

FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

MARIA FERNANDA CAVALIÉRI DE LIMA SANTIN

OS IMPACTOS DA DEMANDA POR CRÉDITO DE CARBONO SOBRE O MERCADO DE
CERTIFICAÇÕES DE REDUÇÕES DE EMISSÕES NO BRASIL,
NO ÂMBITO DO PROTOCOLO DE QUIOTO

Porto Alegre, 2007

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

MARIA FERNANDA CAVALIÉRI DE LIMA SANTIN

OS IMPACTOS DA DEMANDA POR CRÉDITO DE CARBONO SOBRE O
MERCADO DE CERTIFICAÇÕES DE REDUÇÕES DE EMISSÕES NO
BRASIL, NO ÂMBITO DO PROTOCOLO DE QUIOTO

Porto Alegre, 2007

MARIA FERNANDA CAVALIÉRI DE LIMA SANTIN

OS IMPACTOS DA DEMANDA POR CRÉDITO DE CARBONO SOBRE O
MERCADO DE CERTIFICAÇÕES DE REDUÇÕES DE EMISSÕES NO
BRASIL, NO ÂMBITO DO PROTOCOLO DE QUIOTO

Dissertação apresentada a Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Economia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, sob a orientação do professor Dr. Augusto Mussi Alvim, como requisito parcial para obtenção do grau de mestre.

Porto Alegre, 2007

MARIA FERNANDA CAVALIÉRI DE LIMA SANTIN

OS IMPACTOS DA DEMANDA POR CRÉTIDOS DE CARBONO
SOBRE O MERCADO DE CERIFICAÇÕES BRASILEIRO,
NO ÂMBITO DO PROTOCOLO DE QUIOTO.

Dissertação apresentada a Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Economia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, sob a orientação do professor Dr. Augusto Mussi Alvim, como requisito parcial para obtenção do grau de mestre.

Aprovada em 06 de novembro de 2007, pela Banca Examinadora.

BANCA EXAMINDORA:

Prof. Dr. João Marcelo Medina Ketzer

Prof. Dr. Osmar Tomaz de Souza

Prof. Dr. Nali de Jesús de Souza

Prof. Dr. Augusto Mussi Alvim. (Orientador)

“Ao término de um período de decadência sobrevém o ponto de mutação. A luz poderosa que fôra banida ressurgue. Há movimento, mas este não é gerado pela força... O movimento é natural, surge espontaneamente. Por esta razão, a transformação do antigo torna-se fácil. O velho é descartado e o novo é introduzido. Ambas as medidas se harmonizam com o tempo, não resultando daí, portanto, nenhum dano”.

RESUMO

O objetivo deste estudo é estimar o tamanho do mercado potencial de Certificados de Reduções de Emissões, CREs, no âmbito do Protocolo de Quioto, para o período de 2008 a 2012. A partir desta estimativa, avaliam-se os efeitos causados pelo aumento da demanda dos CREs em possíveis cenários, no que refere à receita proveniente da comercialização dos CREs e dos investimentos afins. A metodologia utilizada, denominada Identidade Kaya, consiste no cálculo das emissões derivadas de fatores tais como a evolução da renda *per capita*, o crescimento populacional, a intensidade energética e a intensidade de dióxido de carbono, em cenários que tentam captar a adoção de tecnologias de menor potencial poluidor. O trabalho ainda se ocupa, primeiramente, em discutir as causas e os efeitos do aquecimento terrestre sobre a economia mundial. Em segundo, do Protocolo de Quioto e da metodologia necessária para a implantação de um projeto de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo, MDL. Terceiro, da identificação das atividades promissoras no Brasil. Estes temas são organizados de maneira a responder a questão central do estudo, que é: quais serão os impactos do aumento da demanda mundial por reduções certificadas de carbono sobre o mercado de créditos de carbono brasileiro? A conclusão principal é que existe uma possibilidade de ganhos financeiros significativos, aliado à conservação ambiental. Ficou evidente a importância de haver políticas públicas que estimulem o investimento em MDL para que o País possa participar plenamente do mercado mundial como ofertante de certificados de reduções de emissões e também implementar uma política de mudança climática.

Palavras-chave: Aquecimento terrestre, mercado de Certificados de Reduções de Emissões, Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

ABSTRACT

The main objective of this study is to estimate the size of the potential market of Certified Emission Reductions, CERs, as defined by Kyoto Protocol, for the period of 2008 to 2012. Based on this estimate, the effects caused by the increase of the demand of the CERs in possible scenes are evaluated. The methodology used, called Kaya Identity, consists of the emission calculation derived from factors such as the evolution of *per capita* income, the population growth, the energy intensity, and the intensity of carbon dioxide in scenes that try to get the adoption of less potential polluting technologies. The paper is also concerned, first, with discussing the causes and the effects of the global warming in the world economy; second, with Kyoto Protocol and the necessary methodology for the implantation of a project of Clean Development Mechanism, CDM; and third, with the identification of promising activities in Brazil. These subjects are organized in order to answer the central question of the study, that is: which will be the impacts of the increase of the global demand for CERs in the Brazilian economy? The main conclusion is that there is a possibility of significant financial profits, allied to the environment conservation. It was evident the importance of having public politics that stimulates the investment in CDM so that the Country can fully participate in the worldwide market as a supplier of Certified Emission Reductions and also implement a climatic change policy.

Keywords: global warming, market of Certified Emission Reductions, Clean Development Mechanism.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Gases do efeito estufa, nomenclatura, principais fontes de emissão e seu potencial de aquecimento global.....	20
Tabela 2. Total de emissões de dióxido de carbono dos países integrantes ao Anexo I, do Protocolo de Quioto, em 1990.....	35
Tabela 3. Exemplos de categorias de atividades de projeto de MDL de pequena escala	51
Tabela 4. Relação de projetos existentes no Brasil, em maio de 2007.....	57
Tabela 5. Cenários propostos e suas respectivas variações de emissões de CO ₂	66
Tabela 6. População, Produto, Intensidades energética e de CO ₂ , para os países do Anexo I, em 2003.....	69
Tabela 7. Emissões de CO ₂ em 1990 e a meta individual assumida pelos países signatários do Anexo I.....	71
Tabela 8. Quantidade de emissões mitigadas necessárias, entre 2008 e 2012, para o cumprimento da meta do Protocolo de Quioto, nos cenários propostos.....	74
Tabela 9. Emissões a serem mitigadas através de aquisição de CREs derivados de MDLs, entre 2018 e 2012, em 1000 toneladas de CO ₂	77
Tabela 10. Participação do Brasil no mercado de CREs, nos cenários propostos, em 1000 toneladas de dióxido de carbono mitigada.....	78
Tabela 11. Potencial financeiro da oferta de CREs pelo Brasil, em € milhões, entre 2008 e 2012.....	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Emissão de Dióxido de Carbono, per capita, 2000.....	21
Figura 2. Variação da temperatura global e da concentração de CO ₂ presente no ar nos últimos 1000 anos.....	26
Figura 3. Ilustração do conceito das reduções de emissões	47
Figura 4. Etapas para obtenção dos CREs	49
Figura 5. Reduções de Emissões para o Primeiro Período de Obtenção de RCEs.....	54
Figura 6. Participação dos países na elaboração de projetos de MDL, 2007.....	55
Figura 7. Participação das emissões de CO ₂ para os países selecionados, em 2003, por fonte energética.....	76

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	7
LISTA DE TABELAS.....	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
1 INTRODUÇÃO	12
2 RELAÇÃO EXISTENTE ENTRE AS AÇÕES ANTRÓPICAS E O	
AQUECIMENTO TERRESTRE	18
2.1 AQUECIMENTO TERRESTRE.....	18
2.2 TRANSFORMAÇÕES IMPOSTAS PELO AQUECIMENTO	
TERRESTRE.....	27
3 RESPOSTA AO AQUECIMENTO TERRESTRE.....	30
3.1 PROTOCOLO DE QUIOTO.....	31
3.2 MECANISMOS DE DESENVOLVIMENTO LIMPO – MDL	41
3.2.1 Metodologia de implementação de um MDL	43
3.2.2 Projetos de pequena escala.....	50
3.3 O MERCADO DOS CERTIFICADOS DE REDUÇÕES DE EMISSÕES.....	52
3.4 PROJETOS DE MDLs ADAPTÁVEIS AO BRASIL.....	56

4	O POTENCIAL DE PARTICIPAÇÃO DO BRASIL NA OFERTA DE CERTIFICADOS DE REDUÇÕES DE EMISSÕES	59
4.1	A IDENTIDADE DE KAYA.....	59
4.2	CENÁRIOS ALTERNATIVOS.....	64
4.3	METODOLOGIA APLICADA.....	67
4.4	DADOS UTILIZADOS.....	69
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS	73
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
7	REFERÊNCIAS	88

1 INTRODUÇÃO

As atividades desenvolvidas pelo homem sempre estiveram relacionadas à transformação do meio ambiente. Inicialmente, estas eram destinadas apenas à subsistência, de forma que a modificação do espaço ocorria em ritmo lento e para o fim específico de fornecer alimento à população. Com o passar dos séculos, a utilização dos recursos naturais assumiu um novo caráter. Não mais se dava com o objetivo de subsistência e sim com o de acumular riquezas, através da produção e comercialização de produtos. Novas tecnologias foram desenvolvidas e os ganhos daí resultantes impulsionaram a expansão comercial e a exploração crescente do meio ambiente.

As grandes transformações ambientais ocorridas ao longo de séculos, decorrentes da ação antrópica, contribuíram para o surgimento de conseqüências ainda desconhecidas pelo homem. O aquecimento terrestre é uma delas. Existem muitas controvérsias acerca do impacto da atividade produtiva sobre o aumento da temperatura global, motivadas pelo fato de que o Planeta possui ciclos naturais de aquecimento e resfriamento. No entanto, pesquisas recentes vêm contribuindo para a formação de um consenso em torno do fato de que a atividade humana está afetando o clima terrestre de maneira determinante.

No contexto atual, de contínua elevação de emissões de gases do efeito estufa, espera-se um aumento de temperatura de 1,8° C a 4,0°C até o fim do próximo século, fato que poderá ocasionar grandes transformações ambientais que terão impactos tanto sobre a economia quanto ao bem-estar da população. Observa-se que a velocidade e a intensidade do aumento da temperatura ocorridos no último século são incompatíveis com o período de tempo

necessário à adaptação natural dos ecossistemas e a maior preocupação é o ritmo acelerado do crescimento dos gases intensificadores do efeito estufa, considerado o principal fator contributivo para o aquecimento global.

Como resposta ao problema do aquecimento terrestre, a Organização das Nações Unidas, em 1997, formulou o Protocolo de Quioto, considerado um instrumento para a implementação da Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas.

No Protocolo de Quioto ficou determinado que os países signatários e elencados no Anexo I reduziram suas emissões de gases formadores do efeito estufa em 5,2%, considerando o montante emitido no ano de 1990, no período entre 2008 e 2012. Para entrar em vigor, o Protocolo de Quioto teve que ser ratificado por 55 países desenvolvidos, o que ocorreu em 2004, quando da assinatura pela Rússia.

Com o objetivo de facilitar o alcance da meta foram criados os mecanismos de flexibilização, que permitem aos países do Anexo I adquirirem certificados de reduções de emissões de outras nações que possuam projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL. Conceitualmente, os projetos de MDL são aqueles que permitem a redução das emissões de gás de efeito estufa de maneira economicamente viável. E é a única forma de inserção de países em desenvolvimento nas atividades estipuladas pelo Protocolo de Quioto. Isto porque os países do Anexo I têm interesse em investir em projetos de MDL que possuam um custo marginal de abatimento das emissões menores que em seus próprios territórios.

A contribuição ativa de um MDL na redução das emissões é reconhecida através da emissão de certificados de redução de emissões, CREs, ou simplesmente, Créditos de Carbono. Estes podem ser comercializados diretamente entre os países que participam do Protocolo de Quioto ou em bolsas de mercadorias e futuros. Cada crédito equivale a uma tonelada métrica de dióxido de carbono seqüestrado ou mitigado, calculada com o uso dos potenciais de aquecimento global.

A expansão do comércio de CREs está ocorrendo em um ritmo significativo. Na bolsa de Chicago, por exemplo, no ano de 2003, foram comercializados 78 mil toneladas de dióxido de carbono. Já em 2004, o volume saltou para 107 mil toneladas e, de janeiro a abril de 2005, 43 mil toneladas. As estimativas são de que a demanda, entre 2008 e 2012, seja de 3,5 bilhões de CREs, quando os países do Anexo I do Protocolo de Quioto deverão ter alcançado a meta de redução prevista.

Devido ao tamanho do mercado potencial e a velocidade de expansão, os CREs estão sendo objeto de investimentos de grandes empresas e governos, de forma que, já existem quase dois mil projetos que seguem os critérios do Protocolo de Quioto para MDL. Destes, 636 se localizam na Índia. Outros 483, na China e 222 no Brasil. É válido salientar que o Brasil, juntamente com a Índia e a China, é um dos países mais promissores na atração de investimentos em MDLs, haja vista sua grande diversificação produtiva e a pequena dependência de combustíveis fósseis, fatos que viabilizam a implantação de vários tipos de projetos. As extensas áreas de terras agricultáveis e de cobertura florestal também conferem vantagens comparativas na implantação de projetos voltados à conservação ambiental e reflorestamentos.

Desta forma, com a adoção de medidas capazes de reduzir os níveis de emissão do dióxido de carbono, espera-se que o Brasil se beneficie com o aumento da demanda pelos CREs. A avaliação dos efeitos sobre o mercado de crédito de carbono brasileiro causados pelo aumento da demanda de certificados de redução de emissões no período de 2008 a 2012, em possíveis cenários, será o objetivo principal deste trabalho.

Como objetivo específico, tratar-se-á das seguintes questões: primeiro, discutir as causas e os efeitos do aquecimento terrestre sobre a economia mundial; segundo, caracterizar o Protocolo de Quioto e a metodologia necessária para a implantação de um projeto de MDL; terceiro, identificar as atividades promissoras para projetos de MDL no Brasil; quarto, definir

os possíveis cenários para o período 2008-12 sobre a ótica econômica e ambiental; e por fim, avaliar os possíveis impactos sobre a economia brasileira em cada cenário considerado.

Neste contexto, a questão a ser respondida vai ao encontro de quais serão os impactos do aumento da demanda mundial por reduções certificadas de carbono sobre o mercado de crédito de carbono brasileiro? Este problema de pesquisa será respondido sob a perspectiva de que o Brasil é um dos países que apresenta as maiores possibilidades para a implantação de projetos de MDL, capazes de gerar os créditos de carbono.

Este tema se mostra relevante, primeiro por se tratar de uma solução ao problema mundial do aquecimento terrestre. É válido ressaltar que as implicações que este fenômeno pode gerar, tais como a redução de terras agricultáveis, elevação do nível dos oceanos e alagamento de áreas litorâneas, elevação dos gastos com a adaptação ao problema, entre tantos outros, certamente terão efeitos importantes sobre variáveis socioeconômicas, o que amplia ainda mais a relevância do tema. Em segundo, o tema proposto ainda é pouco estudado pelo ângulo econômico. Várias outras ciências já tratam do assunto de forma sistemática, o que não ocorre com as ciências econômicas.

O trabalho será dividido em cinco capítulos, a contar com esta introdução, a fim de se alcançar os objetivos elencados anteriormente. No segundo capítulo, apresentar-se-á uma discussão acerca da relação existente entre as ações antrópicas e o aquecimento terrestre. Serão consideradas as modificações que poderão ocorrer no meio ambiente em cenários que consideram diversos aumentos da temperatura média global e como isso pode afetar a economia global.

Espera-se demonstrar a importância e a urgência da adoção de políticas climáticas. Neste sentido, o Protocolo de Quioto pode ser considerado a primeira ferramenta de gestão ambiental, que age no sentido de estimular a redução das emissões dos gases intensificadores

do efeito estufa, principal responsável pelo aquecimento global, e será o tema do terceiro capítulo.

No terceiro capítulo serão apresentados os movimentos históricos, de cunho ambientais, que resultaram no Protocolo de Quioto e depois, uma abordagem detalhada sobre suas especificações e os países participantes. Em seguida, na segunda seção deste capítulo, ocupar-se-á dos projetos de mecanismos de desenvolvimento limpo e suas metodologias de implementação. Optou-se por abordar as metodologias de implementação com o intuito de fazer deste trabalho uma referência na elaboração de novos projetos. É oportuno salientar que a metodologia ainda é pouco conhecida e quando divulgada, poderá estimular a elaboração de novos projetos. Também serão incluídas nesta seção considerações sobre os projetos de pequena escala, que possuem metodologia simplificada e podem ser considerados elementos de propagação dos projetos de MDL. Na terceira seção, abordar-se-á como tema, o mercado de CREs e suas perspectivas de crescimento. E por fim, na última seção, os projetos de MDL que melhor se adaptam ao Brasil serão relacionados.

No quarto capítulo apresentar-se-á a metodologia aplicada para se chegar aos objetivos finais, que busca, especificamente, avaliar a quantidade de dióxido de carbono que deverá ser reduzida para o cumprimento da meta de redução do Protocolo de Quioto e a partir de então, avaliar qual será a demanda por CREs e qual será o potencial de participação do Brasil neste mercado. Na primeira seção, demonstrar-se-á o método de estimativa de emissões derivadas de fatores tais como a evolução da renda *per capita*, o crescimento populacional, a intensidade energética e a intensidade de dióxido de carbono. Esta metodologia de cálculo é denominada de Identidade Kaya. Também serão exibidos os resultados da pesquisa bibliográfica no que se refere a aplicação da metodologia por outros autores, em diversos outros objetivos. Na segunda seção, os cenários utilizados para a estimativa das emissões de

CO₂ serão apresentados. Na terceira seção, considerações metodológicas e os cenários brasileiros serão demonstrados e por fim, a base de dados utilizada.

No capítulo seguinte, os resultados alcançados serão apresentados. Considerações acerca do tamanho potencial do mercado brasileiro de Certificado de Reduções de Emissões bem como o montante de investimentos que poderá ocorrer em razão da oferta de CREs serão analisados. Por fim, no último capítulo, considerações finais sobre a problemática abordada ao longo do trabalho serão sistematizadas.

2 RELAÇÃO EXISTENTE ENTRE AS AÇÕES ANTRÓPICAS E O AQUECIMENTO TERRESTRE

O aumento da temperatura terrestre está relacionado diretamente com as modificações do meio ambiente decorrentes da atividade humana. Em todos os processos de transformação natural, a energia resultante passa de uma forma organizada para outra desordenada, gerando energia térmica. Quanto mais intenso for o processo, maior será a entropia¹. Este é o princípio da segunda lei da termodinâmica, que analogamente, pode ser utilizada para justificar o aumento da temperatura global, causado pelas emissões dos gases intensificadores do efeito estufa liberados pelas transformações produtivas.

Assim, neste capítulo serão abordadas considerações acerca do impacto das atividades antrópicas sobre o aquecimento terrestre e sua relação com o processo produtivo. Ainda serão apresentadas as modificações que poderão ocorrer ao meio ambiente com o aumento da temperatura média global e como isso pode afetar a economia global.

2.2 AQUECIMENTO TERRESTRE

A elevação da temperatura global, cada vez mais, está relacionada com a ação do homem no meio ambiente. Durante o século XX, a temperatura global sofreu elevação de 0,7°C apenas em função da atividade antrópica (Banco Mundial, 2006).

¹ A entropia é uma grandeza termodinâmica geralmente associada ao grau de desordem. Mede a parte da energia que não pode ser transformada em trabalho. É uma função de estado cujo valor cresce durante um processo natural em um sistema fechado.

Os primeiros seis meses de 2006 foram os mais quentes já anotados nos EUA desde o início dos registros nacionais, em 1895. O Reino Unido experimentou a temperatura mais alta já registrada em um mês de julho para o país. O ano de 2005 foi o de maior temperatura já verificada no mundo, com uma média global de 14,6° C. Em 1905, a temperatura média global foi de 13,78° C (NOAA, 2006).

Observa-se que a velocidade e a intensidade do aumento da temperatura ocorridos no último século são incompatíveis com o tempo necessário à adaptação natural dos ecossistemas (BNDES, 1999) e a maior preocupação é o ritmo acelerado do crescimento dos gases do efeito estufa, considerado o principal fator explicativo para o aquecimento global.

O efeito estufa é um fenômeno natural pelo qual a atmosfera se mantém em temperatura constante, possibilitando, com isso, a existência de vida no planeta. Para alcançar o equilíbrio térmico, a Terra emite para o espaço parte da energia que recebe de radiação solar. A radiação incidente atravessa as diversas camadas da atmosfera e seu retorno ocorre na forma de radiações térmicas, que são absorvidas pelo dióxido de carbono, CO₂. Somando-se ao processo natural, as atividades antrópicas resultam em contribuições adicionais de gases de efeito estufa, acentuando a concentração dos mesmos na atmosfera e, conseqüentemente, ampliando a capacidade de absorção de energia que naturalmente já possuem (BNDES, 1999).

Os gases que mais contribuem para o aumento do efeito estufa, quando se trata das emissões antropogênicas são o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O), os halo carbonos, constituídos por carbono e halogênios – bromo, cloro, flúor e iodo, o hexafluoreto de enxofre (SF₆) e o ozônio (O₃). Cada um destes gases possui seu próprio potencial de aquecimento global, em função da intensidade em que absorvem energia solar, bem como do tempo de permanência na atmosfera (Pinheiro, 2005).

O CO₂ é considerado o gás de efeito estufa padrão, de forma que todos os outros gases têm seus potenciais de aquecimento global expressos em equivalência. O período usualmente utilizado para fazer as comparações é de 100 anos. (Pinheiro, 2005).

Tabela 1. Gases do efeito estufa, nomenclatura, principais fontes de emissão e seu potencial de aquecimento global

Gases do Efeito estufa	Fórmula	Principais atividades humanas responsáveis pelas emissões destes gases	Potencial de Aquecimento Global, 100 anos.
Dióxido de carbono	CO ₂	Queima de combustíveis fósseis (gás natural, carvão mineral, petróleo e derivados) Queimadas em florestas	1
Metano	CH ₄	Extração, transporte e distribuição de combustíveis fósseis (emissões fugitivas) Combustão incompleta de combustíveis fósseis Decomposição de resíduos líquidos e sólidos Produção de animais	23
Óxido Nitroso	N ₂ O	Combustão de combustíveis fósseis Atividades agrícolas (principalmente pela adição de fertilizantes nitrogenados) Processos industriais	296
Ozônio	O ₃	Formado na baixa atmosfera a partir de outros poluentes gerados pela combustão de combustíveis fósseis	-
Halocarbonos	diversas	Vazamentos em equipamentos que utilizam CFCs ou HFCs Processos industriais	120 - 12.000
Hexafluoreto de enxofre	SF ₆	Usado como isolante em equipamentos elétricos Processos industriais	22.200

Fonte: Pinheiro, 2005.

A tabela 1 mostra as principais atividades humanas responsáveis pelas emissões e o potencial de aquecimento global dos gases de efeito estufa mais relevante. Observa-se que, por exemplo, o potencial de aquecimento global do metano é 23 vezes maior do que o do dióxido de carbono, enquanto que o óxido nitroso é 296 mais impactante, em relação ao CO₂.

A transformação de energia em força motriz é responsável, isoladamente, por 25% do total dos gases do efeito estufa e na última década, a taxa de crescimento foi de 2,2% ao ano (Stern, 2006). Quando se acrescenta as emissões decorrentes das atividades de construção civil e indústrias, estas alcançam 57% do total. Conforme demonstrado na tabela 1, os principais gases liberados são CO₂, CH₄, N₂O e halocarbonos, que juntamente com a grande quantidade de combustíveis fósseis utilizados pelos países desenvolvidos, explicam a elevada concentração dos gases intensificadores do efeito estufa na atmosfera.

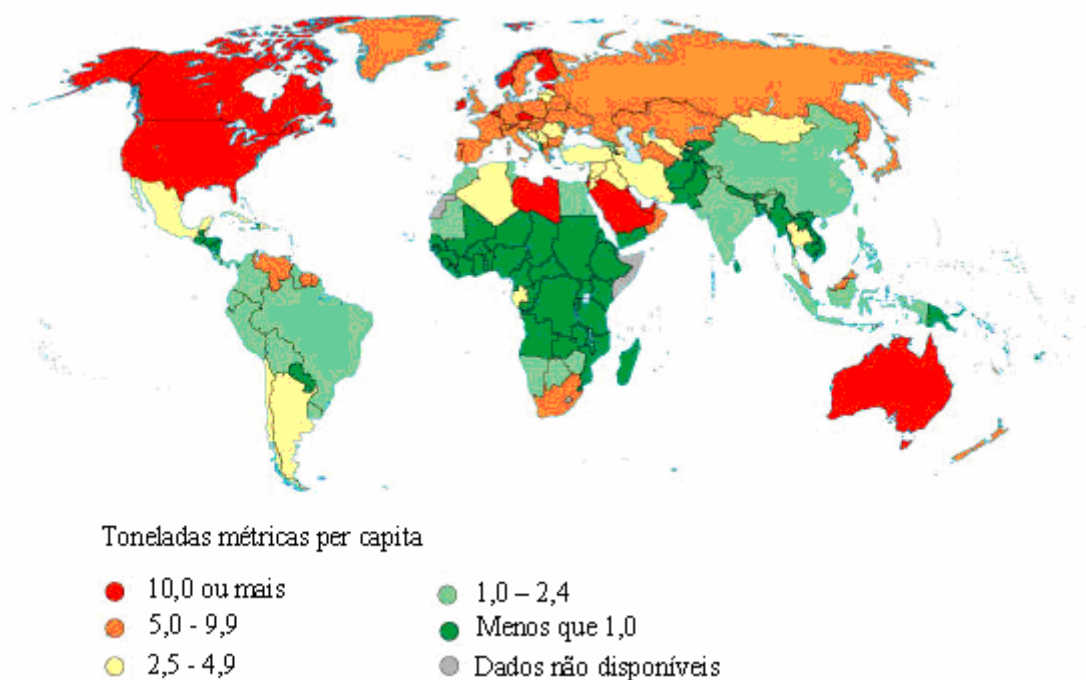


Figura 1. Emissão de Dióxido de Carbono, per capita, 2000.

Fonte: Banco Mundial, 2004

Na figura 1 é possível observar o nível de emissão de dióxido de carbono *per capita*, por país. Observa-se que países como os Estados Unidos da América e a Austrália são grandes emissores, ao passo que os países da Europa estão em um patamar inferior.

Já nos países em desenvolvimento, as emissões *per capita* ainda são relativamente baixas, porém as decorrentes da queima de combustíveis fósseis apresentam um ritmo de crescimento mais elevado frente ao dos desenvolvidos (Stern, 2006). É oportuno acrescentar que, geralmente, o crescimento econômico ocorre juntamente com o aumento da demanda por fontes de energia, de forma que, o grau de emissões varia de acordo com estágios de desenvolvimento econômico (IEA, 2006).

Países em desenvolvimento, principalmente aqueles em que a atividade industrial e o setor de transporte estão em expansão, possuem taxas crescentes de consumo de energia e conseqüentemente, das emissões dos gases do efeito estufa. Segundo Gutierrez e Mendonça (2000), o crescimento da renda *per capita* e da população desses países pode contribuir ainda mais para o agravamento futuro da emissão de CO₂.

Grossman e Krueger (1991) foram os primeiros a identificar uma relação não linear entre poluição e crescimento econômico. As análises de regressão geraram curvas com o formato de um U invertido, que são interpretadas da seguinte forma: a poluição cresce com o produto nacional, mas a partir de determinado nível de renda a qualidade do meio ambiente começa a ser valorizada e a crescer juntamente com o PIB per capita. Este comportamento ficou conhecido por Curva Ambiental de Kuznets, tendo em vista a similaridade entre esta relação e aquela observada por Kuznets (1955), para o caso da distribuição de renda.

Sob a luz da teoria econômica, pode-se explicar a relação representada pela Curva Ambiental de Kuznets de duas maneiras. Primeiramente, quando o processo de industrialização é recente em uma economia, os indivíduos estão ansiosos por emprego e renda, e não estão dispostos a trocar consumo por investimentos em proteção ambiental, o que

provoca um declínio da qualidade do meio ambiente. Entretanto, quando os agentes atingem patamar mais elevado de renda e consumo, suas preocupações com as questões ambientais tornam-se crescentes e os indicadores de qualidade ambiental começam a apresentar melhoras. Analogias podem ser feitas ao considerar o comportamento assumido pela curva como uma espécie de “efeito renda”.

A outra explicação encontrada na literatura associa a Curva Ambiental de Kuznets às distintas fases do crescimento econômico. A transição de uma economia baseada no setor agrário para o estágio industrial e, posteriormente, para o estágio pós-industrial traz consigo um movimento natural que favorece a conservação da qualidade do meio ambiente. Inicialmente, o processo de industrialização resulta em degradação ambiental. Contudo, quando o setor de serviços começa a preponderar esta diminui, devido aos impactos relativamente reduzidos que este setor provoca no meio ambiente.

Ambas as explicações são coerentes e a veracidade de uma não anula a outra. Os efeitos podem agir conjuntamente ou não, descrevendo assim o formato que a curva pode assumir e, conseqüentemente, o caminho que a preservação ambiental segue em cada caso estudado.

Desta forma, a especialização na atividade primária, observada em muitos países em desenvolvimento e a expansão do setor industrial quando utilizam fontes energéticas de maior conteúdo poluente, como ocorre na China, explicam grande parte das suas emissões. Neste contexto, o desflorestamento e a destruição de outros sumidouros e reservatórios naturais, que absorvem o dióxido de carbono, bem como as atividades agrícolas são as maiores fontes contribuintes para o efeito estufa, gerando 41% dos gases totais (Stern, 2006). Os maiores participantes são o CO₂ e o N₂O, relacionados na tabela 1.

No que se refere ao desmatamento, o processo libera grandes quantidades de carbono proveniente da biomassa na atmosfera da terra, que se transformam em CO₂, o N₂O e o CH₄

(Sousa, 2007). Sua contribuição para o efeito estufa é uma função da taxa anual em que o processo vem ocorrendo e também do tipo de área florestal antes existente. Segundo Fearnside (1996), calcular o impacto potencial do desmatamento no efeito estufa exige a comparação dos estoques de carbono presentes antes e depois do desmatamento. Uma estimativa (Goldemberg, 1989 *apud* Fearnside, 1996) demonstrou que o total anual global de emissões proveniente do desmatamento é 1,67 bilhão de toneladas, dos quais 800 milhões de toneladas são originários do Brasil. O País é o responsável por 27,5% de todas as florestas tropicais do mundo (Sousa, 2007). Ainda, uma estimativa (Fearnside, 1985b *apud* Fearnside, 1996), concluiu que se a Amazônia Legal fosse convertida em pastagens haveria a liberação de 62 bilhões de toneladas de CO₂ armazenados na vegetação para a atmosfera. O desmatamento de uma área florestal de 2.000 hectares, considerando a existência de uma biomassa média de 210 toneladas por hectare no local, libera a mesma quantidade de CO₂, decorrente da queima de combustíveis fósseis, que uma cidade de 280.000 habitantes emite no período de um ano (Fearnside, 1996).

No final da década de 1980, o corte de floresta e cerrado na Amazônia brasileira lançou à atmosfera um total de 270 milhões de toneladas ao ano (Goldemberg, 1989 *apud* Fearnside, 1996). Este valor foi quase três vezes maior que a emissão brasileira derivada dos combustíveis fósseis, que é equivalente a 714 kg de carbono per capita por ano (Fearnside, 1996).

Quanto à atividade agrícola, estima-se que 20% do incremento anual do forçamento radiativo² global é atribuído ao setor agrícola (Embrapa, 2007a, *apud* IPCC, 1996a), excluída a

² Medida simples da importância de um mecanismo potencial de mudança do clima. O forçamento radiativo é a perturbação do balanço de energia do sistema Terra-atmosfera (em Wm⁻²) em seguida, por exemplo, a uma mudança da concentração de dióxido de carbono ou uma mudança da radiação do Sol; o sistema climático responde a um forçamento radiativo de modo a restabelecer o balanço de energia. Um forçamento radiativo positivo tende a aquecer a superfície e um forçamento radiativo negativo tende a esfriar a superfície. O forçamento radiativo é normalmente citado como um valor médio global e anual. Uma definição mais precisa do forçamento radiativo é a perturbação do balanço de energia do sistema superfície-troposfera, após permitir que a estratosfera reajuste-se a um estado de equilíbrio radiativo médio global (Ministério Ciência e Tecnologia, 2007).

fração correspondente às mudanças do uso da terra relacionadas à agricultura, que é responsável por 15%. O N_2O e o CH_4 são os principais gases emitidos pelo setor agropecuário, contribuindo com 15% e 6%, respectivamente, para o forçamento radiativo global (EMBRAPA, 2007a *apud* Cotton e Pielke, 1995). As maiores fontes agrícolas dos gases do efeito estufa são o cultivo de arroz irrigado por inundação, a pecuária, os dejetos animais, o uso agrícola dos solos e a queima de resíduos agrícolas. Tais atividades promovem a liberação de metano na atmosfera. Estima-se que cerca de 55% das emissões antrópicas de CH_4 provêm da agricultura e pecuária (EMBRAPA, 2007a *apud* IPCC, 1995).

Os solos agrícolas, pelo uso de fertilizantes nitrogenados, fixação biológica de nitrogênio, adição de dejetos animais, incorporação de resíduos culturais, entre outros fatores, são responsáveis por significantes emissões de óxido nítrico. A queima de resíduos agrícolas libera, além do metano, óxido nítrico, óxidos de nitrogênio e monóxido de carbono (EMBRAPA, 2007a). O fogo libera dióxido de carbono da biomassa durante a combustão e acentua diretamente sua liberação do solo. No Brasil é freqüente a queima de cana-de-açúcar na pré-colheita, como forma de auxiliar a colheita manual, e, em menor escala, a queima dos resíduos da cultura do algodão, para controle fitossanitário. Embora ocorra liberação de CO_2 durante a queima da cana-de-açúcar, as emissões são consideradas como líquida ao longo do tempo, pois no ciclo seguinte da cultura parte do CO_2 emitido é reabsorvido (EMBRAPA, 2007b *apud* IPCC, 1996b).

Já a agropecuária libera cerca de 25 milhões de toneladas de metano por ano, provenientes da fermentação entérica³ e dos dejetos dos animais (EMBRAPA, 2007b *apud* IPCC, 1995). Quanto às emissões globais geradas a partir dos processos entéricos, estima-se algo em torno de 80 milhões de toneladas anuais, volume que corresponde a cerca de 22% das

³ Processo digestivo que ocorre no rúmen de herbívoros ruminantes, como bovinos, ovinos, bubalinos e caprinos.

emissões totais de CH₄ geradas por fontes antrópicas (EMBRAPA, 2007b *apud* U.S.EPA, 2000).

Desta forma, as atividades antrópicas podem ser apontadas como a principal causa do aquecimento terrestre, por liberarem grande quantidade de gases intensificadores do efeito estufa em seus processos de transformação do meio ambiente.

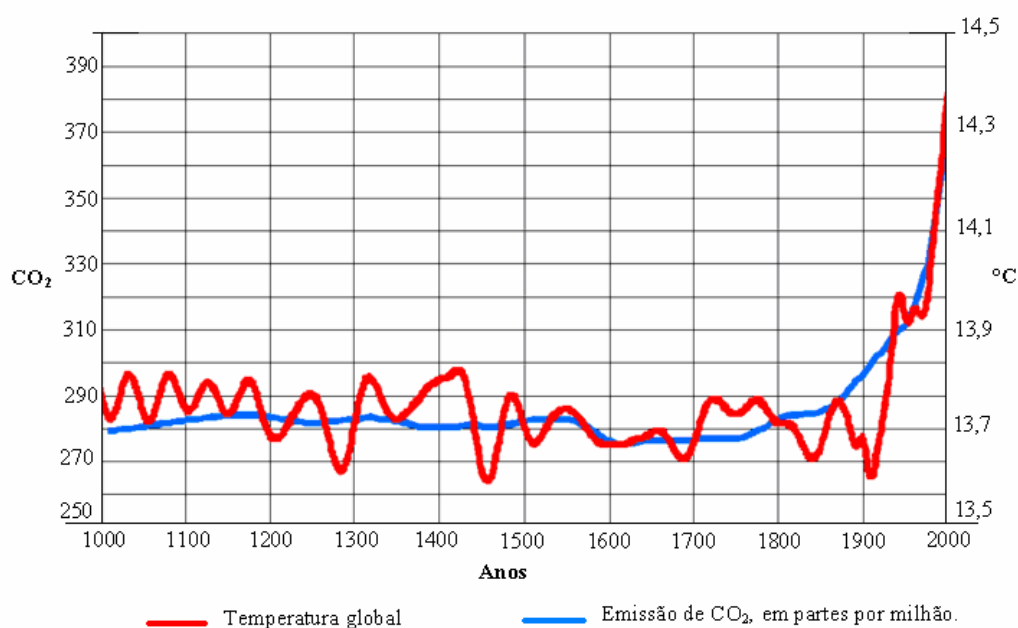


Figura 2. Variação da temperatura global e da concentração de CO₂ presente no ar nos últimos 1000 anos

Fonte: Etheridge et al, 1998

Esta afirmação pode ser confirmada pela figura 2, que demonstra a relação existente entre o aumento da emissão do CO₂, representado pela linha azul, e da temperatura global, com a linha vermelha. Chama-se atenção para o grande salto registrado no período compreendido entre 1900 e 2000⁴. Observou-se um aumento médio de 0,6°C na temperatura da superfície do

⁴ A partir de 1993, a evolução de ambas as séries foram estimadas.

globo, enquanto que os níveis de CO₂ aumentaram em volume de 265 partes por milhão⁵, em 1900, para quase 390 partes por milhão em 2000 (Etheridge et al, 1998).

2.2 TRANSFORMAÇÕES IMPOSTAS PELO AQUECIMENTO TERRESTRE

Já em 2006, a concentração de CO₂ na atmosfera atingiu 430 partes por milhão (Stern, 2006) e no cenário atual, de baixa regulamentação ambiental, espera-se que os níveis de dióxido de carbono alcancem 550 partes por milhão no ano de 2046. As expectativas para o fim do século são de 700 partes por milhão. Nesta perspectiva, com a contínua elevação de emissões de gases do efeito estufa, espera-se um aumento da temperatura média global de 1,8° C a 4,0°C até o fim do próximo século (IPCC, 2007).

Segundo o Relatório Stern (Stern, 2006), uma elevação de 1° C na temperatura global, provavelmente, causará efeitos de difícil administração. O encolhimento das geleiras ameaçará o fornecimento de água para 50 milhões de pessoas. O aumento de doenças relacionadas às alterações climáticas, tais como malária e desnutrição, poderá causar a morte de pelo menos 300 mil indivíduos. Espera-se que 80% dos recifes de coral seja extinto, em especial a Grande Barreira de Corais, localizada na Austrália, com cerca de 2.000 km de extensão, atualmente considerada o maior organismo vivo do Mundo.

Para um cenário de elevação da temperatura média global em torno de 2° C, Stern (2006) aponta uma queda de 5% a 10% na produção de cereais na África tropical. Entre 40 milhões a 60 milhões de indivíduos estarão mais expostos à malária na África e prever-se um

⁵ Partes por milhão ou abreviadamente ppm é a medida de concentração que se utiliza quando as soluções são muito diluídas. A concentração ppm em volume indica o volume de soluto (disperso), em mL, existentes em 1 m³ (1 milhão de mL) de solução.

acréscimo de até 10 milhões de indivíduos expostos às enchentes nas regiões costeiras. Neste cenário, entre 15% e 40% das espécies de seres vivos estarão ameaçadas de extinção e haverá um grande risco de desaparecimento definitivo das espécies presentes no Ártico, em especial dos ursos polares, em decorrência do degelo das áreas polares. As possibilidades de que a camada de gelo da Groenlândia comece a perder sua formalidade de maneira irreversível são crescentes, o que faria com que o nível dos oceanos se elevasse em sete metros, causando a destruição das cidades litorâneas (Stern, 2006). O aumento do nível do mar se dará tanto em razão do aumento do volume físico dos oceanos, decorrente do aumento de sua temperatura, quanto do fluxo de água decorrente do degelo polar.

Considerando um aumento de 3° C na temperatura média global, o cenário é ainda mais preocupante. Cogitam-se períodos de seca pronunciada a cada dez anos no Sul da Europa. Entre um bilhão e quatro bilhões de indivíduos serão acrescidos à população que enfrenta períodos de falta de água e entre 150 milhões a 550 milhões de pessoas além das existentes atualmente estarão expostas à ameaça da fome, sendo que, entre um a três milhões a mais morrerão de inanição. Espera-se o início da perda repentina da função vital da floresta Amazônica e riscos extremamente elevados de haver um colapso na Camada de Gelo da Antártida Ocidental (Stern, 2006).

Alguns modelos desenvolvidos por Huybrechts e de Wolde (1999) e Gregory e Huybrechts (2006), sugerem que com o aumento da temperatura média global entre 2°C e 3°C, haverá uma elevação das temperaturas das áreas polares entre 3°C a 4,5°C acima das registradas no período pré-industrial. Este aumento é suficiente para o derretimento irreversível das geleiras e foi o registrado durante o último período interglacial, há 125.000 anos. Neste período, ocorreu o derretimento do gelo no ártico e o aumento do nível do mar em seis metros. Então, o degelo provocou uma diminuição importante da Corrente do Golfo, que

transporta água quente do Golfo do México ao norte. Isto levou a região do Atlântico Norte para um período de frio glacial de mais 1.200 anos de duração (Hadley Center, 2007).

Em outro cenário mais extremista, com a elevação da temperatura ente 4°C a 5°C, as safras agrícolas sofrerão queda entre 15% e 35% e até 80 milhões de indivíduos a mais estarão expostos à malária na África. Provavelmente, haverá desaparecimento de cerca de metade da área de extensão da tundra, ecossistema de vegetação rasteira do Ártico, que é uma fonte considerável de dióxido de carbono. Um estudo, realizado por Mack (2004), estimou que o dióxido de carbono armazenado no solo da tundra representa um terço do estoque global. Ocorre que a elevação da temperatura aumenta a atividade das bactérias existentes no solo, quando da decomposição da matéria orgânica, causando perda significativa do dióxido de carbono do solo para a atmosfera. No período de 20 anos, observou-se a liberação de 2 kg de CO₂ por m² de vegetação. Com o aumento da temperatura e a destruição desta vegetação, o dióxido de carbono armazenado será liberado para a atmosfera causando elevações ainda superiores na temperatura.

É válido considerar que a estabilização da concentração dos gases do efeito estufa requer que as emissões sejam reduzidas em 20% até 2050, chegando a menos de 1/5 dos níveis atuais. O custo para se alcançar esta meta depende de vários fatores, entre eles, o progresso das tecnologias de mitigação das emissões. Os custos totais são estimados em 1% Produto Interno Bruto mundial até o ano de 2050 e não serão igualmente sentidos em todos os setores. Aqueles que possuem atividades intensivas em emissão de gases do efeito estufa irão sentir mais, enquanto que para outros, a política de mudança climática poderá resultar em ganhos econômicos (Stern, 2006).

Assim sendo, frente às perspectivas de impactos econômico e social que o aquecimento global poderá causar, a Organização das Nações Unidas, através de seus órgãos, está envolvida em promover ações que minimizem as conseqüências das mudanças

climáticas. Um exemplo foi a criação do Protocolo de Quioto pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, que estabelece metas e diretrizes para a redução dos níveis de emissões de dióxido de carbono. Este tema será abordado no capítulo seguinte.

3 RESPOSTA AO AQUECIMENTO TERRESTRE

Em 1997, a Organização das Nações Unidas formulou o Protocolo de Quioto no intuito de consolidar um instrumento para a implementação da Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas. Neste documento ficou determinado que os países signatários adotariam medidas que resultassem na redução de suas emissões dos gases intensificadores do efeito estufa. E para facilitar o alcance da meta estabelecida foram criados os mecanismos de flexibilização, entre os quais figuram os projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL. Este é o único meio dos países em desenvolvimento participarem do Protocolo de Quioto.

Neste sentido, os projetos de MDL constituíram-se em uma possibilidade real de se aliar o desenvolvimento econômico à conservação ambiental, de forma que a participação dos países em desenvolvimento, dentre eles, o Brasil, tem sido crescente. A possibilidade de obtenção dos Certificados de Redução de Emissões, ao término da instalação das atividades produtivas que se adequem às especificações determinadas pelo Protocolo de Quioto, vem atraindo investimentos relevantes para esta modalidade de projeto.

Isso posto, a primeira seção deste capítulo ocupar-se-á, especificamente, do Protocolo de Quioto, apresentando a contextualização histórica em que foi criado, suas metas e países envolvidos. Na segunda seção, tratar-se-á dos mecanismos de desenvolvimento limpo e suas metodologias de implementação. Em seguida, considerações sobre o mercado de Certificados de Redução de Emissões serão apresentadas. E por fim, os projetos de MDL que melhor se adaptam ao Brasil.

3.1 PROTOCOLO DE QUIOTO

A evolução dos movimentos em prol do desenvolvimento sustentável teve seu início formalizado a partir da criação do Clube de Roma. Esta organização multinacional tinha como principal objetivo analisar “o dilema da espécie humana em um mundo de recursos finitos e de sugerir políticas alternativas para enfrentar tal crise” (Trigueiro, 2003, p. 342), e obteve atenção mundial ao publicar, em 1972, um relatório no qual previa, alarmantemente, que caso as tendências em relação ao crescimento da população mundial, industrialização, poluição e degradação ambiental não fossem alteradas, o limite de crescimento para o Planeta seria atingido em 100 anos. De acordo com o informe,

Se se mantiverem as atuais tendências de crescimento da população mundial, industrialização, contaminação ambiental, produção de alimentos e esgotamento de recursos, este planeta alcançará os limites de crescimento no curso dos próximos cem anos. O resultado mais provável será um súbito e incontrolável declínio tanto da população como da capacidade industrial (Meadws, s/d. *apud* Foladori 2001, p:151).

Naquele momento, o Clube de Roma lançou um relatório que propunha que, para evitar a catástrofe ambiental, dever-se-ia limitar a zero todo o crescimento que pudesse vir a comprometer o meio ambiente, em favor de uma “economia com relação ecológica estável” (Foladori, 2001, p: 151).

Ao defender a idéia de crescimento zero, o Clube de Roma passou a integrar a linha de pensamento conhecida por neo-malthusiana, que se originou a partir do pensamento de Malthus, ainda no século XIX. Tal corrente defende a existência de uma ligação estreita entre o crescimento populacional e a preservação ambiental, de modo que, o desequilíbrio

ambiental seria resultado de um grande crescimento demográfico. Daí, a necessidade de controle populacional.

Sendo assim, ao propor como forma de preservação ambiental o crescimento zero, o Clube de Roma não só estaria desconsiderando o direito de expansão econômica dos países em desenvolvimento como também simplificando aspectos referentes ao próprio crescimento produtivo frente ao mundo globalizado.

Neste contexto, inúmeras polêmicas envolvendo o tema surgiram, propiciando uma maior discussão sobre o assunto e fomentando a promoção do primeiro encontro global, organizado pelas Nações Unidas, voltado para a discussão de aspectos ambientais. Tal reunião, intitulada de Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, aconteceu em Estocolmo, em julho de 1972 e passou a ser considerada como um marco histórico político internacional, decisivo para o surgimento de políticas de gerenciamento ambiental (Trigueiro, 2003). De acordo com o documento resultante da Conferência, intitulado de Declaração de Estocolmo,

As políticas ambientais de todos os países deveriam melhorar e não afetar adversamente o potencial desenvolvimentista atual e futuro dos países em desenvolvimento, nem obstar o atendimento de melhores condições de vida para todos; os Estados e as organizações internacionais deveriam adotar providências apropriadas, visando chegar a um acordo, para fazer frente às possíveis conseqüências econômicas nacionais e internacionais resultantes da aplicação de medidas ambientais (Declaração de Estocolmo, 1972, p:5)

A Conferência resultou na criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA, ainda em 1972, e também na Declaração sobre o Ambiente Humano e do Plano de Ação Mundial, que estabeleciam as responsabilidades que deveriam acompanhar as decisões no tocante às questões ambientais e convocava à cooperação internacional. No entanto, as preocupações levantadas em Estocolmo, sede da Conferência, só tomaram força quando do descobrimento do buraco na camada de ozônio sobre a Antártica. Este fato

fomentou a criação de um tratado denominado Convenção de Viena para a Proteção da Camada de Ozônio, assinado em 1985 e outro intitulado Protocolo de Montreal, em 1987.

A Conferência de Estocolmo ainda propiciou a formação da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, que teve por objetivo estudar os problemas globais relacionados ao binômio meio ambiente-desenvolvimento. O resultado, publicado em 1987, ficou conhecido por Relatório Brundtland⁶ e definiu o conceito de desenvolvimento sustentável:

[...] é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer as possibilidades de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades...

[...] é um processo de transformação através do qual a exploração dos recursos naturais, a orientação dos investimentos, das inovações técnicas e institucionais, se encontram em harmonia e reforçam o potencial atual e futuro de satisfação das necessidades do homem ...

[...] não é um Estado permanente de harmonia, mas um processo de mudanças no qual a exploração dos recursos, a orientação dos investimentos, os rumos do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional estão de acordo com as necessidades atuais e futuras (Relatório Brundtland, 1988, p: 46).

Em 1992, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), realizada na cidade do Rio de Janeiro, Brasil, inaugurou uma nova etapa na perspectiva ambientalista mundial, ao propor ações que relacionavam a preservação ambiental com o desenvolvimento econômico, principalmente no caso de países em desenvolvimento. Foram discutidos temas como mudança climática, diversidade biológica e propostas estratégicas de ação e de cooperação entre países, que resultaram em um documento intitulado Agenda 21 (Wehrmann e Duarte, 2004). A Agenda 21 se caracterizou por propor alternativas

⁶ Referência à Primeira Ministra da Noruega, Gro H. Brundtland, que presidiu o Comitê.

à degradação ambiental, frisando a importância da cooperação entre os 179 países participantes da Conferência.

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, em 1992, foi o embrião do Protocolo de Quioto, quando os governos participantes reconheceram a necessidade de implementar um processo permanente de revisão, discussão e troca de informações sobre questões envolvendo o aquecimento terrestre.

A Convenção possibilitou a adoção de compromissos adicionais, por parte dos países, em resposta às mudanças no conhecimento científico e nas disposições políticas. A primeira revisão ocorreu em Berlim, em 1995, quando da sessão inaugural da Conferência das Partes. Nela, os países envolvidos concluíram que o compromisso previamente assumido, de voltar suas emissões para os níveis de 1990, até o ano 2000, não era factível (Protocolo de Quioto, 1997). Neste momento, adotou-se o “Mandato de Berlim”, que estabeleceu uma nova fase de discussões sobre o fortalecimento dos compromissos dos países desenvolvidos. Formou-se um grupo de trabalho com o objetivo de elaborar o esboço de um acordo que, após oito sessões, foi encaminhado à 3ª Conferência das Partes, COP-3, para negociação final.

A Conferência foi realizada em Quioto, Japão, em dezembro de 1997. Chegou-se ao consenso de adotar-se um Protocolo no qual os países industrializados signatários reduziriam suas emissões de gases de efeito estufa em pelo menos 5,2% em relação aos níveis de 1990 até o período entre 2008 e 2012 (Protocolo de Quioto, 1997).

Em 16 de março de 1998, o Protocolo de Quioto foi aberto para assinatura, sendo estabelecida sua vigência a partir de 90 dias após a ratificação por pelo menos 55 países integrantes da Convenção, incluindo aqueles desenvolvidos, que contabilizaram pelo menos 55% das emissões totais de dióxido de carbono em 1990. Os países desenvolvidos que deveriam se comprometer a reduzir suas emissões foram elencados no Anexo I do Protocolo de Quioto. Na tabela 2 estes países estão relacionados de acordo com os níveis de emissão.

Tabela 2. Total de emissões de dióxido de carbono dos países integrantes ao Anexo I, do Protocolo de Quioto, em 1990.

Partes do Anexo I	Emissões, em 1000 t.	Participação percentual
Estados Unidos da América	4.957.022	36,1
Federação Russa	2.388.720	17,4
Japão	1.173.360	8,5
Alemanha	1.012.443	7,4
Reino Unido	584.078	4,3
Canadá	457.441	3,3
Itália	428.941	3,1
Polônia	414.930	3,0
França	366.536	2,7
Austrália	288.965	2,1
Espanha	260.654	1,9
Romênia	171.103	1,2
República Checa	169.514	1,2
Países Baixos	167.600	1,2
Bélgica	113.405	0,8
Bulgária	82.990	0,6
Grécia	82.100	0,6
Hungria	71.673	0,5
Suécia	61.256	0,4
Áustria	59.200	0,4
Eslováquia	58.278	0,4
Finlândia	53.900	0,4
Dinamarca	52.100	0,4
Suíça	43.600	0,3
Portugal	42.148	0,3
Estônia	37.797	0,3
Noruega	35.533	0,3
Irlanda	30.719	0,2
Nova Zelândia	25.530	0,2
Letônia	22.976	0,2
Luxemburgo	11.343	0,1
Islândia	2.172	0,0
Liechtenstein	208	0,0
Mônaco	71	0,0
Total	13.728.306	100

Fonte: Protocolo de Quioto, 1997

Apontou-se também a quantidade emitida dos gases causadores do efeito estufa no ano de 1990, volume que serviu de base para se estabelecer a meta proposta no Protocolo de Quioto. Sobre a quantidade emitida em 1990, busca-se reduzir 5,2%. Na última coluna da tabela 2 é apresentada a participação dos países nas emissões totais. Estados Unidos da América, República Russa, Japão e Alemanha são os que mais contribuem para o efeito estufa. No entanto, apenas os países que ratificaram o Protocolo assumiram o compromisso de adotar medidas que garantam o alcance da meta.

Nestes termos, o Protocolo entrou em vigor em 15 de fevereiro de 2005, quando a República Russa, em troca do apoio europeu para o ingresso na Organização Mundial do Comércio (OMC), ratificou-o. Antes da assinatura russa, o Protocolo havia sido aderido por países do Anexo I que contabilizavam 44% das emissões totais de dióxido de carbono em 1990. Após a ratificação, a exigência de que pelo menos 55% dos responsáveis pelas emissões fora cumprida. No entanto, o país de maior contribuição para as emissões dos gases dos efeitos estufa, os Estados Unidos da América, não aderiu ao Protocolo, alegando perdas econômicas.

Segundo Bermann e Silva (sem data), para que os Estados Unidos cumprissem a meta estabelecida pelo Protocolo de Quioto, apenas utilizando o reflorestamento como opção, os gastos estimados chegariam a US\$ 63 bilhões. Este montante representa 0,63% do Produto Interno Bruto norte-americano no ano de 1999. Os autores consideram este gasto pouco expressivo e afirmam que a resistência em ratificar o Protocolo está relacionada a uma possível perda de competitividade das plantas de geração de energia elétrica a carvão para as plantas a gás natural, por exemplo.

Para ajudar os países signatários do Anexo I a alcançarem suas metas, o Protocolo de Quioto estabeleceu três mecanismos flexíveis. O primeiro foi a implementação conjunta, que possibilita a parceria entre países do Anexo I, com o propósito de atingir suas metas de

redução de emissões. O segundo mecanismo foi o comércio de emissões restrito aos pertencentes ao Anexo I. E por fim, o mecanismo de desenvolvimento limpo, que permite a participação dos países em desenvolvimento e será apresentado mais detalhadamente no decorrer do trabalho.

De acordo com o Protocolo de Quioto (1997), os países incluídos no Anexo I, ao cumprirem seus compromissos de limitação e redução das emissões, devem, primeiramente, implantar e/ou aprimorar políticas que estejam em consonância com suas circunstâncias nacionais. E em segundo, cooperar com outros países do Anexo I, de forma a ampliar a eficácia individual e combinada de suas políticas e medidas adotadas, no âmbito da implementação conjunta.

No que se refere às políticas apropriadas às especificidades locais, estas devem ser orientadas de forma a alcançar objetivos tais como o aumento da eficiência energética em setores relevantes da economia, a proteção e o aumento de sumidouros e reservatórios de gases de efeito estufa, a promoção de práticas sustentáveis de manejo florestal, florestamento e reflorestamento, o estímulo de formas sustentáveis de agricultura, a pesquisa, o desenvolvimento e o aumento do uso de formas novas e renováveis de energia, de tecnologias de sequestro de CO₂ e de tecnologias ambientalmente seguras, que sejam avançadas e inovadoras. Deve-se adotar medidas para mitigar as emissões provenientes do setor de transportes, do processo produtivo industrial e também da distribuição de energia. O Protocolo de Quioto (1997) ainda indica a adoção de mecanismos capazes de estimular a recuperação e utilização de resíduos, por meio de técnicas de reciclagem.

Também tem que se considerar a redução gradual de imperfeições de mercado, de incentivos fiscais, de isenções tributárias e tarifárias e de subsídios para todos os setores emissores de gases de efeito estufa que sejam contrários ao objetivo do Protocolo. Em

contrapartida, torna-se necessário estimular setores relevantes que limitem ou reduzam as emissões de gases de efeito estufa (Protocolo de Quioto, 1997).

Os países do Anexo I devem empenhar-se em implementar políticas que minimizem os efeitos adversos das restrições de emissões, haja vista que, em um primeiro momento, pode haver desajustes econômicos passíveis de gerar impactos sociais, ambientais e econômicos sobre outros países, especialmente os em desenvolvimento. Tais desajustes passam pelo controle de importações de bens intensivos em emissões, podendo se refletir na economia local. Neste sentido, os países do Anexo I, que ratificaram o Protocolo, ficam comprometidos a se solidarizarem com os efeitos adversos que possam afetar os países em desenvolvimento. Dentre as ações a serem consideradas estão a obtenção de fundos, seguro e transferência de tecnologia (Protocolo de Quioto, 1997).

O Protocolo de Quioto (1997) prevê a possibilidade de aquisição de unidades de redução de emissões que podem ser acrescentadas à quantidade atribuída ao país que as adquiriu. Em contrapartida, as unidades de redução de emissão adquiridas devem ser subtraídas das cotas dos países cedentes. Caso as emissões de um país do Anexo I forem inferiores a sua meta de redução, a diferença pode ser acrescentada à quantidade atribuída para períodos seguintes ou comercializada com países que não alcançaram suas metas. Desta forma, criou-se a possibilidade de transações mercantis cujo objeto é a redução certificada de emissões.

Os países desenvolvidos podem transferir ou adquirir unidades de redução de emissões resultantes de projetos em qualquer setor da economia. No entanto, existem algumas condições fundamentais para a aceitação. A primeira delas é que o projeto promova uma redução das emissões adicionais ao que ocorreria na sua ausência. A segunda refere-se a sua aprovação antecipada pelos países envolvidos. Por fim, só pode haver aquisição de unidades

de redução de emissões de forma suplementar às ações domésticas realizadas com o fim de cumprir os compromissos acordados no Protocolo de Quioto (1997).

Os países do Anexo I devem estabelecer um sistema para a estimativa das emissões antrópicas. As diretrizes para tais sistemas nacionais são decididas pela Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes do Protocolo em sua primeira sessão. As metodologias adotadas precisam estar em consonância com as aceitas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima e acordadas pela Conferência das Partes em sua terceira sessão. Em situações em que as metodologias não forem adequadas, os ajustes são necessários e devem ser feitos de acordo com as metodologias aceitas pela Conferência das Partes.

Os países devem incorporar aos seus inventários anuais de emissões antrópicas as informações suplementares necessárias com o propósito de assegurar o cumprimento da meta estabelecida. As informações submetidas serão revistas por equipes revisoras de especialistas em conformidade com as decisões da Conferência das Partes, para depois integrar a compilação anual e a contabilização dos inventários de emissões e das quantidades atribuídas. Periodicamente, em razão das revisões sobre a mudança do clima e seus impactos, bem como de informações técnicas, sociais e econômicas relevantes, o teor das informações necessárias pode se alterar.

Os países que não fazem parte do Anexo I, ao ratificarem o Protocolo ficam comprometidos a formular programas nacionais e regionais que tenham por objetivo a melhoria da qualidade dos fatores responsáveis pelas emissões dos gases do efeito estufa, sendo importante considerar tanto sua eficácia quanto seus custos. Os programas devem conter medidas para mitigar a mudança do clima e para facilitar uma adaptação adequada à transformação ambiental imposta pelo aquecimento terrestre. Os pontos chave são os setores

de energia, transporte e indústria, bem como os de agricultura, florestas e tratamento de resíduos.

No Protocolo de Quioto é explicitada a necessidade, por parte dos países desenvolvidos, de cooperar para o desenvolvimento e a difusão de novas tecnologias e de processos ambientalmente seguros nos países em desenvolvimento. A cooperação prevista, além de incluir o auxílio na formulação de políticas e programas para a transferência efetiva de tecnologias, ainda contempla a parceria em pesquisas científicas e técnicas. O desenvolvimento de sistemas de observação sistemática e a criação de um banco de dados possibilitarão a redução das incertezas relacionadas ao sistema climático, os efeitos adversos e as conseqüências econômicas e sociais relacionadas ao aquecimento do Planeta.

Outro incentivo importante para o controle das emissões, aplicável principalmente em países menos desenvolvidos, é a implantação de programas de educação e treinamento, que contemplem o fortalecimento humano e institucional. Este intercâmbio favorece a conscientização pública e também o acesso às informações sobre a mudança do clima.

Os países desenvolvidos ficam comprometidos a prover recursos financeiros para cobrir os custos incorridos pelos países em desenvolvimento, inclusive para a transferência de tecnologias. Neste ponto, abriu-se a possibilidade dos países em desenvolvimento serem beneficiados ao investirem em programas de conservação ambiental e de redução de emissões.

Criou-se então o mecanismo de desenvolvimento limpo, MDL. O objetivo principal, no que refere aos países que não fazem parte do Anexo I é o desenvolvimento sustentável, ao contemplar métodos de produção que afetem menos o meio ambiente. Ao implementarem os MDLs, estes países têm suas reduções de emissões certificadas. Quanto aos países do Anexo I, o MDL facilita o cumprimento das metas estabelecidas de redução das emissões principalmente porque estes podem adquirir as reduções certificadas de emissões conferidas

ao outro grupo de países (Protocolo de Quioto, 1997). Este processo é o embrião da comercialização das reduções de emissões, atualmente popularizado por mercado de créditos de carbono.

As reduções de emissões resultantes de cada MDL devem ser certificadas por entidades operacionais designadas pela Conferência das Partes. Os critérios adotados para a aprovação são: em primeiro lugar, a participação voluntária dos países envolvidos. Em segundo, que existam benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo relacionados com a mitigação da mudança do clima. E por fim, que as reduções de emissões sejam adicionais as que ocorreriam na ausência da atividade certificada de projeto. As reduções certificadas de emissões obtidas durante o ano de 2000 até o início do primeiro período de compromisso, 2008, também podem ser utilizadas para auxiliar no cumprimento das metas do primeiro período de compromisso (Protocolo de Quioto, 1997).

Na seção seguinte serão apresentadas as etapas necessárias para obtenção dos certificados de redução de emissões, quando se considera a implantação de um mecanismo de desenvolvimento limpo.

3.2 MECANISMOS DE DESENVOLVIMENTO LIMPO – MDL

Com o objetivo de facilitar o alcance da meta, foram criados os mecanismos de flexibilização, que permitem aos países desenvolvidos adquirirem créditos de outras nações que possuam projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL.

Conceitualmente, os projetos de MDL são aqueles que, ao mesmo tempo em que promovem o desenvolvimento, também propiciam o seqüestro de carbono ou simplesmente evitam sua emissão na atmosfera. Esta é a única forma de inserção de países em

desenvolvimento nas atividades estipuladas pelo Protocolo de Quioto (1997). Isso porque, os países desenvolvidos signatários, que se comprometeram a reduzir a emissão de gases poluentes, têm interesse em investir em projetos de MDL que possuem um custo marginal de abatimento das emissões menor que em seus próprios territórios. Supõe-se que isso ocorra em países menos desenvolvidos.

No entanto, a implementação de projetos passíveis de obtenção de crédito de carbono é tida como burocrática e de difícil determinação quanto ao verdadeiro grau de riscos, principalmente por se tratar de um mecanismo novo, que se encontra em constante aperfeiçoamento. O principal argumento é o elevado custo dos projetos, que para serem implantados, validados e certificados envolvem quantias na ordem de U\$ 150 mil. Porém, esta limitação está sendo contornada com a adoção de exigências metodológicas menos rigorosas para projetos de pequenas escalas, que se engajem em arranjos associativos. Espera-se, com isto, reduzir os custos de transação, o que incentivará novos investidores (BIODIESELBR, 2005).

Outro fato que contribui para o aumento da incerteza é o prazo limitado de vigência do primeiro compromisso do Protocolo de Quioto, que abrange o período de 2008 a 2012. Projetos de elevados custos de implantação, provavelmente, para serem viáveis, terão que ter seus prazos de retorno ampliados, fato que dificulta a estimativa precisa do mercado de créditos futuro. No entanto, quando se considera a continuidade do aquecimento global e as expectativas catastróficas sobre o meio ambiente, a renovação do Protocolo é tida como certa.

Na 12^a Conferência das Partes da Convenção Quadro de Mudança de Clima que ocorreu juntamente com a 2^a Reunião das Partes do Protocolo de Quioto, realizada em Nairóbi, Quênia, em novembro de 2006, iniciou-se as negociações para um novo período de compromisso para reduções de emissões, que abrangerá de 2013 a 2017. Dentre as propostas levantadas está incluído o aumento da meta de redução de emissões pelos países do Anexo I e

a participação dos países em desenvolvimento. Espera-se que até o fim de 2008 já se tenha uma proposta definitiva para o período pós-2012. Esta antecipação é necessária quando se considera dois anos para o período de negociações entre os agentes envolvidos e outros dois anos para a ratificação. Se assim for, em 2013, o novo protocolo entrará em vigor.

Com a ampliação do tempo para o retorno esperado dos projetos de MDL, os investimentos poderão ser realizados com margem de risco diminutas, o que favorecerá o mercado de certificações de reduções de emissões.

3.2.1 Metodologia de implementação de um MDL

A implementação de um projeto de MDL, capaz de gerar as reduções certificadas de emissões, necessita ocorrer de acordo com as rígidas normas estabelecidas pela Comissão Interministerial de Mudanças Globais de Clima.

Ao regulamentar as modalidades e procedimentos de um MDL, a Conferência das Partes constituiu um conselho executivo composto por dez membros, sendo um integrante de cada um dos cinco grupos regionais das Nações Unidas, dois representantes dos países do Anexo I e um dos pequenos estados insulares em desenvolvimento (Conferência das Partes, Decisão 17/CP.7, 2001).

Ficou a cargo deste conselho a elaboração das regras de procedimento, metodologias, bem como o credenciamento de entidades operacionais e os procedimentos simplificados para as atividades dos projetos de MDL. As entidades operacionais designadas são as responsáveis pela avaliação das atividades do projeto de MDL, denominado de validação. Fica sob sua

responsabilidade, a verificação e a certificação das reduções das emissões antrópicas de gases de efeito estufa.

Para o credenciamento destas entidades operacionais, o Conselho Executivo exige que essas sejam entidades jurídicas, nacional ou não, que empreguem um número suficiente de pessoas, com a competência necessária para desempenhar as funções de validação, verificação e certificação. Questões envolvendo uma prévia capacitação técnica pertinentes às questões ambientais, incluindo conhecimentos especializados na definição de linhas de base e monitoramento das emissões, são essenciais. É necessário que a proponente possua conhecimento das metodologias de auditoria ambiental e de contabilização das emissões antrópicas.

O Conselho Executivo também ficou encarregado do desenvolvimento e manutenção de uma base de dados, acessível ao público, de atividades de projetos do MDL, contendo informações sobre os documentos registrados de concepção, comentários recebidos, relatórios de verificação, suas decisões, bem como informações sobre todas as reduções certificadas de emissões emitidas (Conferência das Partes, Decisão 17/CP.7, 2001).

A implementação de um projeto de MDL, capaz de gerar crédito de carbono, é composta por sete etapas: a concepção do projeto, seguida pela validação, aprovação, registro, monitoramento, certificação e por fim, a emissão dos certificados de créditos de carbono. Estas etapas serão apresentadas na seqüência.

A concepção do projeto de MDL consiste na sua definição propriamente dita e depende da iniciativa dos países envolvidos. As informações referentes ao MDL são, então, consolidadas em um documento único denominado Documento de Concepção do Projeto, que será encaminhado para uma Entidade Operacional Designada.

O Documento de Concepção do Projeto deve apresentar a descrição do projeto, de forma detalhada, apontando seu objetivo, uma descrição técnica que inclua como a tecnologia

será transferida, se for o caso, e uma descrição e justificativa do limite do projeto, em língua inglesa.

Deve ser apresentado, primeiramente, um plano de monitoramento que permita quantificar as emissões antrópicas de gases de efeito estufa que ocorram dentro do limite do projeto durante o período de obtenção de créditos. O plano de monitoramento deve basear-se em uma metodologia já aprovada pelo conselho executivo ou em uma nova, determinada pela entidade operacional designada conforme a atividade proposta, e que tenha sido empregada com êxito em outros lugares. E que reflita uma boa prática de monitoramento, adequada ao tipo de atividade do projeto. Neste ponto é necessário incluir os procedimentos de garantia e controle do monitoramento, bem como os procedimentos para o cálculo periódico das reduções das emissões.

Em segundo, deve-se apresentar a linha de base do MDL, que consiste no cenário de referência das emissões de gases de efeito estufa que provavelmente ocorreriam na ausência dos projetos de MDL. A linha de base deve cobrir as emissões de todos os gases, setores e categorias de fontes poluentes que ocorram dentro do escopo do projeto. A metodologia da linha de base também deve ser aprovada antecipadamente pelo conselho executivo, devendo ser justificada de acordo com as emissões atuais ou históricas existentes. Deve-se considerar a média das emissões de atividades de projeto similares realizadas nos cinco anos anteriores, em circunstâncias sociais, econômicas, ambientais e tecnológicas similares e cujo desempenho seja satisfatório. As reduções das emissões devem ser ajustadas pelas fugas, definidas como a mudança líquida das emissões antrópicas de gases de efeito estufa por fontes que ocorra fora do limite do projeto e que seja mensurável e atribuível à atividade de projeto do MDL.

É necessário incluir a descrição de como as emissões serão reduzidas para níveis inferiores aos que teriam ocorrido na ausência da atividade de projeto (Conferência das

Partes, Decisão 17/CP.7, 2001). Outro ponto necessário é a identificação de todas as fontes potenciais das emissões antrópicas de gases de efeito estufa e os impactos ambientais gerados pelo MDL, incluindo os transportes.

Além destas, outras informações são requisitadas, tais como as fontes de financiamento público dos países do Anexo I. Estes devem fornecer uma declaração de que o investimento não resultou de desvio de assistência oficial para o desenvolvimento ou das suas obrigações financeiras. Ainda, a inclusão de toda a documentação das etapas envolvidas, no que se refere aos cálculos desenvolvidos para a justificação do MDL. As fórmulas utilizadas para calcular e estimar as emissões, para calcular e projetar as fugas e as linhas de base deverão ser apresentadas (Conferência das Partes, Decisão 17/CP.7, 2001).

Os proponentes ao MDL devem selecionar um período de obtenção de créditos dentre uma das alternativas: um máximo de sete anos, que podem ser renovados por até duas vezes, desde que, para cada renovação, uma entidade operacional designada determine e informe ao conselho executivo que a linha de base original do projeto ainda é válida ou foi atualizada levando em conta a existência de novos dados, se for o caso. Ou um máximo de dez anos sem opção de renovação (Conferência das Partes, Decisão 17/CP.7, 2001).

O Documento de Concepção do Projeto deve ser encaminhado para uma entidade operacional designada, que avaliará as atividades do MDL. Caso aprovado, tem-se a validação, que é então apresentada ao Conselho Executivo, com a solicitação de registro, que é a aceitação formal de um projeto de MDL. O registro é o pré-requisito para a verificação, certificação e criação das reduções certificadas de emissões relativas a essa atividade de projeto (Conferência das Partes, Decisão 17/CP.7, 2001). A partir de então, o projeto pode ser implementado.

Após a implantação do projeto de MDL, feito de acordo com as especificações apresentadas no Documento de Concepção do Projeto, inicia-se o sistema de monitoramento,

cuja metodologia já fora aprovada no momento da validação. Sua implementação é uma das condições para a verificação, a certificação e a geração das certificações de redução de emissões.

As reduções das emissões resultantes das atividades do projeto do MDL, durante um período de tempo especificado, são calculadas após o monitoramento. Para quantificá-las, subtrai-se as emissões dos gases de efeito estufa resultantes das atividades do MDL da linha de base. Na figura 3, é apresentada uma ilustração do conceito de linha de base.

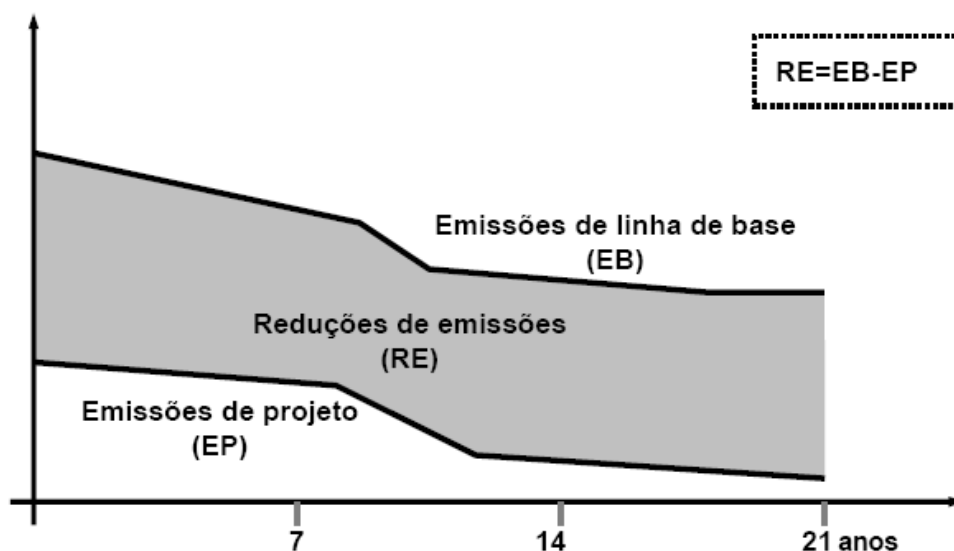


Figura 3. Ilustração do conceito das reduções de emissões.

Fonte: Mello e Souza, 2005

Ao descontar as emissões totais do projeto daquelas referente à linha de base chega-se as reduções de emissões da atividade do projeto do MDL, que gerarão os certificados (Conferência das Partes, Decisão 17/CP.7, 2001). Porém, antes da emissão dos certificados de redução é necessária a verificação, que consiste na revisão independente das reduções

monitoradas das emissões dos gases de efeito estufa, que ocorreram em consequência do projeto do MDL.

A verificação prevê a revisão dos resultados do monitoramento e as metodologias utilizadas com o objetivo de determinar as reduções das emissões que não teriam ocorrido na ausência do projeto do MDL. Então, é emitido um relatório de verificação aos participantes do projeto, aos países envolvidos e ao conselho executivo.

Baseado neste relatório de verificação, a entidade operacional designada deve certificar por escrito a reduções das emissões, o que originará um relatório de certificação (Conferência das Partes, Decisão 17/CP.7, 2001).

A certificação é a garantia por escrito da entidade operacional designada de que, durante um período de tempo especificado, uma atividade de projeto atingiu determinado nível de reduções das emissões de gases de efeito estufa (Conferência das Partes, Decisão 17/CP.7, 2001).

Desta forma, o resultado final da implementação de um projeto é a emissão dos certificados de redução de emissão, os CREs. Cada crédito equivale a uma tonelada métrica de CO₂ seqüestrado ou mitigado, calculada com o uso dos potenciais de aquecimento global.

Para a obtenção dos certificados de reduções de emissões, passíveis de comercialização pecuniária, deve-se encaminhar um relatório de certificação ao conselho executivo, requerendo a emissão dos certificados em igual proporção à quantidade verificada de reduções dos gases do efeito estufa, atestada pela entidade operacional designada.

O Conselho Executivo, neste momento, delega a emissão dos certificados ao administrador do registro do MDL. Depois de realizado o processo, o administrador do registro do MDL fica responsável por transferir uma quantidade de CREs para cobrir as despesas administrativas envolvidas e os custos de adaptação. Os certificados restantes são

creditados nas contas dos países envolvidos no projeto (Conferência das Partes, Decisão 17/CP.7, 2001).

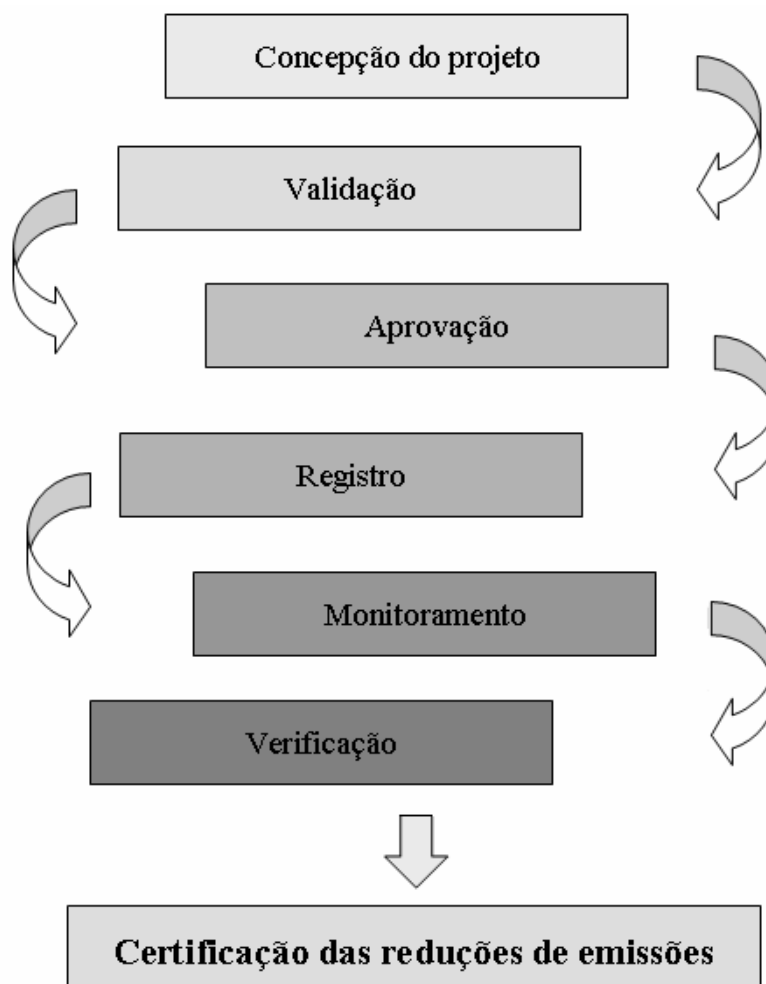


Figura 4. Etapas para obtenção dos CERs

Fonte: Elaboração própria

Na figura 4 estão demonstradas as etapas de todo o processo que antecede a certificação das reduções de emissões. O procedimento é visto como burocrático e de elevado custo, o que dificultava a participação de projetos de pequena escala. Desta forma, para tentar ampliar as chances de investimentos, a Conferência das Partes da Convenção Quadro das

Nações Unidas sobre Mudança do Clima definiu uma nova categoria de projetos: os de pequena escala. Este assunto é abordado na seção seguinte.

3.2.2 Projetos de pequena escala

A Conferência das Partes da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, ocorrida em 2002, definiu os projetos que podem ser considerados de pequena escala e com isso, terem seus procedimentos simplificados e custos reduzidos. Estes projetos podem ser agrupados e encaminhados conjuntamente e são beneficiados com a redução das exigências documentais. As metodologias de linhas de base e o plano de monitoramento também são simplificados, objetivando reduzir o custo de desenvolvimento de uma linha de base para um projeto. Por fim, é permitido que a mesma entidade operacional realize a validação, a verificação e a certificação (Conferência das Partes, 2002).

São considerados projetos de pequena escala os que se enquadram em alguma das três categorias seguintes. A primeira engloba projetos que envolvem plantas de geração de energia renovável com capacidade máxima de produção equivalente a até 15 megawatts. A segunda refere-se aos que propiciam uma melhoria da eficiência energética, reduzindo o consumo de energia do lado da oferta e/ou da demanda, até o equivalente a 15 gigawatt/hora por ano. E a terceira abarca as outras atividades que tanto diminuam emissões antrópicas por fontes quanto emitam diretamente menos do que 15 toneladas equivalentes de dióxido de carbono por ano. Nesta última categoria, podem ser enquadrados projetos agrícolas, incluindo os de manejo de dejetos animais, os de redução da fermentação entérica, os de melhor uso de fertilizantes ou da água no cultivo do arroz. Também são considerados os projetos de substituição de combustíveis,

processos industriais e manejo de resíduos (Conferência das Partes, 2002). Exemplos de projetos que se enquadram nas categorias estabelecidas são apresentados na tabela 3.

Tabela 3. Exemplos de categorias de atividades de projeto de MDL de pequena escala .

Projetos	Categoria
Energia renovável	A. Geração de energia pelo usuário/ domicílio
	B. Energia mecânica para o usuário/empresa
	C. Energia térmica para o usuário
	D. Geração de eletricidade para um sistema
Melhoria da eficiência Energética	E. Melhoria da eficiência energética na transmissão e distribuição
	F. Melhoria da eficiência energética na geração
	G. Programas de eficiência energética do lado da demanda para tecnologias específicas
	H. Medidas de eficiência energética e de substituição de combustível para instalações industriais
	I. Medidas de eficiência energética e de substituição de combustível para edifícios.
Outras atividades	J. Agricultura
	K. Substituição de combustíveis fósseis
	L. Reduções de emissões no setor de transporte
	M. Recuperação de metano
	N. Florestamento e reflorestamento

Fonte: Conferência das Partes, 2002 e 2004.

Em 2004, a Conferência das Partes considerou modalidades e procedimentos simplificados similares aos já relatados anteriormente para projetos de pequena escala de florestamento e reflorestamento. Foi considerado como pequena escala aqueles projetos que promovam remoções antrópicas líquidas de gases de efeito estufa por sumidouros inferiores a oito toneladas de CO₂ por ano. Quando o projeto exceder a esta capacidade de seqüestro do

dióxido de carbono, o excedente não será elegível à emissão de reduções certificadas (Conferência das Partes, 2004).

Desta forma, a certificação das reduções de emissões de projetos de pequena escala aumentou as possibilidades de incremento do mercado de carbono. No que se refere ao Brasil, estes projetos são especialmente atrativos, pois privilegiam os de energias renováveis e os de florestamento e reflorestamento, segmentos em que o País possui vantagens tecnológicas e recursos naturais apropriados. Este tema será tratado ao longo do trabalho. Por ora, na próxima seção são tecidas considerações acerca do mercado de CREs.

3.3 O MERCADO DOS CERTIFICADOS DE REDUÇÕES DE EMISSÕES

Em 2006, o mercado de crédito de carbono movimentou US\$ 30 bilhões. Cerca de 83% desse valor originou-se de programas implantados na União Européia. O restante, US\$ 5 bilhões, dos países em desenvolvimento (Banco Mundial, 2007).

A comercialização dos CREs ocorrem de duas formas distintas. A primeira delas é através da aquisição dos certificados por fundos de investimentos. Apenas o Banco Mundial administra nove fundos⁷ em que participam agentes públicos e privados, com o objetivo de adquirirem os CREs provenientes de países em transição (Banco Mundial, 2007a).

A segunda maneira de comercialização vai além do escopo do Protocolo de Quioto, que regulamenta apenas a redução de emissões de países signatários. Muitos países já implementaram leis que obrigam as indústrias de potencial poluidor mais elevados a

⁷ Prototype Carbon Fund (PCF); Netherlands JI and Netherlands CDM Funds; Community Development Carbon Fund (CDCF); Bio Carbon Fund; Italian Carbon Fund; Spanish Carbon Fund; Danish Carbon Fund; Pan European Carbon Fund.

reduzirem suas emissões. Quando há empresas que não conseguem atingir a meta estabelecida, estas podem alcançá-la adquirindo os CREs equivalentes (Rocha, 2003).

Um exemplo foi a criação voluntária da Chicago Climate Exchange, em 2003, por diversas empresas norte-americanas. Nesta bolsa, em 2004, foram negociados 266,70 milhões de toneladas de CO₂, frente a 484,60 milhões de toneladas negociadas em 2005 (CCX, 2007).

Na bolsa européia, a European Climate Exchange, em 2006, foram negociados 452,77 milhões de toneladas de CO₂, em CREs, contra 94,35 milhões em 2005. No acumulado entre janeiro a maio de 2007, o volume já alcançava 300,2 milhões de toneladas (ECE, 2007). Em contratos futuros realizados em dezembro de 2006 com vencimento para dezembro de 2008, os CREs foram negociados a € 18,25.

É válido salientar que a maior diferença destas bolsas, quando comparada com a negociação dos CREs no âmbito do Protocolo de Quioto, é o fato de que aquelas aceitam a comercialização de créditos de projetos que não se enquadram nas determinações das Conferências das Partes (FDBS, s.d.).

Outra consideração pertinente é que os CREs já são considerados commodities ambientais, o que permite o fechamento de contratos futuros nas bolsas de carbono. Conceitualmente, as commodities ambientais são mercadorias originadas de recursos naturais: água, energia, madeira, biodiversidade, reciclagem, emissão de poluentes e minério. Diferenciam-se das demais por serem produzidas ou extraídas de forma sustentável, em processos que não gerem externalidades negativas e nem comprometam o potencial de recuperação do ambiente, respeitando o equilíbrio dos ecossistemas em que estão inseridas (Khalili, 2000).

As reduções de emissões projetadas para o primeiro período de vigência do Protocolo de Quioto, haja vista a quantidade de projetos existentes no mundo, em maio de 2007, é de 3,11 bilhões de toneladas de CO₂. Deste total, o Brasil participará com a redução

de 195 milhões de toneladas, correspondendo a 6,26% do total mundial. Esta quantidade confere ao País a terceira colocação em termos de redução de emissões. A China ocupa a primeira posição, com uma redução projetada de 1,35 bilhão de toneladas de CO₂, correspondendo a 43,39% do total mundial. A Índia, por sua vez, reduzirá o equivalente a 861 milhões de toneladas de emissões projetadas para o primeiro período de obtenção de créditos. Este montante corresponde a 27,63% do total reduzido e confere ao país a segunda posição.

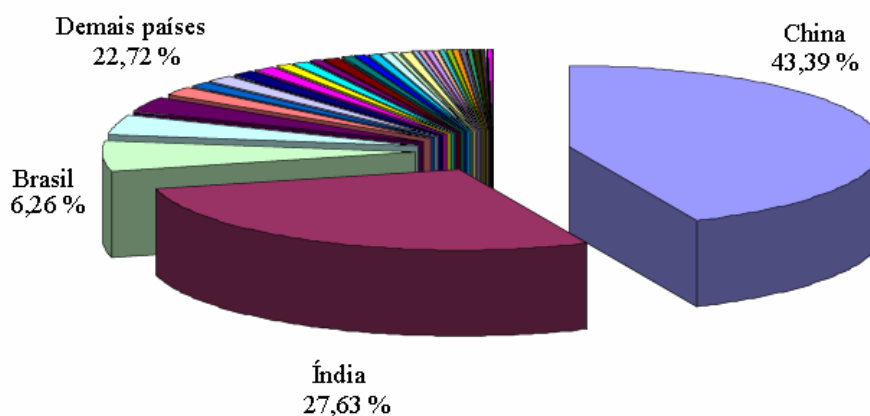


Figura 5. Reduções de Emissões para o Primeiro Período de Obtenção de RCEs.

Fonte: Ministério Ciências e Tecnologias, 2007b

Em maio de 2007, existiam 1.964 projetos de MDL. Destes, 636 já estavam registrados pelo Conselho Executivo do MDL e 1.328 se encontravam em outras fases do ciclo. O Brasil ocupava a terceira posição em número de projetos, com 222 projetos. A Índia figurava em primeiro lugar, seguido pela China, com 636 e 483 projetos, respectivamente (Ministério Ciências e Tecnologias, 2007b).

Quanto ao número de projetos registrados, 99 destes são brasileiros. A Índia é o país que detém a maior quantidade, com 212 projetos. O México se encontra na terceira posição, com 78.

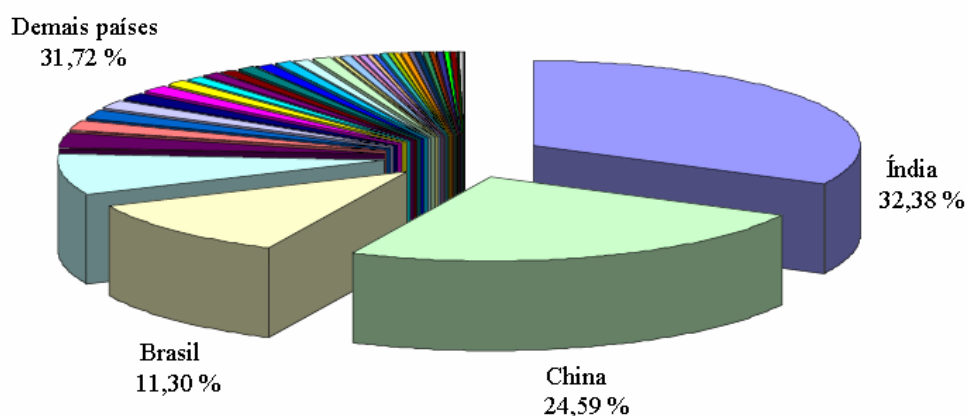


Figura 6. Participação dos países na elaboração de projetos de MDL, 2007.

Fonte: Ministério Ciências e Tecnologias, 2007b

É válido ressaltar que as projeções e participações apresentadas referem-se ao cenário atual, feitos com base no número de projetos existentes. No entanto, a expectativa é que a implementação de MDLs e a demanda por CREs aumentem nos próximos anos, haja vista a necessidade de cumprimento da meta de redução frente ao crescimento mundial.

Estimativas apontam para uma demanda de CREs da ordem de US\$ 17 bilhões ao ano a partir de 2010 (Austin et al., 1999 *apud* Rocha, 2003). Outras, mais otimistas, prevêem negociações de US\$ 20 bilhões por ano, estimuladas pela regulamentação e aceitação do mercado de certificados no mundo (Moura-Costa, 1997 *apud* Rocha, 2003).

A participação dos países em desenvolvimento neste mercado será definida a partir das oportunidades de negócios presentes em cada um deles, bem como a regulamentação e o

incentivo do governo local. Neste contexto, na seção seguinte, são apresentados setores de maior atratividade para investimentos em MDL no Brasil.

3.4 PROJETOS DE MDLs ADAPTÁVEIS AO BRASIL

Experiências apontam que o custo de reduzir uma tonelada de CO₂ nos países desenvolvidos pode variar entre U\$ 15,00 a U\$ 100,00. No entanto, este dispêndio em países em transição é bem inferior: de U\$ 1,00 a U\$ 4,00 por tonelada. Tal variância de valores envolve, além de diferenças entre custos de tecnologias e de mão-de-obra, a maior possibilidade de implementação de projetos de redução nestes países (Banco Mundial, 2007a).

Outro fator que favorece os países em desenvolvimento na atração de investimentos em MDL é o financiamento oferecido por organismos internacionais. Os fundos administrados pelo Banco Mundial oferecem recursos financeiros para isto. Desta forma, os países em desenvolvimento podem ser beneficiados por investimentos tanto estrangeiros quanto nacionais em MDL e conforme demonstrado anteriormente, os mais atrativos são a Índia, a China e o Brasil, em ordem de elaboração de projetos.

Atualmente, considerando os 222 projetos existentes no Brasil, em maio de 2007, 58% destes eram de pequena escala. Os escopos de maior interesse foram os de geração elétrica e de suinocultura, através do tratamento dos resíduos e redução do metano emitido na atmosfera. A soma destes representou 77,03% do total dos projetos. No entanto, a capacidade de redução de emissões destes projetos é relativamente inferior, quando comparado aos demais escopos. A geração de energia elétrica contribui para reduzir 28,53%, enquanto que a suinocultura, 9,23%, conforme observado na tabela 4.

Os escopos em que há maior redução de emissões, considerando a capacidade individual de cada projeto, são os de redução de N_2O , os aterros sanitários e o manejo e tratamento de resíduos.

Tabela 4. Relação de projetos existentes no Brasil, em maio de 2007.

Projetos em Validação/Aprovação	Nº de projetos	Redução de emissão no período milhões de t.	Participação por escopo dos projetos Em %	Participação por redução de emissões Em %
Geração elétrica	134	55,81	60,36	28,53
Suinocultura	37	18,05	16,67	9,23
Aterros sanitários	25	64,86	11,26	33,16
Indústria manufatureira	10	11,17	4,50	5,71
Eficiência energética	9	0,41	4,05	0,21
Manejo e tratamento de resíduos	4	2,90	1,80	1,48
Redução de N_2O	2	42,29	0,90	21,62
Indústria química	1	0,12	0,45	0,06
Total	222	195,61	100	100

Fonte: Ministério Ciências e Tecnologias, 2007b

Quando se analisa a distribuição espacial dos projetos de MDL no Brasil, estes estão presentes em 20 estados. São Paulo é o principal, em termos de números de investimento em MDL, com 25% do total. Em seguida, Minas Gerais, com 14%, seguida pelo Rio Grande do Sul, com 9,1% e por Mato Grosso, com 8,8%.

Em termos de possibilidades de novos investimentos, o Brasil apresenta um amplo conjunto de alternativas. O setor energético é o mais promissor, principalmente por contar com a energia renovável obtida pelo processamento da biomassa. O País, já na década de 1970, investiu em pesquisas e incentivos através do Pro-álcool, que foi um programa bem

sucedido de substituição em larga escala dos derivados de petróleo. O Programa determinou que fosse incorporada uma fração de álcool anidro na gasolina pura consumida pelos automóveis. No período de 1975 a 2000, evitou-se a emissão de 110 milhões de toneladas de dióxido de carbono (BiodieselBR, 2007). Neste sentido, o Brasil possui tecnologias e procedimentos já utilizados, o que favorece a análise do projeto que se pretende, seja na sua viabilidade como no acompanhamento de resultados desejados (Denardi, 2005).

Outro segmento que merece destaque é o florestamento e reflorestamento, frente à vocação florestal do Brasil, que confere grandes vantagens comparativas nesse setor (Young, 2005). Por definição, o florestamento é a conversão induzida de terras que não foram plantadas com a mesma cultura por um período de pelo menos 50 anos em terras florestadas, através de plantio de mudas ou sementeira. Já o reflorestamento refere-se ao plantio em áreas que já foram florestadas, mas que desde 1989 já não possuem mais a cobertura vegetal apropriada (Conferência das Partes, 2003). Nesses casos, a obtenção de reduções certificadas de emissões se dá pela captura de carbono pela recomposição florestal (Young, 2005).

O Brasil é considerado um dos países mais atrativos para investimentos em MDL e a atual posição é apenas um demonstrativo do potencial futuro. Desta forma, o objetivo principal deste trabalho é tentar quantificar o quanto o País ainda pode se beneficiar com a implantação de MDLs e com a negociação dos CREs até o fim do prazo de vigência do Protocolo de Quioto.

Para tanto, calculou-se o total de emissões de dióxido de carbono até 2012, término do primeiro compromisso de reduções assumidos pelos países do Anexo I, do Protocolo de Quioto, a fim de quantificar o total de CREs que serão necessários para alcançar a meta, em alguns cenários propostos. A metodologia utilizada é discutida no próximo capítulo.

4 O POTENCIAL DE PARTICIPAÇÃO DO BRASIL NA OFERTA DE CERTIFICADOS DE REDUÇÕES DE EMISSÕES

A metodologia proposta tem por objetivo avaliar a quantidade de dióxido de carbono que deverá ser mitigadas para o cumprimento da meta de redução do Protocolo de Quioto e a partir de então, avaliar qual será a demanda por CREs e qual será o potencial de participação do Brasil neste mercado.

Para tanto, fez-se uso da Identidade de Kaya aplicada a três cenários possíveis, visando calcular a quantidade de emissões que deverão ser abatidas para que haja o cumprimento da meta estabelecida pelos países signatários do Anexo I. Posteriormente, a partir da participação atual do Brasil nas reduções de emissões projetadas para o período de 2008 a 2012, tentou-se apontar o potencial de oferta de CREs em dois cenários nacionais. O primeiro contempla o estímulo governamental à implementação de MDLs, enquanto que no segundo, o ambiente interno permanece inalterado.

4.1 A IDENTIDADE DE KAYA

Uma forma de tentar quantificar as emissões de dióxido de carbono futuras é através da Identidade de Kaya (Kaya et al., 1989). De acordo com a Identidade de Kaya, a variação na

emissão de dióxido de carbono é resultado da variação populacional, do produto interno *per capita*, da intensidade energética de atividades econômicas, que é uma medida do consumo de energia por unidade de atividade econômica e da intensidade de dióxido de carbono proveniente da queima de energia fóssil utilizada, que é uma medida da quantidade de carbono associada a cada unidade de energia produzida.

Formalmente, a Identidade Kaya é especificada da seguinte maneira:

$$EmissãoCO_2 = \Delta População * \Delta Produto_{percapita} * IE * ICO_2 \quad (4.1)$$

Em que,

$Emissão CO_2$ = Emissões de dióxido de carbono no período i ;

$\Delta População$ = crescimento populacional no período i ;

$\Delta Produto_{percapita}$ = crescimento do produto interno per capita no período i ;

IE = Intensidade energética;

ICO_2 = Intensidade de dióxido de carbono

É apropriado esclarecer que as emissões de CO_2 derivadas dos combustíveis fósseis incluem todas aquelas oriundas da produção, distribuição e consumo dos mesmos, além das emissões decorrentes da produção de cimento (IPCC, 2007). Desta forma, as emissões do CO_2 variam de acordo com a fonte de energia utilizada. O carvão é o combustível mais intensivo de carbono, seguido por petróleo e gás natural (EIA, 2006).

Outra consideração relevante no que se refere ao cálculo de emissões através da Identidade Kaya é a utilização do coeficiente de intensidade de dióxido de carbono, ICO_2 , que

abrange apenas as liberações derivadas de energias fósseis. Entretanto, esta limitação é contornada quando se aplica a metodologia aos países desenvolvidos, haja vista que a quase totalidade de suas emissões se originam das transformações energéticas de combustíveis fósseis. Já nos países em desenvolvimento, em que a produção agrícola e a modificação da cobertura vegetal nativa são intensas, uma parte relativamente elevada das emissões é resultante destas atividades. Nestes casos, a utilização da Identidade Kaya para estimar as emissões totais não se aplica.

Tanto a intensidade energética, IE , quanto a de $I CO_2$, relacionam-se com a tecnologia associada ao processo produtivo. Técnicas mais modernas geralmente otimizam a quantidade de energia utilizada, de forma que as emissões resultantes são inferiores às provenientes de técnicas menos sofisticadas. Sendo assim, pode-se afirmar que, considerando que os crescimentos populacional e econômico ocorram, a única maneira de manter o nível de emissão de CO_2 é através da incorporação de tecnologias que permitam a substituição da matriz energética e amplie a eficiência do processo.

Esta metodologia é considerada pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change*, para estimar cenários de emissões, cuja vantagem refere-se à decomposição das emissões em quatro forças, o que simplifica a comparação e a análise de diversos cenários de emissões (*IPCC Special Report on Emissions Scenarios, 1992*).

Stern (2006), através da utilização da Identidade Kaya aplicada a um conjunto de países concluiu que, no período de 1992 a 2002, houve reduções na intensidade energética e na intensidade de CO_2 , fatores que refletem no retardamento das emissões globais, mas as emissões totais sofreram aumento devido ao crescimento econômico e populacional.

Albrecht et al. (2001) afirmaram que para períodos muito longos, a estimativa de CO_2 emitido por um país geram resíduos significativos, podendo inviabilizar as políticas climáticas que baseiam-se em seus resultados. Então, em um estudo envolvendo quatro países:

Alemanha, Bélgica, França e Reino Unido, os autores utilizaram da Decomposição de Shapley, que tem sua origem na Identidade Kaya.

A Decomposição de Shapley considera separadamente as intensidades de dióxido de carbono e de energia para três setores específicos de uma economia: indústria, transporte e outros setores, de forma que se torna possível obter uma estimativa correta e simétrica, com resíduos mínimos. No entanto, Albrecht et al. (2001) deixa claro que, com o uso da Identidade Kaya, os resultados podem ser corretamente interpretados, como é demonstrado na comparação entre as duas metodologias apresentadas no estudo.

A conclusão dos autores foi que a intensidade do dióxido de carbono do uso da energia tem mais efeito sobre as emissões totais do que sugerido em exercícios convencionais da decomposição. Uma outra conclusão interessante da análise foi que o efeito do crescimento da população pode ser, para alguns países, mais importante que os demais.

Conforme demonstrou um estudo de Alvim e Santin (2007), em que se tentou estimar as emissões de CO₂ para o ano de 2012, países que apresentam elevadas taxas de crescimento populacional, como é o caso da China e da Índia, terão suas emissões crescentes mesmo em cenários que consideram um maior uso de energias renováveis e de tecnologias voltadas à proteção do meio ambiente. Este resultado foi obtido a partir de simulações de três cenários alternativos, utilizando-se da Identidade de Kaya.

Outro estudo interessante, que empregou a Identidade Kaya como metodologia, foi o realizado por Karakaya e Ozçac (2005). Os autores investigaram as relações entre as fontes de energia e a quantidade de dióxido de carbono emitida, entre 1992 e 2001, para cinco países da Ásia Central, que faziam parte da União Soviética. Os resultados indicaram uma redução de 34,9% das emissões de CO₂ no período analisado. No entanto, este fato não é devido às políticas climáticas e sim à substancial contração econômica e à migração populacional, características do processo de independência dos antigos países da União Soviética. Por fim,

os autores sugerem que com a retomada do crescimento destes países, para que não haja uma significativa elevação das emissões, esforços terão que ser feitos no sentido de estimular a adoção de fontes energéticas menos intensivas em CO₂.

No Brasil, o uso da Identidade Kaya ainda é muito pouco difundido, de forma que não existem muitos trabalhos que a utilizam. Em um deles, Gutierrez e Mendonça (2002) utilizaram a Identidade Kaya para simular cenários em que consideram a emissão de CO₂, o consumo de energia e algumas variáveis macroeconômicas para o País, em uma tentativa de avaliar o impacto da produção e do consumo energético na sustentabilidade climática. De acordo com este estudo, houve uma contínua elevação da intensidade energética no período de 1970 a 1990. E uma possível causa deste aumento está relacionada à mudança estrutural na indústria e à substituição das fontes energéticas. A perda de competitividade de setores nacionais menos intensivos no uso da energia estaria forçando uma realocação menos favorável. Entretanto, visto que a taxa de crescimento populacional tem mostrado desaceleração, pode ocorrer que um aumento da intensidade energética seja compensado pela desaceleração da renda *per capita* e da população, fazendo com que haja diminuição da quantidade emitida de CO₂.

Isso posto, após a apresentação da Identidade Kaya e a análise de alguns trabalhos que a utilizaram, pode-se afirmar que a metodologia sugerida é aplicável ao objetivo específico deste estudo, de quantificar o volume de emissões previsto para o período entre o ano de 2008 e de 2012, para então estimar o quanto que o Brasil poderá participar do mercado de CREs, com o intuito de viabilizar o cumprimento da meta de redução estipulada pelo Protocolo de Quioto. Na seção seguinte, os cenários a serem aplicados na equação de Kaya serão apresentados.

4.2 CENÁRIOS ALTERNATIVOS

Com o objetivo de estimar o volume de CO₂ que deverá ser reduzido para que se consiga alcançar a meta de diminuição de 5,2% dos níveis emitidos pelos países signatários em relação aos patamares de 1990, três cenários foram traçados. Apesar de existir uma tendência ao aumento mais acelerado das emissões de CO₂, os cenários foram propostos considerando dados e estudos previamente existentes, com o objetivo de se traçar simulações as mais críveis possíveis.

As variáveis consideradas são as mesmas que compõem a Identidade Kaya: o produto interno *per capita*, o crescimento populacional, a intensidade energética de atividades econômicas e a intensidade de dióxido de carbono resultante da queima de combustíveis fósseis.

É oportuno salientar que nos países em desenvolvimento, em que a produção agrícola e a modificação da cobertura vegetal nativa são intensas, uma parte relativamente elevada das emissões é resultante destas atividades. Contudo, nos países industrializados, a maior parte de suas emissões decorrem da queima de combustíveis fósseis. E ao optar por incluir apenas as projeções dos países desenvolvidos signatários do Protocolo de Quioto, em razão de ser sobre as emissões de CO₂ destes países que recai a meta de redução, este problema foi contornado sem que fosse necessário introduzir outros coeficientes que captem as emissões decorrentes de outras fontes na Identidade Kaya.

A seguir, estão relacionados os cenários a serem considerados:

a) **Primeiro cenário:** supõe-se que a economia dos países integrantes do Anexo I do Protocolo de Quioto, considerados industrializados, crescerá 2,70% ao ano, na próxima década. Este crescimento reproduz os padrões observados entre 1970 e 2000. A expansão populacional nestes países ocorrerá a taxas de 0,44%. A demanda mundial de energia entre 1970 e 2000 apresentou crescimento de 2,26% ao ano, sendo que, os países industrializados apresentam taxas anuais de 1,27% e os em desenvolvimento de 3,86%. Neste período, as variações na estrutura de participação das fontes de energia foram mínimas. O gás natural é o único energético que apresentou acréscimo de participação, substituindo, principalmente, o carvão mineral. O petróleo e a energia nuclear apresentam pequena perda de participação e as fontes renováveis permaneceram constantes (Patusco, 2002).

Para o cenário presente, considerar-se-á que o aumento da demanda energética será de 1,27% ao ano, que a matriz energética e as tecnologias utilizadas permanecerão constantes, de forma que não haverá nenhuma ação ou implementação de novas técnicas produtivas capazes de mitigar os gases do efeito estufa. Desta forma, em razão do aumento da demanda energética frente a constância tecnológica, tanto a intensidade de dióxido de carbono quanto a energética serão acrescidas em 1%.

b) **Segundo cenário:** serão consideradas as mesmas taxas de crescimento econômico e populacional do primeiro cenário, porém a intensidade energética apresentará declínio, supondo alterações nos padrões tecnológicos e mudanças estruturais.

A intensidade energética mundial, medida por unidade do valor adicionado, vem registrando queda de aproximadamente 0,92% ao ano, entre 1970 e 2000 (Patusco, 2002). Para os países desenvolvidos, a redução histórica é de 1,34%. Este será o coeficiente considerado para a projeção do segundo cenário. Quanto à

intensidade de dióxido de carbono, em razão do aumento da utilização energética característica do crescimento econômico, da introdução de novas tecnologias, e também da substituição de combustíveis de maior potencial poluente por outros de potencial inferior, será considerada constante.

c) **Terceiro cenário:** as taxas de expansão populacional e do produto serão mantidas constantes. A intensidade energética sofrerá queda de 1,34%, a mesma registrada no segundo cenário. A intensidade de dióxido de carbono será reduzida em 1,00%. Esta diminuição implica na adoção de novas fontes energéticas, de menor conteúdo poluente e é compatível com a meta do Protocolo de Quioto, de redução de 5,2% das emissões registradas em 1990.

Na tabela 5 estão relacionados os cenários propostos e suas respectivas variações em termos de emissão de CO₂, calculadas a partir da identidade de Kaya (1989).

Tabela 5. Cenários propostos e suas respectivas variações de emissões de CO₂

Variáveis	Cenários		
	I	II	III
Crescimento econômico	↑ 2,70%	↑ 2,70%	↑ 2,70%
Crescimento Populacional	↑ 0,44%	↑ 0,44%	↑ 0,44%
Intensidade energética	↑ 1,00%	↓ 1,34%	↓ 1,34%
Intensidade de CO ₂	↑ 1,00%	constante	↓ 1,00%

Fonte: Elaboração própria

Na seção seguinte, considerações acerca da aplicação da metodologia, de maneira a alcançar o objetivo proposto, serão apresentadas. Também serão especificados os cenários referentes ao Brasil, com o intuito de tentar quantificar a participação do País na oferta dos CREs.

4.3 METODOLOGIA APLICADA

Utilizando a Identidade de Kaya, obtem-se as emissões projetadas para o período de 2008 a 2012 nos três cenários distintos, para os países signatários integrantes ao Anexo I. A partir de então, se reduz da projeção anual o equivalente à meta assumida por cada país. A soma das diferenças anuais refere-se à quantidade de emissões que cada país deve reduzir para alcançar a meta de redução estabelecida.

Formalmente,

$$REDUÇÕES_p = \sum_1^i Emissões_i - Meta_{1990} \quad (4.2)$$

Em que:

$REDUÇÕES_p$ = Reduções de CO₂, no período entre 2008 e 2012, por país;

$Emissões_i$ = Emissões de CO₂ no ano i

$Meta_{1990i}$ = Emissões de 1990 reduzidas em 5,2%

Em um segundo momento, agregam-se as reduções necessárias para o cumprimento da meta, por país, com o objetivo de identificar o total de emissões que o conjunto dos países do Anexo I deverão reduzir:

$$REDUÇÕES_{Totais} = \sum_n^P REDUÇÕES_p \quad (4.3)$$

Em que,

$REDUÇÕES_{Totais}$ = Total de reduções de CO₂ para alcançar a meta

$REDUÇÕES_p$ = Reduções de CO₂, no período n entre 2008 e 2012, por país, P ;

A partir do cálculo das reduções de emissões necessárias para o cumprimento da meta assumida pelos países do Anexo I do Protocolo de Quioto, estimou-se o quanto o Brasil poderá ofertar de Certificados de Reduções de Emissões, CREs. Para tanto, outros dois cenários pertinente ao Brasil são propostos:

- a) **Primeiro cenário_{Brasil}**: Ambiente interno favorável à implantação de projetos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo. Neste cenário são considerados estímulos públicos suficientes para induzir investimentos em projetos de MDLs, incluindo linhas de créditos e procedimentos burocráticos simplificados para obtenção das liberações dos órgão ambientais.
- b) **Segundo cenário_{Brasil}**: Manutenção do ambiente interno, em que não há linhas específicas de crédito para projetos de MDLs e que os procedimentos burocráticos para obtenção de licenças ambientais demandam tempo suficiente para estimular a

migração dos investimentos para outros países. Neste caso, supõe-se que haverá uma migração de investimentos para a China e Índia.

4.4 DADOS UTILIZADOS

Para o cálculo das emissões futuras partiu-se de observações estatísticas (Euromonitor International, 2007), para os países signatários do Anexo I no ano de 2003, apresentadas na tabela 6.

Tabela 6. População, Produto, Intensidades energética e de CO₂, para os países do Anexo I, em 2003.

Países do Anexo I	População, em 1.000	PIB <i>per capita</i> , em US\$	Intensidade energética	Intensidade de CO ₂
Alemanha	82.546	28.347	0,164	2,19
Austrália	19.820	28.645	0,208	3,19
Áustria	8.079	31.017	0,14	2,06
Bélgica	10.355	28.716	0,205	2,31
Bulgária	7.846	7.745	0,352	2,40
Canadá	31.630	31.344	0,291	2,08
Dinamarca	5.386	31.699	0,134	2,56
Eslováquia	5.375	13.841	0,272	1,89
Espanha	40.593	23.954	0,143	2,44
Estados Unidos da América	282.068	38.350	0,222	2,42
Estônia	1.356	13.441	0,295	3,41
Federação Russa	144.964	9.134	0,519	2,34
Finlândia	5.206	28.236	0,268	1,38
França	59.663	28.148	0,171	1,42
Grécia	10.629	20.667	0,138	3,44
Hungria	10.142	14.769	0,178	2,19
Irlanda	3.931	36.979	0,108	2,59
Islândia	288	31.273	0,401	0,84
Itália	58.143	26.936	0,123	2,42
Japão	127.594	27.819	0,154	2,21

(Continua)

Tabela 6. População, Produto, Intensidades energética e de CO₂,
para os países do Anexo I, em 2003.

(Continuação)

Países do Anexo I	População, em 1.000	PIB per capita, em US\$	Intensidade energética	Intensidade de CO ₂
Letônia	2.331	10.177	0,188	1,71
Luxemburgo	449	62.402	0,154	2,53
Noruega	4.556	38.383	0,148	1,74
Nova Zelândia	3.968	22.682	0,208	2,05
Países Baixos	16.192	28.847	0,172	3,23
Polônia	38.622	11.235	0,217	3,04
Portugal	10.394	18.327	0,138	2,36
Reino Unido	59.427	27.848	0,141	2,42
República Checa	10.203	16.072	0,254	2,69
Romênia	22.316	7.144	0,249	2,53
Suécia	8.940	27.043	0,216	1,07
Suíça	7.292	30.139	0,123	1,59

Fonte dados brutos: Euromonitor International, 2007.

Os Estados Unidos da América e a Austrália não ratificaram o Protocolo de Quioto. A apresentação dos dados referentes a eles tem caráter apenas informativo, não sendo considerados para o cômputo total das emissões a serem reduzidas. Foram desconsiderados também Mônaco e Liechtenstein, em razão da indisponibilidade de dados.

Para se alcançar a meta de redução de 5,2% do nível de emissão observado em 1990, os países deverão emitir, no período de 2008 a 2012, a quantidade de dióxido de carbono apresentado na tabela 7.

Tabela 7. Emissões de CO₂ em 1990 e a meta individual assumida pelos países signatários do Anexo I

Países do Anexo I	Emissão de CO ₂ , em 1990, em 1000 t.	Meta Assumida, em 1000 t.
Alemanha	1.012.443	959.796
Áustria	59.200	56.122
Bélgica	113.405	107.508
Bulgária	82.990	78.675
Canadá	457.441	433.654
Dinamarca	52.100	49.391
Eslováquia	58.278	55.248
Espanha	260.654	247.100
Estônia	37.797	35.832
Federação Russa	2.388.720	2.264.507
Finlândia	53.900	51.097
França	366.536	347.476
Grécia	82.100	77.831
Hungria	71.673	67.946
Irlanda	30.719	29.122
Islândia	2.172	2.059
Itália	428.941	406.636
Japão	1.173.360	1.112.345
Letônia	22.976	21.781
Luxemburgo	11.343	10.753
Noruega	35.533	33.685
Nova Zelândia	25.530	24.202
Países Baixos	167.600	158.885
Polônia	414.930	393.354
Portugal	42.148	39.956
Reino Unido	584.078	553.706
República Checa	169.514	160.699
Romênia	171.103	162.206
Suécia	61.256	58.071
Suíça	43.600	41.333
Total	13.728.027	13.014.170

Fonte dados brutos: Anexo I, Protocolo de Quioto, 1997

Este capítulo teve por objetivo apresentar a metodologia a ser utilizada neste trabalho.

A partir da revisão de trabalhos que utilizaram a Identidade Kaya, pode-se afirmar que esta

metodologia é adequada ao que se propõe, principalmente quando se consideram cenários alternativos. Os dados selecionados também possibilitam a aplicação adequada da metodologia. Assim sendo, na próxima seção serão apresentados os resultados obtidos e as análises pertinentes.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Diante do exposto até então é possível apontar para o objetivo final deste trabalho, que é a quantificação do tamanho do mercado potencial de CREs no Brasil. Inicialmente, considerações sobre a evolução das emissões nos países do Anexo I são apresentadas. Em seguida, a participação do Brasil na oferta dos CREs, nos cenários propostos, e o montante de investimentos produtivos que podem ser gerados são estimadas.

Nesta perspectiva, a partir da aplicação dos dados apresentados na tabelas 6 na equação 4.1, apresentadas na seção anterior, obteve-se as emissões anuais, por país, para o período de 2008 a 2012. Os valores obtidos foram reduzidos dos níveis de emissão de CO₂ em 1990, conforme demonstrado na equação 4.2. Os resultados são apresentados na tabela 8.

Pode-se observar que o volume de dióxido de carbono emitido pelos países varia em razão da diferença das intensidades energética e de CO₂, explicadas pela composição da matriz energética utilizada. A Alemanha, que participa com 7,4% no total das emissões de CO₂, só apresenta emissões a serem reduzidas no primeiro cenário. Nos demais, este País pode atuar de acordo com o segundo mecanismo de flexibilização estipulado no Protocolo de Quioto, que permite a oferta e o comércio de emissões entre os pertencentes do Anexo I. A Alemanha investe massivamente em tecnologias que garante uma maior eficiência na utilização de combustíveis fósseis, de modo que seu indicador de intensidade energética está entre os mais baixos dentre o grupo de países considerado.

Tabela 8. Quantidade de emissões mitigadas necessárias, entre 2008 e 2012, para o cumprimento da meta do Protocolo de Quioto, nos cenários propostos

Países do Anexo I	Reduções de CO ₂ para alcançar a meta, em 1.000 toneladas		
	Primeiro cenário	Segundo cenário	Terceiro cenário
Alemanha	1.230.244	-37.329	-361.926
Áustria	237.850	128.850	100.938
Bélgica	471.587	259.430	205.101
Bulgária	-25.408	-102.768	-122.578
Canadá	2.129.220	1.225.724	994.359
Dinamarca	172.732	84.498	61.903
Eslováquia	-1.822	-59.515	-74.289
Espanha	1.196.965	685.569	554.611
Estônia	-47.898	-75.493	-82.560
Federação Russa	180.026	-2.238.250	-2.857.518
Finlândia	132.849	51.206	30.299
França	1.192.477	576.509	418.773
Grécia	357.645	200.639	160.433
Hungria	78.514	-9.417	-31.934
Irlanda	145.404	84.222	68.555
Islândia	11.331	6.785	5.620
Itália	1.299.800	599.081	419.642
Japão	3.070.388	1.255.589	790.859
Letônia	-54.290	-65.773	-68.713
Luxemburgo	24.483	8.032	3.819
Noruega	153.727	85.998	68.654
Nova Zelândia	154.352	96.460	81.635
Países Baixos	1.064.250	673.486	573.420
Polônia	82.332	-348.467	-458.785
Portugal	245.212	151.658	127.700
Reino Unido	1.273.946	424.064	206.427
República Checa	-1.427	-170.053	-213.234
Romênia	-92.738	-243.750	-282.421
Suécia	108.388	24.558	3.090
Suíça	101.127	36.417	19.847
Total	14.891.267	3.307.960	341.729

Fonte: Cálculos da autora a partir de dados do Euromonitor International, 2007

O mesmo movimento é observado na Rússia e nos países da antiga União Soviética. Entretanto, este grupo de países apresenta uma característica muito particular, a saber. Em 1991, com o fim do regime soviético, a economia local sofreu uma contração significativa. Muitas atividades industriais, de elevado potencial poluente foram encerradas, fato que colaborou para a redução das emissões de CO₂, de maneira involuntária. Esta afirmação encontra respaldo em Karakaya e Ozçac (2005), que quantificaram as emissões dos países pertencentes ao bloco comunista.

Em 1990, ano base para a criação da meta, os níveis de emissões registrados nos países da antiga União Soviética foram extremamente elevados, fato que explica a existência de créditos de emissões a serem negociados entre os membros do Anexo I.

Outra razão complementar para a evolução declinante das emissões da Rússia, especificamente, é a grande participação do gás natural em sua matriz energética, conforme pode ser observado na figura 7. O País apresenta o maior coeficiente de intensidade energética, 0,519, muito além da média dos países do Anexo I. Entretanto, a sua intensidade de CO₂, permanece próxima da média. Já nos demais países da antiga União Soviética, grande parte das emissões de CO₂ derivam do carvão, de modo que, ao retomarem o crescimento econômico, as emissões totais tenderão a aumentar significativamente.

Todos os demais países apresentaram saldo negativo de emissões, sendo necessário adquirir CREs para atingir a meta do Protocolo de Quioto. O Japão, em termos de volume de CO₂ a ser reduzido, ocupa o primeiro lugar. Em seguida, figura o Canadá. Países da Europa, como Reino Unido, Itália, França e Espanha também estão entre os países que deverão intensificar seus esforços para alcançar a meta de redução. Na figura 7 é possível verificar que os países com as maiores variações de emissões são também os que utilizam uma matriz energética em que predominam o uso do carvão e do petróleo, com exceção dos países da

Ásia Central, que conforme referido, apresentaram redução das emissões em razão do colapso do sistema econômico comunista.

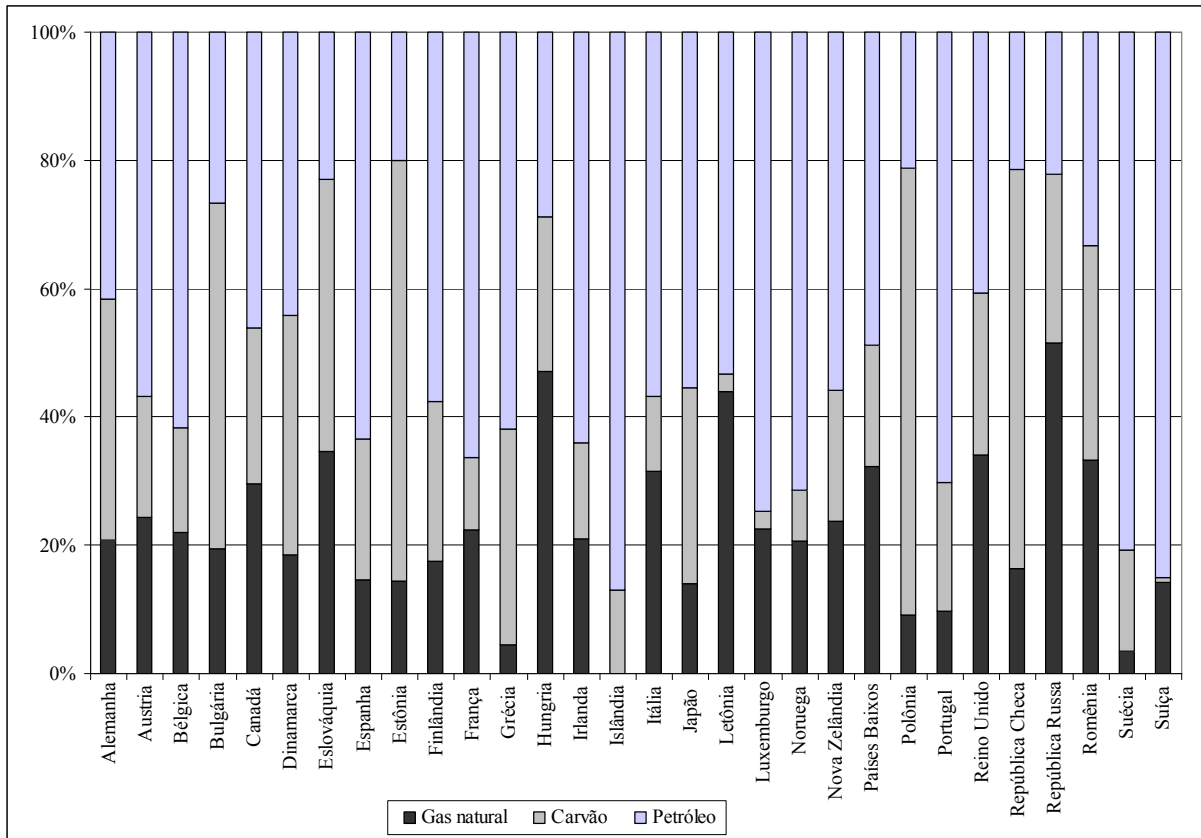


Figura 7. Participação das emissões de CO₂ para os países selecionados, em 2003, por fonte energética.

Fonte dos dados brutos: Euromonitor International, 2007.

Na média mundial, a emissão de CO₂ proveniente do petróleo é a que apresenta a maior participação nas emissões totais, 41,74%. O carvão ocupa o segundo lugar, com participação de 37,00%. Gás natural, em terceiro, com 21,26% mundial. Os países do Anexo I emitem 30,06% das emissões totais de CO₂ proveniente de queima de combustíveis fósseis. A

participação do conjunto dos países nas emissões mundiais é superior no uso do gás natural, 40,50%. O carvão, por sua vez, é a menor participação, com 23,02% e o petróleo, 32,28%.

Dentre os países do Anexo I, Polônia, Estônia, República Checa, Bulgária, Eslováquia, Alemanha e Dinamarca são os países que emitem a maior quantidade de CO₂ oriundo da queima do carvão. Islândia, Suíça, Suécia, Luxemburgo e Noruega são os países que emitem mais CO₂ proveniente do uso do petróleo. Rússia, Hungria, Letônia, Eslováquia são os de maior participação do gás natural nas emissões totais.

Considerando o total das emissões de CO₂ proveniente dos países do Anexo I, partiu-se do pressuposto que 83% delas serão alcançadas através de investimentos dentro da União Européia, conforme registrado em maio de 2007. Neste percentual incluem-se os CREs comercializados entre os países do Anexo I. O restante, 17%, serão reservados para aquisições de CREs proveniente de MDLs implantado em países em desenvolvimento. Desta forma, a quantidade de emissões que deverão ser mitigadas através da compra dos certificados é apresentada na tabela 9.

Tabela 9. Emissões a serem mitigadas através de aquisição de CREs derivados de MDLs, entre 2008 e 2012, em 1000 toneladas de CO₂

Cenários	Emissões de CO ₂ a serem mitigadas, em 1.000 t.
Primeiro	2.531.515
Segundo	562.353
Terceiro	58.094

Fonte: Cálculos da autora a partir de dados do Euromonitor International, 2007

A partir destes resultados, calculou-se a participação do Brasil no mercado de RCEs nos dois cenários propostos. O primeiro deles considerou a existência de ambiente interno favorável à implantação de projetos de MDLs, em que haverá uma oferta de RCEs da ordem de 20% do total demandado. O segundo cenário é compatível com a situação atual do País, em que inexistem linhas específicas de crédito para projetos de MDLs e que os procedimentos burocráticos para obtenção de licenças ambientais demandam tempo suficiente para estimular a migração dos investimentos para outros países. Neste caso, o Brasil ofertará 6,26% do total das certificações. Este percentual é o mesmo observado em maio de 2007. Os resultados são apresentados na tabela 10.

Tabela 10. Participação do Brasil no mercado de CREs, nos cenários propostos, em 1.000 toneladas de dióxido de carbono mitigada

Oferta \ Demanda	Primeiro cenário	Segundo cenário	Terceiro cenário
Primeiro cenário _{Brasil}	506.303	112.471	11.619
Segundo cenário _{Brasil}	158.473	35.203	3.637

Fonte: Cálculos da autora a partir de dados do Euromonitor International, 2007

Na tabela 10 está relacionada a quantidade de CREs ofertadas pelo Brasil, nos dois cenários nacionais, considerando o tamanho da demanda. Observa-se que os resultados, quando se compara o ambiente interno, são bastante diferentes.

O cenário mais favorável ao Brasil refere-se à conjunção do primeiro cenário, em termos de demanda de dióxido de carbono resultante da elevação das emissões por parte dos

integrantes do Anexo I, com um ambiente interno favorável aos investimentos em MDLs, em que estão incluídos a criação de linhas de créditos e procedimentos burocráticos simplificados para obtenção das liberações dos órgãos ambientais. A segunda melhor perspectiva também decorre do primeiro cenário para os países do Anexo I conciliado com o pouco estímulo interno aos investimentos em MDLs.

O pior resultado conjunto, em termos de oferta de CREs, decorre da interação do terceiro cenário para os países do Anexo I, em que são consideradas a adoção de tecnologias que ampliem a intensidade energética e a transformação da matriz energética, através da substituição de combustíveis fósseis por outros renováveis, de menor conteúdo poluente com o segundo cenário brasileiro, que considera a falta de incentivos aos investimentos nacionais.

Quando se precifica os CREs utilizando a média dos contratos futuros negociados com vencimento entre dezembro de 2008 e o mesmo mês de 2012, na *European Climate Exchange* (ECE, 2007), o volume financeiro potencial deste mercado é relevante.

O valor de uma unidade de CREs, o equivalente a uma tonelada de dióxido de carbono mitigada, negociada em contratos futuros com vencimento em dezembro de 2008 é o equivalente a € 21,80. Em 2012, o valor é de € 23,45. A média deste período, considerando os preços em dezembro do intervalo de cinco anos contidos entre 2008 e 2012 é de € 22,58 (ECE, 2007). Sendo assim, o montante potencial do mercado de CREs é demonstrado na tabela 11.

No primeiro cenário, o mais favorável ao Brasil, considerando a oferta dos CREs, o volume financeiro potencial para este mercado no Brasil é de € 11,43 bilhões no período compreendido entre 2008 e 2010. Este montante é aproximadamente o total do investimento a ser realizados no período de 4 anos em rodovias no Brasil, durante o Programa de Aceleração

do Crescimento⁸, do Governo Federal. Ou ainda, é quase a metade do montante a ser investido no sistema de geração de energia do País, no período de abrangência do Programa. Ou um pouco menos do que os R\$ 40 bilhões que serão investidos em saneamento básico em todo o território brasileiro (Programa de Aceleração do Crescimento, 2007).

O valor resultante do primeiro cenário é muito superior ao da segunda melhor opção. Nesta, o valor potencial do mercado de CREs é de € 3,57 bilhões. Já no pior cenário, a oferta de CREs seria de apenas € 82 milhões.

Tabela 11. Potencial financeiro da oferta de CREs pelo Brasil,
em € milhões, entre 2008 e 2012.

	Demanda	Primeiro cenário	Segundo cenário	Terceiro cenário
Oferta				
Primeiro cenário _{Brasil}		11.435	2.540	262
Segundo cenário _{Brasil}		3.579	795	82

Fonte: Cálculos da autora a partir de dados do *European Climate Exchange*, 2007.

Outra consideração pertinente refere-se ao volume financeiro que os projetos de MDLs podem gerar em termos de investimentos. Partindo do pressuposto que o custo de reduzir uma tonelada de CO₂ nos países em desenvolvimento variam entre US\$ 1,00 a US\$ 4,00 por tonelada, os investimentos necessários para suprir a demanda de CREs no cenário mais favorável, em que se prevê a oferta de 506,30 milhões de certificados, podem variar de US\$ 506,30 milhões a US\$ 2,03 bilhões, de acordo com o projeto e a técnica utilizada.

⁸ O Programa de Aceleração do Crescimento é uma iniciativa do Governo Federal do Brasil e prevê o investimento em infra-estrutura, medidas econômicas e políticas sociais, com o objetivo de estimular os setores produtivos e melhorar a qualidade de vida da população. Seu período de vigência é de 2006 a 2010, tempo de abrangência do segundo mandato do Presidente Luiz Inácio Lula da Silva.

No segundo melhor cenário, os investimentos internos poderão alcançar até U\$ 633,90 milhões, considerando U\$4,00 o custo de mitigação de uma tonelada de CO₂. No pior cenário, o montante invertido é de no máximo U\$ 14, 45 milhões.

Se mantida a mesma participação de investimentos por escopo de projetos, os de maior atratividade serão os de geração elétrica e os de redução de gás metano. Estes projetos correspondem a 77,03% do total existente no Brasil. No entanto, é oportuno salientar que a alocação dos investimentos ocorrerá de forma a maximizar o capital investido e neste sentido, o papel do governo na sinalização dos setores de maior potencialidade torna-se essencial. O estímulo para a implantação de projetos em segmentos em que há maior mitigação das emissões, tais como a redução de N₂O, os aterros sanitários e o manejo e tratamento de resíduos são essenciais para elevar a capacidade de oferta futura de CREs.

A organização dos investimentos em MDL por parte de entidades públicas também pode ocorrer de maneira a privilegiar regiões menos desenvolvidas. Atualmente, 25% dos projetos existentes estão localizados em São Paulo e outros 14% em Minas Gerais. O estímulo aos investimentos direcionados para as regiões nordeste e norte poderia se constituir em uma política pública desenvolvimentista, que estará em consonância com a política de mudança climática.

Ainda, considerando os dois cenários aplicáveis ao Brasil, a diferença da quantidade ofertada de CREs entre ambos poderá migrar para outros países, em especial para a China e para a Índia. Estes países são os principais concorrentes em termos de atração de investimentos, pois assim como o Brasil, possuem áreas físicas e recursos naturais de especial interesse para a concretização de um MDL, além de contar com uma organização produtiva de elevado conteúdo poluente. Nestes casos, a implantação de técnicas um pouco mais modernas já resulta em reduções significativas de emissões.

Considerando apenas a variação do cenário interno, no primeiro deles a diferença na oferta é de 347,83 milhões de CREs, que deixaram de ser certificadas no Brasil para migrarem para outros países em desenvolvimento. A diferença em termos monetários é de € 7,86 bilhões. Já no segundo cenário mundial, a perda financeira ocorrida entre o cenário brasileiro atual e o considerado favorável é de 77,27 milhões de certificados ou € 1,75 bilhão. Por fim, no último cenário mundial, a diferença é de 7,98 milhões de toneladas mitigadas, ao custo de € 180 mil. Deve-se ainda considerar a perda de investimentos produtivos a serem realizados no Brasil, que migrarão para outros países.

Por tudo isso, é importante frisar a importância de um ambiente interno favorável. O tamanho do mercado de CREs no Brasil dependerá de políticas de incentivos aos investimentos em projetos de MDLs, nas quais se incluem linhas de crédito especiais, desburocratização no cumprimento da legislação ambiental e maior divulgação do mercado de crédito de carbono. No que se refere à legislação ambiental é oportuno salientar que não se cogita a modificação do instrumento de regulação ambiental do País, e sim que os órgãos competentes atuem de maneira a reduzir o tempo gasto com processos de licenciamento ambiental. A otimização e simplificação dos processos seria importante na atração de investimentos futuros.

Os demais países também disputarão os projetos realizados por empresas globalizadas, de forma que aqueles que apresentarem condições mais viáveis terão vantagens tanto financeiras quanto ambientais. Em âmbito nacional, também haverá uma disputa setorial por investimentos. O capital tenderá a se alocar em segmentos que ofereçam maiores incentivos e melhores remunerações.

Soma-se ao estímulo governamental também a percepção da classe empresarial de que os projetos de MDLs são possibilidades de lucro real. É válido esclarecer que grande parte dos projetos de MDLs não foram implementados com o objetivo único de gerar CREs. A

certificação, em muitos casos, é uma receita adicional, que aumenta a taxa interna de retorno e os lucros sobre o capital investido. Por exemplo, a substituição de uma fonte de energia fóssil por outra renovável geralmente é motivada pela economia financeira que o projeto trará. A plantação de floresta, outro exemplo interessante, tem na certificação uma fonte de receita superior a auferida apenas com a comercialização dos produtos florestais. Sendo assim, ao considerar a possibilidade de se obter uma receita adicional à do negócio principal, os projetos de MDLs podem ser visto como uma alternativa viável economicamente e ambientalmente.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao término deste trabalho, é oportuno retomar as principais linhas de raciocínio desenvolvidas, a fim de reforçá-las. No segundo capítulo, procurou-se estabelecer a relação existente entre o aumento da temperatura média global e a atividade econômica que resulta na emissão de gases intensificadores do efeito estufa, que é o principal causador do aquecimento terrestre. A queima de combustíveis fósseis, a transformação da vegetação nativa em lavouras e campos de pastagem e a produção industrial estão entre as atividades de maior impacto ao meio ambiente, quando se trata de emissões.

Ainda, se apresentou os impactos sobre o desenvolvimento humano e econômico, ao demonstrar que aumentos na temperatura global podem ocasionar a perda de terras agricultáveis, a redução de fontes hídricas e a proliferação de doenças típicas de regiões tropicais. A biodiversidade também estará comprometida, com a extinção de espécies da fauna e flora.

No terceiro capítulo, ocupou-se de apresentar um instrumento de gestão para a política climática, com o objetivo de administrar as perspectivas de impactos econômico e social que o aquecimento global poderá causar. O Protocolo de Quioto pode ser considerado a primeira tentativa global de redução das emissões dos gases do efeito estufa.

Como referido ao longo do capítulo, o Protocolo de Quioto estabeleceu diretrizes para a implantação de projetos de desenvolvimento limpo. Este mecanismo foi o que permitiu a

participação dos países em desenvolvimento no Protocolo e estimulou a adoção de métodos de produção que emitam um volume inferior de gases poluentes.

No Brasil, em maio de 2007 já existiam 222 projetos, sendo que 58% destes eram considerados de pequena escala. Os escopos de maior interesse foram os de geração elétrica e de suinocultura, através do tratamento dos resíduos e redução do metano emitido na atmosfera. Outro segmento que merece destaque é o florestamento e reflorestamento, frente à vocação florestal do País, que possui grandes vantagens comparativas nesse setor

Neste capítulo, ainda foram sistematizadas as etapas de implantação de um projeto de MDL e os passos necessários para a obtenção dos Certificados de Redução de Emissões, os CREs, comercializados entre os países signatários e em bolsas de mercadorias e futuros. Este mercado, em 2006, movimentou U\$ 30 bilhões e as perspectivas de ganhos futuros são crescentes.

No quarto capítulo, foram demonstrados as metodologias e os dados utilizados para alcançar o objetivo principal deste trabalho, de medir o potencial de participação do Brasil na oferta de CREs. Considerações acerca da Identidade Kaya, resultantes da revisão bibliográfica sobre este método, foram apresentadas, com a intenção de balizar a escolha desta técnica para a estimativa das emissões futuras de dióxido de carbono.

Por fim, no quinto capítulo foram apresentados os resultados obtidos e algumas análises, dentre as quais podem ser destacadas, primeiramente, o tamanho do potencial do Brasil na oferta de CREs. Primeiramente, ao considerar um ambiente mundial estável, em que as tecnologias e o padrão de crescimento econômico e populacional são compatíveis com as verificadas nos últimos cinco anos, aliado a um ambiente interno favorável, que contempla políticas de estímulo à implantação de projetos de MDL, os ganhos financeiros pertencentes ao País chegaram a €11,43 bilhões, caso os países do Anexo I do Protocolo de Quioto cumpram a meta assumida. Cogita-se que a quantidade de dióxido de carbono a ser reduzida

para o cumprimento do Protocolo de Quioto seja ainda maior que a estimada. Conforme referido anteriormente, os cenários foram estruturados com a preocupação de refletir os dados disponíveis e observados até 2003, de maneira a conferir o embasamento teórico necessário ao trabalho. Porém, atualmente, já existem projeções superiores às consideradas.

Se a quantidade de certificados de redução de emissões extrapolar o previsto, os ganhos financeiros poderão ser maiores que os apresentados neste trabalho.

Chama-se também a atenção para o fato de que se considerou apenas os certificados que serão comercializados no âmbito do Protocolo de Quioto. As demais demandas, provenientes do mercado privado de reduções de emissões, ocorrerão paralelamente ao tratado, como já ocorre na Bolsa de Chicago, podendo elevar o valor estimado.

Em segundo lugar, ficou evidente que os projetos de MDL podem se constituir em importantes fontes de investimentos, que se coordenados corretamente pelo Governo, podem propiciar o desenvolvimento regional e aumentar a oferta de CREs. Os impactos derivados da demanda privada por certificados também poderão elevar o total de investimentos realizados com o objetivo de obtenção dos CREs.

Somando a quantia proveniente da comercialização dos certificados de redução de emissão com o total de investimentos necessários para obtê-los, no primeiro cenário é possível chegar a ganhos superiores a € 13,40 bilhões. Este montante é superior a todo o investimento realizado até o presente no setor sucro-alcooleiro do Brasil, que atraiu R\$ 30 bilhões em investimentos para a construção de 80 novas usinas num momento em que a demanda por biocombustíveis cresce em ritmo acelerado.

Ainda, a expansão da oferta futura de CREs está em consonância com o fato de que já se iniciaram as novas negociações para a continuidade do Protocolo a partir de 2012, em que a meta de redução deverá ser mais rígida. Neste sentido, o País, ao participar como um ofertante ativo de CREs poderá obter ganhos financeiros maiores que os previstos entre 2008 e 2012.

Nas novas negociações também são cogitadas as participações dos países em desenvolvimento, agora como responsáveis por controlar suas emissões dos gases intensificadores do efeito estufa. E se isso realmente se concretizar, o País já estará em uma posição de relativa tranquilidade, por possuir CREs.

Assim sendo, a principal contribuição deste estudo foi apontar o potencial do mercado de crédito de carbono no Brasil, chamando a atenção para a possibilidade de ganhos financeiros aliado à conservação ambiental. Ficou evidente a importância de haver políticas públicas que estimulem o investimento em mecanismos de desenvolvimento limpo para que o País possa participar plenamente do mercado mundial como ofertante de certificados de reduções de emissões e também implementar uma política de mudança climática.

Outra contribuição relevante foi a relação estabelecida entre as atividades produtivas e o aumento da temperatura global, ocasionada pelo incremento das emissões dos gases intensificadores do efeito estufa. E como o mecanismo de desenvolvimento limpo pode contribuir para a mitigação das mudanças climáticas.

Pode-se também apontar como contribuição a sistematização das etapas de elaboração de um projeto de MDL, de maneira a fazer deste trabalho uma referência para o desenvolvimento prático de projetos. E também, a compilação de uma série de informações sobre o tema, haja vista a existência de poucos estudos sobre esta problemática. Inclusive esta foi uma das dificuldades encontradas ao longo do trabalho. Poucos autores tratam sobre o assunto e o mercado de CREs atua de forma experimental. Estes fatos dificultaram uma abordagem mais profunda em alguns pontos, pois muitas informações divulgadas apresentam divergências. Por se tratar de uma possibilidade de se obter ganhos monetários, observa-se um crescente movimento de especulação financeira e de manipulação de informações em torno das certificações, o que muitas vezes dificulta a seleção dos dados que mais se aproximam da realidade.

Muitos estudos ainda terão que ser propostos para o esgotamento do tema. Pesquisas que abordem formas de estimular os agentes de mercado a reduzirem os impactos da atividade produtiva sobre o meio ambiente são necessárias para o desenvolvimento sustentável. Atualmente, isto é obtido através da comercialização dos CREs. Os agentes envolvidos recebem pela sua intenção de redução de emissões e a partir de então, o montante financeiro originado estimula a replicação dos processos, o que contribui para a conservação ambiental. Contudo, muitos outros mecanismos podem ser criados, além de novas tecnologias e métodos produtivos eficientes.

Estudos que apontem quais as políticas públicas mais adequadas para estimular os investimentos em MDL também podem surgir como desdobramento deste trabalho. E ainda, a distribuição espacial das atividades, de forma a configurar uma ferramenta de planejamento dos investimentos e de desenvolvimento regional.

7 REFERÊNCIAS

ALBRECHT, Johan; FRANÇOIS, Delphin; SCHOORS, Koen; A Shapley Decomposition of Carbon Emissions without Residuals. Ghent University. Bélgica: 2001. Disponível em http://www.feb.ugent.be/fac/research/WP/Papers/wp_01_123.pdf. Acesso em agosto de 2007.

ALVIM, A. M; SANTIN, M. F. Impacto do Crescimento Econômico Sobre o Aquecimento Terrestre: A Contribuição dos Países em Desenvolvimento. PUC-RS. **Texto para discussão**, 2007. Disponível em: http://www.pucrs.br/face/ppge/texto_discussao.pdf. Acesso em out. de 2007.

BANCO MUNDIAL. **Carbon Finance at the World Bank**. Disponível em: <http://siteresources.worldbank.org/ESSDNETWORK/NewsAndEvents/20546024/CarbonFinanceQA.pdf>. Acesso em julho de 2007.

_____. **Managing Climate Risk: Integrating Adaptation into World Bank Group Operations**. 2006. Disponível em: <http://siteresources.worldbank.org/GLOBALENVIRONMENTFACILITYGEFOPERATIONS/Resources/Publications-Presentations/GEFAdaptationAug06.pdf>. Acesso em maio de 2007

_____. **Poverty and Climate Change: Reducing the Vulnerability of the Poor through Adaptation**. Disponível em <www.worldbank.org>. Acesso em dezembro de 2004.

BERMANN, Célio. SILVA, Marcos V. M. Reflorestamento de áreas rurais degradadas? Uma ferramenta para o cálculo de mitiga;’ao das emiss’oes de carbono. USP, sem data. Dispon[ível em <http://paginas.agr.unicamp.br/energia/agre2002/pdf/0051.pdf>.

BIODISELBR. Crédito de Carbono – MDL. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/credito-de-carbono/mdl/index.htm>. Acesso em março de 2006.

BNDES. Efeito estufa e a Convenção sobre Mudanças Climáticas, 1999. Disponível em <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/especial/clima.pdf>. Acesso em bril de 2007.

CARBON DIOXIDE INFORMATION ANALYSIS CENTER – CDIAC. Disponível em: <http://cdiac.ornl.gov/>. Acesso em maio de 2007.

CHICAGO CLIMATE EXCHANGE. Disponível em: <http://www.chicagoclimatex.com/>. Acesso em agosto de 2007.

CLUBE DE ROMA. Disponível em: <<http://www.clubofrome.org/>>. Acesso em outubro de 2004.

CONFERÊNCIA DAS PARTES DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA, 2002. Modalidades e procedimentos simplificados para atividades de projetos de

mecanismo de desenvolvimento limpo de pequena escala. Anexo II. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0005/5555.pdf. Acesso em junho 2007.

_____, 2004.
 Modalidades e procedimentos simplificados para as atividades de projetos de pequena escala de florestamento e reflorestamento no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no primeiro período de compromisso do Protocolo de Quioto e medidas para facilitar a implementação. Disponível em http://www.mct.gov.br/upd_blob/0012/12356.pdf. Acesso em junho de 2007.

_____, 2006.
 Disponível <http://200.130.9.7/clima/negoc/Default.htm>. Acesso em junho de 2007.

_____. Decisão 17/CP.7 - Modalidades e procedimentos para um mecanismo de desenvolvimento limpo, conforme definido no Artigo 12 do Protocolo de Quioto. 2001. Disponível em http://www.mct.gov.br/upd_blob/2598.pdf

DECLARAÇÃO DE ESTOCOLMO. Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, 1972. Disponível em: http://www.vitaecivilis.org.br/anexos/Declaracao_Estocolmo_1972.pdf. Acesso em julho de 2007.

DENARDI, Estefânia. Contratos internacionais em créditos de carbono. 2005. Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./gestao/index.html&conteudo=./gestao/artigos/contratos.html>

EMBRAPA. Agricultura e efeito estufa. 2007a. Disponível em <http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/index.php3?sec=agrog:::85>. Acesso em fev. 2007.

_____. Fontes Agrícolas de Óxido Nitroso (N₂O). 2007b. Disponível em <http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/index.php3?sec=agrog:::87>. Acesso em fev. 2007.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION - EIA. **International Energy Outlook 2006**- EUA Disponível em: <http://www.eia.doe.gov/>. Acesso em junho de 2007.

_____- EIA. **International Energy Outlook 2007**- EUA Disponível em: <http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/index.html>. Acesso em junho de 2007.

ETHERIDGE, D.M. et al. Historical CO₂ records from the Law Dome DE08, DE08-2, and DSS ice cores" em: **A Compendium of Data on Global Change**. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. 1998. Disponível em: cdiac.ornl.gov/trends/co2/lawdome.html. Acesso em fev. 2007.

EUROMONITOR INTERNATIONAL, 2007. Disponível em: <http://www.euromonitor.com/countryfolders.aspx>. Acesso em julho de 2007.

EUROPEAN CLIMATE EXCHANGE. **Market Data Snapshot**: Today. Disponível em http://www.europeanclimateexchange.com/default_flash.asp. Acesso em julho de 2007.

FEARNSIDE, P. M. Efeito estufa: a contribuição do desmatamento na amazônia brasileira. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 1996. Transl de: Greenhouse Gas Contributions from Deforestation in Brazilian Amazonia, pp. 92-105 In: J.S. Levine (compilador) Global Biomass Burning: Atmospheric, Climatic, and Biospheric Implications. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, E.U.A. 640 p. Disponível em http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/mss%20and%20in%20press/Estufa-port.pdf

FOLADORI, Guillermo. **Limites do desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Unicamp, 2001.

FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Disponível em: www.fbds.org.br. Acesso em jul 2007.

GREGORY, J.M.; HUYBRECHTS, P. Ice-sheet contributions to future sea-level change. *Philos Trans R Soc London*, 364, 1,709-1,731. 2006.

GROSSMAN, G.M; KRUEGER, A.B. Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. Papers 158, Princeton, Woodrow Wilson School, 1991.

GRÜNTTER. J.M. KAPPEL, R; STAUB, P. **CERT model**: Carbon Emission Reduction Trade Model (software). Heldswil: Grütter Consulting, 2002.

GRÜNTTER. J.M. **World Market for GHG Emission Reduction**: an analysis of the World Market for GHG abatement, factors and trades that influence it based on the CERT model. Washington: World Bank, 2001. 36 p.

GUTIERREZ, Maria B.; MENDONÇA, Mário Jorge C. O efeito estufa e o setor energético brasileiro. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Texto para discussão Nº 719. Rio de Janeiro, abril de 2000. Disponível em http://www.ipea.gov.br/pub/td/2000/td_0719.pdf

HADLEY CENTER. The independent review of the Met Office Hadley Centre, 2007. Disponível em <http://www.metoffice.gov.uk/research/hadleycentre/>. Acesso em agosto de 2007.

HUYBRECHTS, P., J. de WOLDE - The dynamic response of the greenland and antartic ice sheets to multiple-century climatic warming - *Journal of climate* **12** (8), 2169-2188 (1999)

IBPS - INSTITUTO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E DIREITO AMBIENTAL . Em www.ibps.com.br. Acesso em outubro de 2004.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Aspectos Regionais e Setoriais da Contribuição do Grupo de Trabalho II ao 4º Relatório de Avaliação "Mudança Climática 2007" do IPCC. 2007. Disponível em: <http://www.iea.usp.br/iea/online/midiateca/mudglobais/index.html>. Acesso em julho de 2007.

_____. Greenhouse gas inventories: **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Reference Manual**. Bracknell: United Kingdom Metereogical Office, Inglaterra, 1995.

_____. IPCC Special Report on Emissions Scenarios, 1992. Disponível em: <http://www.grida.no/climate/ipcc/emission/034.htm>. Acesso em maio de 2007.

KAPPEL, R; STAUB, P.; GRÜNTTER, J.M. **Simulating the market for greenhouse gas emission reductions: the CERT model**. Heldswil: Grütter Consulting, 2002.

KARAKAYA, Etem; ÖZÇAG, Mustafa. **Driving Forces of CO₂ Emissions In Central Asia: A Decomposition Analysis of Air Pollution From Fossil Fuel Combustion**. ARID ECOSYSTEMS JOURNAL, Vol. 11, No. 26-27, August 2005, Pages 49-57. TURKEY. Disponível em: http://www.econturk.org/Turkisheconomy/arid_paper.pdf. Acesso em agosto de 2007.

KAYA, Y. et al. **Impact of carbon dioxide emission control on gnp growth: interpretation of proposed scenarios**. Intergovernmental Panel on Climate Change Energy and Industry Subgroup Meeting, Genebra, 1989.

MACK, M.C., *et al.* 2004. Ecosystem carbon storage in arctic tundra reduced by long-term nutrient fertilization. Revista *Nature* **431**(Sept. 23):440–443. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/nature02887>. Acesso em maio de 2007.

MARLAND, G., BODEN, Boden, ANDRES, R. J. "Global, Regional, and National CO₂ Emissions." Em: *A Compendium of Data on Global Change*. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. 2003 http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/emis/tre_glob.htm

MELLO E SOUZA, Pablo Fernandez. Metodologias de monitoramento de projetos de MDL: Uma análise estrutural e funcional. Rio de Janeiro: 2005. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/pfernandez.pdf>. Acesso em junho de 2007.

MINISTÉRIO CIÊNCIAS E TECNOLOGIA. Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no mundo. 2007. Disponível em: www.mct.gov.br/upd_blob/7844.pdf. Acesso em maio de 2007. b

_____. Glossário. Disponível em <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/17667.html>. Acesso em mar 2007.

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration, EUA. Disponível em <<http://www.noaa.gov>>. Acesso em dezembro de 2006.

PASTUCO, João A. M. Planejamento de Longo Prazo. Revista Economia e Energia, nº35, nov-dez 2002. Disponível em: <http://ecen.com/eee35/planej-log-praz.htm>. Acesso em mar 2007

PINHEIRO, Flavio Cotrim. **Mudança Global do Clima: ciência e políticas públicas**. Revista Ciência Moleculares, nº 2. Dezembro de 2005. Disponível em http://revista.cecm.usp.br/arquivo/2005dez/artigos/mudancas_climaticas

PROTOCOLO DE QUIOTO. The UN Framework Convention on Climate Change. 1997. Disponível em: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>. Acesso: Fev 2007

RELATÓRIO BRUNDTLAND: **Nosso futuro comum**. COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. Rio de Janeiro, FGV, 1988.

ROCHA, M. T. **Aquecimento global e o mercado de carbono: uma aplicação do modelo CERT**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2003. Disponível em:

<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-13052003-163913/>. Acesso em maio de 2007.

SANTIN, Maria Fernanda. Vulnerabilidades ambientais e implicações para o desenvolvimento sustentável. Porto Alegre. Revista Análise. V. 17, N° 1, 2006. Disponível em: <http://caioba.pucrs.br/face/ojs/viewissue.php>.

SOUSA, Nilton. Influência das queimadas da Amazônia sobre o efeito estufa. Disponível em <http://www.floresta.ufpr.br/~lpf/efeitoestufa.html>. Acesso em fev. 2007.

STERN, Nicholas. Stern Review Report on the Economics of Climate Change. 2006. Disponível em : http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm. Acesso em fev. 2007.

TRIGUEIRO, André. Meio Ambiente na idade média. In: TRIGUEIRO, André. **Meio Ambiente no Século 21**. Rio de Janeiro: Sextante, 2003.

WEHRMANN, M. DUARTE, L. **Ambiente, desenvolvimento e sustentabilidade**. Disponível em <<http://www.tvebrasil.com.br/salto/boletins2004/vnac/tetxt1.htm>>. Acesso em outubro de 2004.

YOUNG, C. Trade and the Environment: Linkages between Competitiveness and Industrial Pollution in Brazil, in: Munasinghe, M. (ed.) **Report to the Research Project Making Long-Term Growth More Sustainable: Brazil Country Case Study**, The World Bank, Washington, 2002.

_____. **Metas Sociais e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo**. Universidade Federal do Rio de Janeiro: 2005. Disponível em: <http://www.ie.ufrj.br/gema/pdfs/CarbonoUSP2005.pdf>. Acesso em junho de 2007.