uma atmosfera, e portanto

nenhum efeito estufa; as temperaturas variam de 100°C durante o dia a -150°C durante a noite.

O efeito estufa na Terra é garantido pela presença do dióxido de carbono, vapor de água e outros gases raros (argônio, néon, hélio e metano). Esses gases são chamados de raros porque constituem uma parcela muito pequena na composição atmosférica, formada em sua maior parte por nitrogênio (75%) e oxigênio (23%).

Alguns pesquisadores acreditam que se o percentual de oxigênio na atmosfera fosse um pouco mais elevado, um simples relâmpago poderia ocasionar incêndios gigantescos. O alto percentual de oxigênio na composição atmosférica, mais a existência dos gases raros faz com que muitos cientistas classifiquem a atmosfera terrestre como uma "anomalia", quando comparada às de outros planetas.

O efeito estufa gerado pela natureza é, portanto, não apenas benéfico, mas imprescindível para a manutenção da vida sobre a Terra. Se a composição dos gases raros for alterada, para mais ou para menos, o equilíbrio térmico da Terra sofrerá conjuntamente.

A ação do ser humano na natureza tem feito aumentar a quantidade de dióxido de carbono na atmosfera, através de uma queima intensa e descontrolada de combustíveis fósseis e do desflorestamento. A derrubada de árvores provoca o aumento da quantidade de dióxido de carbono na atmosfera pela queima e também por decomposição natural. Além disso, as árvores aspiram dióxido de carbono e produzem oxigênio. Uma menor quantidade de árvores significa também menos dióxido de carbono sendo absorvido. Segundo King, os dados coletados na Antártica

demonstram que o planeta não possuía concentrações de CO₂ na atmosfera como nos níveis atuais há pelo menos 440.000 anos.

Portanto, as ações decorrentes das atividades antrópicas provocaram alterações na biosfera resultando na quase duplicação, no período de 1975 a 1998, dos GEE, como mostra a Tabela 1.2.

Tabela 1.2 - Concentrações Globais de Alguns Gases de Efeito Estufa geradas por atividades humanas

	CO ₂ Gás Carbônico	CH ₄ Metano	N ₂ O Óxido Nitroso
Concentração em 1750	280ppm	700 ppb	270 ppb
Concentração em 1998	365 ppm	1745 ppb	314 ppb
Taxa de Alteração ^a	1,5 ppm/ano ^b	7,0 ppb/ano ^b	0,8 ppb/ano
Residência na Atmosfera (anos)	50 – 200	12	114

Fonte: Adaptado de *Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC (2001a)*

Legenda:

ppm: parte por milhão; ppb: parte por bilhão.

A – Calculada durante o período de 1990 a 1999.

B – A taxa para CO₂ tem flutuado de 0,9 a 2,8 ppm/ano e para CH₄, entre 0 e 13 ppb/anodurante o período de 1990 a 1999.

São considerados GEE: Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂O), Hexafluoreto de Enxofre (SF₆), e as famílias dos perfluorcarbonos (compostos completamente fluorados, em especial erfluormetano CF₄ e perfluormetano C₂F₆) e hidrofluorcarbonos (HCFs) (Miguez, 2000).

O acúmulo líquido de carbono (C) na atmosfera, resultante das emissões de CO₂, chega a três bilhões de toneladas por ano e não há perspectivas, a curto prazo, de que essa situação seja revertida.

Conforme declarou o relatório decisivo do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC, 2001), das Nações Unidas, as temperaturas globais estão subindo mais rápido do que já ocorreu nos últimos mil anos, e a modelagem computacional mostra que forças climáticas naturais, como erupções vulcânicas e as

lentas alterações na combustão do Sol, não bastam para explicar tanto aquecimento. A alteração da concentração dos GEE na atmosfera pode desencadear uma elevação de temperatura entre 1,4°C a 5,8°C até o final do século, pelas projeções do IPCC (IPCC, 2001). Esse aumento de temperatura pode ocorrer devido ao bloqueio de saída da radiação solar que estes gases causam. Em outras palavras, devido ao Efeito Estufa.

Decorrentes do aumento de temperatura, outros impactos ambientais são notado com maior intensidade já que os ecossistemas são frágeis e dependem de um equilíbrio delicado do clima. Cinco dos anos mais quentes já registrados ocorreram durante a década de 1990. As calotas polares estão encolhendo, assim como as geleiras alpinas. O nível do mar está começando a subir. Furacões e tempestades tropicais são mais freqüentes. O aquecimento na região sul do Oceano Pacífico (chamado *El Niño*) tornou-se mais freqüente e intenso, provocando períodos de seca severa no Nordeste brasileiro, na Amazônia e no sudeste da Ásia.

Com os dados expostos e a preocupação mundial sobre o tema, fica claro que os níveis de emissões atmosféricas dos GEE devem ser controlados de forma sustentável.

1.3. O Aquecimento Global e a Convenção do Clima

Considerando então que não é possível manter as taxas de crescimento econômico sem atrelar a elevação freqüente da concentração dos níveis de GEE na atmosfera que, em 1988, foi estabelecido o IPCC com o objetivo de compilar e revisar informações científicas sobre o assunto. Em 1990 o IPCC apresentou o Primeiro Relatório de Avaliação concluindo que a mudança climática era assunto premente e solicitando a criação de uma convenção que estabelecesse a base para a cooperação internacional em questões relacionadas ao aquecimento global.

Assim, em 1992, 180 países assinam o texto da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática (UNFCCC) na Rio-92 que entrou em vigor em Março de 1994. Com a vigoração da UNFCCC, representantes dos países signatários passaram a se reunir anualmente para discutir o progresso de sua implementação e dar continuidade às discussões nas chamadas Conferências das Partes (COPs).

A UNFCCC estabeleceu como objetivo final a estabilização dos GEE, de modo a permitir a adaptação de ecossistemas e de assegurar que a produção de alimentos e o desenvolvimento econômico sigam de maneira sustentável. O principal objetivo da UNFCCC é “estabilizar a concentração de gases do efeito estufa na atmosfera a níveis que possam prevenir a interferência dos perigos antropogênicos no sistema climático”.

A premissa básica da convenção é o princípio da responsabilidade comum, porém diferenciada. Estabelece a necessidade de que todos os países devem dividir o ônus de redução das emissões de GEE cabendo aos países desenvolvidos liderar a redução de emissões e assumir os primeiros compromissos uma vez que, historicamente, foram esses os grandes emissores. Com esse fim, as Partes do Anexo I comprometeram-se a, através de políticas e medidas nacionais condizentes, reduzir suas emissões de GEE aos níveis de emissões registrados em 1990 até o ano 2000.

Como essa meta não foi alcançada e, os níveis de emissão até aumentaram, na Conferência das Partes de 1995 (COP-01, Berlim, Alemanha) foi acordado a necessidade do estabelecimento de medidas compulsórias de redução. Esse

processo culminou na criação da COP-03 com a adoção do Protocolo de Kyoto² em 1997.

O Protocolo de Kyoto foi aberto para assinaturas em 16.03.1998, em Nova York, EUA, sendo que somente entraria em vigor quando ao menos 55 Partes da Convenção o ratificassem, incluindo países desenvolvidos que contabilizariam pelo menos 55% das emissões de dióxido de carbono em 1990 desse grupo de países industrializados. No mesmo período, em Buenos Aires, Argentina, é realizada a COP-04, direcionando os trabalhos para implementar e ratificar o Protocolo de Kyoto.

De 22 de outubro a 5 de novembro de 1999 é realizada a COP - 5 em Bonn, Alemanha, dando continuidade aos trabalhos iniciados em Buenos Aires no ano anterior. Na COP - 6, de 13 a 24 de novembro de 2000, em Haia, Holanda, as negociações são suspensas pela falta de acordo entre a União Europeia e os Estados Unidos em relação aos sumidouros e às atividades de mudança do uso da terra. No Brasil, um Decreto Presidencial cria o Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas (Decreto Federal nº 3.515 de 20.06.00).

As discussões são retomadas na COP - 6 1/2, em 27 de junho de 2001, em Bonn, Alemanha, já sem contar com os Estados Unidos, que se retira sob a alegação de que os custos para a redução de emissões seriam muito elevados para a economia norte-americana. Os Estados Unidos contestam também a ausência de metas de redução para os países do Sul, em especial a China, Índia e o Brasil. Ressalta-se que os Estados Unidos são responsáveis por cerca de 25% das emissões globais de gases de efeito estufa conforme os registros de 1990 utilizados

² Embora a tradução oficial para a Língua Portuguesa do nome desta cidade no Japão seja Quioto, nesta monografia será utilizado o nome Kyoto, como é internacionalmente conhecida.

como parâmetro. No mesmo ano, entre 29 de outubro e 10 de novembro, em Marrakesh (Marrocos), acontece a COP - 7.

O Acordo de Marrakesh foi essencial para que fossem definidas as regras operacionais para colocar em prática o Acordo de Bonn (COP-05) e até mesmo o Protocolo de Kyoto. O Acordo de Marrakesh, entre outras coisas, define as regras dos mecanismos de flexibilização (MDL, Implementação Conjunta e Comércio de Emissões) e Artigos 5, 7 e 8 que tratam respectivamente do inventário nacional de emissões, das informações adicionais à Convenção derivadas do Protocolo, e do processo de revisão das comunicações nacionais.

A Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+10) acontece entre os dias 26 de agosto e 4 de setembro de 2002, em Johannesburg, África do Sul. As negociações internacionais não têm grandes avanços. Mas inicia a discussão sobre o estabelecimento de metas de uso de fontes renováveis na matriz energética dos países. Entre os dias 23 de outubro e 1º de novembro do mesmo ano acontece a COP - 8, em Nova Deli, na Índia.

A conferência Mundial sobre Mudanças Climáticas realizada em Milão, Itália, entre 29 de setembro e 3 de outubro de 2003 (COP-9) teve como objetivo a ratificação do Protocolo de Kyoto pela Rússia. Diante da insegurança econômica dos russos, o Presidente Vladimir Putin não ratificou o Protocolo e adiou sua decisão para o segundo semestre de 2004. O governo russo também reforçou as incertezas científicas sobre a existência do aquecimento global, seguindo o discurso do governo americano, o que é inconcebível já que muitos estudos científicos concordam que o aquecimento global está em curso e que se dá por razões antropogênicas.

Por fim, a última Conferência das Partes realizada foi a COP-10 em Buenos Aires, Argentina. O objetivo principal da COP-10 foi avaliar as principais conquistas e avanços alcançados pelos países nos dez anos de existência da Convenção de Mudança do Clima. Fatores como a identificação dos impactos das mudanças climáticas no planeta e que medidas devem ser tomadas para evitar mais estragos causados por estas mudanças; estabelecimento de rumos e estratégias para a nova etapa que se inicia com a entrada em vigor do Protocolo de Kyoto e debates sobre a criação de tecnologias para fazer frente aos impactos das mudanças do clima na Terra nos países menos desenvolvidos foram temas abordados na COP-10.

Quanto ao histórico de ratificação do Protocolo, no final de 2003, 119 países e a União Europeia haviam ratificado o Protocolo, incluindo Canadá, China, Índia, Japão, México, Nova Zelândia e Coreia do Norte. Um total de 31 países do Anexo I, representando 44,2% do total de emissões de dióxido de carbono do ano de 1990, haviam assinado o protocolo. O Anexo A apresenta a situação da ratificação do Protocolo de Kyoto.

Dois grandes países do Anexo I anunciaram que não irão ratificar o protocolo, Austrália e Estados Unidos da América (EUA), deixando a Rússia como fator de decisão para implantação do Protocolo.

Com 17,4% das emissões de dióxido de carbono de 1990, a ratificação do Protocolo pela Rússia em 16.11.2004, elevou a 61,6% do total necessário, deixando que as decisões da Austrália e do EUA não tivessem maior importância.

Apesar de diversas opiniões e contradições sobre os mecanismos e processos que o Protocolo de Kyoto estabelece para redução de emissão dos GEE, o mesmo entrará em vigor em 16.02.2005.

No Anexo A é apresentado o *status* de ratificação do Protocolo de Kyoto, atualizado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia em 16.12.2004.

1.4. O Protocolo de Kyoto

Conforme discutido, a principal arma, atualmente existente, para atuar de forma sustentável e minimizar os efeitos antropogênicos no sistema climático é o Protocolo de Kyoto.

O Protocolo reza que as Partes do seu Anexo I³ comprometem-se, via metas obrigatórias, a reduzir suas emissões em média 5% abaixo dos níveis de 1990, durante o período de 2008 a 2012.

Para atingir as metas de redução estipuladas, os países do Anexo I podem implementar medidas de redução internas (domésticas) ou “mecanismos flexíveis” internacionais. O Protocolo de Kyoto apresenta três “mecanismos flexíveis”, chamados de mecanismos do Kyoto, que têm a finalidade de auxiliar os países do Anexo I a atingirem suas metas, seguindo o mercado internacional para determinar o melhor custo-benefício para redução global dos gases de efeito estufa.

Os mecanismos do Kyoto são:

1 – Comércios de Emissões: Os países do Anexo I podem transferir parte do seu crédito de emissões para outro país do Anexo I, iniciando em 2008, pelo custo de um crédito de emissões de CO₂. Por exemplo, um país do Anexo I que reduziu suas emissões em 2010 em 10 milhões de toneladas a mais do que o estipulado no Protocolo poderá vender essa diferença para outro país do Anexo I.

2 – Transferência e aquisição de redução de emissões (Implementação Conjunta – *join implementation*): Qualquer país do Anexo I pode transferir para ou

³ O Anexo I do Protocolo de Kyoto inclui: Alemanha, Austrália, Áustria, Bélgica, Bulgária, Canadá, Dinamarca, Eslováquia, Espanha, Estados Unidos, Estônia, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Hungria, Inglaterra, Islândia, Irlanda, Itália, Japão, Letônia, Liechtenstein, Luxemburgo, Mônaco, Nova Zelândia, Noruega, Polônia, República Tcheca, Romênia, Rússia, Suécia, Suíça e Ucrânia.

adquirir de qualquer outro país unidades de redução de emissões resultantes de projetos visando a redução das emissões antrópicas por fontes ou o aumento das remoções antrópicas por sumidouros de gases de efeito estufa em qualquer setor da economia.

Implica, portanto, em constituição e transferência de crédito de emissões de GEE do país em que o projeto está sendo implementado para o país emissor. Este pode comprar “crédito de carbono” e, em troca, constituir fundos para projetos a serem desenvolvidos em outros países. Os recursos financeiros obtidos serão aplicados necessariamente na redução de emissões ou em remoção de carbono.

3 – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL): O objetivo do mecanismo de desenvolvimento limpo deve ser assistir os países não incluídos no Anexo I para que atinjam o desenvolvimento sustentável e contribuam para o objetivo final da Convenção, e assistir os países incluídos no Anexo I para que cumpram seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões.

O Protocolo de Kyoto refere suas metas ao total global dos níveis de emissão de gases de efeito estufa, que somam as emissões de dióxido de carbono, metano, óxido de nitrogênio, Hexafluoreto de Enxofre (SF_6), e as famílias dos perfluorcarbonos (compostos completamente fluorados, em especial erfluormetano CF_4 e perfluormetano C_2F_6) e hidrofluorcarbonos (HCFs). Não há restrições no Protocolo de Kyoto para países que optem por reduzir uma pequena quantidade de CO_2 e uma redução significativa de outro GEE, ou vice versa. O importante é que a somatória de GEE seja reduzida de modo a atingir o objetivo principal da UNFCCC que, em última instância é o objetivo de todos os países que assinaram a convenção em 1992 na cidade do Rio de Janeiro, Brasil.

1.5. Panorama Nacional

O processo de tomada de decisão oficial sobre os temas de mudanças climáticas no Brasil se dá na relação do segmento específico do Ministério de Relações Exteriores (MRE), isso devido a sua representação junto a ONU (Organização das Nações Unidas). Juntamente ao MRE, segundo o Decreto Federal nº 1.160 de 21.06.94, estabeleceu-se que a coordenação nacional da implantação da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima é atribuída ao Ministério da Ciência e da Tecnologia (MCT) e órgãos vinculados como o INPE e a Agencia Brasileira Espacial. Através dessas equipes mistas de trabalho constituiu-se o grupo que integra a co-liderança do Grupo dos 77 + China nas negociações internacionais, o mais representativo grupo entre os países em desenvolvimento que não integram o Anexo I da Convenção.

A representação oficial brasileira teve papel fundamental na viabilização e nas posteriores negociações do Protocolo de Kyoto. Desta forma, inclusive, obteve êxito na inclusão dos MDL (Mecanismos de Desenvolvimento Limpo), um dos três mecanismos de compensação às reduções de emissões instituídos pelo Protocolo, permitindo a inserção de países em desenvolvimento nos esforços internacionais frente as mudanças climáticas.

Em 1998 o Brasil emitia aproximadamente 285 milhões de toneladas de CO₂, das quais cerca de 85 milhões eram resultantes da queima de combustíveis fósseis (71% do uso de combustíveis líquidos, 15,6% da queima de carvão mineral e 4% do uso de gás natural). Ressalta-se que esse numero é relativamente baixo quando comparado a queima de combustíveis fósseis de outros países (Santilli; Carvalho; Nepstand, 2004).

No entanto, a maior parcela de emissões de GEE no Brasil, aproximadamente 2/3, são decorrentes de atividades de uso da terra como desmatamentos e queimadas. Esse dado foi demonstrado pelo Brasil na COP-10, realizada em Buenos Aires, Argentina, em Dezembro de 2004. Segundo Moutinho, em 1994, a taxa de desmatamento da Amazônia apresentou-se em torno de 14.000,00 Km², já em 2004 essa taxa elevou-se para 24.000,00 Km².

As negociações para a ratificação do Protocolo na ONU privilegiaram as emissões de GEE resultantes da queima de combustíveis fósseis (cerca de 70 a 75% das emissões mundiais de carbono). Desta forma, o restante das emissões de carbono (cerca de 20 a 25%), resultante do uso inadequado da terra, não tiveram espaço para discussão nas convenções da ONU devido as dificuldade de ratificação do Protocolo que ensejaram concessões que reduziram as metas anteriormente previstas para aquelas emissões (Santilli, Carvalho e Nepstand, 2004).

Com os dados acima apresentados, oriundos do Inventário Nacional de Emissão de GEE, pode-se inferir que a matriz energética brasileira é, comparada com outros países em ascensão como Índia e China, relativamente limpa. No entanto, as questões de desmatamento e queima de florestas contribuem para 2% das emissões globais de GEE.

Se o Brasil tivesse optado em estender o MDL ao seu mais importante fator de emissões teria auxiliado a Convenção a dispor de algum instrumento para tratar dessa pequena parte, porem significativa do problema. Portanto, para o país contribuir significativamente para a redução de emissão de GEE este deve atuar sobre as questões e cuidados no uso da terra contudo, mecanismos para isso, no Protocolo de Kyoto, não existem. O MDL abre oportunidades no campo florestal, permitindo projetos de seqüestro de carbono através do plantio de árvores. Contudo

tais projetos demandam altos investimentos e longo tempo de captura de carbono, isto é, o tempo necessário para transformar o projeto em uma floresta adulta, o que não atrai investimentos externos.

Por outro lado, o interesse político brasileiro em excluir as florestas, fundado em não evidenciar seu passivo florestal, associa-se aos interesses de instrumentalizar sua matriz energética junto com países como a Índia e da China. Desde modo o país atrairá maiores investimentos em projetos de seqüestro de carbono com soluções de menores custos e prazos de implantação. Atrelado aos interesses políticos, a crise energética, que se acirrou em 2001 com a deficiência da nossa matriz, pressionada pela construção de termelétricas tende a “sujar” a matriz energética brasileira. Neste caso, o MDL inserido no âmbito energético, trará tecnologia e lucratividade ao país e, imediatamente, auxiliará o balanço de emissão de GEE mundial incluindo o Brasil no mercado internacional de créditos de carbono.

1.6. *Panorama Internacional*

Em 2001 as emissões de dióxido de carbono nos países industrializados⁴ correspondiam a 49% do total das emissões globais, seguido dos países em desenvolvimento⁵ com 38% e dos Países do Leste Europeu (EE – *Eastern Europe*) e Antiga União Soviética (FSU – *Former Soviet Union*)⁶ (IEO, 2004).

⁴ **Países Industrializados** (Países industrializados contêm 15%, em 2004, da população mundial): **América do Norte** Estados Unidos (EUA), Canadá e México; **Oeste Europeu**: Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Espanha, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Inglaterra, Islândia, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Noruega, Portugal, Suécia e Suíça.

⁵ **Países em Desenvolvimento – Ásia em Desenvolvimento**: (contêm 54%, em 2004, da população mundial) Afeganistão, Bangladesh, Butão, Brunei, Camboja, Cingapura, China, Coreia do Norte, Coreia do Sul, Fiji, Filipinas, Guam, Hong Kong, Ilha Maldivas, Ilhas Salomão, Índia, Indonésia, Kiribati, Laos, Malásia, Macau, Mongólia, Myanmar, Nauru, Nepal, Nova Caledônia, Niue, Paquistão, Papua Nova Guiné, Polinésia Francesa, Samoa, Sri Lanka, Taiwan, Tailândia, Tonga, Vanuatu e Vietnã. **Oriente Médio**: (contêm 4%, em 2004, da população mundial): Arábia Saudita, Bahrain, Chipre, Emirados Árabes, Irã, Iraque, Israel, Jordânia, Kuwait, Líbano, Oman, Qatar, Síria, Turquia e Yemen. **África** (contêm 14%, em 2004, da população mundial): África do Sul, Argélia, Angola, Benin, Burkina Faso, Burundim, Camarões, Cabo Verde, Comoros, Congo, Costa do Marfim, Djibouti, Egito, Eritreia, Etiópia, Guiana Equatorial, Gabão, Gâmbia, Gana, Guiné, Guiné Bissau, Ilhas Maurício, Ilhas Seychelles, Lesoto, Líbia, Madagascar, Malawi, Mali, Maurítânia, Marrocos, Moçambique, Namíbia, Níger, Nigéria, Quênia, Reunion, República Centro Africana, Ruanda, São Tomé e Príncipe, Senegal,

Segundo o estudo do IEO, que estuda a relação das emissões de GEE em comparação com a produção mundial de energia, estima-se que as emissões de CO₂, em países em desenvolvimento, pode ser igualada às emissões do mesmo gás dos países industrializados entre 2015 e 2020, como mostra a Figura 1.2.

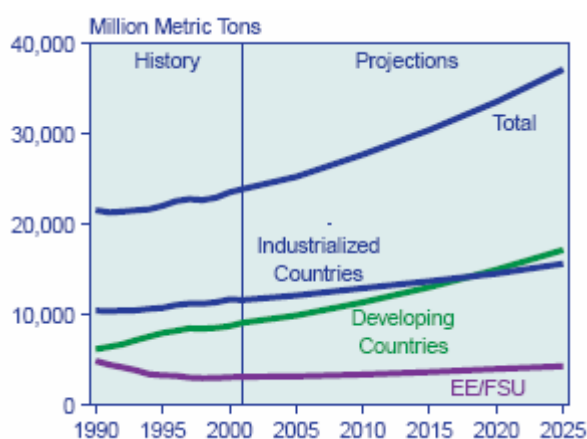


Figura 1.2 -Emissões Mundiais de Dióxido de Carbono por Região, 1990 a 2025.
Fonte: International Energy Outlook, 2004

Paralelamente, é projetado um crescimento, em 24 anos, no período de 2001 a 2025, em 54% do consumo mundial de energia. O consumo, em 2001, foi de 404 quadrilhões de Btu⁷ e tem projeção de crescimento para, em 2025, 623 quadrilhões de Btu, como mostra a Figura 1.3.

Serra Leoa, Somália, Santa Helena, Sahara Ocidental, Sudão, Suazilândia, Tanzânia, Tchade, Togo, Tunísia, Uganda, Zâmbia e Zimbábue. **Américas Central e do Sul** (Contêm 7%, em 2004, da população mundial): Antártica, Antilhas, Antígua e Barbuda, Argentina, Aruba, Barbados, Belize, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Cuba, Dominica, Equador, El Salvador, Guiana Francesa, Grenada, Guadalupe, Guatemala, Guiana, Haiti, Honduras, Ilhas Bahamas, Ilhas Falkland, Ilhas Virgens, Ilhas Cayman, Jamaica, Martinica, Montserrat, Nicarágua, Panamá, Paraguai, Peru, Porto Rico, República Dominicana, St. Kitts-Nevis, Santa Lucia, São Vicente/Granada, Suriname, Trindade e Tobago, Uruguai e Venezuela.

⁶ **Países do Leste Europeu e Antiga União Soviética** (Contêm 6%, em 2004, da população mundial): Albânia, Bósnia e Herzegovina, Bulgária, Croácia, Eslováquia, Eslovênia, Hungria, Iugoslávia, Macedônia, Polônia, Romênia, e Tchecoslováquia. **Antiga União Soviética**: Armênia, Azerbaijão, Belarus, Cazaquistão, Estônia, Geórgia, Kyrgyzstan, Letônia, Lituânia, Moldova, Rússia, Tajikistan, Turcomenistão, Ucrânia Uzbequistão.

⁷ Btu – *British thermal units*. Unidade de medida de calor britânica.

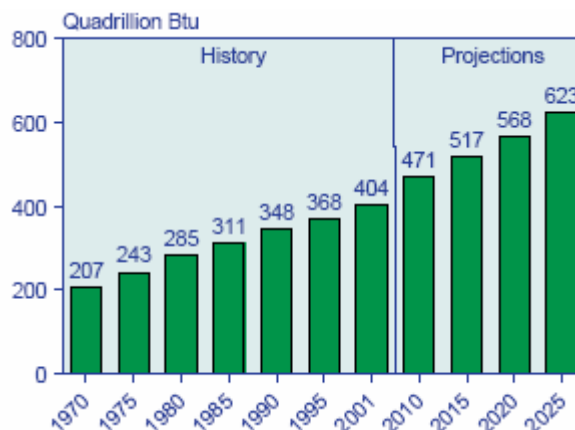


Figura 1.3 – Consumo Energético Mundial (1970 a 2025).
 Fonte: International Energy Outlook, 2004.

O preço dos combustíveis fósseis para a produção de energia é relativamente baixo comparado com a produção de energia através de fontes nucleares e renováveis. Como resultado desta comparação, as fontes não-fósseis, ou “limpas”, não possuem uma expectativa econômica competitiva com o uso de combustíveis fósseis. O futuro do uso de combustíveis fósseis pode ser alterado através de políticas governamentais ou programas, como as legislações ambientais, que limitam ou impõe reduções para a emissão de poluentes, decorrentes do uso de combustíveis fósseis, encorajando o uso de combustíveis não-fósseis (alternativos). A ausência de Leis propiciará o consumo de óleo combustível, carvão e gás natural para prover a maior parte de energia primária do planeta.

Na COP-7 em Marakesch, foi estabelecido que os esforços internacionais em reduzir as emissões de GEE, estabelecidas no Protocolo de Kioto, poderiam ser iniciados em 2008. No entanto, países inseridos no Anexo I do protocolo estabeleceram, ou estão em fase de estabelecer, seus próprios projetos internos para reduzir suas emissões de GEE.

Árduos trabalhos são encorajados a serem executados para aqueles participantes que possuem baixo custo de redução de forma a compartilhar e fazer

com que suas reduções excedentes estejam disponíveis para participantes nos quais os custos de redução sejam altos.

A Tabela 1.3 apresenta as formas encontradas por países do Anexo I, e aplicadas internamente, para a redução de emissão dos GEE.

Tabela 1.3 - Exemplos de Políticas e Medidas para Redução de Gases do Efeito Estufa em Países do Anexo I (Protocolo de Kioto)

Instrumentos regulatórios	Processos Políticos	Instrumentos Fiscais	Mecanismos voluntários	Acordos Voluntários
<p>EUA (New Hampshire): Redução das emissões de CO₂ em 3% em plantas de combustíveis, geração de calor e eletricidade até 2006 com relação as emissões de 1999. (2002)</p> <p>Noruega: Avisos de consumo de energia em eletrodomésticos</p> <p>Japão: Instrumentos de incentivo para uso de porcentagem específica em energia solar, eólica, biomassa, geotérmica e pequenas e médias hidroelétricas. O objetivo é um crescimento em 400% em geração de energia renovável até 2010.</p> <p>Austrália: Avisos de consumo de combustível em veículos.</p> <p>Inglaterra Obrigação da inclusão de produção de energia através de fontes renováveis.</p>	<p>Irlanda: Programa de energia para promover sua produção ambientalmente e economicamente sustentável, Objetiva eficiência energética e energia renovável com redução de GEE.</p> <p>França: Campanha de massa na mídia sobre as mudanças climáticas.</p> <p>Dinamarca: Instituiu avisos informativos em carros afim de alertar quanto a eficiência dos veículos e suas emissões de CO₂.</p> <p>Bélgica: Planejamento do crescimento em 15% de transporte ferroviário.</p>	<p>Holanda: Isenção de <i>Eco-Tax</i> (Eco-Taxa) para o uso de energia renovável.</p> <p>Luxemburgo: Incentivo para a compra de veículos eficientes (2001)</p> <p>Dinamarca: Aumento das taxas de gás natural, gasolina, diesel, óleo combustível, carvão e eletricidade.</p>	<p>Canadá: Acordo com os membros da Associação de Produtores de Alumínio do Canadá para redução de emissões de GEE em suas bases de Quebec em, aproximadamente, 200.000 toneladas até o final de 2007.</p> <p>França: Acordo entre Governo e Indústrias para a redução de emissão de GEE. Indústrias que não atingirem suas metas de redução em 2004 e 2007 irão ser penalizadas.</p> <p>Japão: Sugestão de que os Governos Federal, Regional e Local usem 10 milhões de veículos "limpos" e 50.000 veículos com célula combustível até 2010.</p>	<p>Inglaterra: Abertura econômica para participantes voluntários na redução de GEE.</p> <p>Áustria: Certificações Verdes (2000).</p> <p>Bélgica: Criação de certificados verdes para produtores de energia eólica (<i>off-shore</i> e <i>on-shore</i>), hidroelétricas, energia solar e energia através do uso de biomassa.</p>

Nota: Instrumentos Regulatórios incluem mandatos, métodos e regulamentações políticas. Processos Políticos incluem planejamento, informações e consultorias. Instrumentos fiscais incluem taxas, exclusão de taxas/créditos, incentivos e subsídios. Acordos Voluntários são executados com indústrias/grupo de consumidores.

Fonte: *Energy Information Administration / International Energy Outlook, 2004.*

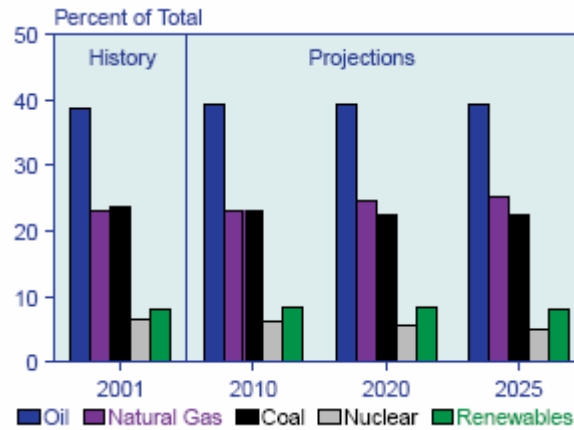
A Dinamarca foi o único país que instituiu um sistema mandatário de redução de CO₂ para os produtores de energia elétrica. O programa iniciou-se em 2001 com um total de emissões de 22 milhões de toneladas de CO₂, os quais deveriam ser reduzidos a uma taxa de 1 milhão de toneladas por anos, durante os três anos de duração do programa. O sistema aplica-se apenas para indústrias que emitam mais do que 100.000 t CO₂/ano. Oito indústrias de geração de energia, que juntas emitem 90% do total de CO₂ na Dinamarca, solicitaram a participação no programa.

No mundo industrializado quase a metade da energia, relacionada às emissões de CO₂, vieram do uso de óleo combustível, seguido por 31% do uso de carvão. O óleo combustível tem sua projeção em ser a principal fonte de carbono no mundo industrializado devido sua importância no setor de transporte onde há poucas alternativas econômicas de substituição. O uso de gás natural, associado às emissões, tem um aumento na projeção mundial particularmente pela geração de energia.

É esperado, segundo o IEO 2004, que o óleo combustível domine a produção de energia até 2025. Esta fonte energética terá um crescimento na ordem de 1,9% por ano no período de projeção do estudo (2001 a 2025), passando do consumo em 2001 de 77 milhões de barris por dia para 121 milhões de barris por dia em 2025. A principal demanda de consumo deste combustível é nos Estados Unidos e na Ásia em Desenvolvimento. Os Estados Unidos, a China e outras nações da Ásia em Desenvolvimento somarão, aproximadamente, 60% do crescimento do consumo de óleo combustível no mundo.

O consumo de óleo combustível é da ordem de 39% e não há nenhuma expectativa de que países, de várias regiões do mundo, troquem-no pelo gás natural

ou outro combustível alternativo para geração de energia em um curto período de tempo.



Nota: Seqüencialmente, Azul: Óleo combustível, Rosa: Gás Natural, Preto: Carvão, Cinza: Nuclear e Verde: Renováveis.

Figura 1.4 – Projeção de Consumo de Combustíveis Fósseis para Geração de Energia em 2001, 2010, 2020 e 2025.

Fonte: International Energy Outlook, 2004.

É esperado um crescimento contínuo na área de transporte no período de 2001-2025 a qual tem sua base energética no óleo combustível (e derivados de petróleo).

Como resultado da projeção do IEO 2004, o óleo combustível predominará na matriz energética mundial, sem ser abalado até por novas tecnologias, como as células veiculares de hidrogênio.

Outro combustível fóssil com grande aumento de consumo é o gás natural. No período de 2001 a 2025 a projeção de uso do gás natural é de 67%. O uso desse combustível se igualará (em Btu) em 2010 ao uso de carvão mineral e, excederá em 12% o uso de carvão em 2025.

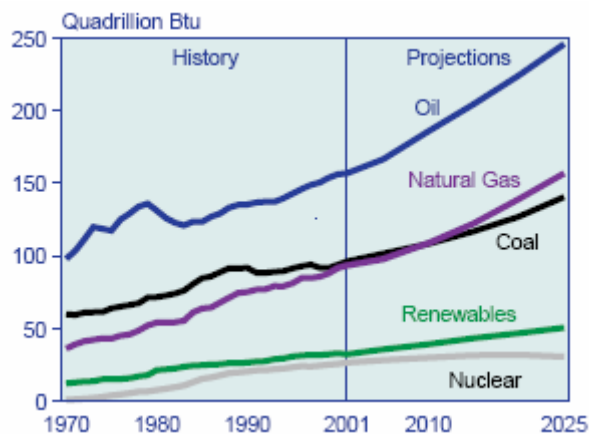


Figura 1.5 – Panorama Mundial de Consumo de Combustíveis para Geração de Energia, 1970 – 2025.

Fonte: International Energy Outlook, 2004.

O gás natural é considerado como principal fonte de energia primária no futuro. É uma opção para as matrizes energéticas mundiais, apresentando relativa eficiência energética e vantagens ambientais em comparação com outros combustíveis (Warrick e Jäger, 2002). A queima de gás natural é menos agressiva e considerada mais “limpa” do que a do óleo e do carvão mineral, tornando-se assim mais atrativa para países que queiram reduzir suas emissões de GEE.

O carvão é, ainda, um importante combustível para a matriz energética mundial e tem expectativa de continuar dominando a matriz energética da Ásia em Desenvolvimento. O uso mundial de carvão tem crescimento baixo, porém progressivo, desde o final da década de 80. Espera-se que esse crescimento seja mantido nos próximos anos, tendo uma projeção de, pelo menos, 1,5% ao ano até 2025 (IEO, 2004).

O uso do carvão será mantido em todas as regiões exceto no Leste Europeu e Antiga União Soviética (exceto a Rússia), onde o uso do gás natural é maior e, na França, onde será substituído pela energia nuclear.

Grandes incrementos de uso do carvão são projetados na Ásia em Desenvolvimento, especialmente na China e na Índia. Juntos, além de serem

potencias populacionais e territoriais, detêm amplas reservas de carvão o que projetará um uso de 67% do total de carvão mineral no planeta (em base de Btu).

Para a industrialização de aço, o carvão tem uma projeção em decréscimo na maioria das regiões. Esse decréscimo no consumo é abalado pelos resultados de avanços tecnológicos na fabricação do aço, difusão do processo de fundição do aço por meios elétricos e contínua troca do aço por outros materiais nas suas aplicações finais (IEO 2004).

Mais da metade do consumo de carvão mineral no mundo, aproximadamente 67%, é utilizado para a produção de energia e, em quase todas as regiões que tem projeção de projetos futuros para a geração de energia, este será o combustível. Nos locais onde o carvão é utilizado nos setores industriais, residenciais e comerciais, outras fontes de energia – primária e gás natural – são esperados ganhos de mercado. A exceção é a China. Com uma abundante reserva natural deste combustível, e acesso limitado a outras fontes energéticas, o carvão será o mais importante combustível do país, principalmente com o crescente setor industrial.

A projeção mundial para o consumo de energia, segundo o IEO 2004, é de dobrar o consumo atual, entre os anos de 2001 a 2025, de 13,290 Bilhões de KWh para 23,072 bilhões de KWh. Fortes crescimentos de consumo são esperados em países em desenvolvimento onde a taxa de crescimento será da ordem de 3,5% ao ano, comparado com a projeção mundial (média) que será de 2,3% ao ano.

Paralelamente aos três grandes combustíveis que predominarão a matriz energética mundial até, pelo menos, 2025, há outras fontes energéticas, porém menos expressivas no cenário mundial.

A energia nuclear é uma delas que terá um avanço em consumo e alta em instalações de usina de produção no período de 2001 a 2025. O IEO 2004 projeta um crescimento de 4,1% ao ano onde, particularmente, a Ásia em Desenvolvimento contribuirá significativamente para essa taxa (96% da projeção mundial de crescimento). Esse fato é decorrente das projeções futuras de instalação adicional de usinas de geração com capacidade de 44 gigawatts para Ásia em Desenvolvimento, 19 gigawatts na China, 15 gigawatts na Coréia do Sul e 6 gigawatts na Índia.

Para o consumo de energia gerada em hidroelétricas e outras fontes renováveis, é esperado para os próximos anos um aumento de 1,9% ao ano. Tal aumento é decorrente da projeção de construção de grandes hidroelétricas na Ásia em Desenvolvimento, China, Índia e outros países em desenvolvimento. Dos países industrializados, apenas o Canadá tem projetos para a construção de hidroelétricas. Para as demais fontes de energia renováveis, não-hidroelétricas, espera-se um crescimento de uso no Leste Europeu e nos Estados Unidos, principalmente da energia eólica. Adicionalmente as fontes energéticas decorrentes do uso da biomassa e geotérmicas têm uso e crescimento esperado nos Estados Unidos.

2. Objetivo

Quantificar o potencial de redução de emissões de GEE, de um projeto de cogeração de energia elétrica por biomassa de cana-de-açúcar, usando como fonte de dados a Central Termoelétrica instalada na área industrial da Usina de Açúcar e Álcool da Coimbra Cresciumal S.A.

3. O Mercado de Crédito de Carbono

A participação dos países em desenvolvimento no mercado de crédito de carbono é permitida, através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Este mecanismo foi sugerido pelo Brasil, como uma forma dos países em desenvolvimento poderem contribuir para as reduções de emissões.

Sobre o mecanismo de desenvolvimento limpo, os países não incluídos no Anexo I serão beneficiados de atividades de projetos que resultem em reduções certificadas de emissões e, os países incluídos no Anexo I podem utilizar as reduções certificadas de emissões, resultantes de tais atividades de projetos, para contribuir com o cumprimento de parte de seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, como determinado pela Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes do Protocolo. Desta forma, além do MDL proporcionar o desenvolvimento sustentável nos países em desenvolvimento, por possuir reduções certificadas de emissões, cria-se um mercado de carbono, proporcionando também ganhos financeiros com os projetos de MDL.

A princípio, os projetos de MDL seriam divididos nas seguintes modalidades: (i) fontes renováveis e alternativas de energia; (ii) eficiência/conservação de energia e, (iii) reflorestamento e estabelecimento de novas florestas.

Com a ratificação do Protocolo de Kyoto pela Rússia, acontecido em Novembro de 2004 e outrora comentado nesse estudo, as medidas descritas no acordo passarão a vigorar a partir de 16 de Fevereiro de 2005. A justificativa é que alguns países terão dificuldades para atingir as metas de redução estabelecidas para 2012, e a única saída será investir na utilização dos “mecanismos flexíveis” podendo, dentre eles, comprar reduções certificadas de emissões, ou “Créditos de Carbono”, de um projetos de MDL.

Vislumbrando esse mercado futuro de “Créditos de Carbono” e, de forma a poder atingir as metas estipuladas pelo Protocolo, alguns países do Anexo I da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima se preparam para o comércio internacional de carbono. Um exemplo disso é o Japão que já dispõe de um fundo voltado apenas para a compra de créditos, o “Japan Bank for International Cooperation” (JBIC), totalizando US\$ 140 milhões para a aquisição de papéis de projetos oriundos da China, Índia e Brasil (FinanceOne Economia, 2005). E, segundo o que o Japão apresentou na COP-10, o fundo deverá ser utilizado em breve, pois o país notificou a impossibilidade de cumprir na totalidade a meta de redução de emissões de GEE, estimada em 8,5%, para 2012.

Enquanto isso no Brasil, a Bolsa de Mercadorias & Futuros (BM & F) e o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio criaram o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE) que entrará em vigor em 2005, como um mercado de títulos a ser operado pela bolsa. A grande competitividade brasileira em relação a outros países, seria a utilização de fontes renováveis para geração de energia em cerca de 40% contra 14% nos desenvolvidos e 6% nos em desenvolvimento (CanalEnergia, 2005).

3. Geração de Energia: Planejamento e Sustentabilidade

Quando do planejamento de um projeto de geração de energia para abastecimento de um país, busca-se um grande sistema interligado unindo diversas centrais de geração e diversas cargas, em um sistema de potências direcionado ao atendimento das necessidades de consumo final (comércio, indústrias, residências, setor rural, entre outros) de forma econômica, segura e confiável.

O planejamento energético pode ser de forma centralizada, buscando a interligação do sistema de fornecimento de energia, com linhas de transmissão, que

transportarão a energia através de longas distâncias, até chegar a pontos próximos aos centros de consumo. Nestes pontos a subtransmissão desviará parte desta energia até a distribuição. Este tipo de planejamento resulta em grandes perdas de eficiência energética devido as grandes distâncias. Outra dificuldade é que o crescimento econômico e populacional não é de forma centralizada, e torna-se economicamente inviável o alongamento das linhas de transmissão, para atender a demanda de pequenos núcleos consumidores e espalhados. Nestas regiões formam-se os sistemas isolados de geração, que constituem o planejamento descentralizado ou local.

No Brasil, ao final da década de 1990, a energia hidrelétrica compreendia mais de 90% da potência elétrica instalada (Reis, 2003), caracterizado por um planejamento centralizado. O cenário energético brasileiro, no momento, atravessa um período de reformulação, onde busca-se a privatização, aumento da confiabilidade, menores impactos sócio-ambientais, tecnologias mais eficientes e, a combinação em equilíbrio das duas formas de planejamento, centralizado e descentralizado. Diante do contexto internacional de desenvolvimento sustentável, outro termo ganha espaço dentro do planejamento brasileiro, a geração distribuída, caracterizada pela geração elétrica, com base em projetos de pequeno e médio portes e conectados ao sistema em nível de distribuição e subtransmissão, localizados próximos ao usuário final (Reis, 2003). Estas centrais podem ser autoprodutivas, geradoras independentes, pertencentes à concessionária, ou uma parceria dos mesmos. E são incentivadas por programas governamentais ao consumo de fontes renováveis como, vento, calor e luz do sol, quedas d'água e biomassa.

A cogeração é uma das alternativas da geração distribuída, caracterizada pela geração combinada de energias térmica e eletromecânica a partir da mesma fonte primária (Baletieri, 2002). Em instalações industriais, a energia térmica gerada pode ser utilizada nos processos de aquecimento, evaporação, cozimento, secagem, dentre outros. Alguns tipos de instalações priorizam o consumo térmico ao consumo elétrico, é o que acontece em usinas de açúcar e álcool que cogeram energia através da queima de bagaço. A demanda térmica do processo é priorizada, pois os principais produtos são o açúcar e o álcool, e o excedente desta energia é transformado em energia mecânica nas turbinas que acionarão os geradores entregando energia elétrica a subtransmissão. Este ciclo de operação denomina-se *bottoming*, caso a priorização seja a energia elétrica o ciclo atende por *topping*.

Em uma usina sucroalcooleira, a geração de energia combinada, acontece com a associação de caldeiras de alta pressão com turbinas de condensação e/ou turbinas de contrapressão e extração, caracterizando o ciclo Rankine ou a vapor.

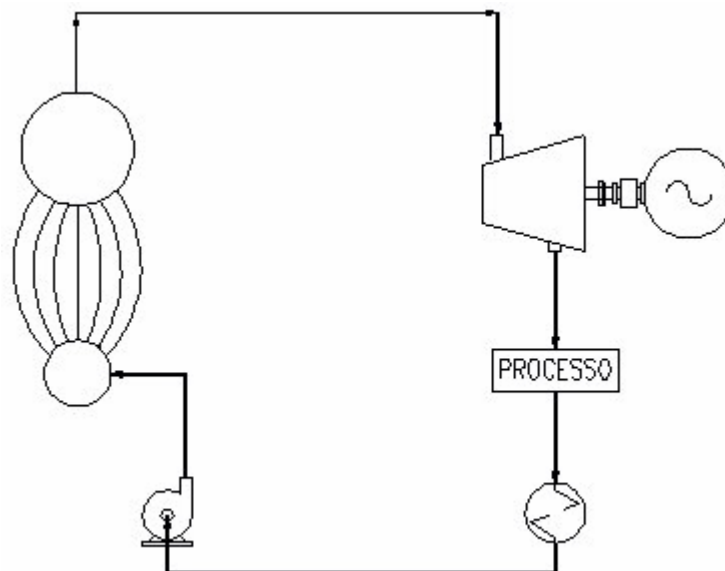


Figura 3.1 - Ciclo *Bottoming*.
Fonte: Reis, 2003.

Dentre os benefícios da cogeração pode-se citar:

- Aumento da eficiência energética da utilização do combustível como um todo;
- Auto-suficiência para o investidor e oportunidades de venda de excedente de energia;
- Redução de custos no produto final, decorrente de menores custos com energia;
- Aumento da diversidade de geração no sistema elétrico com redução de riscos;
- Aumento da possibilidade de uso de fontes renováveis, contribuindo para o desenvolvimento sustentado;
- Benefícios socioeconômicos para a região.

A utilização de biomassa de cana-de-açúcar para geração de energia cresce substancialmente, e as unidades passam de autoprodutoras, geração de energia elétrica para consumo próprio, a PIE (Produtores Independentes de Energia).

De acordo com a União da Agroindústria Canavieira de São Paulo (ÚNICA), é estimado que o Estado de São Paulo tem potencial para produzir cerca de 20 TWh/ano através da queima de bagaço-de-cana, ou seja 6% da energia elétrica produzida no país. Com uma vantagem adicional de que essa energia encontra-se disponível, no “período seco” das hidrelétricas (maio-dezembro), tornando-se uma fonte potencialmente segura no fornecimento de energia nacional. No momento o setor aguarda apenas o reconhecimento deste potencial por parte dos modelos de planejamento e comercialização, para integrar a matriz energética nacional.

4. A Central Termoelétrica Coinbra Cresciumal S.A.

A Usina de Açúcar e Álcool Coinbra Cresciumal S.A., do grupo francês Louis Dreyfus, localiza-se no município de Leme, estado de São Paulo, as margens do rio Mogi-Guaçu. Com 40 anos de atividade no setor sucroalcooleiro, a usina tem como

principais produtos finais o açúcar e o álcool, moendo na safra de 2004/2005 1.304.296 t, produzindo 108.403,5 t de açúcar e 35.660 m³ de álcool.

Em 2002, tornou-se agente gerador na modalidade de produtor independente de energia elétrica, fornecendo a Elektro Eletricidade e Serviços S.A., empresa concessionária de distribuição de energia elétrica, ambas autorizadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL , órgão governamental com a finalidade de regularizar, mediar e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia, criado pela Lei Federal nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996.

Para tanto, a empresa investiu em projetos e na compra de equipamentos para reformulação do aproveitamento térmico no processo de produção de açúcar e álcool, disponibilizando vapor para a geração de energia eletromecânica. Para a planta de cogeração foram adquiridos uma caldeira com capacidade de gerar 200 t/h de vapor, a 66,7 kgf/cm² e 480 °C, dois turbogeradores sendo um de contrapressão e outro de condensação, com potência de 36,6 MW cada, além dos investimentos em equipamentos complementares tais como tratamento de água, unidades de resfriamento, tratamento de efluentes, lavagem dos gases e outros periféricos.

Em 2004, a unidade geradora da Coimbra Cresciumal S.A., 0,0477% da capacidade de geração instalada no Brasil, 42.300 kW de potência (ANEEL, 2004).

A empresa preza seu crescimento de forma sustentável com comprometimento ambiental, sem agressões ao meio ambiente que o circunda. Com o “Programa de Reflorestamento de Essências Nativas Brasileiras”, a Coimbra Cresciumal S.A. preserva há 18 anos a mata ciliar do rio Mogi-Guaçu, plantando ao longo de 18 km de sua margem, cerca de 30 a 40 mil mudas de 200 espécies diferentes. Além da introdução gradativa de animais nativos como tucanos, araras,

cervos e pássaros diversos, que são doados pelo IBAMA para a readaptação ao meio ambiente e posterior liberação.

5. Elegendo o Projeto de Referência (*Baseline*)

De acordo com o artigo 12 do Protocolo de Kyoto, um projeto de MDL torna-se potencialmente elegível quando as reduções de emissão de GEE podem ser monitoradas, e os benefícios gerados são adicionais. Ou seja, deve-se contabilizar os efeitos caso o projeto não fosse implantado, mas para isso é necessário estabelecer um cenário comparativo ou *baseline*.

Como comentado outrora, as projeções futuras do consumo energético mundial se apoiarão em fontes primárias fósseis. Sendo que o petróleo e seus derivados continuarão como principais matrizes energéticas, seguidos pelo carvão mineral, este último com crescimento baixo, mas progressivo.

O carvão tem sua origem na decomposição orgânica, dos resíduos vegetais soterrados há milhões de anos. É uma fonte altamente poluente e 67% do seu consumo é voltado para a geração de energia termoelétrica. Sua combustão emite SO₂, NO_x, e CO₂. Para as duas primeiras emissões, disponibilizamos de tecnologias seletivas para gases, como queimadores seletivos e depuradores de enxofre (FGD – Flue Gás Desulphurization), e redutores catalíticos seletivos de NO_x. Para a emissão de CO₂, responsável pelo efeito estufa, tais tecnologias não se encontram comercialmente disponíveis. (Reis, 2003)

No Brasil, o produtor de carvão mais expressivo é o Rio Grande do Sul, totalizando 28 bilhões de toneladas, 88% do total nacional e uma produção anual de 3,4 milhões de toneladas. (CREA-RS, 2005). Mas sua participação no setor elétrico é reduzida, devido a pouca ocorrência, qualidade inferior e impactos ambientais negativos. Ainda assim, de acordo com matéria publicada na revista *Conselho em*

Revista do CREA-RS em janeiro deste ano, o setor carbonífero do Rio Grande do Sul, está movendo esforços para que lhe seja reservada uma fatia do mercado de energia elétrica. As justificativas para tanto, são:

- A segurança na geração elétrica uma vez que, esta fonte não está sujeita as condições climáticas como as hidroelétricas;
- As termoelétricas a carvão podem ser instaladas em tempo reduzido;
- A geração de emprego;
- Independência das variações cambiais.

Diante do panorama apresentado, elegemos o carvão mineral para combustível de referência, ou seja, uma hipotética termoelétrica a carvão será o *baseline* deste estudo. E a alternativa a esta matriz fóssil, será a biomassa de cana-de-açúcar, cuja utilização em termoelétricas, além de gerar o desenvolvimento econômico regional, apresenta potencial para suprir o período “seco” das hidroelétricas e também anulam o efeito da emissão de GEE. Pois a biomassa, quando produzida de forma sustentável (utilização equivalente ao crescimento no mesmo período), permite que o CO₂ liberado durante a combustão, seja resgatado da atmosfera durante a fotossíntese. (Reis, 2003).

6. Estimativa do Volume de Créditos de Carbono

De acordo com o Manual de Referência do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas⁸:

$$Emiss\tilde{a}o = Energia \times Fator\ de\ Emiss\tilde{a}o$$

O procedimento de cálculo do potencial de redução de emissão de CO₂ (RE) para o projeto da Central Termoelétrica da Coimbra Cresciumal S.A., baseia-se na

⁸ Revised 1996 IPCC Guidelines for National Gas Inventories: Reference Manual.

comparação da quantidade de carbono contida em ambos os combustíveis, biomassa e carvão mineral, este último como combustível de referência, que será emitido na forma de CO₂ durante o processo de geração de energia.

Portanto:

$$RE = (E_{CM} \times Fe_{CM}) - (E_B \times Fe_B)$$

Onde:

RE: Potencial de redução de emissão (t CO₂/ano);

E: Energia elétrica gerada (MWh/ano);

Fe: Fator de emissão, ou potencial de emissão de CO₂ dos combustíveis primários (t CO₂/MWh);

CM: Carvão mineral, combustível fóssil de referência;

B: Biomassa de cana-de-açúcar, combustível renovável e alternativo.

Conforme descrito no item 5 deste estudo, a emissão líquida de CO₂ em projetos de cogeração com biomassa de cana-de-açúcar, é nula. O que resulta em um fator Fe_B = nulo.

Outra variável a ser definida é a quantidade de energia gerada (E), que deve ser igual nos dois projetos (E_{CM}=E_B), pois o objetivo do cálculo é identificar as diferenças do potencial de emissão entre dois combustíveis primários, para a mesma potência gerada.

Conseqüentemente:

$$RE = E_B \times Fe_{CM}$$

O IPCC, em seu Manual de Referência, estima que a emissão de carbono gerada pela forma de carvão mais comum, esteja em torno de 25,8 tC/TJ.

Considerando uma termoeletrica a carvão mineral, operando em ciclo combinado, a eficiência global do processo pode chegar em 50% (Reis, 2003).

Convertendo unidades, tem-se:

$$Fe_{Carbono} (tC / MWh) = \frac{3,6 GJ / MWh (fator de conversão) \times Fe_{CM} tC / TJ}{Eficiência do ciclo} \times 10^{-3}$$

Logo:

$$Fe_{Carbono} = (3,6 \times 25,8 / 0,5) \times 10^{-3} = 0,18576 tC / MWh$$

Sabendo que a molécula de carbono tem um peso molecular igual a 12, e que o peso molecular do CO₂ é 44, pode-se estimar o quanto de CO₂ é emitido a partir do carbono presente no carvão mineral, por MWh de energia gerada.

$$Fe_{CM} = 0,18576 \times \frac{44}{12} = 0,681 tCO_2 / MWh$$

Portanto, 1 MWh de energia gerada pela Coinbra Cresciumal S.A. com biomassa de cana-de-açúcar, pode evitar a emissão de 0,681 tCO₂ a atmosfera, quando comparada a mesma potência gerada em uma termoeletrica por carvão mineral.

Na seqüência será apresentado um quadro com a previsão de exportação de energia anual pela Central Termoeletrica Coinbra Cresciumal S.A., e a estimativa anual, até 2013, da emissão de CO₂ que pode ser evitada, quando substitui-se o carvão mineral (combustível fóssil não renovável) pela biomassa de cana-de-açúcar (fonte renovável), na cogeração de energia elétrica.

Tabela 6.1 - Geração de Energia e Redução de Emissões de CO₂ no Projeto da Coinbra Cresciumal S.A.

	Período de 2005 a 2013
Energia contratada (MWh/ano)	67.000
Potencial de redução de emissão de CO ₂ do projeto (t CO ₂ / ano)	45.627

Fonte: Contrato de Compra e Venda de Energia Elétrica Celebrado Entre as Empresas Coinbra Cresciumal S.A. e Elektro, Anexo I.

Conseqüentemente, estimamos que para um período de 8 anos a Coinbra Cresciumal S.A., poderá evitar uma emissão total de 365.016 tCO₂ equivalente. Um potencial disponível para a conversão em créditos de carbono, para comercialização com países que necessitem investir na compra de créditos para atingir as metas de redução de emissão imposta pelo Protocolo de Kyoto.

7. Conclusão

Conclusivamente, a estimativa do volume de créditos de carbono para a Coinbra Cresciumal S.A., 365.016 t CO₂ para o período de 2005 a 2013. Evidencia não só um potencial de comercialização e geração de lucros, apoiados em um planejamento sustentável e, possibilitados pelo Protocolo de Kyoto. Mas também o peso das soluções regionais no panorama internacional de redução de emissão de gases de efeito estufa. Que possibilitam aos países dependentes de combustíveis fósseis, contribuírem com a sustentabilidade, num intercâmbio de investimentos em tecnologias mais limpas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS⁹

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Informações do setor elétrico, 2005**. Endereço eletrônico: <http://www.aneel.gov.br/>

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **BIG – Banco de Informações de Geração. Biomassa, 2005**. Endereço eletrônico: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/CombustivelPorClasse.asp?Classe=Biomassa>.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **BIG – Banco de Informações de Geração. Combustível Fóssil, 2005**. Endereço eletrônico: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/CombustivelPorClasse.asp?Classe=Fossil>.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **BIG – Banco de Informações de Geração. Usinas e Centrais Geradoras. Coimbra Cresciumal, 2005**. Endereço eletrônico: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/UsinaListaSelecao.asp>

ÁREA TÉCNICA - MATÉRIAS, **Leilões de energia aquecem as esperanças do setor carbonífero**. *Conselho em Revista*: Revista Mensal do Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Rio grande do Sul (CREA-RS). Rio Grande do Sul, Janeiro, 2005, Ed. n°5.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

ATKINSON, B.W. GADD, Alan. **O TEMPO**.

BALESTIERI, José Antônio Perrella. **Cogeração: geração combinada de eletricidade e calor**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2002.

BRITO, José Said de. **A cana como gerador de energia**. *UNICA: União da Agroindústria Canavieira de São Paulo*. São Paulo, março, 2004. Endereço eletrônico: http://www.unica.com.br/pages/artigos_id.asp?ID=26

CENAMO, M. C. **Mudanças Climáticas, O Protocolo De Quioto E Mercado De Carbono**. ESALQ, Fevereiro 2003.

COINBRA CRESCIUMAL S.A., **Histórico**. Endereço eletrônico: <http://www.cresciumal.com.br/historico.htm>

CONTRATO DE COMPRA E VENDA DE ENERGIA ELÉTRICA: celebrado entre Coimbra Cresciumal S.A. e Elektro Eletricidade e Serviços S.A, 2002.

⁹ De acordo com:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

ELEKTRO, Eletricidade e Serviços S.A. **Histórico**. Endereço eletrônico: <http://www.elektro.com.br/index.php?id=1068>

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **International Energy Outlook (IEO), 2004**. Abril/2004 (www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.htm).

EURIPA, M. **Mercado de Carbono pode movimentar US\$17 bilhões por ano**. *Visão da Agroindústria*. Sertãozinho-SP, novembro/2004, Ed. 15.

FUNARO, V. M. B. O. *et. al.* **Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP**. Sistema Integrado de Bibliotecas. Grupo DiTeses. Universidade de São Paulo – Usp, 2004.

GOLDEMBERG, J. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**. São Paulo, EDUSP, 2001.

GOLDEMBERG, J. **Artigo Base Sobre Energia. Meio Ambiente Brasil – Avanços e Obstáculos Pós-Rio-92**. Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas, 2004.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change, 2001: the scientific basis**. HOUGHTON, J.T.; DIGN, Y.; GRIGGS, D.J.; NOGER, M.; VAN DER LINDEN, P.J.; DAI, X.; MASKELL, K.; JOHNSON, C.A. (Ed). Cambridge: Cambridge University Press, 2001b.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual (Volume 3)**, 1996. Endereço eletrônico: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.htm>

IMPrensa, Tribuna da. **Brasil lança mercado de créditos de carbono**. *FinanceOne Economia*, 7 dezembro, 2004. Endereço eletrônico: <http://www.financeone.com.br/noticia.php?lang=br&nid=12143>

JUNQUEIRA, M. S. D. **Determinação do incremento na taxa interna de retorno resultante dos Certificados de Redução de Emissão “CER” para projetos de cogeração de energia: o caso da Cia Açucareira Vale do Rosário**. São Paulo: EAESP/FGV, 2002. 82p. Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação da EAESP/FGV.

LAGE, R. M., FERREIRA, C. M. **Combustíveis Industriais**. In: *CURSO DE INFORMAÇÃO SOBRE COMBUSTÍVEIS E COMBUSTÃO*. Instituto Brasileiro de Petróleo, 1975.

LEGISLAÇÃO BRASILEIRA. **DECRETO FEDERAL Nº 1.160** DE 21.06.94.

LEGISLAÇÃO BRASILEIRA. **DECRETO FEDERAL Nº 3.515**, DE 20.06.00.

LEGISLAÇÃO BRASILEIRA. **LEI FEDERAL Nº 9.427**, DE 26.12.96.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (MME). **Balanço energético Nacional**. Brasília: Ministério das Minas e Energia, 2003.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR DO BRASIL. **Mercado Brasileiro de Reduções de Emissões: proposta final de especificação**. Rio de Janeiro. 4 junho, 2004. Endereço eletrônico: <http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/ascom/imprensa/20041202MBREFinal.pdf>

MIGUEZ, J.M. **O Brasil e o Protocolo de Quioto**. Cenbio Notícias, v.3, n.8, 2000.

MILLER, A. **Elements of Meteorology**.

MOUTINHO, P. *et al.* **As oportunidades para a Amazônia com a redução de emissões dos gases de efeito estufa**. Belém: IPAM, 2001.

MOUTINHO, P. **O Inventário brasileiro de emissões de gases de efeito estufa e o desmatamento da Amazônia**. www.amazonia.com.br, Belém, 2004.

PERRY, R. H., GREEN, D. **Perry's Chemical Engineers Handbook**. Mc Graw - Hill Book Co. International Edition, 1984.

PROCKNOR ENGENHARIA LTDA, **Contribuição intelectual**, desde 2001. Endereço eletrônico: www.procknor.com

REIS, L. B. dos. SILVEIRA, S. **Energia Elétrica para o Desenvolvimento Sustentável: introdução de uma visão multidisciplinar**. 2^a.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

REIS, L. B. dos. **Geração de energia elétrica: tecnologia, inserção ambiental, planejamento, operação e análise de viabilidade**. 3.ed. Barueri, SP: Editora Manole, 2003.

SANTILLI, M.; CARVALHO, G; NEPSTAD, D. **O Brasil e as Mudanças Climáticas Globais. Meio Ambiente Brasil – Avanços e Obstáculos Pós-Rio-92**. Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas, 2004.

SÉRGIO, A. **Por trás do G-77**. *O Eco*, 19 dezembro 2004. Endereço eletrônico: <http://arruda.rits.org.br/notitia/servlet/newstorm.ns.presentation.NavigationServlet?publicationCode=6&pageCode=83&textCode=11039>

TECNOLOGIA, **Energia Cogorada: em busca de soluções economicamente viáveis**. *Revista CREA-SP: Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de São Paulo*. São Paulo, Jul/Ago, 2003, Ano III, N° 10.

TRABAKA, JR. e REICHELE, D.E., **The changing Carbon Cycle. A global Analysis**.

TREVISAN, W. **Manual Termotécnico**.

United Nations , **World Population Prospects : The 1996 Revision** (New York: 1996)

UNFCCC. **Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas**, Nações Unidas, 1992. <http://unfccc.int>

VELLOSO, T. **Brasil lança mercado de créditos de carbono**. *Estadão*: Ciência e Meio Ambiente, 6 dezembro, 2004. Endereço eletrônico: <http://www11.estadao.com.br/ciencia/noticias/2004/dez/06/29.htm>

WARRICK, B. e Jäger , D. **The greenhouse effect climate change and ecosystems**. 2002.

WATERLOO BRASIL Ltda., Consultoria Ambiental, Software e Treinamento. **Contribuição Intelectual**, desde 2000. Endereço eletrônico: www.waterloo.com.br

http://www.greenpeace.org.br/clima/pdf/protocolo_kyoto.pdf

ANEXO A – Status de Ratificação do Protocolo de Kyoto

(16.12.2004)

Notas:

R = Ratificação

AT = Aceitação

AP = Aprovação

AC = Ascensão

Parte	Assinatura	Ratificação	* % de emissões
1. ÁFRICA DO SUL	---	31/07/02 (AC)	---
2. ANTÍGUA E BARBUDA	16/03/98	03/11/98 (R)	---
3. ARMÊNIA		25/04/03 (R)	
4. ALEMANHA *	29/04/98	31/05/02 (R)	7.4%
5. AUSTRÁLIA *	29/04/98	---	---
6. ÁUSTRIA *	29/04/98	31/05/02 (R)	0.4%
7. ARGENTINA	16/03/98	28/09/01(R)	---
8. AZERBAIJÃO	---	28/09/00 (AC)	---
9. BAHAMAS	---	09/04/99 (AC)	---
10. BANGLADESH	---	22/10/01 (AC)	---
11. BARBADOS	---	07/08/00 (AC)	---
12. BÉLGICA * BELIZE	---	26/09/03 (AC)	---
13. BÉLGICA *	29/04/98	31/05/02 (R)	0.8%
14. BENIN	---	25/02/02 (AC)	---
15. BOLÍVIA	09/07/98	30/11/99 (R)	---
16. BOTSUANA	---	08/08/03 (Ac)	---
17. BRASIL	29/04/98	23/08/02 (R)	---
18. BULGÁRIA *	18/09/98	15/08/02 (R)	0.6%
19. BURUNDI	---	18/10/01 (AC)	---
20. BUTÃO	---	26/08/02 (AC)	---
21. CAMARÕES	---	28/08/02 (AC)	---
22. CAMBOJA	---	22/08/02 (AC)	---
23. CANADÁ *	29/04/98	17/12/02 (R)	---
24. CAZAQUISTÃO	12/03/99	---	---
25. CHILE	17/06/98	26/08/02 (R)	---

Parte	Assinatura	Ratificação	* % de emissões
26. CHINA	29/05/98	30/08/02 (AP)	---
27. CHIPRE	---	16/07/99 (AC)	---
28. COLÔMBIA	---	30/11/01 (AC)	---
29. COMUNIDADE ECONÔMICA EUROPÉIA *	29/04/98	31/05/02 (AP)	---
30. COSTA RICA	27/04/98	09/08/02 (R)	---
31. CROÁCIA *	11/03/99	---	---
32. CUBA	15/03/99	30/04/02 (R)	---
33. DINAMARCA *	29/04/98	31/05/02 ¹ (R)	0.4%
34. DJIBUTI	---	12/03/02 (AC)	---
35. EGITO	15/03/99	---	---
36. EL SALVADOR	08/06/98	30/11/98 (R)	---
37. EQUADOR	15/01/99	13/01/00 (R)	---
38. ESLOVÁQUIA *	26/02/99	31/05/02 (R)	0.4%
39. ESLOVÊNIA *	21/10/98	02/08/02 (R)	---
40. ESPANHA *	29/04/98	31/05/02 (R)	1.9%
41. ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA *	12/11/98	---	---
42. ESTÔNIA *	03/12/98	14/10/02 (R)	---
43. FEDERAÇÃO DA RÚSSIA *	11/03/99	---	---
44. FIJI	17/09/98	17/09/98 (R)	---
45. FILIPINAS	15/04/98	20/11/03 (R)	---
46. FINLÂNDIA *	29/04/98	31/05/02 (R)	0.4%
47. FRANÇA *	29/04/98	31/05/02 (AP)	2.7%
48. GANA	---	30/05/03 (AC)	---
49. GÂMBIA	---	01/06/01 (AC)	---
50. GEÓRGIA	---	16/06/99 (R)	---
51. GRÃ BRETANHA E IRLANDA DO NORTE *	29/04/98	31/05/02 (R)	4.3%
52. GRANADA	---	06/08/02 (AC)	---
53. GRÉCIA *	29/04/98	31/05/02 (R)	0.6%
54. GUATEMALA	10/07/98	05/10/99 (R)	---
55. GUIANA	---	05/08/03 (AC)	---
56. GUINÉ	---	07/09/00 (AC)	---
57. GUINÉ EQUATORIAL	---	16/08/00 (AC)	---
58. HONDURAS	25/02/99	19/07/00 (R)	---
59. HUNGRIA *	---	21/08/02 (AC)	0.5%

Parte	Assinatura	Ratificação	* % de emissões
60. ILHAS COOK	16/09/98	27/08/01 (R)	---
61. ILHAS MARSHALL	17/03/98	11/08/03(R)	---
62. ILHAS SALOMÃO	29/09/98	13/03/03(AC)	---
63. INDONÉSIA	13/07/98	---	---
64. IRLANDA *	29/04/98	31/05/02 (R)	0.2%
65. ITÁLIA *	29/04/98	31/05/02 (R)	3.1%
66. ISRAEL	16/12/98	15/03/04 (R)	---
67. ÍNDIA	---	26/08/02 (AC)	---
68. ISLÂNDIA *	---	23/05/02 (AC)	0.0%
69. JAMAICA	---	28/06/99 (AC)	---
70. JAPÃO *	28/04/98	04/06/02 (AT)	8.5%
71. JORDÃO	---	17/01/03 (AC)	---
72. LETONIA *	14/12/98	05/07/02 (R)	0.2%
73. LESOTO	---	06/09/00 (AC)	---
74. LIBÉRIA	---	05/11/02 (AC)	---
75. LIECHTENSTEIN *	29/06/98	---	---
76. LITUÂNIA *	21/09/98	03/01/03 (R)	---
77. LUXEMBURGO *	29/04/98	31/05/02 (R)	0.1%
78. MADAGASCAR	---	24/09/03 (AC)	---
79. MALÁSIA	12/03/99	04/09/02 (R)	---
80. MALAWI	---	26/10/01 (R)	---
81. MALDIVAS	16/03/98	30/12/98 (R)	---
82. MALI	27/01/99	28/03/02 (R)	---
83. MAURÍCIO	---	09/05/01 (AC)	---
84. MARROCOS	---	25/01/02 (AC)	---
85. MALTA	17/04/98	11/11/01 (R)	---
86. MÉXICO	09/06/98	07/09/00 (R)	---
87. MICRONESIA	17/03/98	21/06/99 (R)	---
88. MÔNACO *	29/04/98	---	---
89. MONGOLIA MONGOLIA	---	15/12/99 (AC)	---
90. MYANMAR	---	13/08/03 (AC)	---
91. NAURU NAMIBIA	---	04/09/03 (Ac)	---
92. NAURU	---	16/08/01 (R)	---
93. NICARAGUA	07/07/98	18/11/99 (R)	---
94. NIUE	08/12/98	06/05/99 (R)	---
95. NIGÉRIA *	23/10/98	30/09/04 (R)	---

Parte	Assinatura	Ratificação	* % de emissões
96. NORUEGA *	29/04/98	30/05/02 (R)	0.3%
97. NOVA ZELÂNDIA *	22/05/98	19/12/02 (R)	---
98. PAÍSES BAIXOS *	29/04/98	31/05/02 ² (AC)	1.2%
99. PALAU	---	10/12/99 (AC)	---
100. PANAMÁ	08/06/98	05/03/99 (R)	---
101. PAPUA NOVA GUINÉ	02/03/99	28/03/02 (R)	---
102. PARAGUAI	25/08/98	27/08/99 (R)	---
103. PERU	13/11/98	12/09/02 (R)	---
104. POLÔNIA *	15/07/98	13/12/02 (R)	---
105. PORTUGAL *	29/04/98	31/05/02 (AP)	0.3%
106. QUIRIBATI	---	07/09/00 (AC)	---
107. QUIRGUISTÃO	---	13/05/03 (AC)	---
108. REPÚBLICA DA CORÉIA	25/09/98	08/11/02 (R)	---
109. REPÚBLICA DE MOLDOVA	---	22/04/03 (AC)	---
110. REPÚBLICA DOMINICANA	---	12/02/02 (AC)	---
111. REPÚBLICA POPULAR DEMOCRÁTICA DO LAOS	---	06/02/03 (AC)	---
112. REPÚBLICA TCHECA *	23/11/98	15/11/01 (AP)	1.2%
113. REPÚBLICA UNIDA DA TANZÂNIA	---	26/08/02 (AC)	---
114. ROMÊNIA *	05/01/99	19/03/01 (R)	1.2%
115. RÚSSIA	11/03/99	18/11/04 (R)	17.4%
116. RWANDA	---	22/07/04 (Ac)	---
117. SAMOA	16/03/98	27/11/00 (R)	---
118. SANTA LÚCIA	16/03/98	20/08/03	---
119. SÃO VICENTE E GRANADINAS	19/03/98	---	---
120. SEICHELES	20/03/98	22/07/02 (R)	---
121. SENEGAL	---	20/07/01 (AC)	---
122. SUDAN	---	02/11/04 (AC)	---
123. SUÉCIA *	29/04/98	31/05/02 (R)	0.4%
124. SUÍÇA *	16/03/98	09/07/03 (R)	0.3%
125. SRI LANKA	---	03/09/02 (AC)	---
126. TAILÂNDIA	02/02/99	28/08/02 (R)	---
127. TRINIDAD E TOBAGO	07/01/99	28/01/99 (R)	---
128. TOGO	---	02/07/04 (AC)	---
129. TUNÍSIA	---	22/01/03 (AC)	---

Parte	Assinatura	Ratificação	* % de emissões
130. TURCOMENISTÃO	28/09/98	11/01/00 (R)	---
131. TUVALU	16/11/98	16/11/98 (R)	---
132. UCRÂNIA *	15/03/99	12/04/04 (R)	---
133. UGANDA	---	25/03/02 (AC)	---
134. URUGUAI	29/07/98	05/02/01 (R)	---
135. UZBEQUISTÃO	20/11/98	12/10/99 (R)	---
136. VANUATU	---	17/07/01 (AC)	---
137. VIETNAME	03/12/98	25/09/02 (R)	---
138. YEMEN	---	15/09/04 (AC)	---
139. ZÂMBIA	05/08/98	---	---
TOTAL	84	132	61,6%

* Indica Partes do Anexo I da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

¹ Com a exclusão territorial das Ilhas Faroë.

² Para o Reino na Europa.

Fonte: Ministério da Ciência e Tecnologia (<http://www.mct.gov.br/clima/quioto/signata.htm>)