



Instituto Superior de Ciências Sociais e Políticas
Universidade Técnica de Lisboa



MUDANÇAS CLIMÁTICAS E BIOCOMBUSTÍVEIS:

A Experiência Brasileira do Etanol como Recurso Energético Alternativo

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Relações Internacionais

Juliana Tavares Mouco

Orientação da Profa. Dra. Raquel de Caria Patrício

Lisboa
2011

Aos meus pais,

Manuel de Jesus Faustino Mouco e Maria Aparecida Tavares Mouco,
a quem devo tudo o que sou, o que sei e o que conquistei.

AGRADECIMENTOS

Como é comum em trabalhos dessa natureza, não poderia deixar de agradecer a todos àqueles que estiveram envolvidos durante minha caminhada, rumo à realização e conclusão deste mestrado.

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus Todo Poderoso, ao seu Filho Jesus Cristo e a sua mãe Maria Santíssima, por terem sido fonte inesgotável de luz, por sempre terem guiado meus passos, por estarem sempre ao meu lado, e por terem sido à base da minha sustentação durante todas as etapas deste curso, principalmente nos momentos de dificuldade, quando a provação parecia ser maior do que poderia suportar, “porque d’Ele, e por Ele, e para Ele são todas as coisas”.

Agradeço aos meus pais Manuel de Jesus Faustino Mouco e Maria Aparecida Tavares Mouco, por suas palavras de sabedoria e, principalmente, o amor que me ajudou a superar toda e qualquer situação. As minhas irmãs Ana Maria Tavares Mouco e Emanuelle Tavares Mouco Miquelão, ao meu cunhado João Paulo Massambani Miquelão, por todo apoio, e por estarem sempre presentes, mesmo à distância. Agradeço aos meus sobrinhos João Manuel e Valentina, pelos seus sorrisos, que tantas vezes iluminaram meus dias, por vezes cinzentos.

A minha professora e orientadora Raquel de Caria Patrício pelo comprometimento e conhecimento compartilhado, assim como também todos os outros professores que tivemos, que nos ajudaram a ampliar nosso horizonte de conhecimento, durante a realização deste curso.

Agradeço a meus familiares Fernando, Linda e Nelson Aparício por terem me acolhido em seu lar, durante a maior parte do período de realização deste curso, e de minha estadia em Portugal. Agradeço ainda a Mariana Alves e Sueli D Avó, por terem me acolhido em vossa casa, durante a etapa final deste mestrado.

Agradeço aos meus colegas de curso, principalmente Filipe Frazão Brizida, Luis Miguel Ferreira Oliveira e Carmen Frade, pela amizade, companheirismo e apoio durante o mestrado, e fora dele.

A minha querida amiga Thalita Sugisawa, por sempre ter me incentivado, motivado, ajudado, exigido e acreditado em mim durante este mestrado. Não teria conseguido sem todos os momentos que compartilhamos, mesmo de longe.

Aos meus amigos Lelis Grillanda, Vanessa de Souza, Márcia de Souza, Luciana Tavares, Deivisson Biagio, Mariane Scolari, Sônia Tavares, Carolina Pegler, Camile Rosário, Renata Santos, Kathlyn Daijó, Tatiane Rapini, e a todos os outros amigos não mencionados, que me auxiliaram, direta ou indiretamente, me dando forças e ajudando em todos os momentos. Obrigada pelas orações, por acreditarem em mim, e por serem sempre presença constante em minha vida, mesmo apesar do tempo e distância.

E por fim, gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todos àqueles que de alguma forma me deram forças para que a conclusão deste trabalho fosse possível. Muito obrigada a todos.

Eu prevejo o momento em que a indústria não mais derrubará florestas que levam gerações para crescer, nem utilizará produtos minerais que se formaram durante eras, mas buscará sua matéria-prima em grande parte a partir das colheitas agrícolas. Estou convencido de que seremos capazes de obter da agricultura a maior parte das matérias básicas que hoje recebemos das florestas e das minas.

(Henry Ford – *Modern Mechanix*, 1934).

RESUMO

O presente trabalho visa apresentar a discussão em torno dos biocombustíveis, focalizando no caso do etanol, como recurso energético alternativo e/ou complementar aos combustíveis fósseis, diante da problemática do aquecimento global, e consequente alteração climática. Tal problemática é considerada de grande importância por envolver não somente questões ambientais, mas também questões científicas, econômicas e sociais. Nesse sentido, o objetivo final dessa dissertação é analisar em que medida a probabilidade de danos ao meio ambiente se transforma em uma necessidade por recursos energéticos alternativos, a partir do momento em que tal questão coloca em causa os moldes de desenvolvimento utilizados até então, uma vez que este é considerado como principal agente indutor de grande parte dos problemas ambientais da atualidade. Ainda, este trabalho objetiva avaliar as perspectivas do etanol, sob o molde brasileiro, como um possível recurso energético alternativo a ser utilizado, dentro do paradigma do desenvolvimento sustentável. Para tanto é feito um diagnóstico da modernidade, das suas consequências ao ambiente natural, a partir da emergência dos problemas ambientais na sociedade contemporânea. Para sustentar este tema a abordagem da Teoria da Interdependência auxilia na percepção das dinâmicas internacionais juntamente com seus atores. Por fim, uma análise sobre a sustentabilidade da produção de etanol, do ponto de vista ambiental, assim como a possibilidade de expansão da produção de etanol pelo Brasil, para que o país possa ser considerado um exportador em potencial deste produto, são questões fundamentais abordadas neste trabalho, para que o etanol possa ser considerado um recurso alternativo aos combustíveis fósseis.

Palavras-chave: Aquecimento Global, Alterações Climáticas, Desenvolvimento Sustentável, Biocombustíveis, Etanol, Brasil.

ABSTRACT

The present work aims to present the discussion around the biofuels, focusing on ethanol as an alternative and/or complementary energy resource to fossil fuels, on the issue of global warming and the consequent climate change. This problem is considered of great importance as it involves not only environmental issues, but also scientific, economic and social matters. So, the final objective of this dissertation is to analyze in what measure the probability of mischief to the environment becomes a need for alternative energy resources, from the moment in which this issue undermines into question the molds of development used until then, since this is considered as the main promoter of many of the environmental problems of our days. Still, this study aims to assess the prospects of ethanol under the Brazilian cast, as a possible alternative energy resource to be utilized, within the paradigm of sustainable development. This way is made a diagnosis of modernity, and its consequences, due to the emergency of the environmental problems in the contemporary society. To support this subject, the Theory of Interdependence assists the perception of the international dynamic within its actors. Finally, an analysis on the sustainability of ethanol production, from an environmental standpoint, as well as the possibility of expanding ethanol production in Brazil, so the country can be considered a potential exporter of this product, are key issues addressed in this study, so that ethanol can be considered an alternative resource to fossil fuels.

Keywords: Global Warming, Climate Change, Sustainable Development, Biofuels, Ethanol, Brazil.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%	—	porcentagem
BNDES	—	Banco Nacional de Desenvolvimento
BP	—	British Petroleum
CBI	—	Iniciativa da Bacia do Caribe
CDM	—	<i>Clean Development Mechanism</i>
CENAL	—	Comissão Executiva Nacional do Álcool
CFC	—	clorofluorcarbonetos
CGEE	—	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CIMA	—	Conselho Interministerial do Açúcar e do Álcool
CMMAD	—	Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CNA	—	Conselho Nacional do Álcool
COP	—	Conferência das Partes
COP15	—	15ª Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de 2009
EBIO	—	European Bioethanol Fuel Association
EPE	—	Empresa de Pesquisa Energética
EUA	—	Estados Unidos da América
GEE	—	Gases de Efeito Estufa
HCFC	—	Hidrofluorcarbonetos
IDH	—	Índice de Desenvolvimento Humano
IPCC	—	Painel Internacional Governamental de Mudanças Climáticas
Kg	—	kilograma
m3	—	metro cúbicos
MDL	—	Medidas de Desenvolvimento Limpo
MME	—	Ministério Brasileiro de Minas e Energia
MTBE	—	Metil-Terc-Butil-Éter
NIPE	—	Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético
°C	—	grau Celsius
OIG	—	Organizações Internacionais Governamentais
ONG's	—	Organizações Não Governamentais
ONU	—	Organização das Nações Unidas
OPEP	—	Organização dos Países Exportadores de Petróleo

Paeg	–	Plano de Ação Econômica do Governo
PIB	–	Produto Interno Bruto
PNB	–	Produto Nacional Bruto
PNUD	–	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PNUMA	–	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PPC	–	Paridade de Poder de Compra
ppm	–	Partes por milhão
RFA	–	Renewable Fuels Association
SCA	–	Sociedade Corretora de Álcool
UE	–	União Européia
UNFCCC	–	Convenção-Quadro das Nações Unidas para Mudança do Clima
UNICA	–	União da Indústria de Cana-de-açúcar

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Países que mais emitem dióxido de carbono na atmosfera.....	52
Tabela 2: Comparativo da produção entre etanol de cana-de-açúcar e de milho	65
Tabela 3: Vendas de automóveis e veículos no Brasil por tipo de combustível	83
Tabela 4: Produção de cana-de-açúcar por ano-safra de 1970/71 a 2009/10	86
Tabela 5: Produção de etanol total por ano-safra de 1970/71 a 2009/10	88
Tabela 6: Produção de etanol anidro por ano-safra de 1970/71 a 2009/10.....	90
Tabela 7: Produção de etanol hidratado por ano-safra de 1970/71 a 2009/10.....	92
Tabela 8: Exportações anuais de etanol pelo Brasil por ano civil	93
Tabela 9: Exportações anuais de etanol pelo Brasil por ano-safra.....	94
Tabela 10: Exportação de Etanol por país de destino por ano civil	95

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1: Reservas de petróleo comprovadas até 2009	41
Ilustração 2: Efeito estufa	45
Ilustração 3: Processo de absorção de gases de efeito estufa na atmosfera.....	46
Ilustração 4: Mapa Mundial de produção de cana-de-açúcar	70
Ilustração 5: Uso da terra no Brasil	72
Ilustração 6: Utilização de etanol no mundo.....	99
Ilustração 7: Limites de mistura de etanol	100

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Variações no preço do petróleo bruto 1861-2009	43
Gráfico 2: Estimativas de oferta e demanda de bioetanol combustível para 2010 e 2015	101
Gráfico 3: Exportações brasileiras de etanol aos EUA	103
Gráfico 4: Exportações de etanol do Brasil para União Européia	105
Gráfico 5: Projeção das importações de etanol feitas pelo Japão.....	107

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	PERGUNTAS DE PARTIDA.....	15
1.2	OBJETIVOS.....	15
1.2.1	Objetivo Geral.....	15
1.2.2	Objetivos Específicos.....	16
1.3	HIPÓTESES.....	16
1.4	UNIDADES DE ANÁLISE.....	17
1.5	QUADRO TEÓRICO.....	17
1.6	QUADRO METODOLÓGICO.....	17
1.7	ESTRUTURA.....	18
2	RESGATE HISTÓRICO GLOBAL ATÉ AOS DIAS DE HOJE.....	20
2.1	O CRESCIMENTO ECONÔMICO GUIADO PELO CAPITALISMO E LIBERALISMO.....	21
2.2	DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO VS. CRESCIMENTO ECONÔMICO.....	24
2.3	NECESSIDADES HUMANAS E OS RECURSOS NATURAIS.....	27
3	ENQUADRAMENTO TEÓRICO.....	31
3.1	DISCUSSÃO SOBRE OS CONCEITOS DE DESENVOLVIMENTO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	32
3.2	CONCEITUAÇÃO TEÓRICA NAS RELAÇÕES INTERNACIONAIS.....	35
4	UMA ANÁLISE SOBRE A QUESTÃO DOS PROBLEMAS AMBIENTAIS E SEUS EFEITOS.....	38
4.1	A ERA DO PETRÓLEO.....	39
4.2	AQUECIMENTO GLOBAL.....	44
4.2.1	Alterações Climáticas.....	47
4.3	O PROTOCOLO DE QUIOTO.....	50
4.4	BASES DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	53
4.4.1	A importância dos biocombustíveis como alternativa aos combustíveis fósseis e para os problemas ambientais.....	56
5	ETANOL.....	59
5.1	5.1 DEFINIÇÃO.....	59
5.2	PRODUÇÃO E CONSUMO DE ETANOL.....	60

5.3	VANTAGENS E DESVANTAGENS DA PRODUÇÃO DO ETANOL.....	65
5.4	SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL.....	66
5.4.1	Erosão do Solo e Recursos Hídricos.....	67
5.4.2	Etanol vs. Ecossistemas.....	69
5.4.3	Etanol vs. Alimentos.....	71
5.4.4	A viabilidade do etanol.....	74
6	A EXPERIÊNCIA BRASILEIRA.....	76
6.1	HISTÓRICO DA PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DO ETANOL – DO PROÁLCOOL ATÉ OS NOSSOS DIAS.....	76
6.1.1	O Proálcool.....	77
6.1.1.1	Fase Inicial (1975-1979)	78
6.1.1.2	Fase de Afirmação (1980-1986)	79
6.1.1.3	Fase de Estagnação (1986-1995)	80
6.1.1.4	Fase da Redefinição (1995-2000)	81
6.1.1.5	Fase Atual.....	82
6.2	PRODUÇÃO DE ETANOL NO BRASIL DESDE O PROÁLCOOL.....	84
6.2.1	Produção de Cana-de-Açúcar por ano-safra de 1970/71 a 2009/10.....	85
6.2.2	Produção de etanol total por ano-safra de 1970/71 a 2009/10.....	87
6.2.2.1	Produção de etanol anidro por ano-safra de 1970/71 a 2009/10.....	88
6.2.2.2	Produção de etanol hidratado por ano-safra de 1970/71 a 2009/10.....	90
6.2.3	Exportações anuais de etanol pelo Brasil.....	92
6.3	POTENCIAL FUTURO DE PRODUÇÃO DO ETANOL.....	96
7	POSSÍVEIS MERCADOS PARA A EXPORTAÇÃO DO ETANOL.....	98
7.1	EUA.....	101
7.2	UNIÃO EUROPEIA.....	104
7.3	JAPÃO.....	106
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	108
	REFERÊNCIAS.....	113
	ANEXO.....	118

1 INTRODUÇÃO

O foco desta pesquisa é direcionado ao estudo da viabilidade da internacionalização do etanol brasileiro como recurso energético alternativo e/ou complementar aos combustíveis fósseis face às alterações climáticas.

Tendo em conta o tema proposto, é preciso analisar, *a priori*, as causas que nos direciona ao mesmo. Neste sentido, faz-se necessário observar que, nos últimos séculos, a humanidade tem acompanhado um grande avanço científico e tecnológico na sociedade moderna, frutos do modelo de desenvolvimento adotado pelos países.

No entanto, ao mesmo tempo em que estas modificações trazem benefícios e comodidade para o homem, elas também trazem em seu bojo práticas e técnicas que acabam por dilacerar o meio ambiente, e que por sua vez, abrem espaço para que diversas questões polêmicas sejam discutidas, principalmente no âmbito internacional.

Desta forma, o crescimento da preocupação mundial com os impactos ambientais associados à exploração, refino e uso do petróleo e seus derivados, aliado à elevação de seus preços no mercado internacional, e principalmente no que concerne a este trabalho, a utilização deste produto se tornou uma das causas para o acúmulo de gases com efeito de estufa na atmosfera terrestre, que por sua vez tem suas consequências no aquecimento global e nas alterações climáticas.

Todos estes fatos fizeram com que se criasse uma necessidade e uma oportunidade. A necessidade mundial é de se encontrar fontes de energia mais baratas e menos agressivas ao meio ambiente. A oportunidade refere-se ao desenvolvimento e uso de novas tecnologias para exploração dessas fontes alternativas. Em especial, no presente estudo, destaca-se a produção dos chamados biocombustíveis, para que estes possam servir como um recurso energético alternativo em substituição ou complementação aos combustíveis de origens fósseis, em especial o petróleo, que são a principal fonte de energia mundial dos nossos dias.

Nesse sentido, temos o exemplo do Brasil como um país avançado na produção e uso da tecnologia dos biocombustíveis, desde a década de 1970. A sua maior utilização se faz através do etanol como carburante, que pode ser utilizado tanto puro, quanto misturado a gasolina. O uso desta tecnologia, além de reduzir a dependência do país aos combustíveis fósseis, é de extrema importância para os problemas ambientais, pois, através deste, as emissões de gases de efeito estufa são significativamente reduzidas, o que faz com que este seja considerado como um dos biocombustíveis menos poluente do mundo.

Do ponto de vista acadêmico, apesar do assunto ser muito explorado no Brasil, dado seu histórico de utilização deste tipo de biocombustível, a abordagem deste tema é de suma importância, quando consideramos que o debate e utilização desta cultura em outros países são escassos, como acontece, por exemplo, em casos como o de Portugal.

1.1 PERGUNTAS DE PARTIDA

Com base na situação apresentada, foram formuladas as seguintes perguntas de partida para este estudo:

1. Qual a viabilidade de internacionalização do etanol brasileiro como recurso energético alternativo e/ou complementar aos combustíveis fósseis?
2. Na busca pelo desenvolvimento sustentável, como e em quais dimensões a popularização do etanol pode contribuir para no combate ao aquecimento global e as alterações climáticas?
3. Considerando todas as dimensões do desenvolvimento sustentável quais os prós e os contras de o Brasil se tornar um produtor de larga escala para atender parte da demanda mundial de etanol? E ainda, pode o Brasil se tornar um produtor em larga escala para atender parte da demanda mundial de etanol?

1.2 OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho é analisar as repercussões das mudanças climáticas e do etanol, como uma das possíveis alternativas para controlar esta problemática, assim como sua repercussão e utilização na esfera internacional. Neste sentido, o objetivo geral e os objetivos específicos para o desenvolvimento desta pesquisa são descritos a seguir.

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral é mostrar, principalmente do ponto de vista ambiental, que a tecnologia dos biocombustíveis, e especificamente o etanol, apresenta vantagens e desvantagens que devem ser

analisadas, mas que sua utilização pode se tornar um recurso energético alternativo aos combustíveis fósseis dentro do paradigma do desenvolvimento sustentável.

1.2.2 Objetivos Específicos

Considerando-se a problemática do tema abordado e os objetivos gerais, os objetivos específicos são:

- 1) Compreender a evolução do debate sobre meio ambiente na esfera internacional;
- 2) Analisar teoricamente as questões de relações internacionais que envolvem as políticas ambientais;
- 3) Abordar as características dos riscos que a modernização e o desenvolvimento de tecnologias, representam na esfera ambiental e também nas relações entre os Estados;
- 4) Compreender a lógica do Desenvolvimento Sustentável;
- 5) Examinar a importância de energias alternativas como uma possível contribuição para contornar os problemas ambientais;
- 6) Analisar o etanol especificamente enquanto energia alternativa, suas implicações ambientais, vantagens e desvantagens;
- 7) Estudar a viabilidade do consumo do etanol brasileiro em escala mundial como recurso energético alternativo.

1.3 HIPÓTESES

Uma vez considerada esta questão, e dada às perguntas de partida deste trabalho, foram delimitadas as seguintes hipóteses:

1. Na busca pelo desenvolvimento sustentável, o etanol auxiliará no combate ao aquecimento global e as alterações climáticas mundiais;
2. O etanol brasileiro funcionará como recurso energético alternativo e/ou complementar aos combustíveis fósseis;
3. Em um futuro não muito distante, o Brasil deverá se tornar um produtor de etanol, em larga escala, vindo a atender a parte da demanda mundial de etanol.

1.4 UNIDADES DE ANÁLISE

Em Relações Internacionais, a determinação do nível de análise é fundamental para direcionar o foco de toda pesquisa.

Uma vez considerando que o presente estudo, em função de seu tema, será pautado no paradigma da teoria da interdependência, as unidades de análise serão: 1) a sociedade internacional, enquanto construtora dos problemas ambientais; 2) as Organizações Intergovernamentais Internacionais e outros atores não estatais, como mediadores e negociadores em propostas de alternativas e soluções para os problemas ambientais, como no caso do Protocolo de Kyoto; e 3) os Estados, focalizando no caso brasileiro e o programa do Proálcool, assim como a análise feita de outros Estados, como mercados em potencial para a expansão do uso do etanol.

1.5 QUADRO TEÓRICO

A abordagem do tema será descrita e explicada através do paradigma da teoria da interdependência.

Em suma, tal teoria pode sustentar este tema e sua problemática, pois auxilia na percepção das dinâmicas internacionais entre diversos atores, partes dos níveis de análise das relações internacionais, como mencionados acima.

Assim, a revisitação dessa teoria será necessária para a formação da base de entendimento das ações praticadas, bem como para que seja possível uma análise teórica da situação atual do caso apresentado – a viabilidade do etanol como recurso energético alternativo.

1.6 QUADRO METODOLÓGICO

O estudo terá abrangência teórico-empírica, e sua abordagem será feita através de características metodológicas de pesquisa descritivo-exploratória. Os dados deverão se delimitar ao domínio qualitativo, e ocasionalmente, quando necessário, no domínio quantitativo, no que se refere aos dados que indica a produção de etanol no Brasil, sua capacidade de produção e uma estimativa de produção para atender a demanda de outros países.

Para a realização desta investigação, o estudo deverá ser realizado fundamentalmente através de pesquisa bibliográfica; documental; artigos; periódicos; através de dados obtidos por órgãos governamentais, principalmente no caso das informações disponíveis na página da internet do Ministério de Minas e Energia do governo brasileiro; do Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES); da União da Indústria de Cana-de-açúcar (UNICA); e ainda, através da coleta de outros dados que se encontrem disponíveis pela internet.

1.7 ESTRUTURA

Desta forma, o presente estudo foi dividido em seis capítulos, para além desta introdução, seguidos por considerações finais acerca do tema proposto.

No primeiro capítulo será abordado, inicialmente, um breve resgate histórico acerca das atividades humanas, e das transformações a nível tecnológico, económico e social, que, por sua vez, desencadeiam o debate sobre o crescimento económico, guiado pelas doutrinas capitalista e liberalista, em uma tentativa de demonstrar estes como causas dos problemas ambientais.

Ainda neste capítulo, é levantado o debate entre os conceitos de desenvolvimento económico *versus* ao de crescimento económico, uma vez que tais conceitos são, por muitas vezes, tidos como sinónimos entre os meios académicos, em função da questão económica que os envolve.

Por fim, é colocado em pauta um breve histórico da relação entre as necessidades humanas e a disponibilidade de recursos naturais, para atender a crescente demanda de recursos da população mundial, principalmente a partir da revolução industrial.

Como uma maneira de facilitar o entendimento sobre as questões teóricas que abrangem o tema, o desenvolvimento deste primeiro capítulo é de fundamental importância para se entender a lógica da construção dos problemas ambientais, diante do paradigma das relações internacionais, discutidos no capítulo seguinte.

Assim, dada esta abordagem inicial, o capítulo a seguir abrange questões de cunho mais teórico, que surgem em função da necessidade de se repensar os moldes de desenvolvimento adotados até então, quando surge, em meados da segunda metade do século XX, o discurso sobre o chamado desenvolvimento sustentável. Para tal, é feita uma avaliação sobre as relações entre economia, política, sociedade e natureza, fazendo com que as discussões sobre desenvolvimento económico percam espaço para o de desenvolvimento sustentável, pois esta lógica de desenvolvimento, até então utilizada, pode vir a comprometer o bem estar de gerações futuras.

Diante da multiplicidade de agentes e fatores que envolvem tal problemática, seja a nível nacional como a nível internacional, a abordagem sobre as correntes que envolvem estas relações são explicadas, no final deste capítulo, através do paradigma da teoria da interdependência.

No terceiro capítulo é feita uma análise sobre a questão dos problemas ambientais, desde suas causas até as consequências. A intensiva utilização de combustíveis fósseis, em particular o petróleo, é apontada como um dos principais agentes responsáveis pelos problemas ambientais, devido à grande quantidade de gases com efeito de estufa por estes emitidos, que podem acarretar em consequências imprevisíveis e de risco, a nível global.

O aquecimento global é apontado, ainda neste capítulo, como uma das principais consequências do processo de industrialização, consolidado graças à utilização de combustíveis de origem fóssil. Para além disso, o aquecimento da Terra, por sua vez, acarreta em alterações climáticas, que constituem, possivelmente, uma grande ameaça a futura existência de vida no planeta.

Face a essa preocupante realidade, o Protocolo de Quioto é também debatido, neste capítulo, como sendo um dos principais mecanismos de regulamentação internacional, com normas e metas a serem seguidas, para que seja possível uma redução nas emissões dos gases de efeito estufa na superfície terrestre.

Desta forma, no fim deste capítulo, são apresentadas algumas das bases a serem seguidas para se alcançar o desenvolvimento sustentável, assim como a necessidade de tecnologias ditas “verdes”, como importantes aliados na luta contra o agravamento dos problemas ambientais. Nesse sentido, a discussão sobre os biocombustíveis é trazida a luz, como uma das tecnologias aliadas, seja como alternativa e/ou complemento ao petróleo, seja como um recurso energético ecologicamente aceitável, diante do imperativo dos problemas ambientais.

No quarto capítulo, o etanol é apresentado como sendo um dos biocombustíveis com potencial de utilização, face aos desafios apontados anteriormente. Para tal é feita uma abordagem aprofundada sobre este produto, através da explicação de sua definição, utilização; produção e consumo; assim como vantagens e desvantagens. Ainda, são abordadas as questões em torno da sustentabilidade ambiental do etanol, seja no que diz respeito aos recursos hídricos e utilização do solo, seja quanto sua produção diante de ecossistemas e da produção de alimentos. Concluindo este capítulo, é feita uma breve análise sobre a viabilidade deste produto.

No capítulo a seguir, é demonstrada a experiência brasileira sobre a utilização do etanol, desde que foi implementado na década de 1970 com o Programa Nacional do Alcool – Proálcool, em decorrência aos choques do petróleo naquela mesma década, até os dias atuais.

São também demonstrados dados sobre a produção de etanol no Brasil desde a criação deste programa, as exportações deste produto, e ainda o potencial futuro de produção de etanol pelo Brasil, visando atender parte da demanda de mercados internacionais.

Por fim, no último capítulo, é feita uma breve análise de alguns mercados em potencial para a expansão da utilização de etanol, nomeadamente nos exemplos dos Estados Unidos, União Europeia e Japão.

2 RESGATE HISTÓRICO GLOBAL ATÉ AOS DIAS DE HOJE

Durante séculos de nossa história, as atividades humanas foram de certa forma, uma força insignificante na dinâmica dos sistemas globais que constituem nosso planeta, em outras palavras, o ambiente pouco foi afetado pela ação humana. Diferentemente disso, no decorrer do século XX, o mundo, tal qual conhecemos hoje, passou por transformações sem precedentes, seja a nível tecnológico, seja a nível econômico, seja a nível social. Consequentemente, tais transformações, por sua vez, passaram a alterar e perturbar a biosfera terrestre como jamais fora antes.

Para Santos (2007, p. 81) estas transformações caracterizam-se devido ao:

[...] crescimento fortíssimo da população global, pela intensificação da tendência de globalização econômica e cultural, pelo uso intensivo de energia proveniente sobretudo dos combustíveis fósseis, pelo desenvolvimento explosivo das tecnologias de informação, comunicação e computação e, de um modo geral, pelo papel decisivo e de importância crescente da tecnologia na interação do homem com o ambiente.

Neste sentido, as questões ambientais começaram a representar um grande peso nas últimas décadas, e se tornarão mais relevantes nas questões econômicas e de desenvolvimento dos países. A escolha entre o crescimento econômico e a proteção ambiental tornou-se um dilema social. Dilema este que confronta autoridades, empresas, ativistas e a população em geral, em todas as partes do mundo, tanto em países desenvolvidos, com nos países em desenvolvimento. No entanto, com a intensificação dos efeitos da poluição e devastação ecológica, a proteção ambiental tem deixado de ser um dilema, para se tornar algo mais imperativo.

Este dilema tem suas raízes em meados da década de 1960, e tem crescido gradualmente, ao passo que várias nações começaram a crescer em população e prosperidade. Com o crescimento da população, os detritos e lixos despejados no ambiente, produzidos pela sociedade são cada vez maiores, e se transformam em poluição nos rios, terra e ar. Na década de 1970, os danos ambientais começaram a aparecer em escala global, na qual as principais consequências incluíam: chuvas ácidas, lixos tóxicos, extinção de espécies, destruição da camada de ozônio, e a possibilidade de um alarmante aquecimento global.

A intensificação destes danos ambientais colocou em causa os limites do crescimento econômico. O dilema entre crescimento e ambiente permanece, pois para que o crescimento sustentável seja possível, o crescimento econômico tem que ser desacelerado ou reformulado de acordo com a capacidade do planeta. Desta forma, para se entender o cerne deste dilema faz-se necessário compreender a lógica do crescimento econômico.

2.1 O CRESCIMENTO ECONÔMICO GUIADO PELO CAPITALISMO E LIBERALISMO

Antes de entrarmos na questão do crescimento econômico guiado pelo capitalismo e liberalismo, torna-se necessário situar no terreno da história como o liberalismo e o capitalismo surgiram e modificaram-se, desde suas origens. Vale ressaltar, porém, que uma vez que não é o objetivo deste trabalho dissertar sobre estes temas em si, mas sim tentar demonstrar como estes estão relacionados como sendo uma das causas dos problemas ambientais que serão discutidos posteriormente, esta contextualização será feita de forma simplificada e objetiva.

Dominante no mundo ocidental a partir da queda do feudalismo, o Capitalismo gradualmente se espalhou pela Europa a partir do século XVIII, com a Revolução Industrial, que se inicia primeiramente na Inglaterra.

Esta Revolução Industrial representa um período de transição da fase primitiva do Capitalismo, iniciada no século XVI, na qual a produção pré-capitalista estava tomada pela influência do capital e por sua independência a este enquanto fenômeno econômico, para a fase em que o Capitalismo, fundamentando na transformação técnica, atingiu a realização específica do processo produtivo, estabelecendo, assim, uma relação simples e direta entre capitalistas e assalariados (BOBBIO; MATTEUCCI; PASQUINO, 1998).

Do ponto de vista marxista, este modo de atuação do sistema capitalista é descrito por Bobbio, Mattelucci e Pasquino (1998, p. 142) da seguinte forma “o capitalismo consiste, portanto, num modo de produção baseado na extorsão da mais-valia do mais-trabalho do trabalhador, que é ‘explorado’ porque é obrigado a vender ‘livremente’ a sua força-trabalho a quem possui o dinheiro e os meios de produção (o proprietário)”.

Em contrapartida, o capitalismo é visto sob a ótica weberiana como um fenômeno econômico racionalista, na qual o controle calculado e a previsibilidade de determinadas ações são fundamentais para o domínio dos meios de produção, ou seja, o capitalismo é posto como um ato racional para se conseguir lucro através da exploração sagaz das conjunturas de mercado.

De acordo Bobbio, Mattelucci e Pasquino (1998) o mercado é a transposição econômica da incessante luta entre homens, mas que, na sua essência, consiste num processo racional de otimização das oportunidades do mercado, o que inclui o mercado do trabalho livre. Isto nos leva a concluir que se para Marx o trabalho, mercado e dinheiro é uma contradição, para Weber é a força vital do capitalismo.

Independentemente, da contraposição de Marx e Weber acerca do capitalismo, o que é importante destacar é que, a partir da Revolução Industrial, o que se segue é uma relação simples, como já mencionado anteriormente, entre os detentores dos meios de produção e os detentores da força de trabalho. Com esta nova relação, vários outros fatores puderam ser notados, tais como: o

aumento da população, êxodo de camponeses para centros urbanos, dando os primeiros indícios de urbanização, com uma rápida transformação social, formação do proletariado operário urbano, combinados com forte intervenção do Estado de forma protecionista.

Como resultado desse processo, constituiu-se uma nova organização social, baseada no conceito de liberdade, na qual, para os detentores da força de trabalho, liberdade era poder vender livremente sua força de trabalho aos detentores dos meios de produção, tornando-os assalariados e, para os donos dos meios de produção, liberdade era poder usufruir de suas propriedades da melhor maneira que quisessem e pudessem.

A estes ideais liberais resultantes da ordem capitalista, surgiu o liberalismo, que se tornou a ideologia da sociedade capitalista.

Em síntese, este ideário liberal pauta-se no princípio de que todos os homens são iguais entre si e perante a lei, que formam as bases formais de igualdade entre os membros de uma sociedade. Uma vez sendo assim, esta organização social baseada na propriedade e na liberdade, serve o bem de todos (BOBBIO; MATTEUCCI; PASQUINO, 1998). Em outras palavras, Liberalismo pode, então, ser simplesmente entendido como uma doutrina que prega a igualdade, a liberdade de iniciativa individual, ou entre agentes econômicos, livres da interferência do Estado.

Neste sentido, de acordo com Barreto¹:

O ideal liberal, tanto do homem, como da sociedade liberal, exigirá para sua realização uma forma de organização do trabalho, que será implementada pelo capitalismo. O estado liberal na sua estrutura política e, principalmente jurídica, constituirá a estrutura do funcionamento da economia capitalista. E na sociedade liberal que a ética capitalista encontrará o sistema político social necessário a seu pleno desenvolvimento.

Para Adam Smith (*apud* BOBBIO; MATTEUCCI; PASQUINO, 1998), este sentido de liberdade significava que o mercado seria conduzido pela livre concorrência, pautada na lei da oferta e da procura, ou seja, quando a oferta fosse maior que a procura os preços tenderiam a baixar, e quando a procura fosse maior que a oferta os preços tenderiam a subir. Desta forma, tal mecanismo de mercado funcionaria como uma “mão invisível”, ou seja, tal artifício faria com que se atingisse um equilíbrio natural, que sozinho, conduziria a humanidade a uma condição ideal de progresso constante, sem escassez, e o resultado final seria o bem-estar.

O desenvolvimento do liberalismo permitiu que se vivessem décadas de acentuado crescimento econômico. Pode-se dizer desta forma, que “capitalismo e liberalismo são ideais que se confundem e integram em uma mesma construção histórica, e por terem a mesma origem, se personificam em realidades que se interpenetram” (BRUM, 2000, p. 25).

¹ BARRETO, V. **A ética do liberalismo e do capitalismo**. Disponível em: <<http://www.buscalegis.ufsc.br/arquivos/barreto.pdf>>. Acesso em: 4 maio 2010.

Considerando esta breve retrospectiva sobre os conceitos e evolução do capitalismo e liberalismo, pode-se observar que durante este processo a necessidade de expandir mercados levou os países a se abrirem uns para os outros, assim como para seus mercados, fazendo uso, como diria Weber, da racionalidade para se conseguir lucro, objetivando principalmente atingir um crescimento econômico cada vez maior. Neste sentido, faz-se necessário, entendermos a ótica do crescimento econômico fundamentado pelas doutrinas do capitalismo e do liberalismo.

O Crescimento Econômico pode ser entendido como um aumento sustentado no produto total de uma economia, durante um ou vários longos períodos de tempo. Sua avaliação é normalmente feita através de análises de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) ou Produto Nacional Bruto (PNB) per capita.

Uma vez que consideramos que o crescimento econômico é mensurado pelo PIB, e que seu objetivo é o aumento cada vez maior do PIB, pode-se observar que o crescimento econômico foca-se no aumento quantitativo da capacidade produtiva de bens e serviços, e não na transformação qualitativa da estrutura da economia.

Isto quer dizer que o crescimento econômico capitalista versa sobre o acúmulo de capital privado, na qual visa lucros máximos possíveis. Dessa maneira, é possível concluir que na busca pelo crescimento o bom é quando se tem mais, não importando a qualidade de como esse acréscimo foi conseguido.

Importante notar, porém, conforme aponta Souza (2004, p. 2) que:

Tem-se observado nos países capitalistas, que o crescimento econômico transcorreu de maneira desigual ao longo da sua história e isto faz com que alguns sobressaiam no processo de acumulação, bem mais rapidamente que outros, juntando poder e dificultando a equidade entre todos os que participam da atividade econômica.

Assim, a crítica feita à busca desenfreada pelo crescimento econômico, sobre os moldes do capitalismo e liberalismo, aplicando o princípio de máximo lucro, é que a dimensão econômica do crescimento se sobrepõe a dimensão social do crescimento, ao apregoar valores individualistas, fazendo com que se percam os valores essenciais ao desenvolvimento social, e ainda, afeta a dimensão ambiental, pela má utilização e degradação de recursos.

Apesar de controvérsias no que diz respeito ao crescimento econômico, este se mostra como sendo um requisito fundamental para a superação da pobreza, por exemplo, mesmo que não seja condição suficiente para o desenvolvimento. É neste sentido que esta visão começou a se transformar durante as últimas décadas.

A partir do momento em que se passou a notar os danos para a humanidade causados em consequência deste processo de crescimento econômico, em especial no que diz respeito às questões de ordem ambiental na qual se direciona o foco deste estudo, surge uma nova discussão

sobre o desenvolvimento econômico, que além do crescimento quantitativo visa também o crescimento qualitativo, ou seja, o crescimento que antes acreditado como um fim em si mesmo, passa a ser visto com um meio para se atingir determinados fins.

2.2 DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO VS. CRESCIMENTO ECONÔMICO

Alvo de grande debate entre o meio acadêmico, as discussões acerca da distinção entre desenvolvimento e crescimento econômico são intensas, principalmente pela questão econômica em torno de tais conceitos.

A grosso modo, existem duas formas na qual se é considerado o assunto sobre o prisma do pensamento econômico. A primeira forma vê o crescimento como um sinônimo de desenvolvimento, ao passo que a segunda apresenta o crescimento econômico como uma condição vital para o desenvolvimento, no entanto, não suficiente, como já mencionado anteriormente.

O termo crescimento, em suma, difere-se de desenvolvimento por representar um acréscimo quantitativo da produção, nas quais seus resultados serão o enriquecimento da nação e a elevação do nível de vida, mas sem a preocupação da melhoria da qualidade de vida da sociedade.

Neste sentido, de acordo com Souza (2004), o crescimento econômico está relacionado a ciclos, no qual varia entre momentos de *boom* e de recessão que a economia passa.

Tal crescimento acontece a partir de uma política de dinamização do processo produtivo, que por sua vez envolve: o setor primário ou agricultura; o setor secundário ou de transformação e serviço; e o terciário ou de serviços. Para que não haja nenhum desequilíbrio é preciso que estes três setores cresçam de maneira harmoniosa, pois o avanço de um destes separadamente pode acarretar no equilíbrio do vizinho, fazendo com que a economia sofra com prejuízos por vezes catastróficos (SOUZA, 2004).

Esta política de dinamização do crescimento, medido através do PIB, passa a ter um debate mais acirrado, de acordo com Oliveira G. (2002) e Matos e Rovella (2010), no pós Segunda Guerra Mundial.

Terminado o conflito, o tema foi encarado por todos os países que visavam livrar o mundo, assim como seus próprios territórios, de problemas que os perseguiam (alguns ainda perseguem) tais como: “desemprego, miséria, discriminação racial, desigualdades políticas, econômicas e sociais” (OLIVEIRA, G., 2002, p. 38). É neste contexto que surge, então, a discussão sobre o conceito de desenvolvimento econômico, distinto do conceito puro de crescimento econômico, que englobasse todas as variáveis econômicas e sociais.

Essa discussão suscitou das preocupações e anseios de progresso e de melhoria das condições de vida de todos, para que fosse possível desfrutar de segurança econômica e social.

Desta forma, o desenvolvimento deve ser encarado, segundo Oliveira G. (2002, p. 40) como:

Um processo complexo de mudanças e transformações de ordem econômica, política e, principalmente, humana e social. Desenvolvimento nada mais é que o crescimento – incrementos positivos no produto e na renda – transformado para satisfazer as mais diversificadas necessidades do ser humano, tais como: saúde, educação, habitação, transporte, alimentação, lazer, dentre outras.

A partir desta perspectiva, o PIB, até então o índice utilizado para mensurar a dimensão econômica do crescimento de uma região, se torna insuficiente para avaliar os índices do desenvolvimento.

Na tentativa de se mensurar o desenvolvimento, o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), desenvolveu o chamado Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)², no início da década de 1990, como sendo um contraponto ao PIB.

Em meados da década de 1990, o até então secretário geral da Organização das Nações Unidas (ONU), Boutros Boutros-Ghali (1995), expõe em cinco dimensões para o desenvolvimento, publicado no documento *“An agenda for development”*³, que são: a paz, o crescimento econômico, o ambiente, justiça social e democracia, sintetizados por Boisier (2001, p. 4) como:

1. Paz como pilar: o desenvolvimento não pode prosseguir onde interesses militares são prioridades;
2. Economia como motor do progresso: pois o crescimento econômico é o motor do desenvolvimento;
3. O ambiente como uma base para a sustentabilidade: desenvolvimento e ambiente não devem ser vistos como conceitos separados, ou seja, não existe sucesso em um sem o outro;
4. Justiça como pilar da sociedade: o desenvolvimento só acontece dentro de um contexto social específico e em resposta a circunstâncias sociais específicas;
5. Democracia na governança: a boa governança tem diversos reflexos no contexto do desenvolvimento. Entre seus projetos devem estar busca de uma estratégia nacional voltada para o desenvolvimento, que assegurem a capacidade, confiabilidade e integridade das instituições do núcleo do estado moderno.⁴

² O Índice de Desenvolvimento Humano é obtido através do PIB per capita, depois de corrigido pelo poder de compra da moeda de cada país e por outros componentes: a longevidade e a educação. Para aferir a longevidade, o indicador utiliza números de expectativa de vida ao nascer. O item educação é avaliado pelo índice de analfabetismo e pela taxa de matrícula em todos os níveis de ensino. A renda é mensurada pelo PIB per capita, em dólar PPC (paridade do poder de compra, que elimina as diferenças de custo de vida entre os países). Essas três dimensões têm a mesma importância no índice, que varia de zero (inexistência de desenvolvimento) a um (totalmente desenvolvido) (PNUD, 2009).

³ “Uma agenda para o desenvolvimento” (Tradução da autora).

⁴ Tradução da autora.

Em outras palavras a definição de desenvolvimento contrapõe-se a do crescimento por se direcionar para além do crescimento propriamente dito. Desenvolvimento, desta forma, subentende seus reflexos sobre a qualidade de vida das pessoas e sobre o sistema social na qual se insere. Ou seja, toma como foco principal a estrutura de repartição dos rendimentos para além do aumento do Produto Nacional Bruto (PNB).

Posto ao que antecede, Furtado (1983, p. 90) distingue estes conceitos da seguinte maneira:

Assim, o conceito de desenvolvimento compreende a idéia de crescimento superando-a. Com efeito: ele se refere ao crescimento de um conjunto de estrutura complexa. Essa complexidade estrutural não é uma questão de nível tecnológico. Na verdade, ela traduz a diversidade das formas sociais e econômicas engendrada pela divisão do trabalho social. Porque deve satisfazer às múltiplas necessidades de uma coletividade é que o conjunto econômico nacional apresenta sua grande complexidade de estrutura. Esta sofre a ação permanente de uma multiplicidade de fatores sociais e institucionais que escapam à análise econômica corrente [...] O conceito de crescimento deve ser reservado para exprimir a expansão da produção real no quadro de um subconjunto econômico. Esse crescimento não implica, necessariamente, modificações nas funções de produção, isto é, na forma em que se combinam os fatores no setor produtivo em questão.

Esclarecidas resumidamente as principais diferenças e discussões em torno dos conceitos de crescimento e desenvolvimento, é de conhecimento geral que um crescimento excessivo, desprovido de uma política de desenvolvimento, que seja competente para suportá-lo, conduz a situações que, por sua vez, contradizem o próprio crescimento.

Os reflexos do crescimento desmedido acabam por ter consequências graves, tais como: a poluição, o desperdício das riquezas naturais, as situações de conflitos mundiais, a insustentável acumulação de bens, as desigualdades sociais. Estes acabam por atribuir ao desenvolvimento econômico à responsabilidade de garantir uma repartição mais equilibrada dos recursos, para certificar a satisfação das necessidades humanas fundamentais e, assim, prosseguir na busca da extinção da pobreza e da miséria.

Para concluir este debate, Furtado (2002) ao discursar sobre as “Metamorfoses do Capitalismo”, sintetiza então, de maneira bem clara esta diferença entre crescimento e desenvolvimento econômico, e o que se pode esperar dela.

Com o crescimento econômico eleva-se a renda da população. Com a modernização, adotam-se novas formas de vida, imitadas de outras sociedades que, estas sim, beneficiam-se de autêntica elevação da produtividade física. Mas só o desenvolvimento propriamente dito é capaz de fazer do homem um elemento de transformação, passível de agir tanto sobre a sociedade como sobre si mesmo, e de realizar suas potencialidades.⁵

⁵ FURTADO, C. **Metamorfoses do capitalismo**. Discurso proferido na Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <<http://www.redcelsofurtado.edu.mx/archivosPDF/furtado1.pdf>>. Acesso em: 5 maio 2010.

2.3 NECESSIDADES HUMANAS E OS RECURSOS NATURAIS

A relação do homem com a natureza não é nova. Aliás, o homem é parte integrante da natureza e, desde o seu surgimento na Terra, sempre contou com o que ela lhe oferecia, para satisfazer suas necessidades essenciais de sobrevivência, como na obtenção de alimento, água e abrigo.

Desde a fase inicial da existência humanidade, e em todas as suas etapas históricas, foi feito o uso da natureza e de seus recursos, e em função disso, desde o início passou a alterar o meio ambiente nos locais onde habitou, no sentido de torná-la vantajosa para as necessidades humanas, a priori para o seu próprio sustento, e mais tarde, para produzir excedente, especialmente após a Revolução Industrial.

De acordo com Redclift (1996, p. 45) esta questão é exemplificada, pois:

*One was the ability of humans to transform the environment in ways that benefited them. An early example is the way humans used fire. It was used for warmth and protection during the night, for clearing forests, for breaking stone, and for hunting and cooking animals. This brought in its train important ecological effects, particularly an increase in grassland habitats and, later, the extinction of the animals which were initially hunted.*⁶

Diferentemente disso, Sachs (2009) aponta que a mudança decisiva para a alteração do ambiente pelo homem não se deu com o uso do fogo, mas sim com o advento da agricultura há cerca de dez mil anos. Segundo este autor, a invenção da agricultura representou uma alteração qualitativa decisiva na ordem natural, pois as populações cresceram muito desde o advento da agricultura, logo nossa espécie foi capaz de aumentar sua densidade, onde quer que estivesse situada, e porque a agricultura criou oportunidades para uma expansão massiva do âmbito dos *habitats* humanos.

Diante dessa melhoria nas condições alimentares em consequência dessa cultura, as populações humanas foram crescendo, ao passo que suas necessidades foram sendo atendidas pelos recursos naturais locais e, conseqüentemente, suas necessidades foram se tornando cada vez maiores.

Na era pré-industrial, as sociedades foram assim, crescendo de maneira mais contida, na qual, ao longo de 1800 anos, cresceu somente quatro vezes, chegando a um total de um bilhão de habitantes em 1830 (SACHS, 2009).

⁶ Tal foi a capacidade dos humanos de transformar o ambiente de uma forma que os beneficiou. Um dos primeiros exemplos é o modo como os humanos usavam o fogo. Foi utilizado para calor e proteção durante a noite, para a derrubada das florestas, para quebrar pedras, e para os animais de caça e cozinha. Isso trouxe em sua esteira importantes efeitos ecológicos, nomeadamente um aumento nas pastagens e, posteriormente, a extinção dos animais que foram inicialmente caçados (Tradução livre).

Até este período, as sociedades foram aprendendo a dominar o ambiente gradualmente, ou seja, através da escolha e descobertas de novas culturas agrícolas, controle da água, domesticação de animais, mineração, abertura de áreas para pastagens, e aproveitamento da madeira retirada destas como combustível, ou seja, foram desenvolvendo a capacidade de cada vez mais sustentar maiores populações.

A partir do século XIX, com a revolução industrial, foi seguida uma explosão demográfica, que viria a mudar tudo, tanto para o homem quanto para o ambiente natural.

Segundo Sachs (2009, p. 78):

[...] por volta de 1800 na Era do Homem: a atividade humana tornou-se a força dominante no ambiente natural. [...] Desde 1800 que a Humanidade tem se sustentando a partir do manancial da energia solar contida nos combustíveis fósseis. Até então, quando não era afetada por epidemias, a população humana encontrava-se limitada pela capacidade de cultivar alimentos e de atender a outras necessidades básicas (combustível para cozinhar, tração animal, água, abrigo). Depois de 1800, os limites puderam ser ultrapassados pelo carvão, pelo petróleo e pelo gás natural. [...] Depois de os seres humanos terem começado a aproveitar aqueles combustíveis, os tradicionais limites que enfrentavam em termos de alimentação, água, transporte e abrigo deram lugar a novas tecnologias impulsionadas pelos combustíveis fósseis.

Válido lembrar que, concomitantemente aos fenômenos acima mencionados, nesta fase os sistemas capitalistas e liberalistas estão, também, em um processo pleno de considerável expansão. As sociedades capitalistas, por sua vez, buscam lucros incessantemente, e para tal extraem cada vez mais elementos da natureza, que são os nomeados de recursos naturais. Neste sentido, cabe aqui denominar o que são os recursos naturais.

São considerados recursos naturais tudo aquilo que é necessário para a sobrevivência do homem, e que se encontra na natureza, na qual dentre os quais se podem destacar: o solo, a água, o oxigênio, energia oriunda do Sol, as florestas, os animais, dentre outros.

Os recursos naturais são denominados em dois grupos diferentes: os recursos naturais não renováveis e os recursos naturais renováveis.

Os recursos naturais não renováveis abrangem todos os elementos que são usados nas atividades humanas, e que não são capazes de se renovar. Por esta perspectiva podemos citar: o alumínio, o ferro, o petróleo, o ouro, o estanho, o níquel e muitos outros. Isso nos mostra que quanto mais se extrai, mais as reservas diminuem, e diante disso faz-se necessário aplicar medidas de consumo ponderado, economizando tais recursos para a posteridade.

Já no que diz respeito aos recursos naturais renováveis, estes possuem a possibilidade e capacidade de se renovarem após serem utilizados pelo homem em suas atividades produtivas. Como tais recursos podemos então citar: florestas, água e solo. Caso haja o uso comedido destes, existe uma possibilidade de que tais não se esgotarão.

Entretanto, após a revolução industrial, à medida que o desenvolvimento tecnológico progrediu, “o crescimento populacional foi tamanho, que multiplicou-se em seis vezes durante os 175 anos seguintes, atingindo a marca de 6,5 mil milhões de habitantes em 2005” (SACHS, 2009, p. 74). As necessidades humanas, em consequência das novas tecnologias começaram então a se mostrar ilimitadas (não só pelo índice populacional, mas também pelos desejos consumistas da modernidade) enquanto os recursos naturais têm limites.

Do ponto de vista econômico os recursos naturais são, na melhor das hipóteses, fatores de produção que, combinados com o trabalho, o capital e as matérias-primas, produzem bens e serviços. Na nossa atual economia de mercado, a partir do momento em que se trata os recursos naturais como bens livres, é incentivada sua exploração de maneira descomedida. Este princípio supõe, e nos leva a crer, que existe uma disponibilidade ilimitada dos recursos naturais, e ainda, que quanto mais escasso for, maior é o seu valor de mercado.

O problema, de acordo com Rocha (2002, p. 4) é que:

Esta trajetória se dá num modelo em que o mercado exige, cada vez mais e com mais intensidade, produtos e atrativos raros. Em nome desse mercado o homem do ocidente continua explorando os recursos de “todos” os lugares onde consegue chegar com sua ciência, técnica e máquinas. Nisto o meio ambiente continua sendo um atrativo mercantil e sua preservação problema e responsabilidade dos que virão.

Ainda, segundo Rocha (2002), seguindo este modelo de mercado capitalista, podem-se destacar vários sinais de degradação ambiental que se fazem mais notáveis, tais como: desmatamento florestal, contaminação dos níveis de água potável, contaminação dos oceanos, poluição atmosférica, destruição da camada de ozônio, aumento das temperaturas globais. Em consequência disso, estes fatores acabam por se tornar responsáveis pela elevação do nível dos mares, transtornos climáticos, diferenciados níveis de poluição ambiental, além de provocarem chuvas ácidas, eliminam ecossistemas, tanto de espécies vegetais como de animais. Ou seja, fatores que afetam/destroem a biodiversidade.

À luz desse entendimento, do ponto de vista cotidiano da sociedade, as necessidades humanas são ilimitadas, enquanto os recursos naturais limitados. Este estilo de vida da sociedade contemporânea mostra-se insustentável, quer pela exploração dos recursos, quer pela destruição ambiental, ou ainda por exigir uma capacidade de regeneração ambiental a curto prazo, na qual o meio ambiente não é capaz de atender esta necessidade.

Uma vez tendo em conta esta trajetória econômica, social e ambiental, desde a década de 1970 passou-se a serem discutidos os problemas ambientais em escala global, trazendo à luz a necessidade de um novo modelo de desenvolvimento que se adeque à capacidade ambiental e as necessidades humanas.

O discurso entre crescimento e desenvolvimento econômico perde espaço para o novo discurso entre desenvolvimento e o chamado desenvolvimento sustentável, pois segundo Beck (1986), as proliferações destas novas tecnologias advindas do processo de desenvolvimento trazem um aumento significativo de riscos para a vida quotidiana dos cidadãos comuns, e por sua vez tais riscos representam várias ameaças para as diversas formas de vida, devido ao fato de parecerem incontroláveis e irreversíveis.

3 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Com o desenvolvimento tecnológico, que teve grande impulso principalmente a partir do século XIX, a sociedade vem enfrentando mudanças causadas por estas tecnologias em termos sociais, econômicos e ambientais. As mudanças que acontecem na tecnologia aparecem de acordo com as evoluções e necessidades que surgem na sociedade, a partir do momento em que esta começa a crescer e a precisar de maiores quantidades de produtos, e também novos produtos e processos produtivos para atender este aumento na demanda. Porém, ao mesmo tempo em que estas inovações tecnológicas trouxeram alterações para a produção e serviços, ela também trouxe mudanças para a sociedade.

Uma vez sendo assim, esta acelerada transformação nos meios de produção, consequentes desta revolução tecnológica, trazem à luz, uma nova fase para a sociedade, na qual as relações entre economia, política, sociedade e natureza sofrem grandes alterações.

Deste modo, tendo como foco principal as questões ambientais, o sistema capitalista caracteriza-se por sua busca incessante pelo lucro, e a natureza por sua vez, dentro deste sistema, parece ter um papel bem definido quanto às suas funções, que no caso, seriam elas basicamente a de fornecer recursos e materiais utilizados no processo produtivo, e a posteriori, submergir os detritos resultantes destas produções, que são despejadas na natureza de forma contagiosa.

Com a destruição industrial das bases ecológicas e naturais de vida, se põe em marcha uma dinâmica social e política de desenvolvimento que até agora não havia sido compreendida, a qual obriga a repensar a relação entre natureza e sociedade. Em outras palavras, em uma visão mais ecocêntrica, estas reflexões significam o final da contraposição entre natureza e sociedade, ou seja, agora a natureza já não pode ser pensada sem a sociedade e a sociedade não pode ser pensada sem a natureza. Assim, as lesões das condições naturais de vida se transformam em ameaças globais para os seres humanos, com desafios completamente novos às instituições sociais e políticas da sociedade mundial superindustrializada.

De uma maneira geral, Beck (1986) aponta a necessidade de tomada de consciência sobre os impactos dos problemas ambientais, seus riscos, e principalmente que fazemos parte de uma sociedade global de riscos⁷. Ele sugere uma Modernização Reflexiva neste novo momento histórico

⁷ A problemática sócio-ambiental da sociedade de riscos ganhou destaque com a publicação do livro *Risk Society*, do alemão Beck em 1986. Em sua obra, Beck (1986) argumenta que na sociedade moderna a produção social da riqueza vem acompanhada pela produção social dos riscos, pois o desenvolvimento das forças produtivas no processo de modernização libera, cada vez mais, forças de risco ao meio ambiente, pois causam degradações a natureza, que até o presente momento ainda são fatores desconhecidos e que podem vir a ser irreversíveis. Assim, a produção social dos riscos de hoje, são os riscos advindos da modernidade que, ao refletirem na degradação ambiental, afetam a todos, sem distinção de classes. Isto mostra que a imagem estrutural da sociedade industrial começa a oscilar a partir do momento em que aparece este novo prisma das possibilidades dos riscos, pois a convivência com os riscos supõe uma segurança rompida e perdida. A urgência e a existência dos riscos variam de acordo com a pluralidade de valores e interesses de todos os envolvidos. Deste modo, se busca um culpado para este iminente desastre ecológico, e assim começam as lutas civilizatórias de fé na identificação de um caminho "correto" para a sociedade. Já não se trata mais de se alcançar o "bom", e sim de se evitar o "pior".

da modernidade, baseada na inovação e transformação, a partir da qual se desenvolva uma nova percepção da sociedade moderna, baseada na necessidade de refletir a situação atual e seu desenvolvimento.

3.1 DISCUSSÃO SOBRE OS CONCEITOS DE DESENVOLVIMENTO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Ao longo dos últimos anos é possível observar uma busca desenfreada pela industrialização e pelo desenvolvimento econômico na maioria dos países do mundo, fazendo com que a qualidade de vida, e a saúde do mundo fossem deixadas de lado. Entretanto, esta visão tem mudado a partir do momento em que começa a se notar os reflexos e os grandes danos que esta incessante busca por desenvolvimento, advindos da modernidade, causa para a humanidade.

As discussões sobre desenvolvimento econômico, por sua vez, perdem espaço, pois este não é mais possível sem que sejam feitas discussões sobre o chamado Desenvolvimento Sustentável.

No que concerne aos conceitos de Desenvolvimento, as opiniões divergem pelo fato de existirem controvérsias entre os conceitos de Crescimento Econômico e Desenvolvimento, que por vezes não são bem esclarecidas, como já abordadas.

De acordo com Scatolin (1989, p. 6):

Poucos são os outros conceitos nas Ciências Sociais que têm-se prestado a tanta controvérsia. Conceitos como progresso, crescimento, industrialização, transformação, modernização, têm sido usados frequentemente como sinônimos de desenvolvimento. Em verdade, eles carregam dentro de si toda uma compreensão específica dos fenômenos e constituem verdadeiros diagnósticos da realidade, pois o conceito prejulga, indicando em que se deverá atuar para alcançar o desenvolvimento.

Em outra perspectiva, como observa Oliveira G. (2002, p. 39-48):

O desenvolvimento deve ser encarado como um processo de mudanças e transformações de ordem econômica, política, e principalmente, humana e social [...] Desenvolvimento nada mais é que o crescimento de incrementos positivos no produto e na renda – transformado para satisfazer as mais diversificadas necessidades do ser humano; tais como: saúde, educação, habitação, transporte, alimentação, lazer, dentre outras.

E ainda para finalizar, de acordo com Santos (2007, p. 58) (em termos de desenvolvimento):

A ciência e tecnologia constituem hoje em dia, de forma muito generalizada, um suporte indispensável para o exercício do poder e para a produção de bens, além de influenciarem grande parte das transformações culturais, sociais, políticas e econômicas a nível nacional, regional e global.

Em suma e de forma simplista, pode-se dizer que o Desenvolvimento é um meio indispensável, utilizado através das mais diversas formas já apontadas, na qual o objetivo é alcançar melhorias em termos, principalmente, de qualidade de vida.

Todavia, se desenvolvimento é considerado como algo indispensável, até que ponto pode ser considerado como algo positivo, sendo que para que ele seja alcançado, da forma como tem sido, outras áreas tão fundamentais quanto às providas pelo Desenvolvimento são afetadas?

A partir do momento que esta lógica de Desenvolvimento é seguida, ela pode vir a comprometer o bem estar de futuras gerações, por exigir uma grande capacidade de regeneração do meio ambiente, que este não é capaz de atender no curto prazo, por poder levar a destruição e esgotamento de recursos, além de sua contaminação com resíduos e substâncias tóxicas, o que pode vir a provocar consequências problemáticas e de risco por serem ainda desconhecidas.

Surge assim, a discussão sobre o Desenvolvimento Sustentável, pelos danos causados ao meio ambiente devido ao processo de Desenvolvimento utilizado até então, visto que, através deste, os meios naturais são altamente explorados, danificados e poluídos.

Neste sentido, Silva (2006, p. 38) sugere que:

O conceito de desenvolvimento sustentável deve ser isto como uma nova forma de enxergarem, teoricamente, os fatos. A sociedade evolui esteada em sua inter-relação nas dimensões sociais, ambientais, culturais, econômicas e espaciais, e por isso, não se pode analisar, parcialmente, o processo de desenvolvimento. Visto esse processo como um sistema adaptativo complexo, nota-se que as mudanças são irreversíveis e contínuas, ampliando a responsabilidade de toda a sociedade com o seu presente e com o das futuras gerações. Essa responsabilidade demanda ações construtivas de uma base de discussão teórica e aplicada que se sustenta na busca contínua da evolução da sociedade e das alternativas decisórias, com as quais conta para otimizar os recursos existentes, considerando as dimensões inter-relacionadas, com a intenção de avançar de forma harmoniosa para o objetivo da sustentabilidade.

Assim, o conceito de Desenvolvimento Sustentável, segundo a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) da Organização das Nações Unidas, é aquele que atende às necessidades presentes sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades. É o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro, e que une a idéia de um desenvolvimento econômico e social aliado à preservação ambiental⁸. Isto sugere que novas formas de desenvolvimento sejam adaptadas para atender as novas necessidades do meio ambiente.

⁸ SALTO PARA O FUTURO, 2007. Ambiente, desenvolvimento e sustentabilidade. Disponível em: <<http://www.tv.ebrasil.com.br/salto/boletins2004/vnac/tetxt1.htm>>. Acesso em: 22 maio 2010.

De acordo com Sachs (2004, p. 15-16), o desenvolvimento sustentável está pautado em cinco pilares, que se enumeram da seguinte forma:

- a) o Social, fundamental por motivos tanto intrínsecos quanto instrumentais, por causa da perspectiva de disrupção social que paira de forma ameaçadora sobre muitos lugares problemáticos do nosso planeta;
- b) o Ambiental, com as suas duas dimensões (os sistemas de sustentação da vida como provedores de recursos e como “recipientes” para a disposição de resíduos),
- c) o Territorial, relacionado à distribuição espacial dos recursos, das populações e das atividades;
- d) o Econômico, sendo a viabilidade econômica a *conditio sine qua non*⁹ para que as coisas aconteçam;
- e) a Política, pois a governança democrática é um valor fundador e um instrumento necessário para fazer as coisas acontecerem, a liberdade faz toda a diferença.

Em resumo, o que se faz necessário entender quando se pensa em desenvolvimento sustentável é reconhecer que os recursos naturais do planeta são limitados, o que não quer dizer, contudo, que se deva interromper o crescimento, mas escolher uma maneira de crescimento que garanta o desenvolvimento na qual se leve em conta o uso racional dos recursos naturais face às necessidades humanas.

A respeito disso, a CMMAD aponta que “para que haja um desenvolvimento sustentável, é preciso que todos tenham atendidas as suas necessidades básicas e lhes sejam proporcionadas oportunidades de concretizar as suas aspirações de uma vida melhor” (COMISSÃO BRUNDLAND DA CMMAD, 1991, p. 47).

Nesse sentido, de acordo com Santos (2007, p. 532-533), o maior desafio do desenvolvimento sustentável é:

[...] assegurar maior equidade, ou seja, uma qualidade de vida nos países em desenvolvimento tendencialmente comparável à que é usufruída atualmente pela maioria dos cidadãos dos países desenvolvidos, sem provocar rupturas nos serviços dos ecossistemas, nem interferências antropogênicas perigosas sobre os sistemas terrestres e sobre o ambiente em geral. [...] Uma das suas principais virtudes é permitir identificar e avaliar aqueles desafios, que constituem afinal uma síntese bastante completa da problemática da humanidade no limiar do século XXI.

O debate sobre desenvolvimento sustentável representa o limiar entre o consenso necessário para que seja possível o debate sobre a situação do mundo contemporâneo, e a maneira pela qual se possa encarar e solucionar os problemas do presente e futuro, de maneira integrada em todas as áreas de desenvolvimento, sejam estas econômicas, sociais e ambientais, através de políticas adequadas e sustentáveis em longo prazo. Ou seja, é a maneira pela qual se torna possível compatibilizar o crescimento econômico garantindo a sustentabilidade dos recursos naturais, mesmo reconhecendo a existência dos limites ecológicos para o crescimento.

⁹ “Condição sem o qual não poderia ser” (Tradução livre).

3.2 CONCEITUAÇÃO TEÓRICA NAS RELAÇÕES INTERNACIONAIS

A causa da destruição ambiental tem suas raízes identificadas, segundo Hannigan (1995) em duas explicações principais: a ecológica e a da economia política.

Na explicação ecológica, entende-se que a luta pela sobrevivência é o princípio ativo no elo das cadeias alimentares na luta pela existência. Porém, a intervenção humana sob forma de desenvolvimento quebrou esta cadeia e o seu equilíbrio natural.

Assim encontram-se fundamentos sólidos para entender a destruição do meio ambiente na explicação da economia política, que busca sua inspiração nos escritos de Karl Marx e Friedrich Engels, em que sua análise da estrutura social e da mudança social tornou-se o ponto de partida para diversas teorias contemporâneas sobre o meio ambiente (HANNIGAN, 1995).

Em resumo, o capitalismo é considerado o responsável pela destruição do meio ambiente devido à sua busca incessante por poder, lucro e produção industrial, causando diversos problemas sócio-ambientais derivados do excesso demográfico, destruição dos recursos e da alienação das pessoas em relação à necessidade de preservação ambiental por sua avançada industrialização. E atualmente, segundo a teoria marxista contemporânea, não só o capitalismo enquanto sistema econômico exerce este papel, mas o Estado, enquanto intermediário, exerce influência na destruição ecológica de acordo com suas condutas.

Porém, os impactos ambientais, até então percebidos como resíduos inevitáveis do progresso e da expansão capitalista passam a assumir uma nova dimensão com a intensificação dos problemas sócio-ambientais, e por seus efeitos destrutivos sobre os ecossistemas naturais, gerando impacto na opinião pública mundial e atraindo atenção para uma realidade até então pouco observada.

Isso fez com que houvesse um aumento da consciência sobre os riscos ambientais no sistema internacional com a observação da deterioração ambiental nas nações como consequência das sociedades industriais.

A partir disso, assiste-se à emergência da problemática ambiental no âmbito das relações internacionais, após de meados da década de 1960, tanto nos países desenvolvidos como nos em desenvolvimento, juntamente com a mobilização da sociedade civil em favor da proteção do meio ambiente. Surge um novo jogo político, no qual o meio ambiente se torna objeto de políticas públicas, enquanto outras instituições surgem a níveis nacionais e internacionais (LE PRESTE, 2000).

O meio ambiente começa então, a aparecer bruscamente nas cenas nacionais e internacionais devido à publicidade crescente, pois o tema virou uma questão de proteger a humanidade de suas próprias atividades, assim como sua proteção e melhoramento no quadro de vida.

Com a multiplicação das novas estruturas e a mudança no panorama da emergência ambiental, surgem novos atores participantes na discussão desta ecopolítica para abranger e englobar todos os níveis de interações internacionais e a estrutura da cooperação internacional.

Durante este período destacam-se principalmente a participação crescente das Organizações Não Governamentais, participantes na definição dos problemas e na iniciativa de políticas, as Organizações Internacionais Governamentais (OIG), como é o caso da Organização das Nações Unidas (ONU) que vem à luz ampliando o domínio sobre o tema, pois devido à complexidade das relações entre os países, a ONU tem sido palco de muitas negociações da ordem ambiental internacional, embora obviamente não seja a única.

Todavia, foi através da ONU que surgiram outros órgãos de discussão sobre o meio ambiente, e várias rodadas da ordem ambiental internacional, que conseqüentemente levaram ao desenvolvimento de instrumentos jurídicos devido à freqüência de acordos internacionais que se aceleravam.

Assim, para tentar justificar algumas das tentativas de aumento da consciência e ações ambientais nas relações internacionais, principalmente a partir da década de 1970, é necessário identificar as tensões nos sistemas políticos e suas preocupações com os bens comunais internacionais, como o ar, os mares e oceanos, o espaço e com as novas formas de poluição advindas da aceleração na produção industrial e tecnológica (HANNIGAN, 1995).

A partir desta perspectiva, estes novos movimentos ambientais surgem como uma reação defensiva contra a intrusão do Estado na vida dos cidadãos comuns, tendo isto relevância na esfera ambiental. Porém, nenhuma das abordagens discutidas é capaz de justificar integral e adequadamente a forma como os problemas sociais são definidos e, conseqüentemente articulados pelos atores sociais de forma a serem discutidos sob a ótica da ordem internacional.

Com a exploração sobre as correntes que envolvem as relações internacionais e suas variáveis, a abordagem do presente tema pode ser descrita e explicada através do paradigma da teoria da interdependência.

Para tentar explicar a evolução do debate sobre o meio ambiente no sistema internacional, a Teoria da Interdependência, proposta inicialmente por Nye e Keohane (1973)¹⁰, é sempre lembrada entre analistas da ordem ambiental, pois sua justificativa é o caráter transnacional dos problemas ambientais e a multiplicidade de atores que debatem e se confrontam acerca de temas ambientais na esfera internacional (OLIVEIRA, G. 2002).

¹⁰ Outros autores em seus escritos reafirmaram a proposta inicialmente oferecida por Nye e Keohane (1973) (OLIVEIRA, G. 2002).

De acordo com Sarfati (2005, p. 169) a teoria da interdependência é caracterizada “1) pelos múltiplos canais entre as sociedades, com múltiplos atores, não apenas Estados; 2) por assuntos múltiplos que não são claramente arranjos de forma hierárquica; e 3) pela irrelevância da ameaça ou do uso da força entre os Estados conectados pela interdependência complexa” (SARFATI, 2005, p. 169).

Segundo Oliveira G. (2002), a Teoria da Interdependência é caracterizada pela rapidez e praticidade na transmissão de conhecimento, na transnacionalização da economia e na revolução biotecnológica usada na agricultura, alimentação e nutrição do mundo contemporâneo, e também na proliferação dos organismos transnacionais.

Diante do quadro dos problemas ambientais enfrentado e a luta para minimizá-los, a Teoria da Interdependência auxilia na percepção das dinâmicas internacionais entre diversos estes atores já citados, pois como ilustra Aron (1986, p. 166): “a sociedade transnacional manifesta-se pelo intercâmbio comercial, pelo movimento de pessoas, pelas crenças comuns, pelas organizações que ultrapassam as fronteiras nacionais [...]”.

A abordagem da perspectiva social construcionista sobre o meio ambiente também tem várias vantagens, pois estabelece o estudo dos assuntos ambientais em um paradigma sociológico, o qual mostra que assim como os problemas sociais, os problemas ambientais não são condições estáticas, mas uma série de acontecimentos que se desencadeiam com base nas ações coletivas. Embora os problemas ambientais sejam identificados como consequência dos agentes humanos, eles têm uma base física mais impositiva que se convertem em questões públicas, e consequentemente em questões relevantes no entendimento do debate sobre o meio ambiente no sistema internacional.

4 UMA ANÁLISE SOBRE A QUESTÃO DOS PROBLEMAS AMBIENTAIS E SEUS EFEITOS

A questão dos problemas ambientais é motivo de grande discussão na atualidade, pois as consequências acerca da degradação ambiental pode ser interpretada pela sociedade como um fator de risco, principalmente no que concerne aos limites da natureza, e da capacidade desta para lidar com as crescentes e ilimitadas necessidades humanas a longo prazo, visto que não se pode desconsiderar a possibilidade de que no futuro ocorram efeitos hoje desconhecidos.

As causas das agressões ao meio ambiente são de ordem política, econômica e cultural. Atualmente, podemos analisar a questão ambiental da seguinte forma: após 200 anos do desenvolvimento econômico propiciado pela Revolução Industrial, seguido da descoberta do petróleo em meados do século XIX, a humanidade passou a uma nova era.

O índice demográfico mundial disparou, principalmente durante o século XX. As novas descobertas e tecnologias trouxeram benefícios para a população mundial, que ganhou com a redução nas taxas de mortalidade e um aumento da esperança de vida. O mundo industrializado trouxe comodidade e conforto.

Consequentemente este novo padrão de vida da sociedade trouxe em seu bojo grandes danos ao meio ambiente, pois a sociedade tem usado os recursos naturais de maneira inconsequente, colocando o lucro sempre a frente das questões ambientais.

Para Silva (2003) esta ação predatória dos seres humanos sobre o meio ambiente manifesta-se através da destruição dos elementos que compõem a natureza, tais como: a derrubada de matas, quer contaminado-os com substâncias que lhes alterem a qualidade, impedindo seu uso normal, como se dá com a poluição do ar, das águas, do solo e da paisagem.

Ainda, segundo este autor “atmosfera (ar, clima), hidrosfera (rios, lagos, oceanos) e litosfera (solo) são as três órbitas que mantêm a vida orgânica. A contaminação de uma compromete também a pureza das outras, direta ou indiretamente” (SILVA, 2003, p. 29).

Ou seja, os problemas ambientais são consequência direta da intervenção humana nos diferentes ecossistemas da Terra, causando desequilíbrios no meio ambiente e comprometendo a qualidade de vida. Seguindo esta lógica, a destruição ambiental é aquilo que, nas palavras de Silva (2003) afeta, então, água, terra e ar.

De acordo com Coelho (2009) o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), através de uma análise sobre a problemática das questões ambientais, listou os principais fatores que têm participação na degradação ambiental, sendo estes:

- Crescimento demográfico;
- Urbanização;
- Desmatamento;
- Poluição marinha;
- Poluição do ar e do solo;
- Poluição de águas interiores – rios, lagos e represas;
- Perda da diversidade genética;
- Efeitos de grandes obras civis;
- Alteração global do clima;
- Aumento progressivo das necessidades energéticas;
- Produção de alimentos e agricultura;
- Falta de saneamento básico.

Uma vez apontados os principais causas dos problemas ambientais da atualidade, não existe um acordo sobre a extensão e gravidade destes, e nem sobre os procedimentos para encarar tal situação. O fato é que o problema existe, é complexo e tende a crescer.

Portanto, para se responder a crise ambiental, há que se repensar a relação entre o ser humano e a natureza. A visão de que vivemos num mundo finito em materiais se consolidou, assim como a visão de que uma produção ilimitada de bens, que até então pareceu ser a tendência, não pode mais ser viável.

A idéia central do caráter da crise ambiental do planeta é visto sob outra perspectiva. Já não se trata mais somente de uma espécie extinta, nem da devastação de florestas, trata-se, por exemplo, do superaquecimento da Terra, que pode acarretar consequências imprevisíveis e de risco em escala planetária.

Colocar dessa forma a problemática ambiental indica que para que se possa haver uma solução é preciso reconhecer suas causas, e ainda reconhecer que para tal não se basta somente medidas técnicas, mas também sociais (FALADORI, 2001).

4.1 A ERA DO PETRÓLEO

O uso de combustíveis fósseis carvão, petróleo e gás natural, ao longo do século XX, foi um dos grandes motores que conduziu o mundo para alcançar o desenvolvimento, e chegar à estrutura tal qual conhecemos hoje.

Foram estes os grandes responsáveis pelo impulsionamento da indústria, do comércio e principalmente do transporte, que encontraram aí condições para se expandirem. Ou seja, a utilização intensiva dos combustíveis fósseis foi um fator decisivo para atingir a qualidade de vida e o desenvolvimento social e econômico durante o século XX.

No caso particular do petróleo, esta descoberta foi a primeira alternativa competitiva da máquina a vapor, o que fez com que poucas décadas depois, o petróleo fosse procurado, explorado e utilizado intensivamente por todo o mundo. A partir disso, a utilização desse tipo de energia cresceu um fator de cinco no século XIX, e acelerou para um fator de dezesseis no século XX (SANTOS, 2007). Este feito melhorou fundamentalmente a qualidade de vida da sociedade, principalmente no que concerne a mobilidade e ao conforto doméstico, transformou os estilos de vida, criou novos padrões de comportamento e de consumo, e as condições que possibilitaram o enorme crescimento da população e da economia nos últimos dois séculos.

Segundo Santos (2007, p. 240-241):

Atualmente os combustíveis fósseis sustentam maior parte da produção de alimentos, do funcionamento da indústria, das cidades e de maneira generalizada, são à base das infra-estruturas da sociedade moderna. O petróleo bruto serve para a fabricação dos fertilizantes e dos pesticidas que matam, a um nível elevado, a produção agrícola mundial. Serve também para produzir uma longa série de produtos químicos de grande utilidade, como plásticos, materiais de construção, solventes, além de variadíssimas substâncias com valor industrial, farmacológico e medicinal. Tem enorme vantagem de ser a principal matéria-prima para a produção de combustíveis líquidos com grande densidade energética, fáceis de armazenar, transportar e relativamente seguros, cerca de 90% da energia consumida no setor dos transportes a nível mundial provém do petróleo. Apesar destas propriedades únicas o petróleo bruto é, na maior parte, consumido vorazmente nas centrais térmicas para produzir energia a um preço relativamente baixo, embora crescente nas últimas décadas.

No início do século XXI as fontes primárias de energia eram divididas em escala global da seguinte forma: “80% de combustíveis fósseis (34,4% petróleo, 24,4% carvão e 21,2% gás natural); 6,5% nuclear; 2,2% hidroeletricidade; 10,8% biomassa e resíduos renováveis e 0,5% outras energias renováveis (geotérmica, solar, eólica, marés, ondas)” (SANTOS, 2007, p. 239).

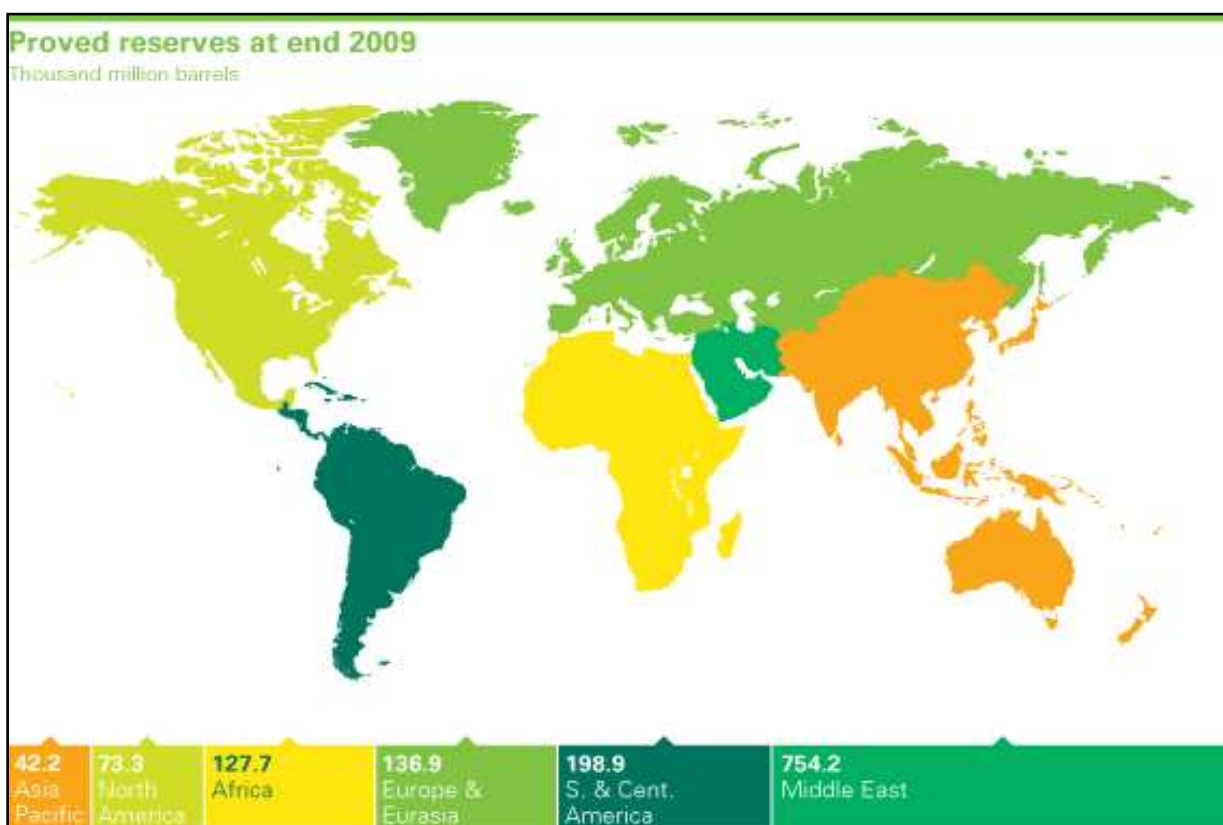
Todavia, esta forma adotada até então tem se tornado cada vez menos viável. Os motivos para esta mudança de perspectiva são dos mais variados. Eles vão desde sua iminente escassez e conhecida finitude; por ser altamente poluente, ou ainda pelas frequentes implicações políticas a que está associado, principalmente pelos conflitos em torno das suas áreas de maior concentração, também pela contínua instabilidade no mercado e constante volatilidade nos preços¹¹. São responsáveis de um considerável contingente de negócios e, principalmente, das políticas internacionais das grandes potências econômicas.

¹¹ VEJA ONLINE. **Energias alternativas:** do “ouro negro” a uma nova matriz energética. 2008. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/idade/exclusivo/energias_alternativas/contexto1.html>. Acesso em: 7 maio 2010.

O petróleo é um óleo natural composto de hidrocarbonetos, formado dentro das rochas sedimentares. Esse processo é possível em decorrência dos fatos da nossa história, como a formação das rochas sedimentares (através da erosão da crosta terrestre) e pelo acúmulo dos restos orgânicos, advindos de destroços vegetais e animais, alojados no fundo do mar há milhões de anos, que se transformaram em petróleo. A formação de uma jazida acontece porque o petróleo vaza pelos poros de uma rocha, se alojando em outra pedra que o faz prisioneiro, acumulando-o em grandes quantidades. Uma jazida pode levar entre dez e quatrocentos milhões de anos para se formar.

Desta forma, o tempo decorrido desde a revolução industrial é ínfimo quando comparado com a duração dos processos de formação dos combustíveis fósseis. Todavia, a utilização destes combustíveis desde a revolução industrial tem sido tamanha, que a exploração das jazidas existentes está muito além de ser compensada com a formação de novas jazidas, e assim, a manutenção das atuais taxas de consumo irá inevitavelmente esgotar as reservas, mais cedo ou mais tarde.

Ilustração 1: Reservas de petróleo comprovadas até 2009



Fonte: BP¹²

¹² Disponível em: <http://www.bp.com/popupimage.do?img_path=liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2008/STAGING/local_assets/2010_charts_maps/570x_oil_chart_map_proved_oil_reserves.gif &alt_tag=Proved oil reserves chart>. Acesso em: 13 maio 2010.

Além da descoberta da iminente escassez do petróleo nos anos de 1970, a década também foi marcada com a primeira Crise do Petróleo em 1973.

A crise de 73 acontece, pois os membros da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), movidos pelo fervor dos conflitos na região do Oriente Médio, e cientes da grande dependência de petróleo dos países ocidentais, viram aí um meio de pressão política. Com isso julgavam ter em suas mãos uma forma de fazer com que o Ocidente forçasse Israel a se retirar dos territórios árabes ocupados, através de um boicote ao abastecimento e a limitações das cotas de importação. A economia mundial foi mergulhada numa crise generalizada. O preço do barril de petróleo quadruplicou, e os índices de inflação aumentaram no mundo inteiro. O aumento das despesas com as importações de petróleo levou as balanças comerciais ao déficit. O sistema internacional sofreu abalos e a recessão. Por outro lado, os países exportadores de petróleo tiveram uma considerável ascensão, até estarem entre os Estados mais ricos do mundo, e através do boicote conseguiram alcançar seus objetivos políticos.

Embora a dependência do petróleo pelos países ocidentais continuasse a ser a mesma, a entrada de novos fornecedores no mercado mundial, como a União Soviética, a situação foi de certa forma estabilizada.

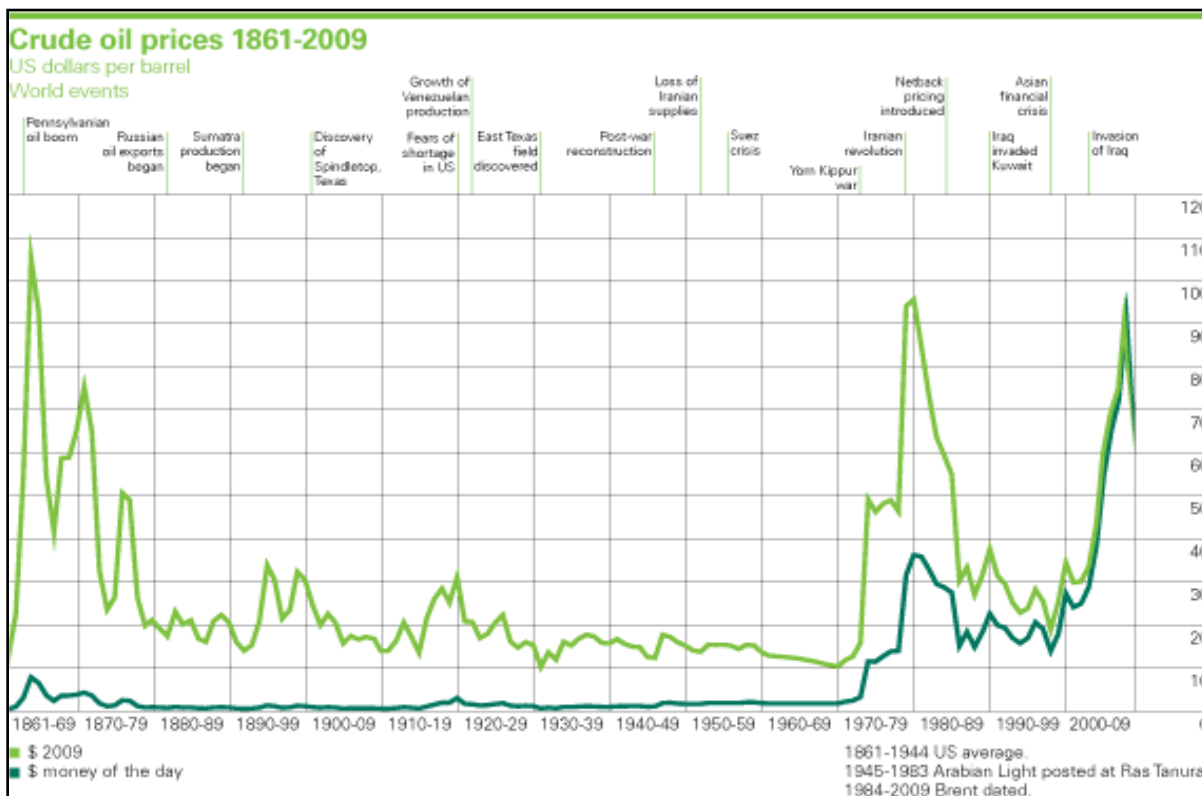
Em 1979, nova crise abala a economia mundial com um novo choque do petróleo, que surge inicialmente em decorrência da Revolução Islâmica no Irã, quando o aiatolá Khomeini implanta uma ampla renegociação dos contratos de exploração das companhias estrangeiras residentes no país. Em consequência disso, o preço do barril se eleva bruscamente entre 1979 e 1980.

Além das possíveis crises, existem muitos outros fatores que influenciaram e influenciam na volatilidade do preço do petróleo, tais como: as estratégias comerciais dos produtores, conflitos geopolíticos, guerras, terrorismo, e principalmente o aumento da procura pelos países com economias emergentes, como a China e Índia (SANTOS, 2007).

Tais fatores levaram o mundo Ocidental a tomar consciência da grande dependência de sua economia em relação ao petróleo, e tem incentivado cada vez mais a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico, quer na busca por novas jazidas de petróleo, na qual pode-se mencionar a recente descoberta do pré-sal¹³ no Brasil, quer pela busca de fontes energéticas alternativas e renováveis, como no caso do etanol, que será abordado adiante.

¹³ O pré-sal refere-se a um conjunto de rochas localizadas nas porções marinhas de grande parte do litoral brasileiro, com potencial para a geração e acúmulo de petróleo. Chama-se de pré-sal porque forma um intervalo de rochas que se estende por baixo de uma extensa camada de sal, que em certas áreas da costa atinge espessuras de até 2.000m. O termo pré é utilizado porque, ao longo do tempo, essas rochas foram sendo depositadas antes da camada de sal. A profundidade total dessas rochas, que é a distância entre a superfície do mar e os reservatórios de petróleo abaixo da camada de sal, pode chegar a mais de 7 mil metros. As maiores descobertas de petróleo, no Brasil, foram feitas recentemente na camada pré-sal localizada entre os estados de Santa Catarina e Espírito Santo, onde se encontrou grandes volumes de óleo.

Gráfico 1: Variações do Preço do Petróleo Bruto 1861-2009



Fonte: British Petroleum¹⁴

Para fins desse trabalho, no entanto, questões políticas e econômicas a respeito da utilização do petróleo não serão aprofundamente abordadas, pois não é este o foco principal do presente estudo.

No entanto uma coisa é certa, a dependência mundial dos combustíveis fósseis é enorme, e tem como consequência o inconveniente de gerar um grave problema ambiental de poluição atmosférica em escala global, através da emissão de gases poluentes.

Segundo Santos (2007, p. 239):

Na combustão do carvão, petróleo e gás natural produz-se dióxido de carbono, CO_2 , parte do qual se dissolve nos oceanos ou é absorvido pelas plantas por meio da fotossíntese. A outra parte acumula-se na atmosfera, altera a sua composição e, por ser um gás com efeito de estufa, tende a aumentar a temperatura média global da baixa atmosfera, a tornar mais frequentes os fenómenos climáticos extremos e a subir o nível médio do mar, para além de outras consequências.

¹⁴ Disponível em: <http://www.bp.com/popupimage.do?img_path=liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2008/STAGING/local_assets/2010_charts_maps/570x_oil_graph_crude_oil_prices.gif &alt tag=Graph showing crude oil prices>. Acesso em: 13 maio 2010.

Estudos apontam que se tal forma de poluição não for controlada e travada, as alterações climáticas poderão intensificar-se perigosamente durante o século XXI, e ter impactos progressivamente mais graves, colocando em risco todas as sociedades a nível global. O principal problema da utilização de combustíveis fósseis não está, então, no futuro esgotamento deste recurso energético, mas nos altos índices de emissão de gases com efeito de estufa, responsáveis pelo aquecimento global, que a Terra já quase não tem mais capacidade de absorver.

4.2 AQUECIMENTO GLOBAL

Entre as principais consequências ambientais, derivadas do processo de industrialização e do decorrente e crescente consumo de combustíveis fósseis, ressalta-se o aumento da contaminação atmosférica por gases provenientes justamente da queima destes combustíveis, gerando uma série de impactos ambientais. Dentre os impactos ambientais, o aquecimento global tem atraído a atenção de cientistas e estudiosos de todo o mundo, pois se refere a um aumento da temperatura média da Terra, que por sua vez provoca alterações no clima.

O aquecimento global é, então, um fenómeno climático de vasta extensão, que pode ser causado tanto por fatores internos como e/ou externos. Os internos dizem respeito aos sistemas climáticos não lineares e inconstantes, inerentes da ação humana, devido a variáveis como a atividade solar, atividades vulcânicas, tectonismo e da composição atmosférica. Os externos se referem àqueles da atividade humana, no que diz respeito à emissão de gases de efeito estufa, seja pela queima de combustíveis fósseis, como no caso do petróleo, seja através de indústrias, refinarias, queimadas, etc. (SILVA; PAULA, 2009).

A camada de ar que envolve a atmosfera terrestre constitui uma mistura de gases, composta basicamente em sua maior parte por 78% de azoto molecular (N_2), 21% de oxigênio molecular (O_2). Os outros gases que compõem a atmosfera são minoritários, porém de muita importância como o argon (Ar), o vapor de água (H_2O), dióxido de carbono (CO_2), néon (Ne), hélio (He) e o metano (CH_4). A atmosfera é ainda dividida em duas: uma parte inferior, designada troposfera, que é onde acontecem os fenómenos meteorológicos que caracterizam o tempo; e outra parte designada estratosfera, na qual existe uma camada de ozônio (O_3), que protege a Terra da radiação solar ultravioleta (SANTOS, 2007).

A Terra é envolvida ainda por uma camada de gases, chamados Gases de Efeito Estufa (GEE), que são responsáveis por manter amena a temperatura média da Terra, pois sem ela o planeta seria extremamente frio. O efeito estufa ocorre porque estes gases atuam, de fato, como uma estufa. Eles permitem que a radiação solar entre no planeta, e depois retêm o calor resultante.

Assim, a Atmosfera da Terra está ao nosso redor, é o ar que respiramos. Os GEE na atmosfera se comportam como os painéis de vidro em uma estufa. A atmosfera permite a entrada de luz solar na Terra, passando através da camada de GEE. À medida que atinge a superfície da Terra, terra, água, e biosfera absorvem a energia da luz do sol. Uma vez absorvida, esta energia é enviada de volta para a atmosfera. Uma parte da energia passa de volta ao espaço, mas parte deste calor permanece presa na atmosfera pelos GEE, fazendo com que o mundo se aqueça.

De acordo com Santos (2007, p. 316) os principais GEE presentes na atmosfera terrestre, são, por sua vez: “o vapor de água (H_2O), o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O), o ozono (O_3), e ainda outros gases que são formados através de uma síntese química, como no caso dos clorofluorcarbonetos (CFC) e os hidrofluorcarbonetos (HCFC)”.

Sachs (2008, p. 96-97) explica este processo à seguinte forma:

Especificamente, os gases com efeito de estufa são transparentes à radiação ultravioleta provida do Sol, a qual atravessa a atmosfera e atinge a Terra. O planeta é aquecido por esta radiação e, em resposta, irradia energia infravermelha de volta para o espaço. É então que os gases com efeito de estufa entram em cena. Estes gases atmosféricos absorvem parte da radiação que sai da Terra, retendo a energia calorífica na atmosfera e aquecendo portanto o planeta.

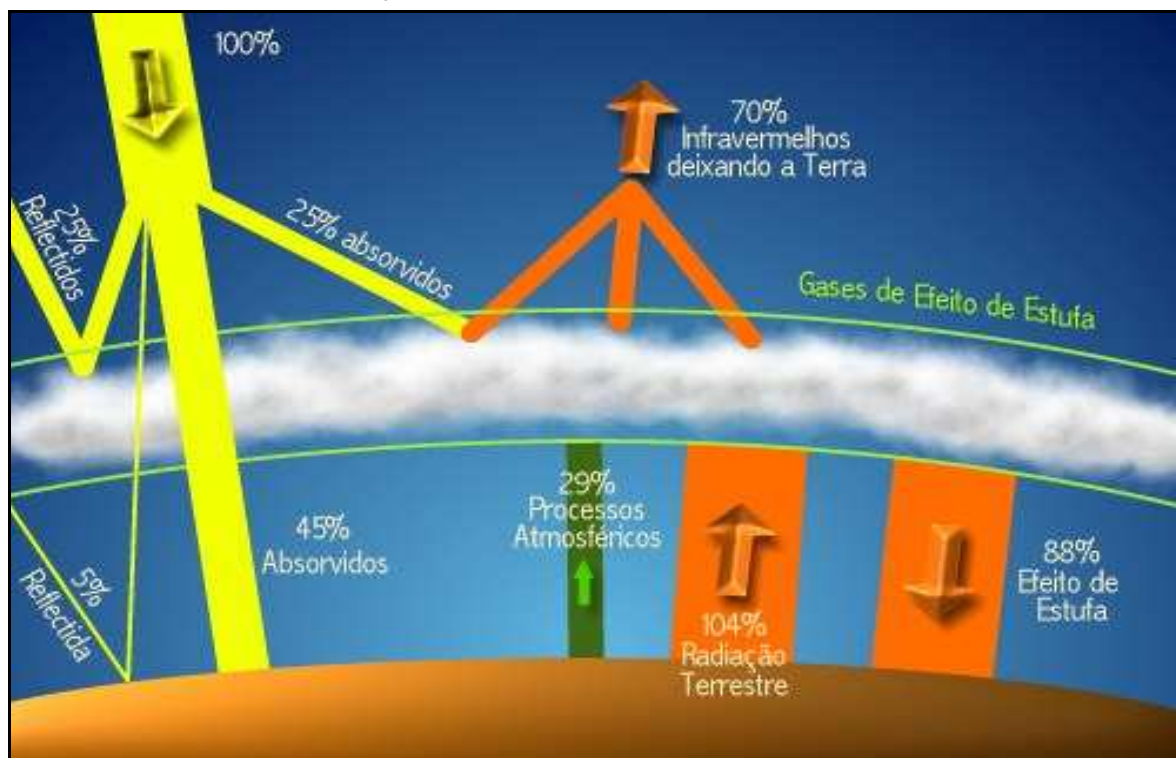
Ilustração 2: Efeito Estufa



Fonte: Brasil Escola¹⁵

¹⁵ Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/geografia/efeito-estufa.htm>>. Acesso em: 19 maio 2010.

Ilustração 3: Processo de absorção de gases de Efeito Estufa na atmosfera



Fonte: Brasil Escola¹⁶

Em outras palavras, isto quer dizer que se não fosse pela existência e ação destes gases, a radiação infravermelha emitida pelo sol seria imediatamente irradiada para o espaço, sem que fosse absorvida pela atmosfera terrestre. O que quer dizer que sem os GEE a Terra seria fria, ao ponto de não ser possível o surgimento, evolução e a permanência de vida neste planeta. Ou seja, isso nos mostra que o Efeito de Estufa é um fenômeno natural, que faz com que o calor do sol seja mantido na atmosfera e permite a existência de vida na Terra.

Porém, as emissões desses GEE derivados da ação antropogênica vêm crescendo constantemente, o que aumenta a concentração dos gases retidos na atmosfera, e favorece uma retenção maior de calor no planeta. Um dos gases estufa que mais contribui para o aquecimento global é o dióxido de carbono (CO_2), que é produzido em grande parte pela queima de combustíveis fósseis. Sachs (2009, p. 97) aponta que a partir disso o processo químico resultante é bastante simples, na qual explica:

¹⁶ Disponível em: <<http://www.brasilescola.com/geografia/efeito-estufa.htm>>. Acesso em: 19 maio 2010.

Um combustível fóssil é composto de carbono e hidrogênio em proporções variadas. [...] O petróleo é principalmente CH_2 , isto é, dois átomos de hidrogênio para cada átomo de carbono. [...] Quando um combustível fóssil é queimado, o C combina-se com o oxigênio (O_2), produzindo CO_2 , e o hidrogênio combina-se com o oxigênio, produzindo H_2O .¹⁷ (SACHS, 2009, p. 97)

Válido ressaltar, porém, que a emissão de dióxido de carbono provindo dos combustíveis fósseis não é o único causado pelo homem. O desmatamento, por exemplo, também contribui com uma grande parcela nas emissões de dióxido de carbono, todavia, a queima destes combustíveis constitui a mais importante das alterações antropogênicas.

Entretanto, o início da utilização de combustíveis fósseis pelo homem, fez, então, com houvesse um aumento na concentração de dióxido de carbono na atmosfera. Sobre este aumento, Sachs (2009) indica que na era pré-industrial a concentração de CO_2 na atmosfera manteve-se inalterada na faixa de 280 ppm¹⁸, passando para uma margem de 315 ppm na década de 1960 para a marca 380 ppm nos dias de hoje. Somente na década entre 1995 e 2005, houve a maior taxa de aumento, sendo este resultante da combustão dos combustíveis fósseis em sua maior parte.

De acordo com Santos (2007) nos últimos vinte anos cerca de 75% das emissões antropogênicas de CO_2 resultaram da queima de combustíveis fósseis. Em suma, isto significa que este aumento na emissão de GEE na atmosfera da Terra faz com que haja um aumento na retenção de calor na superfície o que, por sua vez, faz com que aumente a temperatura do planeta. Este aumento, por conseguinte traz em seu bojo suas próprias consequências, na qual as alterações climáticas sem mostram como as de maior impacto, e são nestas que se centrarão o próximo debate.

4.2.1 Alterações Climáticas

Atualmente, pode-se dizer que é consensual que a intensificação nas emissões antropogênicas de GEE tem alterado o processo natural em si. Ainda, pode-se também ressaltar que as alterações climáticas são consequências do aquecimento global e constituem possivelmente uma grande ameaça ao futuro da vida na Terra¹⁹. Os sinais dessas alterações são já notáveis e tendem a se tornar cada vez mais evidentes.

¹⁷ “ H_2O também representa um outro gás com efeito estufa crescente, e constitui um reforço positivo natural causado pelo aumento do CO_2 , pois o ar quente retém mais vapor de água, que por sua vez, sendo este próprio um gás com efeito de estufa, aquece ainda mais o planeta” (SACHS, 2009, p. 97).

¹⁸ A abreviação ppm se refere a partes por milhão, que é a medida de concentração que se utiliza quando as soluções são muito diluídas, o que neste caso expressa o número de moléculas do poluente por um milhão de moléculas constituintes do ar.

¹⁹ É importante ressaltar que os termos Aquecimento Global e Alterações Climáticas, são usados erroneamente como sinônimos, seja pela mídia, comunidade científica ou sociedade civil. Apesar de pouco debate até a década de 1970, estes termos passaram a ser utilizados no final desta década quando um estudo da NASA revelou o papel do CO_2 no clima. A partir disso, usavam o termo Aquecimento Global quando se referiam ao aumento da temperatura na superfície terrestre, ou seja, somente ao fator térmico, e Alterações Climáticas no que se referia as consequências do aquecimento global.

Para Sachs (2009, p. 96-100):

As mudanças climáticas antropogênicas constituem o maior de todos os riscos ambientais, visto que alterações no clima em grande escala perturbariam todos os ecossistemas e imporiam dificuldades catastróficas em muitas áreas do mundo. [...] As mudanças nas concentrações dos gases com efeito de estufa na atmosfera irão alterar não apenas as temperaturas mas também muitos outros processos químicos, climáticos e biológicos da Terra.

De acordo com o Painel Internacional Governamental de Mudanças Climáticas (lê-se IPCC na sigla em inglês), no *Climate Change 2007: Synthesis Report*²⁰, as mudanças climáticas são definidas da seguinte forma:

*Climate change in IPCC usage refers to a change in the state of the climate that can be identified (e.g. using statistical tests) by changes in the mean and/or the variability of its properties, and that persists for an extended period typically decades or longer. It refers to any change in climate over time, whether due to natural variability or as a result of human activity. This usage where climate change refers to a change of climate that is attributed directly or indirectly to human activity that alters the composition of the global atmosphere and that is in addition to natural climate variability observed over comparable time periods.*²¹

Assim como o efeito de estufa é um processo natural e que permite a existência de vida sobre a terra, as alterações no clima também é um processo natural, e que se variado intensamente desde o início da formação da atmosfera terrestre há milhões de anos. No decorrer da existência Terra tem ocorrido uma alternância climática, que vai de períodos glaciais frios, com uma duração aproximada de 80.000 a 100.000 anos, e períodos interglaciais relativamente quentes, com uma duração média de 10.000 a 20.000 anos. As principais causas dessa alternância são de natureza astronômica e resultados de variações na excentricidade da órbita da Terra em torno do sol, na inclinação do eixo da Terra e no seu movimento de precessão, que consiste na mudança no eixo da rotação terrestre. Atualmente, nos encontramos em um período interglacial estável, com temperaturas amenas, o que de acordo com Santos, criou condições favoráveis para o desenvolvimento das civilizações nos últimos seis mil anos (SANTOS, 2007).

Apesar do processo natural de mudanças climáticas, o clima também começou a se alterar devido ao aumento das emissões de GEE desde o início da era dos combustíveis fósseis, e consequente aumento da temperatura na superfície.

²⁰ International Panel on Climate Change. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change, 2007. Synthesis Report. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/mains1.html>. Acesso em: 14 jul. 2010.

²¹ A mudança climática no uso do IPCC refere-se a uma mudança no estado do clima que pode ser identificada (por exemplo, usando testes estatísticos) por mudanças na média e/ou na variabilidade das suas propriedades, e que persiste por um longo período, tipicamente décadas ou mais. Refere-se a qualquer mudança no clima ao longo do tempo, quer devido à variabilidade natural ou como resultado da atividade humana. Esse uso, onde a mudança climática se refere à mudança do clima que é atribuída direta ou indiretamente à atividade humana que altera a composição da atmosfera global e que está para além da variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis (Tradução livre).

De acordo o Quarto Relatório de Avaliação das Mudanças Climáticas do planeta do IPCC, o IPCC-AR4, a temperatura média global da atmosfera da terra aumentou uma média de 0,6°C. É importante destacar, no entanto que, ao considerarmos a temperatura média global da superfície da Terra no período desde o início da revolução industrial, onze dos doze anos mais quentes da história estão no período de 1995 a 2006. O índice de aumento na temperatura entre 1850 e 1899 foi 0,57°C, ao passo que entre 2001 e 2005 essa taxa passou para 0,95°C, o que representa um aumento médio de 0,76°C neste período. Nos últimos cinquenta anos estes aumentos correspondem a uma elevação média de 0,13°C na temperatura da atmosfera terrestre por década (IPCC, 2007).

Ainda que não se eleve mais a concentração de CO₂ na atmosfera, é provável que a temperatura global aumente mais devido ao aquecimento dos oceanos em função do aumento da temperatura na terra, visto que os oceanos reagem mais demoradamente ao aquecimento da atmosfera. Ou seja, à medida que os oceanos esquentem em resposta a este fenômeno, a terra irá aquecer ainda mais.

O aquecimento da atmosfera e dos oceanos registrados nos últimos cinquenta anos nos leva a crer então, que é muito pouco provável que as causas deste aquecimento e das mudanças climáticas possam ser explicadas sem a ação humana, e que tenham acontecido em função do processo natural de aquecimento da atmosfera terrestre simplesmente.

Nesse sentido, ainda segundo os relatórios do IPCC, as previsões de suas pesquisas para o século XXI apontam para um aumento médio global das temperaturas entre 1,8°C e 4,0°C até o período de 2090 a 2099, relativamente ao período de 1980 a 1999. O que pode vir a ser ainda maior, atingindo a marca dos 6,4°C caso a população e a economia continuem a crescer em ritmo acelerado, e também caso seja mantido com mesma intensidade a utilização de combustíveis fósseis (IPCC, 2007).

Porém, a estimativa mais confiável aponta para um aumento médio de 3°C, desde que os índices de emissões de CO₂ se mantenham em 45% acima da taxa atual. O relatório também demonstra, com mais de 90% de fiabilidade, que a maior parte do aumento de temperatura observado nos últimos 50 anos foi provocada por atividades humanas (IPCC, 2007). Isso quer dizer que, caso se mantenha este cenário de emissão contínua de GEE, o aquecimento poderá induzir muitas mudanças no sistema climático global durante o século XXI, e suas repercussões sem precedentes, para o ambiente terrestre.

Assim, baseados nessas projeções de aumento da temperatura da atmosfera terrestre, o IPCC (2007) também delinear os possíveis cenários dos efeitos das mudanças climáticas, sendo eles: aumento dos níveis dos oceanos; destruição de *habitats*; transmissão de doenças; alterações na produtividade agrícola; alterações na disponibilidade de água; calamidades naturais; alteração química dos oceanos.

Para além disso, de uma maneira particular e preocupante, comunidades pobres, localizadas em áreas de alto risco, serão as mais vulneráveis onde houver maior incidência, ou frequência de

eventos climáticos extremos. Isso resultará numa menor oferta de água e alimento local, recursos estes que são os mais utilizados por essas comunidades, aumentando em muito os custos, e diminuindo ainda mais a capacidade que estes locais têm de se adaptarem a estas alterações de clima. Pode-se citar o caso do continente africano, que devido a situação econômica, os múltiplos conflitos e a baixa capacidade de adaptação, será um dos mais vulneráveis as alterações climáticas. Ainda, essas mudanças poderão servir de empecilho para o alcance de um desenvolvimento sustentável, principalmente nos países em desenvolvimento, na qual estes, na busca pelo o desenvolvimento econômico, acabam por exercer inúmeras pressões sobre o meio ambiente e recursos naturais, devido à industrialização e urbanização.

Para que tal situação possa ser contida, e assim, evitar que as previsões do IPCC se tornem uma realidade no futuro, faz-se necessárias iniciativas e mecanismos de regulamentação a nível internacional sobre a emergência da questão ambiental, para que assim seja possível o controle das emissões de GEE na atmosfera.

4.3 O PROTOCOLO DE QUIOTO

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC – sigla em inglês) estabeleceu o Protocolo de Quioto, que visa à redução das emissões de GEE. O Protocolo é a proposta concreta realizada na terceira conferência entre as partes (COP3), efetuada no âmbito da UNFCCC, que aconteceu em Quioto no Japão, em 1997. O Protocolo estabeleceu, com mais clareza, objetividade e rigidez, normas e metas a serem atingidas a respeito da redução nas emissões de GEE.

Uma vez considerado que os países em pleno desenvolvimento, só o alcançaram, pois, durante o processo de desenvolvimento, emitiram grandes quantidades de CO₂ na atmosfera. Os países em desenvolvimento, por outro lado, para conseguirem alcançar o desenvolvimento necessitam de uma maior oferta energética, e, por conseguinte, necessitam de maiores emissões de GEE. Sendo assim, o Protocolo é dividido entre os países do Anexo 1, que são os países desenvolvidos, mais industrializados e grande emissores de CO₂, e os países do Não-Anexo 1, ou seja, os países menos desenvolvidos, que para atender suas necessidades básicas de desenvolvimento, demandam de mais energia, e logo, mais emissões.

Para entrar em vigor, o Protocolo necessitava que 55% das partes, que juntas produzissem pelo menos 55% de emissões de gases com efeito de estufa, o ratificassem, o que foi alcançado quando a Rússia o fez no fim de 2004. Dessa forma, o Protocolo entrou em vigor em 16 de fevereiro de 2005. O apoio da Rússia foi de fundamental importância, uma vez que os Estados Unidos, o maior emissor de GEE do planeta, se retirou das negociações em março de 2001. O motivo para tal se deu,

pois que, o até então presidente, George W. Bush alegou não haver disposição para afrontar os custos políticos e econômicos necessários para reduzir as emissões, pois isto prejudicaria a economia de seu país²².

De acordo com o Protocolo, uma vez tendo este ratificado, os 38 países-membros incluídos no Anexo 1 ficam obrigados a reduzir as emissões de GEE, para que estas cheguem a níveis pelo menos 5,2% inferiores aos níveis de emissões de 1990, no período entre 2008 e 2012 (PROTOCOLO DE QUIOTO, 1997)²³. Os países em desenvolvimento, por outro lado, ainda não receberam metas de redução, pelo menos durante esta primeira etapa, o que não quer dizer que não podem participar do acordo e desde já criarem mecanismos para redução de gases. Esta primeira etapa de efetivação do protocolo é chamada Primeiro Período de Compromisso, na qual expira em 2012.

Para que as reduções sejam alcançadas o Protocolo estipulou três principais mecanismos de ação para a redução dos GEE durante a primeira fase, na qual sugere:²⁴

- i) uma implementação conjunta, fazendo uso do processo de cooperação entre as partes;
- ii) comércio de emissões, ou seja, os países podem negociar os excedentes de emissões entre si; e
- iii) um mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL, ou CDM na sigla em inglês), na qual seu propósito é prestar assistência as partes incluídas no Anexo 1, para que seja viabilizado o desenvolvimento sustentável, para que por sua vez contribuam com o objetivo final do protocolo.

Durante o período da primeira fase de implementação do protocolo os países-membros da União Européia comprometeram-se em reduzir 8% das suas emissões de CO₂. O percentual de redução para o Japão é de 6%, e para os Estados Unidos, seria de 7%, conforme apresentado no Anexo 1, caso este país o tivesse ratificado (SCANDIFFIO, 2005).

Após a entrada em vigor do Protocolo de Quito em 2005, foram previstas novas negociações a partir deste ano, para que fosse possível definir novas metas para além de 2012, quando chega ao fim o primeiro período de compromisso.

Nesse sentido, a UNFCCC realizou várias conferências, na qual vale destacar a Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de 2009, a COP15. Tal conferência se tornou um tanto quanto polêmica por não ter alcançado os planos de discussão sobre um acordo que possa dar continuidade ao Protocolo de Quioto, que era o objetivo almejado.

²² BBC Brasil.com. **Entenda o que é o Protocolo de Kyoto**. 2007. Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/portuguese/reporterbbc/story/2007/12/071204_entanda_kyoto_dez_2007.shtml>. Acesso em: 13 jul. 2010.

²³ **Protocolo de Quioto**. Ministério das Relações Exteriores. Disponível em: <http://www.onu-brasil.org.br/doc_quioto.php>. Acesso em: 13 jul. 2010.

²⁴ *Ibid.*

Tabela 1: Países que mais emitem dióxido de carbono na atmosfera

Os países que mais emitem dióxido de carbono (CO ₂) na atmosfera (porcentagem do total emitido no mundo)	
Estados Unidos	36,1%
Rússia	17,4%
Japão	8,5%
Alemanha	7,4
Reino Unido	4,3
Canadá	3,3
Itália	3,1
Polônia	3,0
França	2,7
Austrália	2,1
Espanha	1,9
Países Baixos	1,2
República Checa	1,2
Romênia	1,2
Países listados no Anexo 1: Alemanha, Austrália, Áustria, Belarus, Bélgica, Bulgária, Canadá, Comunidade Européia, Dinamarca, Espanha, Estados Unidos, Estônia, Federação Russa, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Japão, Letônia, Lituânia, Luxemburgo, Noruega, Nova Zelândia, Países Baixos, Polônia, Portugal, Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte, República Tcheco-Eslovaca, Romênia, Suécia, Suíça, Turquia e Ucrânia	

Fonte: Revista Época²⁵

Para além desta, foi realizado em dezembro de 2010 uma nova conferência em Cancun no México, a COP16. Nesta conferência alguns documentos foram aprovados, na qual prevêm acordos moderados de proteção climática. Dentre os muitos pontos abordados, é importante destacar o comprometimento da comunidade internacional em evitar um acréscimo do aquecimento global superior a 2°C em relação à era pré-industrial no longo prazo. Em médio prazo será mantida a meta de limitar o aquecimento em apenas 1,5°C²⁶. Para tal, se prevê que os países mais industrializados formulem metas nacionais para as reduções de GEE, além de informar regularmente sobre seus progressos. Já os países em desenvolvimento continuarão a receber apoio para a proteção do clima, até chegarem ao ponto de também serem obrigados a relatar seus progressos, contudo, não de forma tão rigorosa quanto às nações mais industrializadas.

²⁵ Disponível em: <<http://revistaepoca.globo.com/Epoca/0,6993,EPT908417-1655-1,00.html>>. Acesso em: 6 jun. 2010.

²⁶ ESTADÃO.COM.BR. **COP-16 chega ao fim com 'acordo de princípios' para redução de emissões.** Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/vidae,cop-16-chega-ao-fim-com-acordo-de-principios-para-reducao-de-emissoes,652509,0.htm>>. Acesso em: 15 dez. 2010.

Ainda, entre as decisões da COP16, inclui-se a instituição de um Fundo Verde, com o auxílio do Banco Mundial, com vista a apoiar os países mais pobres a se adaptarem as alterações climáticas. Este fundo deverá liberar uma média de US\$ 100 bilhões por ano para esse fim²⁷.

Até o fim do Protocolo de Quioto em 2012, fica-se no aguardo de próxima Conferência entre as Partes, a COP17, que será realizada em Durban, na África do Sul, e deverá delimitar novas metas e normas a serem seguidas, para os países desenvolvidos e em desenvolvimento.

4.4 BASES DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Atualmente, sabe-se que o tipo de desenvolvimento fundamentado e impulsionado pelos moldes de crescimento econômico, é inaceitável do ponto de vista social e ambiental.

O Relatório de Bruntland²⁸ destaca alguns dos problemas do modelo de desenvolvimento, que impedem o desenvolvimento sustentável, descritos da seguinte forma:

Uma via energética segura e duradoura é indispensável ao desenvolvimento sustentável: ainda não a encontramos. As taxas de aumento de consumo de energia estão declinando. Mas a industrialização, o desenvolvimento agrícola e as populações que aumentam em ritmo acelerado nos países em desenvolvimento precisarão de muito mais energia. [...] Portanto, qualquer cenário energético global realista de contar com um aumento substancial no consumo de energia primária nos países em desenvolvimento. Para que, por volta do ano 2025, os países em desenvolvimento consumam tanta energia quanto os industrializados, seria preciso aumentar cinco vezes o atual consumo global. O ecossistema planetário não suportaria isso, sobretudo se esses aumentos se concentrassem em combustíveis fósseis não-renováveis. Os riscos de aquecimento do planeta e acidificação do meio ambiente muito provavelmente descartam até mesmo uma duplicação do consumo de energia mediante as atuais combinações de fontes primárias. Uma nova era de crescimento econômico deve, portanto, consumir menos energia que o crescimento passado. As políticas de rendimento energético devem ser a pedra de toque das estratégias energéticas nacionais para um desenvolvimento sustentável, e há muitas possibilidades de melhoria nesse sentido. As aparelhagens modernas podem ser reformuladas de modo a fornecer o mesmo rendimento usando apenas dois terços ou mesmo a metade dos insumos energéticos primários necessários ao funcionamento dos equipamentos tradicionais. E as medidas que visam ampliar o rendimento energético em geral são eficientes em função dos custos (BANCO MUNDIAL, 1992, p. 27).

²⁷ ESTADÃO.COM.BR. **COP-16 chega ao fim com 'acordo de princípios' para redução de emissões.** Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/vidae,cop-16-chega-ao-fim-com-acordo-de-principios-para-reducao-de-emissoes,652509,0.htm>>. Acesso em: 15 dez. 2010.

²⁸ O Relatório de Bruntland, foi elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, em uma das iniciativas anteriores à Agenda 21. Neste, além de se ter substituído o termo ecodesenvolvimento pelo de desenvolvimento sustentável, reafirmam uma visão crítica do modelo de desenvolvimento adotado pelos países industrializados e reproduzido pelas nações em desenvolvimento, e que ressaltam os riscos do uso excessivo dos recursos naturais sem considerar a capacidade de suporte dos ecossistemas. O relatório aponta para a incompatibilidade entre desenvolvimento sustentável e os padrões de produção e consumo vigentes até então.

De acordo com esta constatação, pode-se concluir que, seja pelo uso de tecnologias poluidoras, que necessitam de intensivos recursos energéticos dos países mais ricos, seja pelo aumento demográfico e de pobreza nos países menos desenvolvidos, estes são indicados como razões determinantes para a insustentabilidade do desenvolvimento. Castro (1996, p. 9) sugere que para que se possam alcançar as bases do desenvolvimento sustentável são necessárias estratégias que:

[...] estimulem a criação de tecnologias não poluidoras e pouco exigentes em energia; a organização de um quadro institucional com capacidade de regular e fiscalizar a emissão de poluentes; a aplicação de políticas compensatórias aos efeitos negativos dos ajustes macroeconômicos, e o aumento da transferência de capital para os países pobres.

Para que se possa reverter o quadro de degradação ambiental e instituir as bases para o desenvolvimento sustentável, o Relatório de Brundtland propôs a execução de medidas estratégicas que devem ser adotadas pelos países para promover o desenvolvimento sustentável, sendo elas:²⁹

- Limitação do crescimento populacional;
- Garantia de alimentação em longo prazo;
- Preservação da biodiversidade e dos ecossistemas;
- Diminuição do consumo de energia e desenvolvimento de tecnologia que admitem o uso de fontes energéticas renováveis;
- Aumento da produção industrial nos países não-industrializados à base de tecnologia ecologicamente adaptadas;
- Controle da urbanização selvagem e integração entre campo e cidades menores;
- As necessidades básicas devem ser satisfeitas.

A nível internacional, as metas são as seguintes:

- As organizações do desenvolvimento devem adotar a estratégia de desenvolvimento sustentável;
- A comunidade internacional deve proteger os ecossistemas supranacionais como a Antártica, os oceanos, o espaço;
- Guerras devem ser banidas;
- A ONU deve implantar um programa de desenvolvimento sustentável.

²⁹ CAMARA DOS DEPUTADOS. **Agenda Ambiental na Administração Pública: Relatório de Brundtland**. Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br/responsabilidade-social/ecocamara/agendaambiental.html>>. Acesso em: 1 ago. 2010.

E ainda, algumas outras medidas providenciais para a implantação do desenvolvimento sustentável são:

- Uso de novos materiais na construção;
- Reestruturação da distribuição de zonas residenciais e industriais;
- Aproveitamento e consumo de fontes alternativas de energia, como a solar, a eólica e a geotérmica;
- Reciclagem de materiais aproveitáveis;
- Não-desperdício de água e de alimentos;
- Menor uso de produtos químicos prejudiciais à saúde nos processos de produção alimentícia.

No que concerne a emissão de GEE, o Protocolo de Quioto também sugere medidas de desenvolvimento sustentável, para que seja possível redução destes. De acordo com o protocolo mudanças deverão acontecer em vários níveis das atividades econômicas dos países signatários. Para tal, estes podem fazer uso da cooperação entre si, através de algumas ações básicas, conforme mencionado no artigo 2 do referido protocolo. Tais ações dependem de implementações e/ou aprimoramentos de políticas e medidas consoantes as circunstâncias nacionais das partes, tais como:³⁰

- O aumento da eficiência energética em setores relevantes da economia nacional, como por exemplo, através de reformas nos setores de energia e transportes;
- Promoção de práticas sustentáveis de manejo florestal, florestamento e reflorestamento;
- Promoção de formas sustentáveis de agricultura;
- Promover a pesquisa e o desenvolvimento quanto ao uso de fontes energéticas renováveis, de tecnologias de seqüestro de dióxido de carbono e de tecnologias ambientalmente seguras, que sejam avançadas e inovadoras;
- A redução gradual ou eliminação de imperfeições de mercado, que sejam contrários ao objetivo da Convenção;
- Limitar as emissões de metano no gerenciamento de resíduos e dos sistemas energéticos;
- Proteger florestas e outros sumidouros de carbono;

³⁰ **Protocolo de Quioto.** Ministério das Relações Exteriores. Disponível em: <http://www.onu-brasil.org.br/doc_quioto.php>. Acesso em: 13 jul. 2010.

- O estímulo a reformas adequadas em setores relevantes, visando a promoção de políticas e medidas que limitem ou reduzam emissões de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo.

Apesar de todas as medidas bases para o desenvolvimento sustentável propostas por estes órgãos internacionais, a realização destas exigem, contudo, um elevado padrão de conscientização e de participação, tanto dos governos nacionais, quanto dos órgãos internacionais, e ainda da iniciativa privada e da sociedade civil. Assim sendo, não se pode deixar que estratégias desse gênero fiquem vulneráveis aos riscos da liberalização do mercado, uma vez que os danos que se pretendem reparar foram frutos de um modelo capitalista cada vez mais selvagem e descomedido. Tais estratégias se tornam ainda mais mandatórias, se tivermos em conta que uma das exigências do conceito de desenvolvimento sustentável consiste na satisfação das necessidades básicas da população, combinados com uma melhoria da situação dos países mais pobres, objetivando uma maior preservação do ambiente.

4.4.1 A importância dos biocombustíveis como alternativa aos combustíveis fósseis e para os problemas ambientais

A necessidade, cada vez mais urgente, de combustíveis renováveis que não coloquem em risco a saúde de nosso planeta surge, pois a preocupação crescente quanto às mudanças climáticas relacionadas ao efeito de estufa, devem-se ao fato de que o ambiente natural, já não tem mais capacidade de se regenerar, a mesma medida que crescem as necessidades humanas, o desenvolvimento industrial e tecnológico, no ritmo acelerado e desenfreado como tem sido até então.

Pereira (2002)³¹ expõe que:

A mudança climática coloca em questão os padrões de produção e consumo hoje vigentes, já que, como foi visto, suas causas estão ligadas sobretudo à queima/consumo de combustíveis fósseis, principal fonte primária da energia e força motriz da economia global. Atualmente fala-se muito em descarbonizar a matriz energética mundial, isto é, em aumentar a participação das energias renováveis em detrimento dos combustíveis fósseis. Isto seria uma condição necessária mas não suficiente para a atenuação da mudança do clima, que depende também de outras mudanças na infra-estrutura, na tecnologia e na economia.

Diante desse cenário de necessidade de novas tecnologias “verdes”, os biocombustíveis surgem como uma alternativa importante e necessária perante o imperativo dos problemas ambientais, como um caminho a ser seguido para a obtenção de um meio ambiente ecologicamente

³¹ PEREIRA, A. S. **Mudança Climática e Energias Renováveis**. 2002. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/clima/clima12.htm>>. Acesso em: 7 ago. 2010.

equilibrado, e para reduzir quanto mais possível à dependência do petróleo. Nesse sentido, os biocombustíveis se tornaram uma necessidade no cenário internacional por motivos variados, pois envolvem questões econômicas e de desenvolvimento, políticas, tecnológicas e principalmente ambientais.

Os biocombustíveis são combustíveis de origem biológica, e por isso são renováveis. São fabricados a partir de vegetais, tais como, milho, soja, cana-de-açúcar, beterraba, mamona, canola, babaçu, cânhamo, entre e outras fontes, na forma de biomassa³². O lixo orgânico também pode ser usado para a fabricação de biocombustível. Podem ser usados em veículos (carros, caminhões, tratores) integralmente ou misturados com combustíveis fósseis. Os principais biocombustíveis são: etanol ou bioetanol (produzido a partir da cana-de-açúcar e milho), biogás (produzido a partir da biomassa), bioéter, biodiesel, entre outros.

Os biocombustíveis, como o biodiesel e o etanol (abordado a seguir), tem constantemente sido apontados por cientistas e pela mídia como alternativas para contenção do aquecimento global, e como uma opção substituta aos combustíveis fósseis.

No caso do biodiesel, este é definido pela legislação brasileira, como sendo:

Biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil. Biodiesel é o nome de um combustível alternativo de queima limpa, produzido de recursos domésticos, renováveis. O Biodiesel não contém petróleo, mas pode ser adicionado a ele formando uma mistura. Pode ser usado em um motor de ignição a compressão (diesel) sem necessidade de modificação. O Biodiesel é simples de ser usado, biodegradável, não tóxico e essencialmente livre de compostos sulfurados e aromáticos.³³

A utilização deste tipo de biocombustível se mostra interessante, principalmente pela capacidade de substituir grande maioria dos combustíveis derivados de petróleo sem exigir alteração nos motores, o que faz com que este elimine a dependência de petróleo. Além de pouco poluente é também bastante seguro para armazenar e transportar, pois é biodegradável, não tóxico, não explosivo e não inflamável, diferentemente dos outros tipos de combustíveis.

De acordo com o governo brasileiro, este tipo de combustível pode ser usado puro ou misturado com o diesel mineral, em diversas proporções. No caso da utilização do B100³⁴, ou seja, do biodiesel puro, é reduzido em até 68% às emissões de gás carbônico, em 90% as de fumaça, e

³² Biomassa é todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica, de origem animal ou vegetal, que pode ser utilizada na produção de energia.

³³ BIODIESELBR. **O que é o biodiesel?** 2010. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/biodiesel/definicao/o-que-e-biodiesel.htm>>. Acesso em: 19 ago. 2010.

³⁴ Mundialmente existe uma nomenclatura específica para se identificar a concentração de biodiesel na mistura de outros combustíveis. É o Biodiesel BXX, onde XX é a percentagem em volume do Biodiesel à mistura. Por exemplo, o B2, B5, B20 e B100 são combustíveis com uma concentração de 2%, 5%, 20% e 100% de Biodiesel, respectivamente.

eliminam as emissões de óxido de enxofre, fazendo com que este tipo de combustível seja considerado um combustível ecológico³⁵.

Entretanto, apesar das vantagens, deve-se ficar claro que toda a combustão produz CO₂. Isto quer dizer que, na queima de biocombustíveis, também existirá a produção de CO₂. Contudo na combustão de biocombustíveis, como no caso do etanol e do biodiesel, o CO₂ emitido é consideravelmente menor do que o petróleo, de forma que na nova safra agrícola, o que foi emitido é reabsorvido pelo processo da fotossíntese durante o crescimento das plantas. Isto faz com que os biocombustíveis pouco colaborem para o aquecimento global. Assim, a produção de biocombustíveis contribui diretamente para evitar o aumento das emissões de GEE, que alteram as condições climáticas em todo o mundo (REAL, 2006).

Em contrapartida, apesar das vantagens, a produção de biocombustíveis também pode apresentar algumas desvantagens, tais como: o grande consumo de energia utilizado para a produção destes; o aumento do consumo de água para irrigação; a utilização de fertilizantes que causam gases de efeito estufa; e a contaminação de lençóis freáticos devido a estes fertilizantes (SANTOS, 2007).

Para Santos (2007), independentemente dos aspectos negativos dos biocombustíveis tais problemas podem ser contornados, através da procura por espécies de plantas com capacidade de produção de biocombustíveis, e que sejam adaptadas a regiões semiáridas ou áridas, onde a agricultura é pouco produtiva ou inviável.

Dada a importância que os biocombustíveis representam no cenário global atual, Freitas e Grossi (2007, p. 1) declaram que:

Os biocombustíveis têm importante papel na provisão da demanda mundial de combustíveis líquidos, sobretudo pelas questões ambientais em pauta, instabilidade nos preços do petróleo no mercado internacional e pela perda de confiança na oferta dos combustíveis fósseis a médio e longo prazo. Por esse motivo os biocombustíveis assumem importância ímpar no debate concernente ao abastecimento energético mundial futuro.

Dessa maneira, é inegável que a produção e utilização de biocombustíveis representam uma forma muito importante de recurso energético alternativo, pelo simples fato de reduzirem a dependência de combustíveis fósseis, assim como a redução na emissão de CO₂ na atmosfera, o que faz com que estes sejam essenciais no futuro.

³⁵ CAMARA DOS DEPUTADOS, 2010. **Biocombustível**. Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br/agencia/noticias/70330.html>>. Acesso em: 19 ago. 2010.

5 ETANOL

A necessidade mundial de encontrar fontes de energia sustentáveis, tendo em vista os impactos ambientais causados pelos combustíveis fósseis, cresce a cada dia. Essa necessidade encontra nos biocombustíveis uma alternativa viável e com potencial de expansão, quando analisado o caso brasileiro do etanol.

Dessa forma, antes de tudo, faz-se necessário entender o que é o etanol, sob vários prismas, tendo sempre como base a experiência do Brasil.

5.1 DEFINIÇÃO

Na química, o etanol, também chamado álcool etílico, é o mais comum dos alcoóis. Sua fórmula $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, ou simplesmente $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$, é um grupo de compostos químicos que contém em suas moléculas um grupo de hidroxila, ou seja, possui $-\text{OH}$ ligado a um átomo de carbono.

É uma substância orgânica líquida, incolor e inflamável, solúvel em água, de odor e sabor característicos. O etanol é produzido desde a antiguidade através do processo de fermentação de açúcares³⁶. Existem ainda outros processos para obtenção do etanol, como a hidratação do etileno e a redução do acetaldeído, mediante a processos sintéticos, no entanto, todas as bebidas alcoólicas e grande parte do etanol industrial é obtido pelo processo de fermentação.

O etanol pode ser obtido com base em qualquer biomassa que possua quantidades consideráveis de amido ou açúcares, como a sacarose, que podem ser encontrados através de substratos de plantas como cana-de-açúcar, batatas, trigo, beterraba e milho, sendo este último matéria-prima responsável por grande parte da produção de etanol nos Estados Unidos da América.

O etanol pode ser usado como solvente em indústrias, anti-séptico, conservante, como componente de bebidas alcoólicas, desinfetantes, solventes farmacológicos, e ainda na forma de combustíveis para veículos e na produção de energia elétrica.

³⁶ Química Web. **Etanol**. Universidade Federal de Santa Catarina – Departamento de Química. Disponível em: <<http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/exemplar16.html>>. Acesso em: 27 set. 2010.

5.2 PRODUÇÃO E CONSUMO DE ETANOL

O produto mais utilizado para a produção do etanol no Brasil é a cana-de-açúcar, que é direcionado em sua maior parte para a produção do etanol combustível. Em função disso, o etanol também é conhecido como álcool combustível ou carburante.

Através do processo industrial, que utiliza a cana-de-açúcar como matéria-prima obtém-se o açúcar e suas derivações, além do álcool anidro (sem água, que é misturado à gasolina) e hidratado (puro), o vinhoto, a levedura e o bagaço. O bagaço da cana pode ser hidrolisado para alimentação animal. O melaço, além de produzir álcool combustível ou bebida, pode ser usado na indústria química, farmacêutica e de cosméticos, na produção de levedura, mel, ácido cítrico e ácido lático (SCANDIFFIO, 2005).

A partir do etanol podem ser fabricados polietileno, estireno, poliestireno, ácido acético, éter, acetona e toda a gama de produtos que se extraem do petróleo. Seu variado uso inclui a fabricação de fibras sintéticas, pinturas, vernizes, vasilhames, tubos, solventes, plastificantes, etc. A vinhaça e o vinhoto, resíduos da cana, são utilizados como fertilizantes; outros derivados podem ser também extraídos, como o glicerol e antifúngicos (SCANDIFFIO, 2005).

A produção do álcool inicia-se com a transformação da cana-de-açúcar³⁷ em açúcar e álcool, o que é feito pelas usinas. Nas usinas são retiradas as impurezas, terra e areia, e logo a cana-de-açúcar segue para os picadores e desfibradores. No caso da colheita ser manual, prepara os caules para moagem. Se a cana-de-açúcar for colhida mecanicamente, a cana já vem picada.

O resultado da moagem é o caldo e o bagaço. Cada tonelada de cana-de-açúcar gera entre 240 e 280 quilos de bagaço. O caldo extraído recebe tratamento químico e é purificado por meio de processos e técnicas de filtragem para formar o mosto, o qual fica em fermentação nas dornas de 4 a 12 horas. É nesta fase que os açúcares são transformados em álcool (SCANDIFFIO, 2005).

Após a fermentação, o produto recebe o nome de vinho fermentado e o álcool deste vinho é recuperado pela destilação. A operação é realizada em colunas, nas quais são feitas a destilação propriamente dita, e a retificação, que dão origem ao álcool hidratado. Este álcool pode ser comercializado, ou, ainda, pode passar pela desidratação, para obter-se o álcool anidro. Estes produtos são armazenados em tanques de grande volume, nos quais aguardam a sua comercialização (SCANDIFFIO, 2005).

No caso da produção do etanol através de amidos, como milho, trigo e outros cereais e grãos, o processo de conversão geralmente começa com a separação, limpeza e moagem dos grãos. A moagem destes grãos pode ser úmida ou seca. A úmida é quando os grãos são embebidos e fracionados antes da conversão do amido em açúcar. A seca é quando a moagem é feita durante o

³⁷ O processo para obtenção de etanol através de beterraba, mais comumente produzido na Europa, é, em sua essência, o mesmo processo do que o da cana-de-açúcar.

processo de conversão. Em ambos os processos, o amido é transformado em açúcares através de uma enzima chamada diástase, e depois, outra enzima, a zimase, converte estes açúcares em álcool. Este processo é feito através de altas temperaturas. O vinho obtido é resultado do processo da fermentação do açúcar através de leveduras, e por fim é destilado para a purificação do etanol (BNDES, 2008).

Além desses dois processos para obtenção de etanol, que também é chamado de etanol de primeira geração, pesquisas recentes se voltam para a produção do etanol de segunda geração, derivado da celulose da cana-de-açúcar, conhecido como etanol celulósico. O etanol de celulose poderia aumentar a produtividade do etanol sem alterar a área plantada. Isto aconteceria, pois, atualmente, o etanol é produzido a partir da sacarose, que é obtido através do caldo da cana, que representa um terço da biomassa desta planta. Caso tais pesquisas obtenham sucesso, o etanol de celulose permitiria aproveitar os outros dois terços que estão presentes no bagaço, que geralmente é queimado e utilizado para produção de bioeletricidade³⁸, e na palha da cana-de-açúcar, que, por sua vez, é geralmente queimada ou deixada no campo.

Independentemente da origem do etanol, este pode ser utilizado como carburante automotivo, e serve para o abastecimento de veículos com motores de combustão interna de ignição por centelha, ou seja, de ciclo Otto³⁹, através de misturas de gasolina e etanol anidro, ou com etanol puro, que é o etanol hidratado. Ambos os tipos do etanol carburante são geralmente utilizados em veículos de passeio e comerciais leves, mas que diferem na sua utilização.

O etanol hidratado puro, ou álcool etílico carburante pode ser usado em automóveis com motores fabricados ou adaptados especificamente para este tipo de combustível, ou também nos veículos do tipo *flexfuel*⁴⁰, que foram introduzidos no Brasil em 2003. Este tipo de combustível contém um teor alcoólico entre 92,6% e 93,8% a 20°C, sendo que os aproximados 6% restantes de sua composição é água (SCANDIFFIO, 2005).

³⁸ O bagaço também passou a ser utilizado na produção de energia em um processo conhecido como co-geração, a partir da década de 80. Neste processo faz-se a geração de energia mecânica, transformada em eletricidade por geradores, e térmica, utilizada como fonte de calor durante o processo industrial, através do mesmo combustível. Inicialmente estes sistemas de cogeração têm sido utilizados no setor sucroenergético apenas gerar energia para as próprias usinas de produção de etanol e açúcar. Atualmente, é possível utilizar o excedente da produção de bioeletricidade para venda. Esse excedente se enquadra com a agenda econômico-energético-ambiental mundial, ao passo que se é possível expandir a oferta de energia elétrica e, ao mesmo tempo, minimizar os impactos ambientais. No Brasil em 2008, a biomassa como um todo, incorporando bagaço de cana e palha, representava menos de 5% da matriz, enquanto o mercado teria condições de absorver o equivalente a 12% da matriz em 2020, ao se considerar o potencial do setor sucroenergético (MACEDO; SOUZA, 2010).

³⁹ Os motores de combustão interna ou ciclo Otto, são máquinas térmicas que transformam energia química em energia mecânica.

⁴⁰ Os carros com motores *Flex Fuel* são veículos com motores flexíveis, que podem ser movidos a gasolina, a álcool ou com uma mistura dos dois, pois o motor tem sensores que reconhecem os teores da mistura e ajustam automaticamente a operação do motor para as condições mais favoráveis ao seu uso. Esta concepção de permite ao usuário escolher, conforme sua conveniência, o combustível a ser utilizado.

Após muitas pesquisas esta tecnologia tem se aperfeiçoado nos últimos anos. Segundo o BNDES (2008, p. 42):

[...] após décadas de aperfeiçoamento de motores especialmente fabricados para etanol, a tecnologia automotiva está suficientemente desenvolvida para permitir que veículos a etanol puro hidratado tenham desempenho, dirigibilidade, condições de partida a frio e durabilidade absolutamente similares aos motores a gasolina [...].

Já o álcool anidro, ou álcool etílico anidro carburante, possui um teor alcoólico que varia entre 99,3% a 99,8% a 20°C. É praticamente puro, e é utilizado como um aditivo a gasolina. No Brasil, o álcool anidro vem sendo utilizado desde a década de 1980, misturado a gasolina em uma proporção que atualmente varia de 20% a 25% (SCANDIFFIO, 2005).

Uma das vantagens do álcool anidro, numa utilização frequente e imediata como combustível, é que quando misturado a gasolina em teores até 10%, os veículos já existentes não precisam de adaptação em seus motores, ou seja, pode ser utilizado em qualquer lugar e em qualquer veículo movido a gasolina (BNDES, 2008).

Para o BNDES (2008, p. 43):

Essa é a situação de maior interesse, tanto para os países em desenvolvimento que podem produzir etanol e dependem de importações de combustíveis para seu abastecimento, a custo cada vez mais elevado, quanto para os países industrializados que têm, atualmente, um potencial limitado de produção interna de etanol, mas que podem diversificar sua matriz de combustíveis líquidos, agregando a produção local o etanol importado de regiões com condições favoráveis para a produção desse biocombustível.

O álcool carburante pode ainda ser utilizado como uma mistura ao óleo diesel utilizado em veículos com motores com ignição por compressão, mas a utilização deste é pouco viável em termos econômicos, no entanto apresenta boas perspectivas que ainda estão em desenvolvimento, e que não deixa de ser uma realidade graças aos efeitos ambientais positivos do etanol. Além disso, novas tecnologias que permitem o seu uso na aviação, embora sua utilização seja em maior parte em aviões de pequeno porte, geralmente utilizados na agricultura, não tendo sido ainda implementado em larga escala e a nível comercial.

Os maiores produtores de etanol atualmente são os Estados Unidos da América (que produz etanol através do milho) e o Brasil, que em 2006 representaram 70% da produção mundial do produto em um total de 51 bilhões de litros de etanol (BNDES, 2008). China, Índia e União Européia também são grandes produtores de etanol, mas em quantidades bastante inferiores. No entanto a eficiência energética do etanol produzido no Brasil é muito maior do que ao norte americano devido às condições climáticas, do solo, tipo de planta e de cultivo (SANTOS, 2007).

De acordo com Santos (2007, p. 270):

Calcular a eficiência energética é essencial para avaliar quantitativamente a vantagem de substituir os combustíveis fósseis por biocombustíveis como meio de reduzir as emissões de gases com efeito de estufa, dado que a maior parte da energia consumida nas culturas tem origem naqueles combustíveis. A redução das emissões conseguida com o bioetanol é da ordem de 30% a 40%, quando produzido a partir do milho e outros cereais nos Estados Unidos da América e Europa e cerca de 90% quando produzido a partir da cana-de-açúcar no Brasil.

Nesse sentido, no que diz respeito à eficiência energética, esta é a relação entre a energia produzida e a demanda de energia necessária para produzir a mesma. É importante destacar, então, que a seleção de biomassa que tenha uma maior eficiência se torne fundamental. No que diz respeito ao etanol de cana-de-açúcar e o de milho, se torna mais interessante aquele pelo qual o cultivo de alta produtividade exija uma menor demanda de energia de fontes externas.

No caso da cana-de-açúcar esta é por si só, um cultivo de grande importância no mundo. Este tipo de planta se destaca na produção pela eficiência fotossintética que é uma das mais altas entre os vegetais.

Para que tenha um bom rendimento durante o processo de plantio, regiões com clima tropicais úmidos são das mais promissoras, como o clima apresentado nas regiões sul e sudeste do Brasil, que são as regiões com maior produção de cana-de-açúcar do país. Para um bom desenvolvimento a cana precisa de um período quente e úmido para uma boa germinação, seguida de uma estação fria e seca, para sua maturação e acúmulo de sacarose na planta. Devido ao clima favorável, a produção de cana nas regiões mencionadas fica em torno de uma média de 70 toneladas por hectares, o que faz com que esta seja uma das regiões líderes de produtividade (BNDES, 2008). Somente na produção do ano safra 2007/2008⁴¹ o Brasil atingiu um volume de 490 milhões de toneladas de cana de açúcar e a margem de 22 bilhões de litros de etanol (ABRAMOVAY, 2009). Em média, para cada tonelada de cana-de-açúcar produz-se de 80 a 90 litros de etanol.

Durante o processo industrial da produção de etanol são necessárias grandes quantidades de energia térmica e elétrica, que no caso da utilização da cana-de-açúcar como matéria-prima, esta demanda é suprida pelo sistema de co-geração de energia instalada dentro das próprias usinas, que utilizam o bagaço como fonte de energia, e caso haja excedentes na produção, esta energia pode ser comercializada localmente na rede pública, fazendo com que o balanço energético seja positivo.

No caso do milho, uma de suas vantagens é que este produto é cultivado em todos os continentes do mundo, na qual de acordo com o BNDES (2008, p. 83) ocupa 147 milhões de hectares, que produziram em 2004 cerca de 725 milhões de toneladas. Somente nos EUA, em 2006,

⁴¹ O ano-safra da cana de açúcar, adotado internacionalmente, começa em setembro e termina em agosto do ano seguinte.

a produção foi superior a 267 milhões de toneladas, produzidos em uma área de aproximadamente 28 milhões de hectares, das quais 20% foi destinada à fabricação de etanol (BNDES, 2008).

Durante seu processo de produção industrial, o etanol de milho possui uma etapa a mais do que o etanol de cana, sendo esta a transformação enzimática do amido em açúcar, que, por conseguinte é transformado em etanol. Apesar da etapa adicional do processo de produção o etanol de milho é produzido em maior volume, com rendimentos que variam entre 400 a 440 litros de etanol por tonelada.

Diferentemente do etanol de cana-de-açúcar, o ciclo de produção de etanol de milho necessita uma quantidade de energia consideravelmente menor do que a de cana para ser convertida em etanol, no entanto, enquanto que a produção de etanol de cana é auto-suficiente em energia devido ao sistema de co-geração instalado dentro das unidades, no caso do milho, a energia utilizada é toda proveniente de combustíveis fósseis. O vapor utilizado é produzido em caldeiras de gás natural, e a eletricidade é suprida pela rede pública, que nos caso dos EUA, que é o maior produtor de etanol de milho, depende muito de combustíveis fósseis (BNDES, 2008).

Outro aspecto relevante a ser analisado, principalmente no que concerne aos balanços energéticos, são as estimativas dos níveis de emissão de gases de efeito estufa, que diferem consideravelmente dependendo da matéria-prima utilizada. Neste sentido, quando consideramos as matérias-primas acima abordadas, o balanço energético para a mitigação das emissões de GEE se faz de duas formas: 1) através da análise de unidades de energia renovável para cada unidade de combustível fóssil utilizada durante seu ciclo de produção; e 2) as emissões evitadas com a utilização do combustível produzido.

Desta forma, na produção de etanol de cana-de-açúcar produz-se uma média de 9,3 unidades de energia para cada unidade de combustível fóssil utilizado, e evitam-se em torno de 89% as emissões de GEE, enquanto na produção de etanol de milho este números ficam em torno de 0,6 - 2,0 e -30% a 38%, respectivamente (BNDES, 2008).

Assim, de acordo com o BNDES (2008, p. 101)

A efetiva redução das emissões de gases de efeito estufa possivelmente é um dos efeitos positivos mais importantes associados ao bioetanol de cana-de-açúcar. Conforme a Comunicação Brasileira para a Convenção-Quadro das Nações Unidas para Mudança do Clima, com valores para 1994, a utilização da energia da cana reduziu em 13% as emissões de carbono de todo o setor energético. Nas condições atuais, para cada 100 milhões de toneladas de cana-de-açúcar destinadas a fins energéticos, poderia ser evitada a emissão de 12,6 milhões de toneladas de CO₂ equivalente, considerando bioetanol, bagaço e o excedente adicional de energia elétrica fornecida à rede.

Isso faz com que o etanol produzido no Brasil, quando utilizado como combustível, seja considerado um combustível limpo e de significativa eficiência energética, pois além de emitir uma

baixa quantidade de CO₂, o que é emitido é reabsorvido pelo processo da fotossíntese durante o crescimento da nova safra agrícola, como já mencionado anteriormente.

Para além disso, vários outros fatores devem ser levados em conta, e devem ser priorizados na escolha da matéria-prima para produção do etanol, como por exemplo, disponibilidade de terra, água, produtos agroquímicos, e ainda a viabilidade econômica da produção, na qual matéria-prima utilizada de baixo custo é essencial, pois representa uma faixa entre 60% e 70% no custo final deste combustível. A esta equação, ainda pode-se adicionar a existência de co-produtos e subprodutos que são igualmente importantes, sejam ela de valor alimentício, industrial ou energético, ao passo que podem conferir uma flexibilidade na produção ao associar a disponibilidade dos biocombustíveis a outras fontes com potencial econômico.

A tabela 2 demonstra de maneira sintetizada as principais diferenças entre o etanol produzido a partir de cana-de-açúcar e o etanol de milho.

Tabela 2: Comparativo da produção entre etanol de cana-de-açúcar e de milho

ETANOL	CANA-DE-AÇÚCAR	MILHO
CUSTO	R\$0,90/litro	R\$1,10/litro
RENDIMENTO	89,5 litros/tonelada	407 litros/tonelada
SAFRA	Não precisa ser replantada durante de 5 a 6 anos	Precisa ser colhido 4 meses após o plantio
ESTOCAGEM	Quando cortada tem que ser moída em até de 36 horas	Pode ficar estocado durante o ano inteiro
FERMENTAÇÃO	De 7 a 11 horas	De 40 a 70 horas
PRODUTIVIDADE	90 ton./hectare = 7 000 a 8 000 litros	Entre 15 e 20 to./hectare = 3 mil a 3 500 litros

Fonte: Weingrill (2007) – adaptada.

5.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA PRODUÇÃO DO ETANOL

As vantagens e desvantagens sobre a utilização do etanol como combustível variam de acordo com o órgão ou com a área pela qual este assunto é estudado.

De uma forma generalizada, pode-se dizer que as vantagens na utilização do etanol se encontram: na menor dependência de combustíveis fósseis importados, e da variação do preço dos mesmos; menor emissão de poluentes, já que grandes partes dos poluentes resultantes da queima do combustível no motor são re-absorvidos no ciclo de crescimento da cana-de-açúcar (REAL, 2006), e os resíduos das usinas são totalmente reaproveitados na lavoura e na indústria (SCANDIFFIO, 2005); maior geração de empregos, sobretudo no campo; os subprodutos da cana são utilizados no próprio ciclo produtor de álcool (REAL, 2006), como fonte de energia elétrica obtida pela queima do bagaço, e como fertilizante da terra utilizada no plantio, através do chamado vinhoto, tornando uma usina de álcool auto-dependente (SCANDIFFIO, 2005), fonte de geração de divisas internacionais, sobretudo em tempos de escassez de petróleo e consciência ecológica.

Quanto às desvantagens do uso do álcool combustível: o preço e disponibilidade do álcool variam de acordo com o interesse dos usineiros, pois eles decidem se vão produzir álcool ou açúcar de acordo com o preço internacional de cada produto (PIACENTE, 2006); más condições de trabalho aos chamados cortadores de cana, especialmente quando são terceirizados (SCANDIFFIO, 2005); as queimadas provocadas na pré-colheita da cana, que por força de lei, e pela maior eficiência da colheita mecanizada sem queima serão em breve eliminadas, agravam o desconforto e problemas respiratórios que ocorrem durante o inverno seco da região centro-sul do Brasil, especialmente nas cidades próximas às grandes usinas (SCANDIFFIO, 2005); e ainda segundo Santos (2007) a procura de solos para a produção e a competição entre solos para a agricultura está a intensificar.

5.4 SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

Devido aos problemas ambientais da atualidade, mesmo apesar da demonstrada eficiência do etanol, a preocupação com os padrões de sustentabilidade são de grande importância mundial, por isso são realizados estudos independentes sobre o desempenho do combustível.

Um dos pontos essenciais para a sustentabilidade é o balanço de energia, que mede quantas unidades de energia são geradas por unidade de energia de origem fóssil utilizada, como já mencionado.

No que diz respeito à redução na emissão de gases, o etanol de cana-de-açúcar reduz as emissões em 2.181 kg de gás carbônico para cada mil litros de etanol usado em relação aos combustíveis fósseis⁴². Diferentemente, o etanol de milho é menos eficiente, o que faz com que este tenha uma pequena redução nas emissões.

Devido à eficiência energética do etanol de cana, este poder ser considerado como um forte aliado em vias de se evitar o aumento do aquecimento global, através da redução dos GEE. Por isso faz-se necessário a especificação da matéria-prima utilizada para a produção de etanol quando se trata de sustentabilidade.

Outros parâmetros também devem ser analisados para poder definir a sustentabilidade da produção de etanol. Os principais argumentos negativos, internacionalmente debatidos, se pautam em torno de que a expansão desta cultura possa implicar na degradação do solo e diminuição dos recursos hídricos, na perda da biodiversidade, devido à ameaça a florestas tropicais, em especial a Amazônia, e que possa implicar na diminuição de alimentos no mundo, causando inflação nos preços dos alimentos e aumentando a fome.

⁴² CRUZ, C. H. B. **A pesquisa no etanol da cana**. CDi/FAPESP - Centro de Documentação e Informação da FAPESP, 2010. Disponível em: <<http://www.bv.fapesp.br/namidia/noticia/35048/pesquisa-no-etanol-da-cana/>>. Acesso em: 23 set. 2010.

Segundo Abramovay (2009) nenhum desses fatores negativos estão relacionados ao caso brasileiro. Pelo contrário, o etanol nos moldes brasileiro representa uma das opções mais viáveis na produção sustentável de biocombustíveis, e oferece exemplos de questões sociais, ambientais e econômicas, face às alterações do clima, no contexto do desenvolvimento sustentável.

5.4.1 Erosão do Solo e Recursos Hídricos

Partindo da perspectiva dos recursos hídricos, países como o Brasil, de clima tropical úmido, e com vasto regime pluvial bem distribuído em maior parte do seu território, a irrigação da cana é quase desnecessária. No país, a região centro-sul, a irrigação é praticamente inexistente, sendo esta feita somente em períodos de seca críticos na região centro-oeste, e com um pouco mais de frequência na região nordeste. Ao passo que regiões mais áridas passem a ser utilizadas para o cultivo da cana, acredita-se que a irrigação passe a ser vista com interesse, objetivando o aumento da produtividade.

Apesar da pouca necessidade de irrigação durante o cultivo da planta, a necessidade de água durante o processo industrial de produção de etanol é considerável. De acordo com o Abramovay (2009) a utilização de água durante este processo tem diminuído muito com o passar dos anos. Estima-se que o consumo de água seja, em média de 5m³ por tonelada de cana processada, podendo até mesmo chegar ao consumo de apenas 1,5m³. Desta utilização, 87% são distribuídos em quatro etapas: na lavagem da cana, nos condensadores/multijatos na evaporação e vácuos, no resfriamento de dornas e nos condensadores de álcool (BNDES, 2008).

Entretanto, a racionalização do consumo de água tem sido feita através de algumas mudanças no processo, nomeadamente, a limpeza a seco e a redução da lavagem da cana em função do corte mecanizado. A mudança nestas etapas tem representado significativa redução no consumo de água durante o processo industrial.

É também notável a diminuição da captação de água e o lançamento de efluentes, em uma média superior a 60%, devido a técnicas de reuso de água, como também do uso de fertirrigação de utilizando a vinhaça⁴³, que além de evitar o consumo de água na irrigação, reduz-se a utilização de fertilizantes devido à reciclagem dos nutrientes, que por sua vez provê vantagens ambientais, por diminuir riscos de contaminação e salinização do lençol freático, e ganhos econômicos (BNDES, 2008).

A erosão do solo geralmente é consequência de práticas agrícolas inadequadas, na qual, durante o processo de erosão a degradação do solo é tamanha, que pode até ocasionar à perda

⁴³ No início a vinhaça era despejada nos rios, o que causava grandes danos ambientais, mas que no entanto, teve estes danos evitados através da introdução dos sistemas de fertirrigação.

permanente do solo cultivável. Por isso, antes de se decidir por uma cultura a ser plantada, é necessário analisar o tipo do solo, a declividade, o regime de chuvas, dentre outros, para proteger a fertilidade do solo.

No caso da cana-de-açúcar, por muito tempo esta foi considerada uma cultura de impacto ambiental, devido à queima da palha da cana antes da colheita. Procedimento este considerado degradador dos solos, além de poluidor do ar e da água nas regiões aos arredores, devido à produção de resíduos e cinzas e resultantes das queimadas.

Esta prática já foi bastante diminuída graças a investimentos no setor, e ao desenvolvimento de máquinas e tecnologias, que proporcionaram mudanças e melhorias no campo produtivo. Atualmente, em função destas tecnologias e de novas legislações, que determinam que a prática das queimadas utilizada seja diminuída gradualmente até ser eliminada por completo, boa parte da colheita da cana já é mecanizada. Contudo, é válido ressaltar que:

É importante observar que a efetiva aplicação da legislação e a difusão de uma postura mais favorável ao ambiente natural decorrem e dependem da presença clara e ativa do Estado, que tem a missão de implementar e fiscalizar a observância da legislação ambiental (BNDES, 2008, p. 193).

Para além do método de colheita desta matéria-prima, a erosão do solo durante o cultivo de cana é reduzido de forma significativa, pelo fato desta planta ser naturalmente favorecida por ser uma cultura semiperene⁴⁴. Isso faz com que seja menor o número de operações agrícolas necessárias neste cultivo, que por sua vez expõem menos o solo ao processo erosivo. Ainda, a redução da erosão e a proteção da fertilidade do solo também são favorecidas graças a técnicas agrícolas adequadas utilizadas durante este processo.

Outro fator importante para poupar o solo do processo erosivo, é a capacidade da cultura plantada ajudar a terra a reter a água das chuvas, que é necessário tanto para produção agrícola, quanto para proteção do solo, e ainda para manter sua camada fértil. Em função disso, a cana-de-açúcar é reconhecida por ser uma cultura chamada de conservacionista, pois representa índices superficiais de perda do solo e de água da chuva, fazendo com que seja uma planta que represente poucos riscos para a erosão do solo.

O BNDES (2008) aponta que com o crescente uso da colheita da cana crua⁴⁵, na qual a palha não é queimada, e sim deixada no campo, o solo é protegido contra o impacto direto das gotas de chuva, e com o impacto reduzido das chuvas o solo exige menor mobilização, o solo poderá ter mais

⁴⁴ Cultura permanente é sinônima de cultura perene. Trata-se da lavoura na qual não se faz necessário, semear uma nova planta após um ou vários ciclos. Culturas anuais são aquelas que têm uma única produção, ou seja, após a sua produção necessita de um novo plantio no ano seguinte. Cultura semiperene é aquela que tem um número de cortes pré-determinado, ou seja, ela não necessita ser plantada todos os anos, mas dura apenas por algum tempo, como é o caso da cana-de-açúcar, que depois de cortada, rebrota, e pode reproduzir este ciclo por uma média de 5 anos.

⁴⁵ Colheita de cana feita de maneira mecanizada.

altos níveis de conservação, que representará uma diminuição de uma média de 50% nas perdas de solo e de água da chuva, comparadas aos níveis atuais. Além disso, com o passar dos anos, essa palha que deixa de ser queimada se incorpora ao solo como material orgânico, tornando a terra mais fértil, e ainda aumenta seus níveis de carbono, que evitam serem dispersos na atmosfera (ABRAMOVAY, 2009).

5.4.2 Etanol vs. Ecossistemas

A produção eficiente do etanol impõe exigências de características naturais quanto ao tipo de terreno utilizado para este cultivo. No Brasil, no que remonta ao comprometimento de ecossistemas, a legislação brasileira determina que seja delimitada uma reserva natural, correspondente a uma área de 20% das propriedades rurais permanentemente, para a conservação da biodiversidade e para proteção da fauna e da flora. Esta prática vem sendo incorporada também à prática agrícola das usinas responsáveis pela produção de etanol e açúcar. É importante ressaltar, no entanto, que o sucesso de tais práticas depende a priori, do respeito estrito a legislação, não só pelas indústrias produtoras de cana-de-açúcar, mas também dos agricultores de forma geral, e principalmente presença e fiscalização ativa do Estado, como já mencionado.

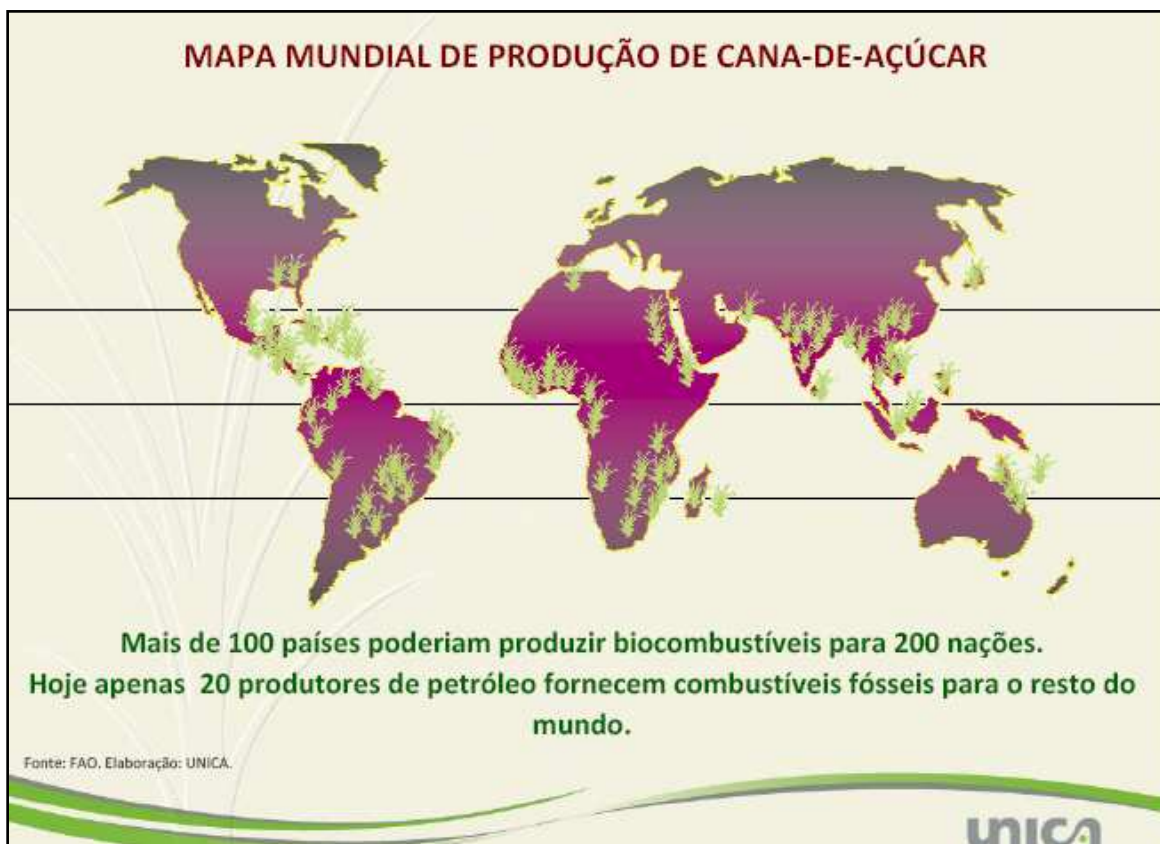
É seguindo esta direção que surge a questão do desmatamento em áreas florestais, como a Amazônia, que geralmente é apontado internacionalmente como um fator negativo, devido este ser uma consequência induzida indiretamente devido à expansão da produção de biocombustíveis.

Não só no Brasil, mas em todo o planeta, áreas florestais tropicais sofrem enorme pressão devido seus recursos madeireiros, e pela possibilidade destas áreas representarem um espaço a ser ocupado para as atividades agrícolas e agropecuárias. Porém, no Brasil, assim como em outras regiões de clima tropical úmido no planeta, como a África, existe disponibilidade de terras expressiva para a expansão da cultura agrícola de forma sustentável, quer para a produção de alimentos, quer para os biocombustíveis, sem precisar disseminar o patrimônio florestal do país, como pode ser observado na ilustração 3.

Para melhor ilustrar estes fatos, segundo dados do BNDES (2008, p. 196-197):

O Brasil possui uma superfície total de 851,4 milhões de hectares, em grande parte coberta por florestas tropicais. Com base nos resultados do Censo Agropecuário de 2006, a área das propriedades rurais brasileiras – que exclui – áreas protegidas, corpos d'água e áreas inaptas para agricultura e inclui as reservas legais de formações nativas – soma 354,8 milhões de hectares (42% da área total do país), dedicados a pastagens naturais e plantadas, silvicultura, florestas nativas e lavouras perenes e anuais. [...] entre 1995 e 2006, a agricultura brasileira cresceu 83,5% e passou a ocupar 76,7 milhões de hectares, cerca de 9% da área nacional. [...] Em 2007, o cultivo da cana no Brasil ocupou 7,8 milhões de hectares, cerca de um terço superfícies ocupada pela soja e metade da área cultivada com milho. [...] Portanto, os canaviais para a produção de combustíveis, no Brasil, correspondem a 5% da área cultivada, a 1% da área das propriedades agrícolas, a 2,3% das áreas dedicadas a pastagens e a 0,5% da superfície do país.

Ilustração 4: Mapa Mundial de produção de cana-de-açúcar



Fonte: UNICA⁴⁶

Com base nos dados apontados, fica claro observar, então, que o cultivo o de áreas destinadas para a produção de combustíveis, no Brasil, corresponde a uma ínfima parte da área agrícola e do território do país, ou seja, não implica no desmatamento, mesmo no caso de uma possível expansão das áreas dedicadas a produção de combustíveis.

Ainda, é importante destacar, que as áreas dedicadas ao cultivo de cana-de-açúcar se encontram, em sua maioria, na região Centro-Sul do país, na qual a produtividade desta região representa 85% da produção de cana no Brasil, a cerca de 2 mil quilômetros de distância da Amazônia, além de distante também do Pantanal mato-grossense, sendo esta uma área ambiental de suma importância. Os 15% restantes da produção de cana se encontram na região Nordeste, de igual distância da Amazônia, assim como também longe do Pantanal (ABRAMOVAY, 2009).

Além da indisponibilidade de condições climáticas adequadas para a produção de cana na região da mata atlântica, condição básica para que a planta cresça com alto teor de sacarose, esta região se mostra economicamente inviável, pois não possui infra-estrutura de transporte confiável para o escoamento da produção final, pois a cana não pode ser transportada por longas distâncias

⁴⁶ Disponível em: <http://cenbio.iee.usp.br/download/documentos/seminbioenergia/eduardosouza_2708.pdf>. Acesso em: 3 set. 2010.

devido ao fato já mencionado de que, quando cortada, tem que ser moída em um período até 36 horas.

O argumento de que, a expansão da produção de cana para outras áreas agrícolas pode culminar no deslocamento de outras culturas para a Amazônia não é plausível. A exemplo disso, Abramovay (2009) traz à luz a questão do estado de São Paulo, quanto a redução de pastagens agropecuárias, para o cultivo de cana-de-açúcar. Através de melhorias técnicas, esta ação levou os produtores de gado a uma melhor racionalidade no uso do solo nas áreas de pastagens degradada e de baixa produtividade, fazendo com que se tornassem capazes de aumentar o número de criação de cabeças de gado por hectare. Isto resultou num aumento, tanto na produção de carnes, como na produção de cana.

Diante deste contexto, afirmar que a produção de biocombustíveis afeta os ecossistemas, e principalmente que dissemina no desmatamento de florestas tropicais, é fazê-lo de forma injusta. O caso brasileiro dos moldes produção de biocombustíveis não causa desmatamento, e esta em vias de melhorar cada vez mais seus meios de produção, tornando-o cada vez mais ecologicamente viável para os moldes de desenvolvimento sustentável.

5.4.3 Etanol vs. Alimentos

Uma outra questão de suma importância para se analisar a sustentabilidade do etanol, é saber se na produção deste, a produção de outros produtos, especificamente alimentos, possam ser afetados, e ainda encarecidos em consequência da iminentes redução da oferta.

A questão alimentar, face aos biocombustíveis, tem sido bastante questionada devido a uma combinação de fatores recentes, que colocaram em causa a relação dos biocombustíveis com uma subida nos preços dos alimentos. Frente a este dilema, os principais protagonistas foram apontados por Abramovay (2009) como a destinação do milho americano para a produção de álcool, a alta do petróleo e os baixos estoques mundiais, que resultaram numa série de críticas aos biocombustíveis, acusando estes de serem os responsáveis pela subida de preço dos alimentos e como potenciais causa de uma possível escassez. Cruz (2010)⁴⁷ aponta que esta crítica acontece pois:

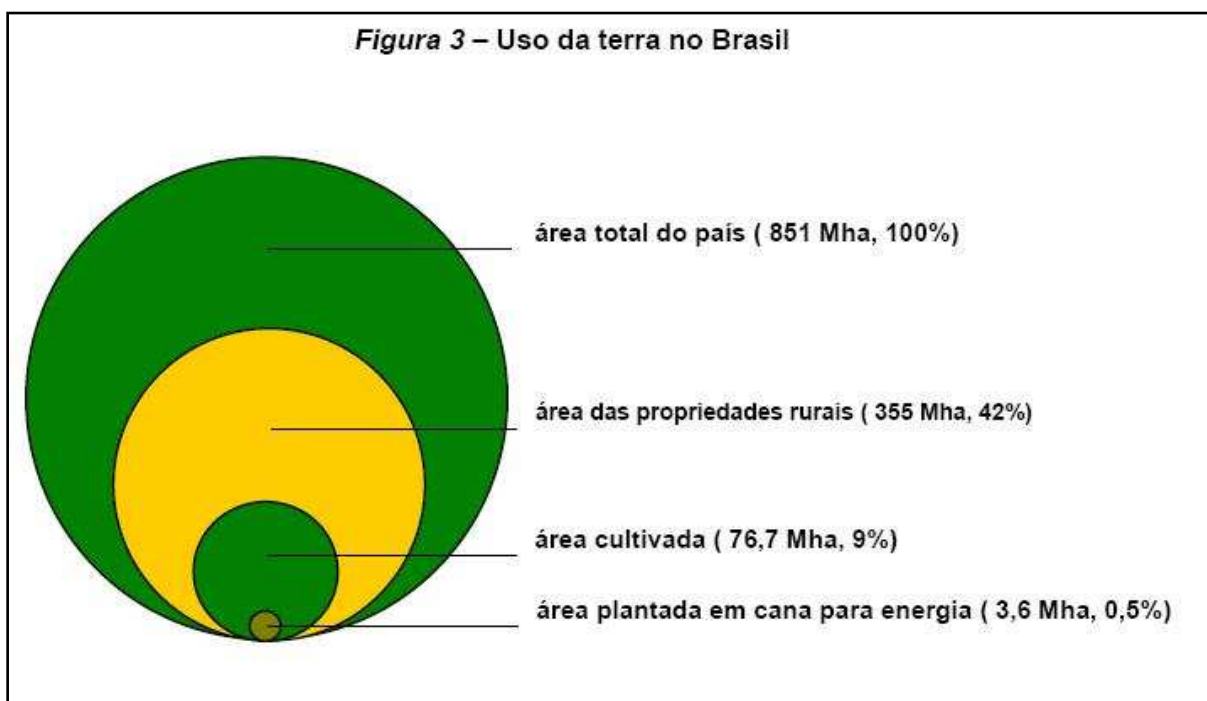
Essa objeção aos biocombustíveis tem sido popularmente aceita na Europa e nos Estados Unidos e é fácil entender por que: estas são regiões do mundo nas quais não há fronteira agrícola a ser explorada – toda a terra arável está em uso. Por isso, falar de plantar “fontes de energia” deslocaria plantações de alimentos. Mas na América Latina e na África há muita terra boa ainda disponível. A disponibilidade nessas duas regiões é especialmente positiva, pois são justamente as regiões mais pobres do mundo e nas quais o desenvolvimento vai levar a maiores demandas por energia.

⁴⁷ CRUZ, C. H. B. **A pesquisa no etanol da cana**. CDi/FAPESP - Centro de Documentação e Informação da FAPESP, 2010. Disponível em: <<http://www.bv.fapesp.br/namidia/noticia/35048/pesquisa-no-etanol-da-cana/>>. Acesso em: 23 set. 2010.

Grande parte da relação da questão alimentícia com a dos biocombustíveis está inserida no contexto de produção norte americano, de produção de etanol de milho. Sendo o maior exportador mundial de milho, na qual são responsáveis por 60%, o fato de destinarem 20% de sua produção à produção de etanol, resulta em elevação nos preços dos alimentos (ABRAMOVAY, 2009).

No que diz respeito ao caso brasileiro, entretanto, o dilema da questão alimentar *versus* biocombustíveis não se aplica. Analisemos os fatos.

Ilustração 5: Uso da terra no Brasil



Fonte: BNDES (2008).

Em primeiro lugar, a produção de cana no Brasil, nas últimas décadas, aumentou substancialmente, partindo da média dos 100 milhões de toneladas em 1976 para os aproximados 500 milhões em 2007. O aumento da produtividade cresceu a uma média anual de 1,4%. Isto não quer dizer, no entanto, que este crescimento ocorreu devido ao aumento na área agrícola somente, pois o crescimento baseou-se mais em ganhos de produtividade técnica por área, do que no aumento de área em si. Se ainda contabilizarmos a eficiência dos processos industriais a esta equação, o crescimento passa a ser da ordem de 3%, ou seja, a produtividade dobrou nos últimos 40 anos (ABRAMOVAY, 2009).

Em contrapartida, a produção de alimentos no Brasil não decaiu. O ano-safra de 2007/2008 bateu recorde histórico de produção de grãos, atingindo a marca dos 140 milhões de toneladas. Isto

representa um crescimento anual médio de 2,6% na produção de soja, 2,5% na de milho, e de 2,5% na de arroz (ABRAMOVAY, 2009).

Tais dados demonstram, desta forma, que a ameaça de que a produção de etanol afetou ou poderá afetar a oferta de alimentos não existe, afinal a produção agrícola brasileira, como um todo, tem se mostrado eficiente devido ao impulsionamento da produtividade, e não da mobilidade ou desmatamento florestal, seja na produção de alimentos, seja na produção de combustíveis renováveis, como já demonstrado no tópico anterior.

Se formos analisarmos a capacidade de produção agrícola a nível mundial, podemos perceber que, ainda assim, a produção de etanol, não representa uma ameaça para a produtividade do setor alimentício. Abramovay (2009, p. 47) destaca que:

Segundo a FAO, o potencial de terras aráveis do mundo totalizam 1,4 bilhão de hectares, dos quais somente 15 milhões são utilizados para a produção de etanol, ou seja, 1%. A grande pergunta é: como esse 1% pode ser responsável pelo aumento do preço de produtos cultivados nos outros 99% da área? Ainda segundo a FAO, o potencial de terras aráveis no mundo é de aproximadamente 4 bilhões de hectares. Portanto, existem recursos ociosos que permitem aumentar tanto a produção de alimentos como a de biocombustíveis, desde que haja avanço e difusão das melhorias técnicas de produtividade.

Sanado o questionamento de que a produção de etanol ameaça a oferta de alimentos, existe ainda a questão de que esta esteja relacionada ao aumento dos preços dos alimentos.

Diante de uma perspectiva internacional, diversos fatores têm implicação, direta ou indireta, sobre o preço dos alimentos. O aumento da demanda de alimentos, principalmente em países emergentes, como Índia e China, que tem se fortalecido economicamente nos últimos anos, é um deles. Custos na produção de *commodities* agrícolas, principalmente relacionados ao aumento dos preços de fertilizantes e defensivos agrícolas, que representa uma boa parcela dos custos de produção é outro. A diminuição da produtividade agrícola de algumas safras, em algumas partes do mundo, em decorrência, por exemplo, em decorrência de fatores climáticos; a desvalorização do dólar, que é a moeda mais utilizada na comercialização destas *commodities*; redução nos estoques de produtos agropecuários; políticas protecionistas e subsídios domésticos, praticados principalmente por países desenvolvidos; além de uma gama de outros fatores são apontados por Abramovay (2009) como causas que justificam o preço dos alimentos.

Sob a luz destes fatos, vários organismos de renome internacional têm destacado esta questão, desmistificando o fato de que os biocombustíveis possam ser uma possível causa na diminuição da produção de alimentos ao redor do mundo.

5.4.4 A viabilidade do etanol

Nas análises de sustentabilidade do etanol, para além das questões ambientais atribuídas ao assunto, é de fundamental importância que os custos dessa produção, desde a plantação, do processo industrial, até a obtenção do produto final, sejam viáveis também economicamente.

No que diz respeito à produção de etanol no Brasil, segundo Mitchell (2008)⁴⁸ para o Banco Mundial:

A produção de biocombustível a partir da cana-de-açúcar no Brasil tem custos menores que o biocombustível produzido nos Estados Unidos ou na União Europeia e não tem elevado significativamente os preços do açúcar porque a produção de cana tem crescido rápido o suficiente para atender tanto à demanda por açúcar quanto por etanol.

De acordo com dados do BNDES (2008), o custo final do etanol de cana-de-açúcar, ao considerarmos todas as etapas do processo de produção, situa-se entre US\$ 0,35 e US\$ 0,40 por litro de etanol, que corresponde a uma média de US\$ 50 e US\$ 57 o barril equivalente ao petróleo, que são preços substancialmente inferiores aos valores de mercado desse combustível fóssil.

Fatores como a taxa de câmbio adotada são influentes no preço final do produto, ainda mais com a valorização da moeda brasileira nos últimos anos, resultou num aumento dos produtos da indústria sucroalcooleira do país, quando avaliados em divisas. Se for considerada a possibilidade de produção de etanol em maior escala, é de se esperar que os custos de produção do etanol se mantenham estabilizados. Com o passar do tempo, a tendência seria de que estes números reduzissem cada vez mais, diferentemente do que é de se esperar no mercado dos combustíveis fósseis, que tende para a conservação dos preços elevados, e que podem no futuro, aumentar cada vez mais.

Ainda, em decorrência da sustentabilidade ambiental do etanol, se as emissões de GEE evitadas deste fossem computadas no mercado de carbono, este custo poderia ser ainda menor. De acordo com UNICA:

Levando-se em conta o uso de etanol em substituição à gasolina e seu excedente de energia elétrica – com mitigação média de aproximadamente duas toneladas de CO₂ equivalente por metro cúbico de etanol e um custo de referência para a mitigação no mundo de US\$ 100 por tonelada de dióxido de carbono – o valor adicional para o litro de etanol seria de US\$ 0,20. Esse valor adicional (isto é, em adição ao valor equivalente à gasolina substituída) é uma das chamadas externalidades positiva do uso do etanol, que, apesar de não remunerada, deve ser considerada na elaboração de políticas públicas adequadas de suporte à sua produção e uso. Dito de outra maneira: trata-se de uma vantagem do etanol que, embora não esteja refletida em seu preço, equivale ao quanto se deixa de gastar em outras tecnologias para remover dióxido de carbono da atmosfera (UNICA, 2009, p. 88).

⁴⁸ MITCHELL, D. **A note on rising food prices**. Policy Research Working Paper 4682, 2008. Disponível em: <<http://www.wds.worldbank.org/servlet/>>. Acesso em: 14 nov. 2010.

Não se pode deixar de mencionar os benefícios sociais na geração de emprego providos devido ao mercado sucroalcooleiro. Em 2005, havia 982 mil trabalhadores diretamente e formalmente envolvidos com a o mercado de açúcar e álcool, mesmo apesar da intensificação da implementação de tecnologias como a colheita mecanizada (BNDES, 2008).

Por fim, o programa de co-geração de energia instaurado dentro das usinas de produção sucroalcooleira, além de prover economias pela utilização de energia local destas unidades, o excedente da energia comercializado, não pode deixar de ser apontado como um fator positivo, frente a viabilidade econômica da produção de etanol.

Pode-se concluir então, que a produção de etanol de cana é economicamente positiva, além de sustentável, com preços acessivos e viáveis, sem a necessidade de subsídios para concorrer com os combustíveis de origem fóssil.

6 A EXPERIÊNCIA BRASILEIRA

A experiência do Brasil com a produção de etanol de cana-de-açúcar se mostra como sendo um dos mais bem-sucedidos programas de biocombustíveis de sempre. O Brasil é o único país do mundo que combina diversas opções de veículos, sejam estes com opções específicas de abastecimento utilizando somente combustíveis fósseis, somente etanol, e ainda bicomcombustíveis, na qual é possível escolher o combustível utilizado, combinados com uma distribuição de etanol em larga escala. É nesse contexto que uma das opções a ser considerada é a do etanol, que pode ser usado como um aditivo ou substituto para a gasolina em escala mundial.

No Brasil o etanol vem sendo utilizado desde a criação do Programa Nacional do Álcool, o Proálcool, que foi desenvolvido pelo governo brasileiro na década de 1970, após o primeiro choque do petróleo em 1973. Com a intenção inicial de substituir os derivados de petróleo por uma alternativa nacional, o Brasil adotou uma série de medidas estratégicas para tentar contornar a crise, como os investimentos em pesquisas e tecnologia, quando o etanol de cana-de-açúcar foi uma das alternativas que apresentavam grandes vantagens.

A evolução do programa durante mais de 30 anos, principalmente no período presente, mostra que a tendência de consumo do etanol é aumentar progressivamente. De 1975 até 2000 foram produzidos no Brasil cerca de 5,6 milhões de veículos movidos a etanol. O programa prevê a adição de uma fração de álcool anidro (entre 1,1% a 25%) à gasolina para o consumo de uma frota superior a 10 milhões de veículos. Esse processo evitou emissões de gás carbônico da ordem de 110 milhões de toneladas de carbono (contido no CO₂) no período mencionado, gerando “fôlego” para o meio ambiente.

6.1 HISTÓRICO DA PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DO ETANOL – DO PROÁLCOOL ATÉ OS NOSSOS DIAS

No Brasil, os anos de 1970 foram conturbados do ponto de vista econômico.

Depois do Golpe Militar de 1964, o governo brasileiro criou um plano de ação econômica (Paeg), com o intuito de superar a crise pela qual o país passava naquele período. O plano tinha como objetivo acelerar o ritmo de desenvolvimento econômico, conter o processo inflacionário, atenuar os desequilíbrios setoriais e regionais, aumentar o investimento e com isso o emprego, e corrigir a tendência ao desequilíbrio externo (GREMAUD; VASCONCELLOS; TORNETO JÚNIOR, 2002).

A partir disso, o período de 1968-1973 foi caracterizado como o do “Milagre Econômico”, pois foram registradas no país as maiores taxas de crescimento do produto brasileiro, estabilidade nos preços e controle das taxas de inflação. No entanto, não podemos deixar de destacar que o crescimento da economia mundial também contribuiu para esta superação e crescimento (GREMAUD; VASCONCELLOS; TORNETO JÚNIOR, 2002).

Porém, para se manter este período de crescimento, o Brasil dependia cada vez mais de uma situação externa favorável, que foi rompida pela crise internacional, desencadeada pelo primeiro choque do petróleo em 1973, quando os países membros da OPEP quadruplicaram o preço do barril de petróleo.

Isto fez com que, assim como em vários outros países do mundo, o balanço de pagamentos brasileiro apresentasse déficits, provocados não só pelo valor das importações de petróleo, mas também em função dos bens de capital e insumos básicos, necessários para manter o nível de produção decorrente do “Milagre Econômico”, que acabou por revelar o elevado grau de vulnerabilidade externa da economia brasileira (GREMAUD; VASCONCELLOS; TORNETO JÚNIOR, 2002).

Paralelamente, o mercado de açúcar brasileiro, que esteve aquecido desde a década de 1950, teve um grande declínio mediante a introdução de novos produtores de açúcar, fazendo com que o preço deste produto caísse fortemente.

A partir dessa nova conjuntura, movido pelas necessidades de crescimento econômico e desenvolvimento industrial, o Brasil adotou uma série de medidas estratégicas para tentar contornar a crise, nas quais se destacam os investimentos em pesquisas e tecnologia para o aumento da produção doméstica de petróleo, e a implementação do Programa Nacional do Álcool, ou simplesmente, Proálcool.

6.1.1 O Proálcool

O Programa Nacional do Álcool, ou Proálcool, teve início em 14 de novembro de 1975 no governo Geisel, com o Decreto nº 76593, e tinha como objetivo incentivar a produção de álcool, derivado de qualquer insumo, através do aumento da oferta de matérias-primas, visando o aumento da produção agrícola, bem como a ampliação, modernização e instalação de novas unidades produtoras e armazenadoras.

Como os preços do açúcar andavam em baixa na mesma época, e no seu processo de fabricação obtêm-se um subproduto chamado mel residual (melaço), na qual através deste se produz o álcool anidro, a cana-de-açúcar foi a matéria-prima escolhida para ser implementada ao programa.

A escolha da cana-de-açúcar como primordial na produção do álcool, deve-se ao fato desta prover um alto retorno para os agricultores por hectares plantados, e também por ter sido mais fácil e viável a modernização e ampliação das usinas de açúcar, até então existentes, instalando unidades produtoras e armazenadoras, anexas a estas, criando as destilarias de álcool, do que ter que criar novas unidades para este processo (majoritariamente, em um primeiro momento, pois mais tarde acabaram por surgir unidades autônomas, exclusivas para a produção do álcool).

Para uma melhor compreensão do programa brasileiro do álcool, o Proálcool distinguiu-se em cinco fases.

6.1.1.1 Fase Inicial (1975-1979)

O período inicial foi dedicado a produção do álcool anidro para ser misturado a gasolina, utilizada em veículos automotivos, com o intuito de reduzir as importações de petróleo, e diminuir a oferta do açúcar, numa tentativa de voltar a aumentar os preços deste produto.

Desta forma, segundo Piacente (2006, p. 8): “[...] o Proálcool não somente manteve elevada a demanda do setor sucroalcooleiro, como permitiu um acentuado aumento do mercado alcooleiro, que até então assumia um caráter absolutamente residual para os produtores do setor”

E ainda, segundo Lopes (1999, p. 162), tanto na primeira fase, como na segunda, as 3 principais finalidades sob as quais o programa se concentrou foram:

- 1) Melhorar a situação do balanço de pagamentos através da redução das importações do petróleo,
- 2) Reduzir a dependência do país em relação à energia importada, em consonância com considerações de segurança nacional, e
- 3) Criar uma válvula de segurança para as crises de superprodução de açúcar.

Nestes anos, a produção alcooleira cresceu de 600 milhões de litros/ano (1975-76) para 3,4 bilhões de litros/ano (1979-80)⁴⁹. Vale lembrar também que os primeiros carros movidos exclusivamente a álcool surgiram em 1979. Em tal período, o Proálcool recebeu um investimento de cerca de US\$1,02 bilhão, sendo 75% desta quantia provenientes de recursos públicos, e os outros 25% de recursos privados (LANZOTTI, 2000).

⁴⁹ BIODIESELBR, 2010. **Evoulução do Programa Nacional do Álcool, Proálcool**. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool.htm>>. Acesso em: 2 nov. 2010.

6.1.1.2 Fase de Afirmação (1980-1986)

Com o Segundo Choque do Petróleo, em 1979, os países membros da OPEP, movidos sob os efeitos da Guerra Irã-Iraque, aplicaram um novo patamar aos preços deste produto. O preço do barril triplicou, e passou a custar US\$30 (LANZOTTI, 2000).

A partir disso, o governo brasileiro tomou algumas medidas para incentivar a produção de álcool no país, sendo usado agora não só o álcool anidro, para ser adicionado a gasolina, mas também como combustível único, de etanol hidratado, para ser utilizado nos até então recentes “carros a álcool”.

Para que o Proálcool tivesse seu amadurecimento de fato, o governo brasileiro criou organismos como o Conselho Nacional do Álcool (CNA), e a Comissão Executiva Nacional do Álcool (CENAL), para agilizar o processo.

Para alcançar as novas metas desta nova fase do Proálcool, os principais obstáculos foram enfiados com o desenvolvimento de tecnologia para a produção em larga escala dos automóveis movidos a álcool, mas que, graças a um notável esforço de diversos pesquisadores, em pouco menos de quatro anos a maioria destes problemas foram contornados, viabilizando tecnicamente a produção do carro a álcool (PIACENTE, 2006). Com esta superação, as vendas dos carros a álcool no Brasil tinham uma série de vantagens, o que naturalmente agradava aos consumidores, aumentando as vendas destes automóveis.

Além dos incentivos governamentais para com as indústrias automobilísticas, e com o aumento nas vendas de veículos movidos a álcool, o governo brasileiro também concedeu incentivos aos produtores de álcool, que fez com que houvesse um maior interesse por parte dos produtores em investir no setor sulcroalcooleiro, e que consequentemente, representaram um aumento significativo nas áreas agrícolas dedicadas à cana-de-açúcar, e assim, logo também do álcool (LANZOTTI, 2000).

A produção de álcool nesta fase atingiu seu pico nos anos de 1986-87, com 12,3 bilhões de litros/ano, superando em 15% as expectativas iniciais do governo, que eram de 10,7 bilhões de litros/ano. A proporção de carros a álcool no total de automóveis produzidos no país aumentou de 0,46% em 1979, para 26,8% em 1980, e 76,1% em 1986⁵⁰.

De acordo com Marcocchia (2007, p. 28): “o Brasil tornou-se o primeiro país a desenvolver uma utilização em massa de um combustível renovável [...]. Ano a ano, o Brasil superava suas metas de produção e de abastecimento, tendo sido até 1985, criada uma rede de distribuição para o etanol que contemplava todo o território nacional”.

⁵⁰ BIODIESELBR, 2010. **Evoulução do Programa Nacional do Álcool, Proálcool**. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool.htm>>. Acesso em: 2 nov. 2010.

6.1.1.3 Fase de Estagnação (1986-1995)

Após o grande sucesso da segunda fase de implementação do Proálcool, tudo caminhava bem, até que o preço do petróleo começa a se estabilizar e a cair. Os preços do barril, que durante a segunda crise do petróleo custavam entre US\$ 30 a US\$40, passaram para um patamar de US\$12 a US\$20⁵¹. Isso se refletiu diretamente no preço da gasolina, o qual servia de referência para o preço do etanol hidratado (usado em carros a álcool), e assim, diminuindo consequentemente a competitividade deste combustível renovável (PIACENTE, 2006).

Além disso, o Proálcool sofreu uma diminuição do apoio governamental, devido à preocupação com problemas de ordem inflacionária e pela necessidade de controle dos preços (MARCOCCIA, 2007).

De acordo com Scandiffio (2005, p. 43):

O declínio do Programa foi provocado na realidade, pela deficiência no planejamento, o que levou a um desajuste entre a oferta do combustível renovável e a produção de carros a álcool. A demanda de álcool hidratado crescia regularmente, mas a produção (oferta) de álcool parou de crescer a partir de 1985. Isso se deveu ao fato dos preços internos começarem a cair.

Ou seja, a partir da queda nos preços do petróleo, a produção de álcool sofreu um desestímulo por parte do governo para sua produção, e por mais que na segunda metade da década 1980 até o seu final a produção tenha se mantido constante, ela não foi capaz de acompanhar o crescimento da demanda de carros a álcool, na qual sua produção continuou a ser estimulada, por meio da manutenção de preço relativamente atrativo ao da gasolina e da manutenção de menores impostos nos veículos a álcool comparados aos à gasolina, atingindo níveis de venda superiores a 95,8% das vendas totais de veículos no Brasil em 1985⁵².

Nesse período de baixa na produção do álcool, fez com que o desabastecimento fosse tamanho, que foi preciso importar etanol e metanol para que a demanda fosse atendida (PIACENTE, 2006).

Com essa crise no abastecimento no final da década de 1980, o Proálcool foi afetado, perdendo sua credibilidade e, consequentemente, nos anos que se seguiram, houve uma considerável diminuição da demanda do produto, e por sua vez, nas vendas dos automóveis a álcool vendidos.

⁵¹ BIODIESELBR, 2010. **Evolução do Programa Nacional do Álcool, Proálcool**. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool.htm>>. Acesso em: 2 nov. 2010.

⁵² A produção de álcool manteve-se em níveis praticamente constantes, atingindo 11,8 bilhões de litros na safra 1985-86; 10,5 bilhões em 1986-87; 11,5 bilhões em 1987-88; 11,7 bilhões em 1988-89 e 11,9 bilhões em 1989-90. As produções brasileiras de açúcar no período foram de 7,8 milhões de toneladas na safra 1985-86; 8,2 milhões em 1986-87; 7,9 milhões em 1987-88; 8,1 milhões em 1988-89 e 7,3 milhões de toneladas em 1989-90. BIODIESELBR, 2010. **Evolução do Programa Nacional do Álcool, Proálcool**. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool.htm>>. Acesso em: 2 nov. 2010.

De acordo com Marcoccia (2007, p. 28):

Neste período até 1996 a diferença do preço do álcool e da gasolina tornou-se cada vez menor. Devido a queda do preço da gasolina e a consequente necessidade da redução do preço do álcool ocorreu a diminuição nas margens de lucro para os produtores, motivando-os à produção de açúcar para o mercado internacional, que a esta altura apresentava elevação nos preços. Os benefícios aos consumidores também foram reduzidos. A falta de subsídios para a produção de etanol e construção de novas usinas e o constante aumento da frota provocou um desabastecimento de álcool, implicando na importação de metanol para adição à gasolina. A modernização do parque automotivo na década de 1990, trouxe ao Brasil novas tecnologias utilizadas na Europa e EUA para veículos movidos à gasolina.

No início da década de 1990 então, para contornar a situação dos carros a álcool e da precariedade na oferta deste produto, houve no Brasil uma liberação nas importações de veículos automotivos movidos a gasolina, com modelos e motores mundialmente padronizados, acompanhados de políticas de incentivo para a aquisição dos consumidores destes novos automóveis, com motor de até 1000 cilindradas para ser movido à gasolina, que ficou conhecido no território brasileiro como o “carro popular”, mais barato, de baixo consumo de combustível e “acessível a todos”.

6.1.1.4 Fase da Redefinição (1995-2000)

Nesta nova fase, com a administração de Fernando Henrique Cardoso⁵³, o governo já não controlava mais o preço do etanol e do açúcar como fazia anteriormente. Os processos de produção, tanto de álcool anidro como de álcool hidratado, ficam liberados em todas as suas fases, assim como também na distribuição e na revenda, e tudo passa a ser controlado exclusivamente pelos produtores, que determinam sua produção e preço de acordo com a demanda. Com essa mudança nas produções, o açúcar voltou a ter importância no início da década de 1990, mas mais uma vez sofreu com a super produção, e uma consequente baixa nos preços. Foi então que surgiu a necessidade de mecanismos de gestão governamental para controlar e regulamentar os fluxos de produção, tanto do açúcar como do álcool, ambos agora altamente competitivos, tanto no mercado interno como no mercado externo.

Dadas as novas externalidades positivas do álcool, como a baixa do açúcar e o controle dos produtores nos processos de produção, e com o intuito de direcionar políticas para o setor sucroalcooleiro, foi criado, meio a um decreto em 21 de agosto de 1997, o Conselho Interministerial do Açúcar e do Álcool (CIMA), e para reestimular a produção, em maio de 1998, a Medida Provisória

⁵³ Fernando Henrique Cardoso (1931-) é um sociólogo, professor universitário e político brasileiro. Foi presidente do Brasil por dois mandatos consecutivos, de 1995 a 2003, sendo o primeiro presidente reeleito do país.

nº 1662 dispôs que o Poder Executivo aumentasse a quantidade percentual de adição de álcool anidro à gasolina, obrigatoriamente, entre 22% a 25%, em todo território nacional.

Para Marcoccia (2007, p. 29):

A perspectiva, para o mercado do etanol do Brasil, no final da década de 1990 indicava que o uso ficaria restrito ao de aditivo carburante, com pequena margem de incremento agregado à produção de veículos e aos limites estabelecidos pelo governo para os níveis de mistura à gasolina. Os níveis dos preços de petróleo chegavam, comparativamente, próximos aos estabelecidos no período anterior ao primeiro choque. O mundo crescia a níveis insatisfatórios, porém não lembrava ou não conhecia o uso em larga escala do etanol promovido em território brasileiro.

O Proálcool foi novamente implementado, e com isso ficou estabelecido, a priori, que houvesse uma transferência dos recursos arrecadados a partir de parcelas de preços dos produtos derivados de petróleo, e viabilizar, novamente, o álcool como combustível. Assim, ficou estabelecida uma nova ligação de semelhança e controle, através do CIMA, entre os preços do álcool e do açúcar para o produtor, juntamente com novos incentivos do governo de financiamento, tanto para as fases agrícola como industrial na produção do álcool.

6.1.1.5 Fase Atual

Com a entrada do século XXI, as perspectivas para a utilização do álcool passam a serem vista sobre outro prisma. O mundo começa a considerar as questões ambientais com mais seriedade, movidos principalmente pelos efeitos das mudanças climáticas, e começam a ver nos biocombustíveis, ou “combustíveis verdes”, uma alternativa em potencial no controle deste problema.

Trinta anos após a criação do Proálcool, o Brasil vive agora uma nova fase de expansão, em larga escala, deste combustível alternativo.

Para fomentar ainda mais o interesse e o consumo do álcool no Brasil, a nova tecnologia dos motores *Flex Fuel* conquistou o país como um todo. Atualmente, os carros deste tipo no Brasil são produzidos por quase todas as indústrias automobilísticas, e em quase todos os seus modelos disponíveis.

A aceitação, por parte dos consumidores, sobre esta nova tecnologia dos carros bicombustíveis foi tão rápida, que as vendas deste tipo de veículo ultrapassaram, pela primeira vez, as vendas dos veículos movidos a gasolina no mercado interno, como pode ser vista na tabela 3.

De acordo com Piacente (2006, p. 20):

Esta tecnologia, além de modificar o perfil da produção brasileira de automóveis, pode resgatar a confiança do consumidor no álcool etílico hidratado, ao oferecer ao proprietário deste veículo a opção de uso da gasolina ou/e etanol hidratado, optando

pelo combustível que tiver melhor preço, qualidade, características de desempenho, consumo ou mesmo disponibilidade. A tecnologia do biocombustível pode ser resumida por um sistema capaz de identificar o combustível colocado à disposição para a combustão e promover a calibração da quantidade de combustível e o tempo certo de ignição, para que a queima seja feita dentro dos parâmetros técnicos desejados. O sistema *flex-fuel* possibilita rápido ajuste da operação do motor às características do combustível. O veículo *flex-fuel* representa uma notável evolução tecnológica da indústria automotiva brasileira, a qual abre perspectivas para expansão consumo no mercado interno de etanol hidratado (PIACENTE, 2006, p. 20).

Tabela 3: Vendas de automóveis e veículos no Brasil por tipo de combustível

ANO	AUTOMÓVEIS E COMERCIAIS LEVES			TOTAL
	GASOLINA	ÁLCOOL	FLEX-FUEL	
1979	905.706	3.114	-	908.820
1980	626.467	240.643	-	867.110
1981	344.467	136.242	-	480.709
1982	365.434	232.575	-	598.009
1983	78.618	579.328	-	657.946
1984	33.482	565.536	-	599.018
1985	28.655	645.551	-	674.206
1986	61.916	697.049	-	758.965
1987	31.190	458.683	-	489.873
1988	77.312	566.482	-	643.794
1989	260.821	399.529	-	660.350
1990	542.855	81.996	-	624.851
1991	546.258	150.982	-	697.240
1992	498.927	195.503	-	694.430
1993	764.598	264.235	-	1.028.833
1994	1.127.485	141.834	-	1.269.319
1995	1.557.674	40.706	-	1.598.380
1996	1.621.968	7.647	-	1.629.615
1997	1.801.688	1.120	-	1.802.808
1998	1.388.734	1.224	-	1.389.958
1999	1.122.229	10.947	-	1.133.176
2000	1.310.479	10.292	-	1.320.771
2001	1.412.420	18.335	-	1.430.755
2002	1.283.963	55.961	-	1.339.924
2003	1.152.463	36.380	48.178	1.237.021
2004	1.077.945	50.949	328.379	1.457.273
2005	697.004	32.357	812.104	1.541.465
2006	316.561	1.863	1.430.334	1.748.758
2007	245.660	107	2.003.090	2.248.857
2008	217.021	84	2.329.247	2.546.352
2009	221.709	70	2.652.298	2.874.077

1) Os dados até 2004 referem-se a vendas internas no atacado. Os dados a partir de 2004 fazem referência ao número de veículos licenciados.

2) Inclui somente os veículos do Ciclo Otto (não estão contabilizados os comerciais leves movidos a diesel).

Fonte: Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores – Brasil / ANFAVEA
Elaboração União da Indústria de Cana-de-açúcar – UNICA⁵⁴

Frente a esta nova realidade, o álcool já não é mais um movimento controlado exclusivamente pelo governo, mas sim tem sido motivado pela iniciativa privada, tanto de usinas como pelas indústrias automobilísticas, pois estes acreditam que agora, mais do que nunca, o álcool terá um papel cada vez mais importante no Brasil, e talvez, num futuro não muito distante, no mundo.

⁵⁴ Disponível em: <<http://www.unica.com.br/downloads/estatisticas/vendaveiculosbrasil.xls>>. Acesso em: 12 jan. 2011.

A partir de agora, as perspectivas de manutenção e controle dos problemas ambientais, aliadas com as novas tecnologias automobilísticas, contribuem para o aumento do consumo do álcool, que se encontra em um momento favorável, assim como o aumento das exportações do açúcar, o que resulta, uma vez mais, numa onda de crescimento sem precedentes para o setor sucroalcooleiro, fazendo com que o Proálcool esteja cada vez mais presente e ativo na realidade brasileira.

6.2 PRODUÇÃO DE ETANOL NO BRASIL DESDE O PROÁLCOOL

Após 30 anos, o Proálcool, apesar dos seus altos e baixos, foi um programa bem-sucedido de substituição em larga escala dos derivados de petróleo, que fez com que o Brasil se destacasse na busca por um combustível renovável. Com a intenção inicial de substituir os derivados de petróleo teve bons resultados quando foi necessário, e mesmo que tenha passado com um período pouco produtivo durante o final da década de 1980 e início de 1990, o Programa Nacional do Álcool tem mostrado ser constituído em bases firmes, para suportar as pressões do tempo e superar problemas e imprevistos.

Para comprovar seus resultados, de 1975 até 2000 foram produzidos no Brasil cerca de 5,6 milhões de veículos movidos a álcool hidratado, conforme demonstrados na tabela 3, que tiveram um papel fundamental para que a produção crescesse durante o período. Além disso, a introdução dos carros *flex* fez com que este setor ganhasse novo impulso e a produção atingisse níveis substanciais.

Assim, a produção de etanol desde o período foi de crescimento significativo para atender a principalmente a demanda interna, mas não deixando de estar presente, em proporções menores, na exportação deste produto para diversos países, principalmente na última década. Desta forma, para analisarmos os dados de produção do etanol no Brasil desde o Proálcool, temos que analisar diferentes instâncias.

Válido destacar também, que os dados demonstrados apontam, na maioria das vezes, a produção do setor sucroalcooleiro por regiões de produtividade, sendo estas divididas entre as regiões Centro-Sul e Norte-Nordeste, pois as duas regiões produtoras de cana permitem que o Brasil seja abastecido com açúcar e etanol o ano todo, já que os períodos de safra entre as regiões são diferentes (MAISTRO, 2008).

Neste sentido, de acordo com Maistro (2008, p. 457):

Uma das mais importantes características do setor sucroalcooleiro do Brasil é a flexibilidade na sua produção, o que permite a composição de um *mix* diferenciado: ora pode produzir mais açúcar, ora mais etanol. Essa flexibilidade mostra-se como um instrumento que possibilita aos produtores redirecionar suas atividades frente aos sinais de mercado, ou seja, frente a possíveis ganhos com a produção de etanol

ou de açúcar. Mas, se por um lado, o mercado pode guiar as decisões empresariais, por outro tais decisões não devem estar desvinculadas de um planejamento de longo prazo para seus produtos. No início da década de 1990, cerca de 70% da cana era direcionada para a produção de açúcar; somente nos anos 2000 foi que a produção de etanol começou a ter maior importância, observando maior equilíbrio no direcionamento da cana. Na safra 2007/08, 45% da cana foi direcionada para a produção de etanol e 55%, para açúcar (MAISTRO, 2008, p. 457).

6.2.1 Produção de Cana-de-Açúcar por ano-safra de 1970/71 a 2009/10

A princípio, a produção de cana-de-açúcar, desde a criação do Proálcool, apresentou sempre níveis de crescimento constante, devido a diferentes momentos e exigências do mercado, seja pela produção de etanol, seja pela produção de açúcar. De 1970 a 2010 a produção de cana-de-açúcar no Brasil cresceu em torno de 1000%, partindo da marca de 57.077,41 mil toneladas no ano-safra de 1970/1 para 572.635,71 mil toneladas no ano 2009/10.

As oscilações na produção neste período não quer dizer necessariamente que tenha havido uma diminuição na plantação. Geralmente as quebras no crescimento se dão em função a razões climáticas que desfavorecem a produtividade. Mesmo com as intempéries climáticas, é notável o crescimento da produção de cana no período mencionado. De acordo com a UNICA (2010), somente na década de 1990, a produção de cana-de-açúcar por área colhida apresentou um aumento em torno de 15%.

De modo geral, o crescimento da produção de cana-de-açúcar aconteceu gradualmente, e se explica por melhorias técnicas na produção, que resulta em um aumento da produtividade; ao aumento na demanda no mercado interno de biocombustíveis, desde o Proálcool; assim como também pela produção de açúcar, pois, além de atender sua demanda interna, o Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de açúcar do mundo.

Todavia, a produção de cana-de-açúcar no país teve um salto substancial a partir do ano-safra de 2006/07. Este aumento acontece, pois, para além de atender o mercado interno e externo de açúcar, a demanda do etanol no Brasil, principalmente do etanol hidratado, ganhou novo impulso com a introdução da tecnologia *flex fuel* no mercado automobilístico. Graças a este aumento na demanda desta matéria-prima, e de condições climáticas e tecnológicas favoráveis, a produção total de cana-de-açúcar atingiu a marca recorde dos 602.692,66 mil toneladas no ano-safra de 2008/09.

A queda na produção registrada no ano seguinte foi decorrente das fortes chuvas na segunda metade de 2009, que fez com que mais de 50 milhões de toneladas de cana não pudessem ser colhidas. Essa perda na produtividade resultaria em um adicional de 2,1 bilhões de litros de etanol, e 2,7 milhões de toneladas de açúcar (ÚNICA, 2010)⁵⁵. As sequelas desta queda podem ser observadas também nos tópicos a seguir, com os dados sobre a produção de etanol.

As demonstrações dos dados a serem verificados na tabela 4 apresentam, então, os índices de produtividade de cana-de-açúcar desde o início da década de 1970 até o ano-safra 2009/10. Este

⁵⁵ Referência Adicional.

se faz por regiões, sendo estas divididas entre centro-sul e norte nordeste, e depois com o total da produção do país, pois, como já mencionado, as duas regiões permitem que o país seja abastecido com a cana-de-açúcar o ano todo, já que os períodos de safra entre estas regiões são diferentes.

Tabela 4: Produção de cana-de-açúcar por ano-safra de 1970/71 a 2009/10

SAFRA	CENTRO-SUL	NORTE-NORDESTE	BRASIL
1970/71			57.077,41
1971/72			60.535,14
1972/73			67.870,06
1973/74			74.508,64
1974/75			75.838,80
1975/76	42.721,96	25.600,66	68.322,62
1976/77	53.295,72	35.683,05	87.826,66
1977/78	68.950,74	35.224,18	104.633,80
1978/79	71.456,91	41.731,27	112.648,42
1979/80	77.424,24	52.221,38	107.626,38
1980/81	82.758,19	60.638,53	123.680,00
1981/82	91.155,08	56.762,66	132.886,34
1982/83	115.968,28	60.466,02	166.178,59
1983/84	144.521,57	50.191,33	196.742,94
1984/85	144.146,14	22.446,54	202.867,00
1985/86	162.567,47	45.931,52	223.206,00
1986/87	154.280,67	52.506,06	227.875,00
1987/88	167.734,34	46.173,10	224.497,00
1988/89	166.486,98	48.823,77	220.104,38
1989/90	162.436,32	58.512,68	222.902,34
1990/91	170.194,66	48.290,00	222.429,16
1991/92	179.030,92	57.953,16	229.222,24
1992/93	176.295,44	59.867,70	223.459,87
1993/94	184.088,46	25.600,66	206.535,00
1994/95	196.314,74	35.683,05	240.867,00
1995/96	203.944,48	35.224,18	249.876,00
1996/97	231.604,08	41.731,27	289.520,00
1997/98	249.691,94	52.221,38	302.198,00
1998/99	269.827,99	60.638,53	315.640,00
1999/00	263.948,90	56.762,66	310.122,00
2000/01	207.068,85	60.466,02	254.921,00
2001/02	243.505,23	50.191,33	292.329,00
2002/03	270.441,26	22.446,54	316.121,00
2003/04	298.597,32	45.931,52	357.110,00
2004/05	327.588,15	52.506,06	381.447,00
2005/06	336.980,00	46.173,10	382.482,00
2006/07	372.000,00	48.823,77	427.324,00
2007/08	431.225,51	58.512,68	489.178,67
2008/09	508.638,75	48.290,00	602.692,66
2009/10	542.824,96	57.953,16	572.635,71
			Mil toneladas

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA.

Elaboração: SCA Etanol do Brasil⁵⁶

⁵⁶ Disponível em: <<http://www.scalcool.com.br/portugues/pdf/Produção%20Brasil%20-%20MAPA.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2011.

6.2.2 Produção de etanol total por ano-safra de 1970/71 a 2009/10

A produção de etanol neste período também foi de crescimento expansivo, devido ao aumento na demanda de etanol hidratado, face a utilização de carros movidos a este combustível, a partir da implementação do Proálcool. A produção total de etanol no início da década de 1970 foi dos 637,24 milhões de litros, ao passo que, no ano-safra de 2009/10, chegou à margem dos 25.734,84 bilhões de litros.

Esta expansão da produção do etanol está relacionado principalmente aos incentivos da produção, principalmente por parte do governo nos primeiros anos da implementação do programa do álcool combustível; às oscilações no preço do petróleo; e mais recentemente a tecnologia dos carros *flex*.

Apesar deste crescimento ao longo de todo este período, no final da década de 1990, os índices de produção declinaram, sendo a redução verificada principalmente na produção de etanol hidratado, devido à diminuição no uso do produto como combustível, principalmente em função das quedas no preço do petróleo. Mas, como já mencionado, com o advento do carro *flex* a produção de etanol tomou novo impulso, e a partir da introdução desta tecnologia pôde-se notar um aumento de aproximadamente 100% entre os anos safra de 2002/03 e 2009/20, como demonstrados na tabela 5.

Tabela 5: Produção de etanol total por ano-safra de 1970/71 a 2009/10

SAFRA	CENTRO-SUL	NORTE-NORDESTE	BRASIL
1970/71			637,24
1971/72			613,07
1972/73			680,97
1973/74			665,98
1974/75			624,99
1975/76	461,84	93,79	555,63
1976/77	552,09	111,94	664,02
1977/78	1.262,61	207,80	1.470,40
1978/79	2.079,35	411,25	2.490,60
1979/80	2.827,21	569,25	3.396,46
1980/81	3.055,90	650,47	3.706,38
1981/82	3.414,40	825,72	4.240,12
1982/83	4.635,05	1.188,29	5.823,34
1983/84	6.734,57	1.129,64	7.864,21
1984/85	7.588,49	1.603,84	9.192,33
1985/86	9.799,46	2.031,05	11.830,50
1986/87	8.301,07	2.205,65	10.506,71
1987/88	9.667,80	1.790,60	11.458,40
1988/89	9.964,09	1.680,79	11.644,88
1989/90	9.900,91	2.019,57	11.920,48
1990/91	9.707,85	1.808,15	11.516,00
1991/92	10.967,30	1.748,70	12.716,00
1992/93	10.066,47	1.630,53	11.697,00
1991/94	10.372,68	913,32	11.286,00
1994/95	11.147,17	1.549,83	12.697,00
1995/96	10.849,17	1.733,83	12.583,00
1996/97	12.130,63	2.266,37	14.397,00
1996/97	13.259,95	2.145,05	15.405,00
1998/99	12.237,36	1.630,64	13.868,00
1999/00	11.634,23	785,77	12.420,00
2000/01	9.075,17	1.467,83	10.543,00
2001/02	10.107,83	1.360,17	11.468,00
2002/03	11.205,73	1.495,27	12.701,00
2003/04	13.027,59	1.723,41	14.751,00
2004/05	13.580,56	1.825,79	15.406,35
2005/06	14.332,00	1.508,00	15.840,00
2006/07	16.000,00	1.800,38	17.800,38
2007/08	20.250,17	2.193,36	22.443,53
2008/09	25.270,24	2.403,84	27.674,08
2009/10	23.733,51	2.001,33	25.734,84
			mil m ³

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA.

Elaboração: SCA Etanol do Brasil⁵⁷

6.2.2.1 Produção de etanol anidro por ano-safra de 1970/71 a 2009/10

Até 1979, o último ano da 1ª fase do Proálcool, a produção de etanol, era ainda substancialmente menor ao que o da gasolina. O etanol produzido, era em sua maior parte de álcool anidro. Entretanto, a partir do início da década de 1980, graças aos incentivos à produção do etanol

⁵⁷ Disponível em: <<http://www.scalcool.com.br/portugues/pdf/Produção%20Brasil%20-%20MAPA.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2011.

hidratado como substituto a gasolina, estes valores começaram a se inverter, fazendo com que a produção do etanol hidratado superasse a do anidro, a partir do ano-safra 1982/83.

Essa inversão nos valores de produção resultou da diminuição da produção de gasolina no país, que conseqüentemente ainda sofria os efeitos do segundo choque do petróleo. Isso, por sua vez, se refletiu em índices mais baixos de produção do etanol anidro, uma vez que este é produzido para se misturado a gasolina. É válido destacar que a produção do etanol anidro não diminuiu em si, mas sim teve índices menores de crescimento quando comparado ao etanol hidratado.

A partir de 1986, com a queda nos preços do barril de petróleo, o etanol anidro voltou a apresentar leves índices de crescimento, a partir do ano-safra de 1985/86.

No início da década de 1990, com a introdução dos carros com motores de mil cilindradas, a produção do álcool anidro voltou a crescer, acompanhando o aumento na demanda de gasolina. A partir disso, os índices de crescimento de etanol anidro mantiveram-se constantes, chegando a superar a produção do etanol hidratado no ano-safra de 2000/01. A produção superior do etanol anidro manteve-se até o ano safra de 2005/06, pois, com a introdução dos carros *flex fuel*, o álcool hidratado conquistou novamente o mercado, superando a produção do etanol anidro no ano-safra seguinte. Com esta nova fase do mercado consumidor de combustíveis no Brasil, a produção de etanol anidro tem se mantido inferior a do hidratado desde então.

E suma, é claro observar que este tipo de combustível apresenta índices quase constantes de crescimento, mesmo que por alguns períodos a produção tenha diminuído.

É importante perceber que estes índices permaneceram mais elevados, devido à substituição por uma fração de álcool anidro (entre 1,1% a 25%) ao volume de gasolina pura, consumida por uma frota superior a 10 milhões de veículos a gasolina, evitando, assim, a importação de aproximadamente 550 milhões de barris de petróleo e, ainda, proporcionando uma economia de divisas da ordem de 11,5 bilhões de dólares⁵⁸.

⁵⁸ BIODIESELBR, 2010. **Evoulução do Programa Nacional do Álcool, Proálcool**. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool.htm>>. Acesso em: 3 dez. 2010.

Tabela 6: Produção de etanol anidro por ano-safra de 1970/71 a 2009/10

SAFRA	CENTRO-SUL	NORTE-NORDESTE	BRASIL
1970/71			252,40
1971/72			389,95
1972/73			388,89
1973/74			306,22
1974/75			216,53
1975/76	218,77	13,85	232,62
1976/77	257,59	42,75	300,34
1977/78	1.030,65	146,30	1.176,95
1978/79	1.739,84	355,76	2.095,60
1979/80	2.300,20	413,16	2.713,36
1980/81	1.822,68	281,35	2.104,03
1981/82	1.014,21	546,35	1.453,10
1982/83	3.003,36	438,89	3.549,71
1983/84	2.124,30	345,14	2.469,44
1984/85	1.827,12	275,46	2.102,59
1985/86	2.813,34	383,04	3.196,38
1986/87	1.759,36	404,11	2.163,47
1987/88	1.787,90	194,52	1.982,41
1988/89	1.512,93	203,56	1.716,49
1989/90	1.302,74	149,89	1.452,63
1990/91	1.087,55	199,45	1.287,00
1991/92	1.801,67	185,33	1.987,00
1992/93	1.937,72	278,28	2.216,00
1991/94	2.378,81	144,19	2.523,00
1994/95	2.575,86	293,14	2.869,00
1995/96	2.588,20	410,80	2.999,00
1996/97	3.851,66	766,34	4.618,00
1996/97	4.776,96	904,04	5.681,00
1998/99	4.804,32	859,68	5.664,00
1999/00	5.393,19	229,81	5.623,00
2000/01	4.808,60	793,40	5.602,00
2001/02	5.759,98	719,03	6.479,00
2002/03	7.963,63	744,24	7.030,00
2003/04	6.285,76	846,37	8.810,00
2004/05	7.276,00	977,97	8.319,54
2005/06	7.341,56	791,00	8.067,00
2006/07	7.387,00	999,14	8.386,14
2007/08	7.419,61	1.050,75	8.470,36
2008/09	8.541,56	1.088,91	9.630,47
2009/10	6.078,84	858,93	6.937,77

mil m³

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA.

Elaboração: SCA Etanol do Brasil⁵⁹

6.2.2.2 Produção de etanol hidratado por ano-safra de 1970/71 a 2009/10

A produção do etanol hidratado, durante a 1ª fase do Proálcool, foi sempre inferior ao do álcool anidro, devido ainda a poucos incentivos para a utilização deste combustível. Porém, com as constantes altas nos preços do petróleo, em função dos sucessivos choques, combinado com o

⁵⁹ Disponível em: <<http://www.scalcool.com.br/portugues/pdf/Produção%20Brasil%20-%20MAPA.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2011.

surgimento dos primeiros veículos movidos inteiramente a álcool a partir de 1979, fez com que houvesse um grande crescimento na produção deste tipo de combustível, nos anos a seguir.

Entretanto, em 1986, os preços oscilantes do petróleo no mercado internacional começaram a se estabilizar, resultando em uma redução na taxa de crescimento da produção do etanol hidratado. Esta redução, no entanto, só ocorreu efetivamente a partir do ano-safra de 1992/93, pois, mesmo com as quedas nos preços do petróleo, muitos carros movidos a etanol hidratado foram produzidos e ainda se encontravam em circulação.

A partir de 1993, a produção do etanol hidratado começou a declinar. Os motivos, para além dos preços do petróleo já mencionado, foram a diminuição dos incentivos e subsídios do governo, e pela introdução no país dos “carros mil”, movidos a gasolina, aumentando a demanda deste combustível e reduzindo a do etanol hidratado.

Nos anos subsequentes até 1997, a produção do etanol hidratado manteve-se estagnada, em função ainda dos carros movidos a álcool, produzidos no período áureo do Proálcool. Após 1997, a produção começou a declinar, devido à queda na demanda deste tipo de combustível.

A produção de etanol hidratado somente voltou a apresentar crescimento a partir de 2003, quando começou a serem comercializados os veículos *flex fuel*. As oscilações entre os preços da gasolina e do etanol explicam o interesse do consumidor por este tipo de veículo, uma vez que se torna possível economizar com combustíveis, já que esta tecnologia permite o consumidor a abastecer seus veículos com o combustível mais barato disponível no mercado.

Assim, a partir de 2005, a venda dos veículos *flex fuel* superou a venda dos veículos a gasolina, fazendo com que a produção de etanol hidratado voltasse a superar a do etanol anidro, no ano-safra de 2006/07, índices estes que se matem desde então. Tais dados podem ser observados, conforme demonstra a tabela 7.

Tabela 7: Produção de etanol hidratado por ano-safra de 1970/71 a 2009/10

SAFRA	CENTRO-SUL	NORTE-NORDESTE	BRASIL
1970/71			384,84
1971/72			223,12
1972/73			292,08
1973/74			359,76
1974/75			408,46
1975/76	243,07	79,94	323,01
1976/77	294,49	69,19	363,68
1977/78	231,96	61,49	293,46
1978/79	339,51	55,50	683,10
1979/80	527,01	156,08	395,01
1980/81	1.233,23	369,12	1.602,35
1981/82	2.400,19	386,84	2.787,03
1982/83	1.631,69	641,94	2.273,63
1983/84	4.610,27	784,49	5.394,77
1984/85	5.761,37	1.328,38	7.089,74
1985/86	6.986,12	1.648,01	8.634,13
1986/87	6.541,71	1.801,53	8.343,24
1987/88	7.879,90	1.596,08	9.475,98
1988/89	8.451,16	1.477,23	9.928,39
1989/90	8.598,17	1.869,68	10.467,85
1990/91	8.620,30	1.608,70	10.229,00
1991/92	9.165,63	1.563,37	10.729,00
1992/93	8.128,75	1.352,25	9.481,00
1993/94	7.993,87	769,13	8.763,00
1994/95	8.571,30	1.256,70	9.828,00
1995/96	8.260,97	1.323,03	9.584,00
1996/97	8.278,97	1.500,03	9.779,00
1996/97	8.482,99	1.241,01	9.724,00
1998/99	7.433,04	770,96	8.204,00
1999/00	6.241,04	555,96	6.797,00
2000/01	4.266,57	674,43	4.941,00
2001/02	4.347,86	641,14	4.989,00
2002/03	4.919,97	751,03	5.671,00
2003/04	5.063,96	877,04	5.941,00
2004/05	6.239,00	847,81	7.086,81
2005/06	7.056,00	717,00	7.773,00
2006/07	8.613,00	801,23	9.414,23
2007/08	12.830,56	1.142,61	13.973,17
2008/09	16.728,68	1.314,93	18.043,61
2009/10	17.654,67	1.142,40	18.797,07
			mil m³

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA.

Elaboração: SCA Etanol do Brasil⁶⁰

6.2.3 Exportações anuais de etanol pelo Brasil

Quanto às exportações brasileiras de etanol, estas ainda apresentam índices marginais diante da quantidade produzida e consumida internamente. Isso acontece principalmente devido à importância do etanol para o mercado interno e à sua pequena utilização como combustível em

⁶⁰ Disponível em: <<http://www.scalcool.com.br/portugues/pdf/Produção%20Brasil%20-%20MAPA.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2011.

outros países, mesmo diante da preocupação mundial com as alterações do clima, e na busca por combustíveis menos poluentes.

Contudo, mesmo que em relativa pequena escala, a exportação de etanol no Brasil acontece. De acordo com Maistro (2008) na safra 2007/08 a exportação de etanol chegou a 3,6 milhões de metros cúbicos, índices estes muito maiores quando comparados aos 320 mil exportados em meados da década de 1990. Alguns destes dados podem ser analisados nas tabelas a seguir.

Segundo o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC, 2011), em 2010 o Brasil exportou 1,9 bilhões de litros de etanol, volume este 42,4% inferior ao de 2009, pois, nesse ano o país exportou mais de 3,3 bilhões de litros de etanol. Os valores das exportações de 2009 foram, entretanto, 36% inferior ao volume de 2008⁶¹.

No ano de 2009, o principal destino das exportações do Brasil foi a região Ásia-Pacífico, com um total 31,1%, sendo este valor 89,4% superior ao volume importado por esta região no ano anterior. A seguir, a UE foi a região que mais absorveu o etanol brasileiro em 2009, com um total de 876 milhões de litros, que representam 28,2% das exportações do Brasil, sendo este valor 37,4% inferior ao de 2008. As Américas Central e do Sul, ocuparam o terceiro lugar nas exportações do etanol brasileiro com 23,6% do total, com uma queda de 32,5% em relação a 2008. Em quarto lugar esteve a América do Norte, representando um total de 10,8% nestes valores, registrando uma queda de 79,8% em relação a sua participação nas exportações do Brasil em 2008. Em penúltimo lugar, esteve o continente africano, com uma participação de 5,4% em 2009, com um aumento de 31,3% a 2008. E por fim, o Oriente médio teve uma pequena participação, com apenas 0,9% do total de 2009, no entanto, esta pequena participação, representa um substancial aumento de 468,8% das exportações do etanol do Brasil para esta região (ANP, 2010)⁶².

Tabela 8: Exportações anuais de etanol pelo Brasil por ano civil

ANO CIVIL	VOLUME (milhões de litros)		
	Brasil	Centro-Sul	Norte-Nordeste
2000	227,3	183,6	43,7
2001	345,7	300,0	45,7
2002	789,2	576,1	213,0
2003	757,4	457,3	300,1
2004	2.408,3	1.865,8	542,5
2005	2.600,6	2.090,8	509,8
2006	3.416,6	2.966,3	450,3
2007	3.530,1	3.055,4	474,7
2008	5.118,7	4.590,3	528,4

Exportações das regiões Norte-Nordeste e Centro-Sul foram agrupadas de acordo com os volumes exportados via portos, rodovias, ferrovias e aeroportos situados nas respectivas regiões.

Unidade: quantidade – milhões de litros

Fonte: Secretária de Comércio Exterior (Secex)

Elaboração: União da Indústria de Cana-de-açúcar – UNICA⁶³

⁶¹ BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC. **Álcool combustível**. 2011. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=2&menu=999>>. Acesso em: 13 mar. 2011.

⁶² BRASIL. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2010**. Rio de Janeiro: ANP, 2010. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=38591&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1300761480376>>. Acesso em: 13 mar. 2011.

⁶³ Disponível em: <<http://www.unica.com.br/downloads/estatisticas/exportetanolanual.xls>>. Acesso em: 23 jan. 2011.

Tabela 9: Exportações anuais de etanol pelo Brasil por ano-safra

ANO SAFRA	VOLUME (milhões de litros)		
	Brasil	Centro-Sul	Norte-Nordeste
2000/01	94,0	51,9	42,1
2001/02	516,5	436,1	80,5
2002/03	817,6	532,0	285,6
2003/04	956,1	625,4	330,7
2004/05	2.478,2	1.905,6	572,6
2005/06	2.615,6	2.104,3	511,3
2006/07	3.691,6	3.272,1	419,5
2007/08	3.624,8	3.081,0	543,8
2008/09	4.721,9	4.249,7	472,2

Unidade: quantidade – milhões de litros

Fonte: Secretária de Comércio Exterior (Secex)

Elaboração: União da Indústria de Cana-de-açúcar – UNICA⁶⁴

De acordo com os dados da exportação brasileira de etanol, entre os países importadores, destacam-se os Países Baixos, Jamaica, Índia, Coreia do sul, Japão e Estados Unidos.

⁶⁴ Disponível em: <<http://www.unica.com.br/downloads/estatisticas/exportetanolanual.xls>>. Acesso em: 23 jan. 2011.

Tabela 10: Exportação de Etanol por país de destino por ano civil

PAÍS	VOLUME (milhões de litros)			
	2006	2007	2008	2009
Total	3.416,6	3.530,1	5.118,7	3.308,4
Países Baixos	344,5	800,9	1.331,4	674,7
Jamaica	133,0	312,1	436,1	441,9
Índia	9,9		66,4	371,2
Coreia do Sul	93,4	67,4	186,6	316,6
Japão	227,7	367,2	263,2	282,7
Estados Unidos	1.749,2	849,7	1.519,4	270,2
Reino Unido	26,7	47,1	69,6	159,4
Trinidad e Tobago	72,3	160,5	224,3	141,4
Nigéria	43,1	124,2	97,8	117,0
Costa Rica	92,2	172,2	109,4	101,2
México	50,7	50,2	30,4	74,4
El Salvador	182,7	226,8	355,9	71,9
Suíça	2,7		11,6	59,0
Filipinas		1,5	4,5	32,4
Finlândia		19,7	41,4	27,1
Emirados Árabes		38,7	5,2	23,5
Porto Rico	10,5	14,2	10,2	22,5
Cingapura		0,3	10,7	19,6
Gana	6,1	33,2	19,7	14,9
Virgens, Ilhas Am.		52,7	187,9	13,2
África do Sul	2,0	0,0	5,6	12,4
Coreia do Norte		4,8	1,8	11,3
Itália	0,0		0,0	10,1
Austrália			6,4	9,7
Angola	3,3	11,7	9,9	8,2
Bélgica		1,6	6,3	5,1
República Dominicana	2,0	5,5	2,0	4,0
Bahamas		1,5		3,4
Colômbia	10,4	5,4	8,2	2,4
Serra Leoa	0,7	2,4	2,3	1,7
Chile	1,3	2,0	2,8	1,7
Camarões		0,7	0,8	0,6
Uruguai	0,4	0,7	0,5	0,4
Costa do Marfim	0,1	0,4	0,3	0,2
Gâmbia		0,1	0,3	0,1
Libéria			0,1	0,1
Paraguai			5,1	0,1
Cabo Verde			0,0	0,0
Congo	0,4		0,4	0,0
Togo			0,0	0,0
França	8,8	5,0	10,2	0,0
Bolívia	0,0		0,0	0,0
Canadá	18,6	4,2	37,0	0,0
Gibraltar			12,3	0,0
Suécia	201,3	128,5	5,1	0,0
Espanha	0,2	4,6	4,9	0,0
Alemanha	0,0		4,5	0,0
China			4,0	0,0
Equador	1,7	7,0	4,0	0,0
Nova Zelândia			1,2	0,0
Virgens, Ilhas Britânicas			0,7	0,0
Senegal	0,4	1,2	0,3	0,0
Argélia			0,1	0,0
Israel		0,1	0,0	0,0
Peru	0,0		0,0	0,0
Áustria			0,0	0,0
Guiné-Bissau			0,0	0,0
Argentina	0,2	0,0	0,0	0,0
Sudão			0,0	0,0
Turquia	12,9	3,8		0,0
Nicarágua	3,5			0,0
Síria	0,0			0,0
Venezuela	103,3			0,0
Outros				2,0

Países ordenados de acordo com o ranking da quantidade exportada para o ano de 2009.

Unidade: quantidade – milhões de litros

Fonte: Secretária de Comércio Exterior (Secex)

Elaboração: União da Indústria de Cana-de-açúcar – ÚNICA⁶⁵

⁶⁵ Disponível em: <<http://www.unica.com.br/downloads/estatisticas/exportetanolanual.xls>>. Acesso em: 23 jan. 2011.

6.3 POTENCIAL FUTURO DE PRODUÇÃO DO ETANOL

O etanol carburante, como já demonstrado, proporciona grandes vantagens, e uma alternativa a se considerar diante da questão de combustíveis renováveis em um futuro próximo. Concomitante a esta realidade, surge e a necessidade de se avançar ainda mais urgente no aumento da produtividade da cultura de cana e no processo industrial, para que além de se tornar mais competitivo ao petróleo, possa também suprir a demanda a nível mundial, conforme outros países passem a fazer uso deste combustível. Não se pode desconsiderar, no entanto, que a tecnologia de produção, tanto de cana-de-açúcar, como de etanol, avançou de modo significativo nos últimos trinta anos, e pode-se dizer que chegou a um estágio de maturidade, pronto para servir de modelo a outros países.

No que diz respeito a produção futura de etanol de cana, estima-se que nas próximas décadas, com o desenvolvimento de novas tecnologias, como a do etanol celulósico, seja possível se obter um uso mais eficiente da biomassa da cana, e aumentar significativamente a quantidade de produção não só do etanol, mas também de uma gama de outros produtos.

De acordo com Furtado e Scandiffio (2007) estima-se que a quantidade de álcool anidro por hectare passe dos 6 000 litros atuais, para o patamar igual ou superior a 10 000 litros num período de 20 anos.

Se analisarmos o potencial produtivo com base no volume de terras disponíveis para a agricultura, os valores podem se tornar ainda mais expressivos. Segundo Furtado e Scandiffio (2007, p. 104):

Um estudo recente feito pelo NIPE (Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético) da UNICAMP (2005) aponta que o Brasil tem plenas condições para atender à metade da demanda mundial de álcool anidro caso este seja adicionado em uma proporção de 10 % a toda a gasolina que espera-se consumir em 2025. O atendimento dessa meta equivaleria ao aumento da produção brasileira em 102,5 milhões de m³, ou seja, a 6,5 vezes a produção atual de álcool, que é de 15,8 milhões de m³. A produção de cana-de-açúcar destinada à fabricação de açúcar e álcool passaria dos atuais 380 milhões de toneladas para 1,7 bilhão de toneladas em 2025.

Para 2010 foi projetada uma demanda mundial de 101 bilhões de litros de etanol, quando a oferta estimada foi de 88 bilhões de litros. Tal quadro deverá atingir o equilíbrio por volta de 2015, quando a oferta deveria estar em torno de 162 bilhões de litros, frente a uma demanda de 150 bilhões de litros, distribuídas por várias regiões de modo heterogêneo. No entanto, tais projeções só podem ser alcançadas em função de melhores que reflitam num aumento da produtividade do etanol (BNDES, 2008). Se produzido em condições adequadas, o etanol produzido no Brasil poderia ser

exportado ao preço de 0,30 US\$ por litro, podendo gerar divisas na ordem de 30 US\$ bilhões por ano (FURTADO; SCANDIFFIO, 2007).

Estes fatores fazem com que essa se torne uma situação favorável para que outros países com clima adequado para a produção de cana-de-açúcar, para introduzirem esta cultura e produção de biocombustíveis. Regiões com clima tropical úmido, como as de alguns países da América Latina e Caribe, África e Ásia, poderiam se adaptar, e ainda oferecer um maior potencial energético aos países desenvolvidos, que mais consomem combustíveis, sem afetar a produção de outros bens agrícolas, além de potencializar o desenvolvimento econômico nestas regiões.

De acordo com estudos recentes, a área disponível na América Latina e África seria de 430 milhões de hectares, direcionados somente para a produção de cana-de-açúcar. Este valor já tem descontado a área necessária para produção de alimentos, habitação, infra-estrutura e manutenção de florestas. Atingindo-se os desenvolvimentos tecnológicos no processo de produção do etanol, para que este atinja a margem de 10 mil litros por hectare/ano, como se prevê, a produtividade de etanol poderia chegar aos 2.150 bilhões de litros, utilizando somente metade da área mencionada. Estes valores seriam suficientes para substituir todo o consumo de gasolina que se estima para 2050, por todo o mundo (CRUZ, 2010).

Com base nos dados já apontados neste trabalho, torna-se seguro dizer que, a disponibilidade para a expansão da produção dos biocombustíveis no planeta é mais do que suficiente, sem que esta afete outras culturas, como a produção de alimentos, e ainda é possível fazê-lo de forma sustentável e de impacto reduzido sobre a natureza como um todo. Além disso, esta produção poderá se tornar cada vez mais viável conforme novas e mais eficientes tecnologias sejam implementadas, capazes de racionalizar cada vez mais o processo produtivo, provendo um aumento na produtividade relativamente maior quando comparados a expansão de áreas dedicadas à produtividade.

7 POSSÍVEIS MERCADOS PARA A EXPORTAÇÃO DO ETANOL

Os biocombustíveis têm atraído crescente interesse no cenário internacional. Face a este cenário, o etanol tem se encontrado dentro de moldes viáveis para a utilização a nível mundial, seja como um substituto aos combustíveis fósseis, seja para um complemento a ser adicionado a estes, no curto prazo.

O mercado internacional do etanol tende a crescer à medida que diversos países incorporem progressivamente a utilização deste combustível renovável à sua matriz energética de transportes, sendo esta a condição chave para a expansão deste produto.

A experiência brasileira de mais de 30 anos serve como uma base sólida e de grande importância para este processo de expansão, e também para que o país se torne um exportador em potencial. Apesar de o Brasil ajudar e incentivar outros países a seguirem o mesmo caminho, com o diferencial de estes poderem evitar os mesmos erros cometidos, existe ainda a necessidade de estudos sobre um maior aprimoramento diante de países que não possuem as mesmas condições favoráveis, como clima e solo, além da contínua pesquisa agrícola e industrial, combinados com motivações políticas para o desenvolvimento e produção deste combustível alternativo.

Todavia, vários países já aprovaram e utilizam um adicional de etanol à gasolina em diferentes quantidades, que geralmente variam entre o E3 até o E20, ou seja, 3% e 20% de etanol adicionado a gasolina, respectivamente, como podem ser observados nas ilustrações 6 e 7. Para além destes, vários outros países já estudam para fazer o mesmo.

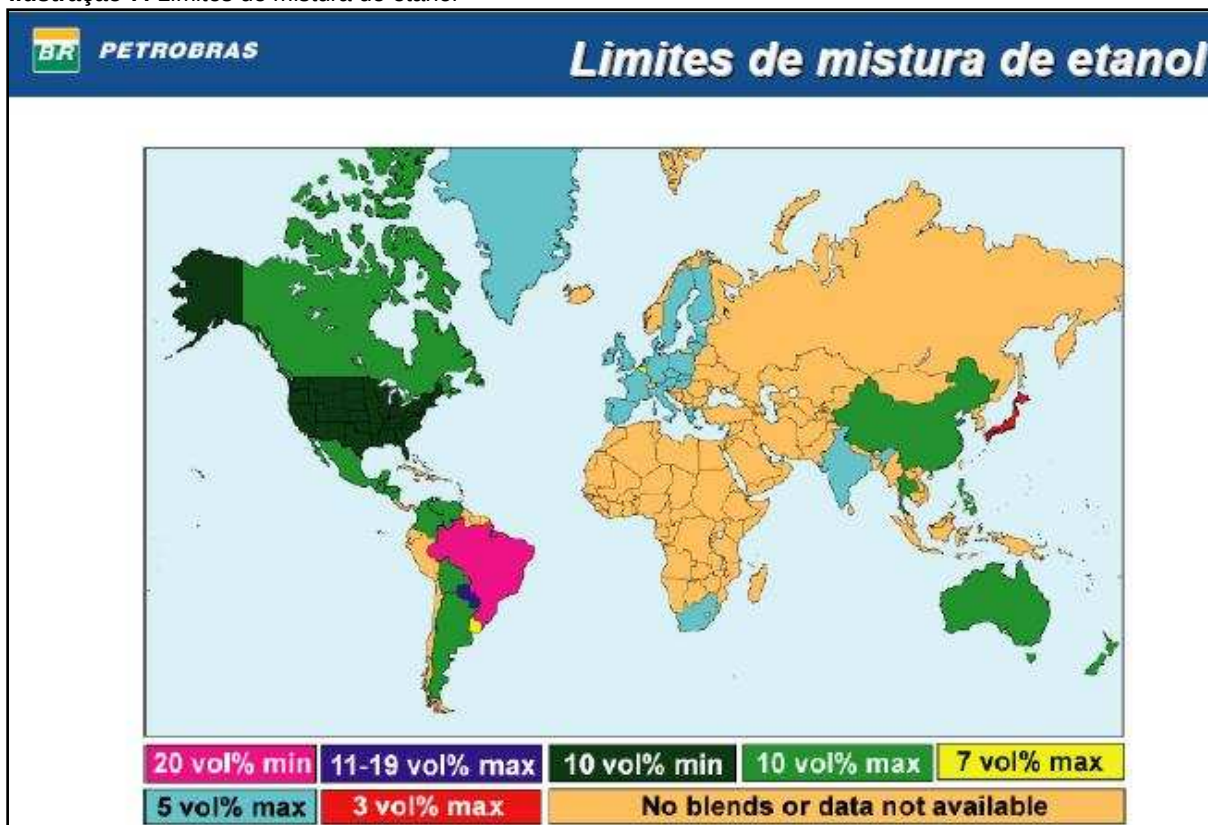
Ilustração 6: Utilização de etanol no mundo



Fonte: Petrobras⁶⁶

⁶⁶ Disponível em: <http://www.senado.gov.br/sf/comissoes/CRA/CRABIO/AP/AP_20070509_Petrobras.pdf>. Acesso em: 8 fev. 2011.

Ilustração 7: Limites de mistura de etanol



Fonte: Petrobras⁶⁷

De acordo com Cabrini e Maistro (2007), o conhecimento sobre as potencialidades do mercado internacional de etanol, com informações sobre seus programas de implementação, pode servir como um auxílio para ajudar a delinear as decisões dos agentes produtores destes combustíveis, tanto quanto a expansão necessária deste setor, assim como na alocação de cana para a produção, seja do açúcar, seja do etanol.

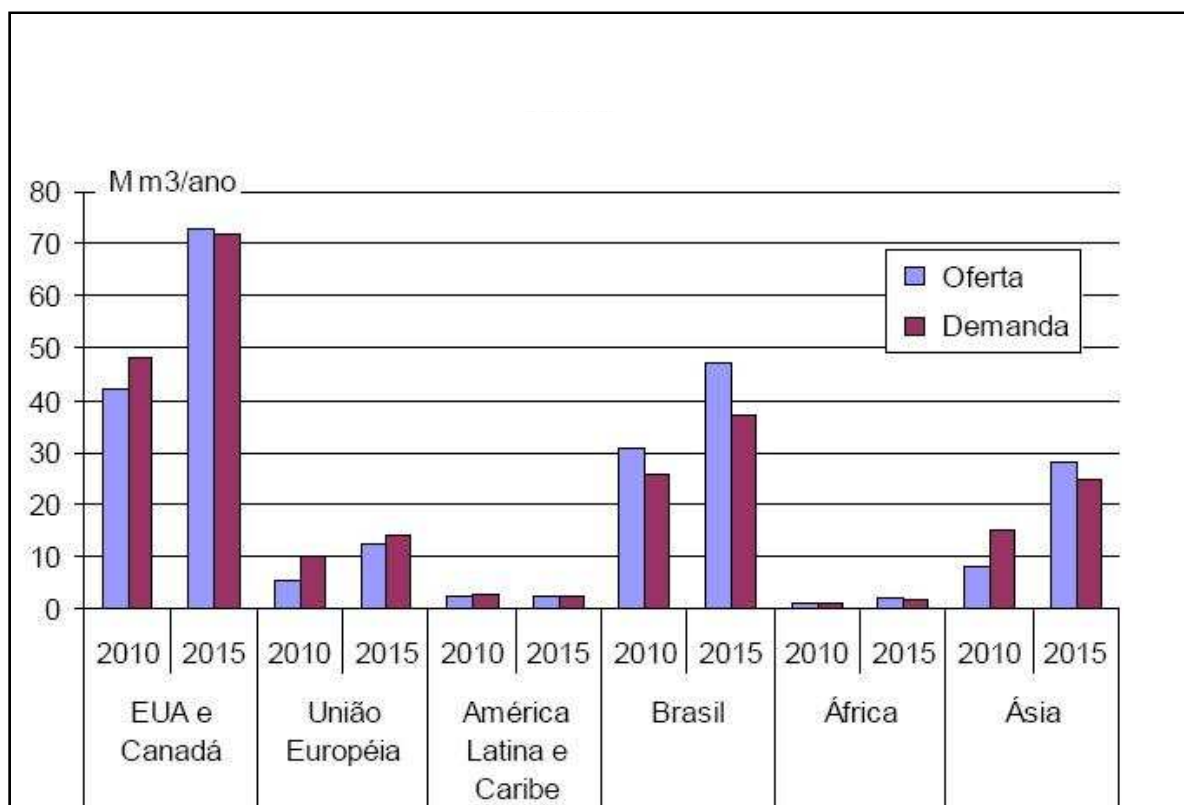
É nesse sentido que uma análise de projeções de futuros mercados consumidores se torna de suma importância, afinal o comércio internacional de etanol, apesar de crescente, ainda é bastante regionalizado, sendo que os maiores produtores de etanol são também seus maiores consumidores.

De acordo com projeções feitas pelo BNDES (2008), nos próximos anos, as regiões com maiores potenciais de demanda do etanol são Estados Unidos e Canadá, Brasil e Ásia, como demonstradas no gráfico 2.

⁶⁷ Disponível em: <http://www.senado.gov.br/sf/comissoes/CRA/CRABIO/AP/AP_20070509_Petrobras.pdf>. Acesso em: 8 fev. 2011.

Tendo em vista o Brasil como um exportador em potencial, tais informações são necessárias, uma vez que o país é o segundo maior produtor de etanol no mundo e maior exportador deste produto. Nesse contexto, uma breve abordagem será feita a respeito de alguns potenciais importadores, tais como Estados Unidos, União Européia, Japão.

Gráfico 2: Estimativas de oferta e demanda de bioetanol combustível para 2010 e 2015



Fonte: BNDES (2008).

7.1 EUA

Os EUA são atualmente os maiores produtores e consumidores de etanol no mundo. Este consumo tende a crescer ainda mais, pois de acordo com dados da UNICA (2009) a previsão de consumo doméstico até 2022 é para mais de 135 bilhões de litros. No entanto, apesar do mercado norte americano viver um momento de expansão na oferta e na demanda de etanol, sua demanda se apresenta muito superior a capacidade de produção do mesmo, uma vez que a produção de etanol neste país é feita através do milho, que por sua vez compete com o mercado de alimentos.

De acordo com Piacente (2006) os principais fatores que contribuíram para a expansão deste mercado tiveram seu principal marco nos anos de 1990, com a implementação do *Clean Air Act Amendments*⁶⁸, que foi fortificada com a aprovação da legislação do *Renewable Fuel Standards*⁶⁹.

De acordo com o Ministério Brasileiro de Minas e Energia (MME)⁷⁰, destacam-se, no período de 2005 a 2007 o *Energy Policy Act of 2005*, na qual estabeleceu metas de consumo de etanol até 2012. Para tal, diversas ações de estímulo ao uso de etanol foram implementadas, de forma a compensar o alto custo da produção de etanol a partir do milho. Ainda, em 2007, o então presidente do país, George W. Bush propôs uma meta de redução de 20% do uso de gasolina nos próximos dez anos, que ficou conhecida por Meta 20 em 10.

Para proteger a indústria nacional de etanol, o governo norte-americano estabeleceu uma taxa de importação de US\$ 0,54 por galão de etanol importado, traduzidos em US\$ 0,14 por litro. Tal conta prevê uma exceção de isenção, caso o etanol seja proveniente de um dos países que compõem a Iniciativa da Bacia do Caribe (lê-se CBI na sigla em inglês) (BRASIL, 2009). Nesta, os EUA permitem uma cota de importação de 7% isento de tarifas para estes países. Em função disso, algumas empresas brasileiras aproveitam tais cotas para exportar etanol aos EUA, por meio da triangulação entre estes países. Porém, tal estratégia poderá diminuir ao passo que América Latina e Caribe aumentem sua produção.

Segundo o MME (BRASIL, 2009, p. 601), tendo como base *Renewable Fuels Association* (RFA), a produção de etanol nos EUA teve um crescimento de 267% entre 2001 a 2007, sendo produzidos 6,7 e 24,6 bilhões de litros, respectivamente. Entretanto, como no mesmo período o consumo foi superior à produção, passando de 7,9 para 25,9 bilhões de litros, houve a necessidade de importação. Para atender esta necessidade, foi necessária a importação de 462 milhões e 1,96 bilhões de litros de etanol entre 1997 e 2007. O maior volume da exportação brasileira aconteceu em 2006, atingindo um total de 2,26 bilhões de litros, entre as exportações diretas e indiretas através da CBI. Parte deste aumento nas importações se devem à substituição do MTBE pelo etanol à gasolina, como pode ser observado no gráfico 3.

Até meados 2008, as exportações brasileiras para o CBI superaram as do ano anterior, devido à melhor atratividade em termos econômicos, visto que ao ser re-exportado, o etanol é internalizado nos EUA sem a taxa de US\$0,54/galão (BRASIL, 2009).

⁶⁸ Este programa estabeleceu a utilização de gasolina oxigenada, onde esta parte oxigenada deveria ter um percentual derivados de fontes renováveis, ao invés de ser utilizado o MTBE (Metil-Terc-Butil Éter) até então principal oxigenador de combustíveis, que deverá ser banido totalmente até o final de 2014. Diante disso o etanol se apresentou como a melhor escolha. Este programa ainda promoveu incentivos através da concessão de impostos, e também programas especiais de crédito, para estimular os agricultores a produzirem etanol.

⁶⁹ Este padrão exige que os refinadores de combustíveis adicionem à gasolina um total de 19 bilhões de litros de etanol por ano até 2012. Governadores de 30 Estados pediram ao presidente George W. Bush e aos membros do Congresso para elevar a exigência para 29 bilhões de litros em 2012 (PIACENTE, 2006).

⁷⁰ BRASIL. Ministério de Minas e Energia. MME. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2008/2017**. Rio de Janeiro: EPE, 2009. v.2. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PDEE/20091119_2.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2011.

Quanto às perspectivas de exportação futura de etanol carburante para os EUA, o Brasil ainda depende das negociações comerciais de abertura de mercados. Algumas ações para se evitar a renovação da tarifa de importação sobre o etanol do Brasil estão sendo analisados, o que potencializaria muito mais as exportações deste produto. Ainda ações para influenciar a possível aumento na mistura de gasolina, do E10 para o E15 podem servir como um fator positivo quanto à necessidade de importação do etanol do Brasil (UNICA, 2009).

Porém, os obstáculos para que as ações acima mencionadas ainda existem, nas quais as barreiras tarifárias e não tarifárias, a resistência de outros setores produtivos nacionais, como a indústria automobilística, ONG's, empresas de ração animal, e ainda a reduzida competitividade do etanol à gasolina, são os principais deles.

Gráfico 3: Exportações Brasileiras de Etanol aos EUA



Fonte: UNICA⁷¹

⁷¹ Disponível em: <http://cenbio.iee.usp.br/download/documentos/seminbioenergia/eduardosouza_2708.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2011.

7.2 UNIÃO EUROPÉIA

O mercado europeu é um dos que representam grande potencial para as importações de etanol do Brasil, devido ao estabelecimento da Diretriz para Combustíveis Renováveis, em 2003, pelo Parlamento Europeu e o conselho da União Européia. Esta diretriz tem como meta a participação em 2% de biocombustíveis do total de gasolina e diesel, consumidos por seus países membros, a partir de 2006. A meta para 2011 é de 5,75%. O percentual a ser atendido com o uso de combustível renovável puro, ou misturado aos combustíveis fósseis, é, entretanto, um indicativo e não uma obrigação (BRASIL, 2009).

Devido às motivações de questões ambientais, e também como uma forma de garantir o abastecimento, a UE estipulou uma nova meta de uso de 10% de fontes renováveis no setor de transportes até 2020, desde que estas fontes estejam condicionadas ao cumprimento de critérios de sustentabilidade (UNICA, 2009). Esta nova decisão pode representar uma necessidade de cerca de 30 bilhões de litros de biocombustíveis em 2016 (BRASIL, 2009).

Dúvidas surgem quanto ao cumprimento das metas nos países europeus, e da participação do etanol e biodiesel no cumprimento destas metas. De acordo com a UNICA (2009) os obstáculos de desenvolvimento do etanol no mercado europeu são dos mais variados, nas quais podem-se mencionar:

- Barreiras tarifárias e não tarifárias;
- Alto custo de matéria-prima utilizada para produção doméstica, especialmente trigo, e em função disso, suscitar o debate entre a produção de biocombustíveis com a produção de alimentos;
- O forte lobby das indústrias petrolíferas, que diferentemente do Brasil, onde o setor é controlado por empresa estatal, no bloco existe empresas privadas com forte e influente poder político; e
- A maior parte da frota de transportes é a diesel, o que inviabiliza uma maior escala de consumo do etanol, mas que, em contrapartida, abre margem para a discussão sobre a tecnologia e utilização do biodiesel, também produzido no Brasil, ainda que em menor escala quando comparado ao etanol.

De acordo com o MME (BRASIL, 2009), entre os anos de 2004 e 2007 a produção de etanol carburante no bloco foi de 528 para 1731 milhões de litros, segundo dados da *European Bioethanol Fuel Association* (EBIO). A produção de etanol destes países é majoritariamente com base na beterraba, cereais, e excedentes da produção de vinho. Desta produção a França foi o país que mais

se destacou na produção com 539 milhões de litros, seguido ela Alemanha com 394, e da Espanha com 348.

Para que seja possível, entretanto, analisar o potencial do Brasil como exportador de etanol para o bloco, faz-se necessário analisar a capacidade de produção desse combustível dos seus países membros. Estima-se que a expansão deste mercado deva ver suprida, nos próximos anos, especialmente pela produção interna do bloco. Porém, é também estimado que, devido à alta competitividade do etanol brasileiro, o Brasil tem grandes possibilidades de ser um fornecedor em potencial.

Gráfico 4: Exportações de etanol do Brasil para União Européia



Fonte: UNICA⁷²

Atualmente, O Brasil responde a uma média de 45% das importações mensais de etanol pelo bloco, como pode ser verificado no gráfico 4. Dos países da UE, a Suécia é o país de maior representatividade do etanol do Brasil, tendo sido o 5º maior importador deste produto em 2005. Este país utiliza o etanol tanto em altas como em baixas misturas, tais como o E85 e o E5 (CABRINI; MAISTRO, 2007).

⁷² Disponível em: <http://cenbio.iee.usp.br/download/documentos/seminbioenergia/eduardosouza_2708.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2011.

7.3 JAPÃO

Segundo Cabrini e Maistro (2007) o Japão é um grande importador em potencial do Etanol do Brasil, devido à grande demanda de biocombustíveis; alto consumo de gasolina; baixa produção de etanol; e tarifa de importação quase nula.

O histórico da utilização de etanol no Japão data em 2003, quando o governo do país permitiu a utilização experimental do E3, adotada por algumas cidades. Atualmente é estudada a possibilidade de ampliação desses mercados, com vistas a atender as exigências do Protocolo de Quioto, além de também delinear estratégias para uma menor dependência dos combustíveis de origem fóssil. Para tal este governo pretende que até 2030, pelo menos 20% da utilização de combustíveis seja de origem renovável, na qual uma de suas propostas consiste no aumento do percentual da mistura de etanol a gasolina do E3 para o E10, em 2012 (BRASIL, 2009).

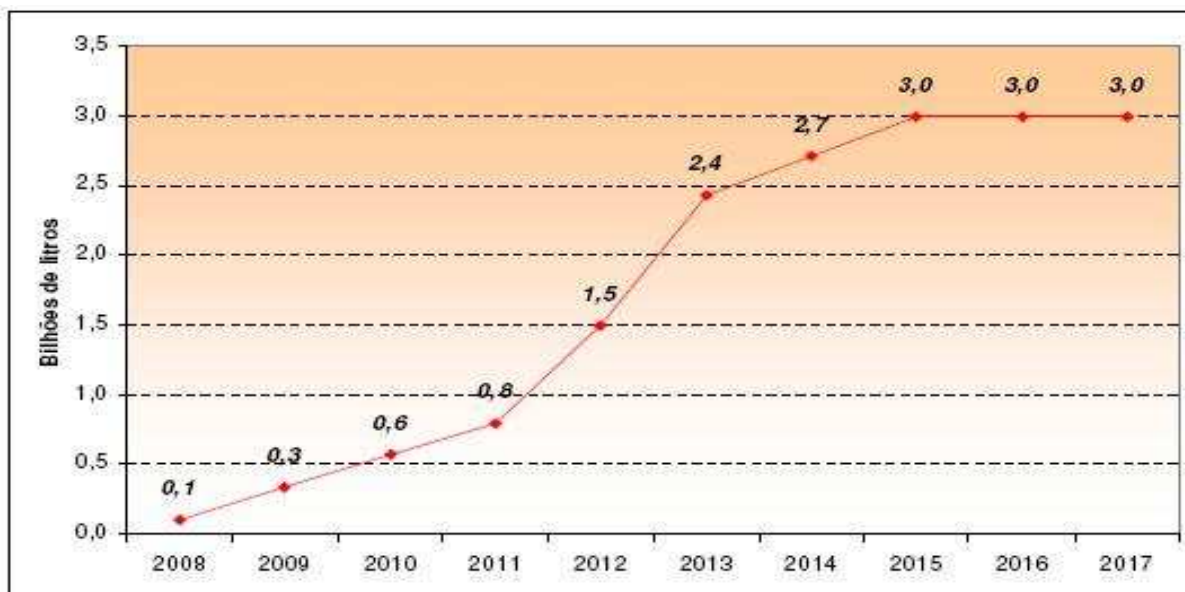
Segundo o MME (BRASIL, 2009) o governo japonês tem importado expressivas quantidades de etanol, tendo sido o 2º maior importador do país em 2005, quando dos 500 milhões de litros, 315 foram de origem brasileira. Em 2006, a quantidade importada de etanol brasileiro caiu para os 225 milhões de litros, entretanto, em 2007 voltou a subir, atingindo a marca dos 364 milhões de litros. Dentre as tarifas de importação sobre o álcool carburante, no Japão esta corresponde a 23,8%, que deveria ser reduzida para a margem dos 10%, em 2010.

No que diz respeito à produção interna, de acordo com dados do MME (BRASIL, 2009), o Japão produz cerca de 115 milhões de litros anuais de etanol sintético⁷³ (de etileno), e também através da fermentação do arroz. Com as perspectivas de desenvolvimento de produção do etanol de segunda geração, o etanol celulósico, o país terá chances de produzir etanol suficiente para atingir suas metas estratégicas, de substituição de 20% de combustíveis fósseis por etanol, como já mencionado. De acordo com o Ministério da Agricultura do Japão, tal produção poderá derivar de resíduos lenhosos e da agricultura, assim como também outras culturas destinadas a este fim.

Independentemente da fonte oriunda dos biocombustíveis, é de se esperar que o consumo de etanol no território japonês cresça nos próximos anos, como pode ser observado na projeção feita pelo Ministério de Minas Energia do Brasil, no gráfico 5.

⁷³ O etanol sintético é produzido a partir do petróleo, do gás natural ou do carvão. Sua composição química é a mesma à do etanol de origem agrícola.

Gráfico 5: Projeção das importações de etanol feitas pelo Japão



Fonte: MME (BRASIL, 2009)⁷⁴

Nesse contexto, alguns acordos já foram firmados entre a Petrobrás e algumas empresas japonesas, para produção, exportação e distribuição do etanol brasileiro no mercado japonês.

Dentre tais acordos, é válido mencionar o entendimento entre Petrobras e Mitsui, que visa à exportação de até 3 bilhões de etanol por ano, durante vinte anos, para o Japão, assim como também a aquisição de 87,5% das ações da refinaria Nansei Sekiyu Kabushiki Kaisha, pela mencionada empresa brasileira, com vistas a impulsionar ainda mais o mercado de etanol não só no Japão, como também no continente asiático.

Tendo em vista este potencial aumento na demanda de etanol, seja em função das metas do governo japonês, seja em razão dos acordos firmados entre a empresa brasileira com as japonesas, estima-se que as perspectivas de exportação de etanol do Brasil para o Japão evoluirão significativamente, partindo dos 100 milhões de litros em 2008, para a margem dos 3 bilhões de litros em 2017, tais como são demonstradas no gráfico 5.

⁷⁴ Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PDEE/20091119_2.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2011.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Num momento em que o mundo tem parte de sua atenção voltada para os problemas ambientais, ao mesmo tempo que se depara com uma quantidade limitada das reservas de recursos energéticos de origem fóssil, e ainda motivados principalmente pelas alterações climáticas, o desenvolvimento e utilização de meios energéticos alternativos, como os biocombustíveis, tem se tornado cada vez mais um imperativo na agenda internacional.

Tendo isso em vista, que o objetivo e desenvolvimento deste estudo esteve voltado para a apresentação dos problemas ambientais como uma consequência do processo de desenvolvimento, fazendo uso de uma intensa quantidade de combustíveis fósseis, assim como também, no seio deste quadro, apresentar o etanol como uma alternativa de recurso energético, face a estes problemas.

Na expectativa de ter cumprido os propostos objetivos de partida, de modo a endossar o argumento central deste estudo, nas páginas precedentes do mesmo, tentou-se mostrar e concluir, com objetiva fundamentação, que as hipóteses propostas para as perguntas de partida deste, podem ser tidas como possíveis de serem alcançadas, de acordo com dados estudados. Presente o que antecede, como forma a responder a tais perguntas, e também de respaldar as corroboradas hipóteses, algumas considerações finais a respeito do tema são ainda necessárias.

A princípio, é possível concluir, que a origem dos problemas ambientais tem como base a intensificação de transformações em níveis tecnológicos, econômicos e sociais, e na sua relação com o ambiente natural, sem precedentes desde antes da revolução industrial.

A partir disso, com base nos moldes de desenvolvimento adotados, pautados nas doutrinas capitalista e liberalista, lucro e crescimento econômico se tornaram os objetivos primordiais. Para alcançá-los, fez-se uso de todo e qualquer recurso disponível, principalmente dos combustíveis fósseis, responsáveis por grandes quantidades de emissões dos GEE. No entanto, apesar dos combustíveis fósseis representarem um dos principais vetores do desenvolvimento, responsáveis por melhorias na qualidade de vida das populações e, conseqüentemente, da sociedade tal qual conhecemos hoje, não podemos descartar que, para além de sua inevitável finitude, estes acabaram por se mostrar insustentáveis sob a ótica ambiental a longo prazo.

Assim, com o passar do tempo, as conseqüências deste tipo de desenvolvimento começaram a se refletir em massivas destruições de bases ecológicas, que acabou por colocar tal modo de desenvolvimento em causa. As dúvidas acerca deste molde de desenvolvimento surgem pelos possíveis riscos que podem causar em anos vindouros, devido a sua insustentabilidade ambiental, o que por sua vez, acaba abrindo margem para o discurso sobre o desenvolvimento sustentável.

Seguindo a lógica do desenvolvimento sustentável, que prega a satisfações das necessidades atuais, sem comprometer o bem estar de futuras gerações, o etanol pode ser considerado como um tipo de recurso que atende a estas determinações, por ser tido como uma forma de energia limpa, devido às baixas emissões de GEE, e também pelo fato de ser renovável, fazendo deste um instrumento valioso ao combate dos problemas ambientais.

Diante da problemática ambiental, as dimensões pelas quais a popularização do etanol pode contribuir nas alterações do clima se traduzem nas reduções de GEE pois, com a utilização do álcool de cana-de-açúcar, estas são de quase 90% quando comparados aos níveis de emissões destes gases pelos combustíveis fósseis. Isso por si só faz com que este tipo de combustível seja considerado viável, e contribua de modo efetivo na mitigação das alterações climáticas. Para ilustrar tais afirmações, de acordo com o (BNDES, 2008 p. 275) “nas condições atuais, para cada milhão de metros cúbicos de bioetanol de cana-de-açúcar empregado em mistura com gasolina, cerca de 1,9 milhão de toneladas de CO₂ deixam de ser emitidos para a atmosfera”.

Tomando como base o exemplo brasileiro, a utilização do etanol, enquanto carburante, reduziu as emissões de GEE em 10% entre 1990 e 2006. Estima-se que para 2020 esta redução seja mais expressiva, atingindo a margem de redução em 18%. Tais números se tornam ainda mais notáveis se adicionarmos a este total as emissões evitadas com a cogeração de energia, derivada da cana, na qual em 2006 representou um total de reduções de 22%, número este que pode chegar a 43% em 2020 (UNICA, 2009).

Apesar de não parecer muito, diante de uma perspectiva global, a utilização do etanol no Brasil em 2006 representou 0,1% do total global, associados à utilização de energia. Com base nestes dados, é estimado que desde a implementação do MDL em julho de 2005, até julho de 2009, o uso do etanol no país representou uma média de 60% dos créditos de carbono gerados por esse mecanismo em escala mundial (UNICA, 2008).

Assim, fundamentando-se no exemplo do caso brasileiro, consideramos esta implementação positiva, podendo ainda servir de exemplo para países interessados em alternativas para contribuir com as diretrizes do desenvolvimento sustentável.

No que concerne a sua implementação, este apresenta vantagens ao poder ser utilizado em veículos motores, puro ou misturado a gasolina, na qual em misturas de até 10% seus efeitos são quase imperceptíveis sobre o consumo destes veículos, que podem utilizar este combustível nesses níveis de mistura sem necessitar de qualquer modificação, e ainda sem alterar o desempenho destes. Além disso, a tecnologia dos veículos *flex fuel* representam um outro exemplo positivo e viável e a ser seguido por outros países, para viabilizar a internacionalização do etanol, na medida em que oferece ao consumidor a possibilidade de escolher entre o combustível renovável ou fóssil, ou ainda uma combinação destes.

Em termos de viabilidade econômica, o etanol é um produto competitivo com o petróleo, na qual já que seu preço é determinado fundamentalmente de acordo com a matéria-prima utilizada para

sua produção. No caso do etanol de cana-de-açúcar, produzido nas condições brasileiras, seu custo fica em torno de US\$ 50 o barril.

Esta viabilidade pode ser comprovada, ainda com base no exemplo brasileiro, ao considerarmos a quantidade de etanol utilizado em veículos leves. Segundo o atual Ministro de Minas e Energia do Brasil, Edson Lobão (2008), pôde-se constatar que, graças a utilização deste combustível, entre 1970 e 2007, houve uma economia efetiva acumulada de 854 milhões de barris equivalentes de petróleo, que corresponde a 15 meses da produção nacional de petróleo, de 1,9 milhões de barris/dia, ou, ainda, a cinco anos de consumo de combustíveis leves no Brasil. Se for considerado o volume de etanol que substituiu a gasolina exportada pelo país nesse período, tendo em conta a demanda de combustível que foi suprida pelo etanol, o total da economia chega a ser de quase 1,25 bilhão de barris equivalentes de petróleo. Por fim, nesse mesmo período, a utilização do etanol, puro ou misturado, evitou a emissão de 800 milhões de toneladas de CO₂ (LOBÃO, 2008).

Diante da perspectiva de criação de um mercado internacional para o etanol, entender as interações deste com outros setores é de suma importância. Há de se levar em conta que fatores geográficos, políticos, econômicos, assim como as dinâmicas de produção, são questões fundamentais para analisarmos o potencial da eficiência e de expansão deste recurso energético.

Nesse contexto, é imprescindível destacar, a priori, suas relações com o setor alimentício. Atualmente os biocombustíveis são objetos de duras críticas, pautados no argumento de que estes poderão servir como um fator de ameaça e limitação nas produções do setor alimentício, colocando em risco a segurança alimentar.

No que diz respeito a essa problemática, a crise no setor alimentício, seja em termos de produção ou de aumento de preços, não acontece em função do direcionamento de terras aráveis para a produção de matérias-primas para o etanol. Muito pelo contrário, o total de terras agriculturáveis para esta cultura representa uma ínfima parte do total disponível, que atualmente é de 1%, e mesmo que venha a crescer para atender uma maior demanda, estima-se que este valor ficará em torno de 3% a 4% do total de terras aráveis disponíveis em 2030 (BNDES, 2008). Ou seja, partido de uma análise estrutural, o direcionamento de terras cultiváveis para a produção de combustíveis renováveis não afeta a produção de alimentos.

Válido destacar, porém, que as possibilidades de impactos de produção de um setor no outro, depende, então, do tipo de matéria-prima utilizada para a produção destes combustíveis, exemplificadas pelos casos da UE e dos EUA, na qual, devido sua matéria-prima, apresentam limites evidentes no que concerne a produção de alimentos nesses países.

Apesar dos limites, esta situação acaba por oferecer uma gama de oportunidades para que países de outras regiões do globo, principalmente países em desenvolvimento, com clima favorável a cultura de cana-de-açúcar, e com terras disponíveis para o mesmo, possam se especializar na produção deste combustível, pois além de poderem reduzir sua dependência por combustíveis

fósseis, seus excedentes poderiam gerar divisas ao serem comercializados internacionalmente, sem, de fato, afetarem a produção de outros produtos agrícolas do setor de alimentos.

Quanto a elevação de preços dos alimentos, este acontece, e é agravado, devido a subsídios oferecidos aos produtores e por barreiras tarifárias, nos países desenvolvidos, em relação aos produtos oriundos dos países menos desenvolvidos. Sua relação aos biocombustíveis é que, uma vez que aquele setor é desestimulado, este outro pode se tornar atrativo.

Em suma, pode-se dizer seguramente, que dificilmente a produção de etanol pode ser associada como um fator de risco para a produção de alimentos, e ainda, na elevação de seus preços. É evidente que o planeta possui bases de recursos naturais suficientes para atender a produção de ambos os setores, a partir da utilização de técnicas eficientes, que reduzam perdas e racionalizem a produção, como no caso do etanol de cana-de-açúcar.

Partindo de outra perspectiva, a produção em grande escala do etanol de cana-de-açúcar, desde que produzido com técnicas e locais adequados para este fim, afeta minimamente recursos hídricos, solo e biodiversidade, fazendo com que seus impactos ambientais de produção sejam reduzidos.

No que diz respeito a experiência brasileira, o país é pioneiro na implementação e utilização deste combustível em larga escala, e vem se aperfeiçoando nesta prática desde a década de 1970, com a instituição do Proálcool. Após mais de 30 anos, o Proálcool, apesar dos seus altos e baixos, foi um programa bem-sucedido de substituição em larga escala dos derivados de petróleo, constituído em bases sólidas, para aguentar as pressões do tempo e superar problemas e imprevistos.

Apesar dos períodos de incertezas, de acertos e erros, esta experiência de utilização de etanol serviu para que o país se aprimorasse nesta tecnologia, seja nos termos de melhorias nas condições agrícolas, seja em melhorias e desenvolvimento de novas técnicas durante o processo industrial, e ainda é estimulada uma gama de novas pesquisas para na busca para se maximizar suas possibilidades.

Atualmente, seus resultados são expressivos em vários setores. Para ilustrar melhor a situação brasileira vale-se mencionar que, no Brasil, somente em 2007, o agronegócio da cana-de-açúcar movimentou cerca de R\$41 bilhões no país, quando foram produzidos 30 milhões de toneladas de açúcar, e 17,5 bilhões de litros de etanol (BNDES, 2008). Além disso, o Brasil tem atualmente 336 usinas de açúcar e álcool, número este que estima-se crescer para 409 até o final de 2013, na qual poderá passar a produzir 130 bilhões de litros de álcool, além da criação de mais de um milhão de empregos (BNDES, 2008).

Graças a estes anos de experiência e desenvolvimento tecnológico, hoje em dia esta indústria representa vários modos de diversificação dos seus produtos, seja na produção de combustível, seja na produção de energia, e, a partir disso, começa a se mostrar com um setor de grandes possibilidades a nível mundial.

O país possui ainda considerável capacidade para aumentar sua produtividade dos médios 8 mil litros por hectare, e atender, além da demanda interna, parte da demanda externa. Não pode-se esquecer também, que com o efetivo desenvolvimento do etanol de segunda geração, estimado para os próximos anos, a tendência é de que a produção aumente ainda mais, sem que isso signifique no aumento de terras para o cultivo da cana.

Ainda, além do álcool, a agricultura energética também vem sendo impulsionada pelo biodiesel, que pode ser produzido a partir de uma grande variedade de espécies produtoras de óleos vegetais, o que ajudará a impulsionar ainda mais o desenvolvimento brasileiro, principalmente pela geração de empregos e renda.

Com esta breve avaliação dos dados demonstrados, fica claro que o caso brasileiro de implementação e utilização do etanol pode ser considerado como positivo, e serve de exemplo para vários outros países, em contextos similares, que buscam principalmente deduzir suas emissões de GEE, e possuem diversificadas fontes energéticas, seguirem os mesmos passos. O resultado final, além de serem positivos para suas economias, será para o benefício de todos face a problemática das questões ambientais.

Entretanto, é importante que, em países onde esse tipo de tecnologia não é desenvolvido, fazem-se necessários avaliações e estudos, para que a tecnologia dos biocombustíveis seja implementada de maneira a atender, de forma sustentável e eficiente, suas metas de produção, com base nos recursos e estrutura que estes têm disponíveis.

Não se pode deixar de considerar, porém, que muitos serão os desafios e as responsabilidades por todos os envolvidos no processo, para que o etanol, enquanto combustível, se transforme em um dos grandes recursos energéticos do século XXI. Um exemplo a ser mencionado, tema de interesse para abordagem em estudos futuros, é o da consolidação do etanol como *commodity*. Apesar do produto possuir as qualidades necessárias para tal, barreiras comerciais ainda são impostas por muitos países em relação a este produtos. Por isso, é de fundamental importância que outra das dificuldades a ser enfrentada é desenvolver uma nova visão do etanol no mundo, pois este pode ser considerado um elemento fundamental para soluções globais tanto de segurança energética, como da degradação do ambiente e do aquecimento global.

Felizmente, e apesar de tudo, espera-se que a compreensão a nível mundial acerca do etanol possa se ampliar dada sua viabilidade. Assim, é possível acreditar que um mercado internacional do etanol se torne uma realidade cada vez mais consistente, em um futuro próximo, consolidando uma nova relação entre natureza e sociedade, mitigando as emissões de GEE, tornando possível o cumprimento dos objetivos de acordos ambientais internacionais, no panorama do desenvolvimento sustentável, e por fim, fazendo com que as chances de consequências catastróficas resultantes das alterações climáticas seja uma realidade cada vez mais distante.

REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY, R. (Org.). **Biocombustíveis: a energia da controvérsia**. São Paulo: Editora Senac, 2009.

ARON, R. **Paz e Guerra entre as Nações**. 2. ed. Brasília, DF: Editora da UnB, 1986.

BANCO MUNDIAL. **Relatório sobre o Desenvolvimento Mundial 1992**: desenvolvimento e meio ambiente: indicadores do desenvolvimento mundial. Rio de Janeiro: FGV, 1992. p. 27.

BARRETO, V. **A ética do liberalismo e do capitalismo**. Disponível em: <<http://www.buscalegis.ufsc.br/arquivos/barreto.pdf>>. Acesso em: 4 maio 2010.

BBC Brasil.com. **Entenda o que é o Protocolo de Kyoto**. 2007. Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/portuguese/reporterbbc/story/2007/12/071204_entanda_kyoto_dez_2007.shtml>. Acesso em: 13 jun. 2010.

BECK, U. **La sociedad del riesgo**. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, 1986.

BIODIESELBR, 2010. **Evolução do Programa Nacional do Álcool, Proálcool**. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool.htm>>. Acesso em: 2 nov. 2010.

BIODIESELBR, 2010. **Proálcool, 30 anos**. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/proalcool/30-anos/proalcool-30-anos.htm>>. Acesso em: 2 nov. 2010.

BIODIESELBR. **O que é o biodiesel?** 2010. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/biodiesel/definicao/o-que-e-biodiesel.htm>>. Acesso em: 19 ago. 2010.

BNDES. **Bioetanol de Cana-de-Áçúcar**: energia para o desenvolvimento energético. Organização BNDES e CGEE. Rio de Janeiro: BNDES, 2008.

BOBBIO, N.; MATTEUCCI, N.; PASQUINO, G. **Dicionário de Política**. 11. ed. Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília, 1998.

BOISIER, S. Desarrollo (local): de que estamos hablando? In: BARQUERO, A. V. MADDOERY, O. (Eds.) **Transformaciones globales, instituciones y políticas de desarrollo local**. Rosário: Editora Homo Sapiens, 2001. p. 2-15.

BOUTROS-GHALI, B. **An agenda for development**. ONU: New York, 1995.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia – MME. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2008/2017**. Rio de Janeiro: EPE, 2009. v.2. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PDEE/20091119_2.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2011.

BRASIL. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**, 2010. Rio de Janeiro: ANP, 2010. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=38591&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1300761480376>>. Acesso em: 13 mar. 2011.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC. **Álcool combustível**. 2011. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=2&menu=999>>. Acesso em: 13 mar. 2011.

BROADBEND, J. **Environment Politics in Japan**. Nova Iorque: Cambridge, 1998.

BRUM, A. J. **O desenvolvimento econômico brasileiro**. 21. ed. Ijuí: Vozes; Editora Unijuí, 2000.

CABRINI, M. F.; MAISTRO, M. C. M. Mercado internacional de álcool: os recentes programas de uso do produto como combustível. **Revista Agroanalysis**, Edição, p. 36, fev. 2007. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/Artigo_Alcool_export.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2011.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Agenda Ambiental na Administração Pública**: Relatório de Brundtland. 2010. Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br/responsabilidade-social/ecocamara/agendaambiental.html>>. Acesso em: 1 ago. 2010.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Biocombustível**. 2010. Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br/agencia/noticias/70330.html>>. Acesso em: 19 ago. 2010.

CASTRO, M. C. Desenvolvimento Sustentável. **Revista Economia e Empresa**, São Paulo, Instituto Presbiteriano Mackenzie, Universidade Mackenzie, v. 3, n. 3, p.23-32, jul./set. 1996.

CMMAD. Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso futuro Comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

COELHO, L. **Os 12 grandes problemas ambientais da humanidade**. Licenciamento Ambiental, 2009. Disponível em: <<http://www.licenciamentoambiental.eng.br/os-12-grandes-problemas-ambientais-da-humanidade/>>. Acesso em: 3 jun. 2010.

CRUZ, C. H. B. **A pesquisa no etanol da cana**. CDi/FAPESP - Centro de Documentação e Informação da FAPESP, 2010. Disponível em: <<http://www.bv.fapesp.br/namidia/noticia/35048/pesquisa-no-etanol-da-cana/>>. Acesso em: 23 set. 2010.

ESTADÃO.COM.BR. **COP-16 chega ao fim com ‘acordo de princípios’ para redução de emissões**. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/vidae,cop-16-chega-ao-fim-com-acordo-de-principios-para-reducao-de-emissoes.652509.0.htm>>. Acesso em: 15 dez. 2010.

FALADORI, G. **Limites do desenvolvimento sustentável**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2001.

FREITAS, M. A. V.; GROSSI, M. F. G. A. (Coord.). **Biocombustíveis e Mudanças Climáticas**: interfaces e potencialidades. Câmara Técnica de Energia e Mudanças do Clima do Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), 2007.

FURTADO, A. T.; SCANDIFFIO, M. I. G. A promessa do etanol no Brasil. **Visages d'Amérique Latine**, Brasília, DF, n. 5, p. 95-106, Sep. 2007. Disponível em: <<http://www.opalc.org/val/media/val5/10.pdf>>. Acesso em: 4 jan. 2011.

FURTADO, C. **Metamorfoses do capitalismo**. Discurso proferido na Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <<http://www.redcelsofurtado.edu.mx/archivosPDF/furtado1.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2010.

FURTADO, C. **Teoria e Política do Desenvolvimento Econômico**. 8. ed. São Paulo: Ed. Nacional, 1983.

GREMAUD, A. P.; VASCONCELLOS, A. S.; TORNETO JÚNIOR, R. **Economia brasileira contemporânea**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GUIVANT, J. S. A teoria da sociedade de risco de Ulrich Beck: entre o diagnóstico e a profecia. **Revista Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, n. 16, p. 95-112, abr. 2001.

HANNIGAN, J. A. **Sociologia Ambiental**: a formação de uma perspectiva. Lisboa: Instituto Piaget, 1995.

IPCC. International Panel on Climate Change. **Fourth Assessment Report**: Climate Change 2007 - Synthesis Report. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/mains1.html>. Acesso em: 14 jul. 2010.

LANZOTTI, C. R. **Uma análise energética de tendências do setor sucroalcooleiro**. Campinas, SP: [s.n.], 2000.

LE PRESTRE, P. **Ecopolítica Internacional**. São Paulo: Editora SENAC, 2000.

LOBÃO, E. **A crise do Petróleo e os Biocombustíveis**. Ministério de Minas e Energia, 2008. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/Artigos/A_crise_do_petrleo_e_os_biocombustveis.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2011.

LOPES, L. A. **Desenvolvimento sustentável**: uma análise do álcool como alternativa energética. Campinas, SP: [s.n.], 1999.

MACEDO, I. C.; SOUZA, E. L. L. (Coord.; Org.). **Etanol e bioeletricidade**: a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética. UNICA. São Paulo: Luc Projetos de Comunicação, 2010.

MAISTRO, M. C. M. Biocombustíveis: novos desafios por soluções do setor sucroalcooleiro nacional. In: BRAGA, M. J. COELHO, A. B. TEIXEIRA, E. C. (Editores). **Recursos Naturais e Crescimento Econômico**. Viçosa: UFV, 2008. p. 455-485.

MARCOCCIA, R. **A participação do etanol brasileiro em uma nova perspectiva da matriz energética mundial**. São Paulo: [s.n.], 2007.

MATOS, R. A.; ROVELLA, S. B. C. Do crescimento econômico ao desenvolvimento sustentável: conceitos em evolução. **Revista Eletrônica Opet - Administração e Ciências Contábeis**, n. 3, jan./jul. 2010. Disponível em: <http://www.opet.com.br/revista/administracao_e_cienciascontabeis/pdf/n3/DO-CRESCIMENTO-ECONOMICO-AO-DESENVOLVIMENTO-SUSTENTAVEL-CONCEITOS-EM-EVOLUCAO.pdf>. Acesso em: 9 maio 2010.

MITCHELL, D. **A note on rising food prices**. Policy Research Working Paper 4682, 2008. Disponível em: <<http://www.wds.worldbank.org/servlet/>>. Acesso em: 14 nov. 2010.

OLIVEIRA, G. B. Uma discussão sobre o conceito de desenvolvimento. **Revista FAE**, Curitiba, v. 5, n.2, p. 37-48, maio/ago. 2002.

OLIVEIRA, O. M. **Relações Internacionais**: estudos de introdução. Curitiba: Editora Juruá, 2002.

PEREIRA, A. S. **Mudança climática e energias renováveis**. 2002. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/clima/clima12.htm>>. Acesso em: 7 ago. 2010.

PIACENTE, E. A. **Perspectivas do Brasil no Mercado Internacional de etanol**. Campinas, SP: [s.n.], 2006.

PRESTE, P. **Ecopolítica Internacional**. São Paulo: Editora SENAC, 2000.

PROTOCOLO DE QUIOTO. Ministério das Relações Exteriores. Disponível em: <http://www.onu-brasil.org.br/doc_quioto.php>. Acesso em: 13 jul. 2010.

QUIMICA WEB. **Etanol**. Universidade Federal de Santa Catarina – Departamento de Química. Disponível em: <<http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/exemplar16.html>>. Acesso em: 27 set. 2010.

REAL, M. **A importância dos biocombustíveis para o meio ambiente**. Polo Nacional de Biocombustíveis – ESALQ/USP, 2006. Disponível em: <http://www.polobio.esalq.usp.br/noticias-visualizar.php?id=50>>. Acesso em: 17 ago. 2010.

REDCLIFT, M. **Wasted-Couting the Costs of Global Consumption**. London: Earthscan Publications, 1996.

RIBEIRO, W.C. **A ordem ambiental internacional**. São Paulo: Contexto, 2001.

ROCHA, J. M. A gestão dos recursos naturais: uma perspectiva de sustentabilidade baseada nas aspirações do lugar. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE, 1. **Anais....** 6 a 9 novembro de 2002. Indaiatuba. Disponível em: <http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro1/gt/conhecimento_local/Jefferson%20Marcal%20da%20Rocha.pdf>. Acesso em: 17 maio 2010.

SACHS, I. **Desenvolvimento**: includente, sustentável, sustentado. Rio de Janeiro: Graramond, 2004.

SACHS, J. D. **Common Wealth um novo modelo para a economia mundial**. Alfragide: Casa das Letras, 2009.

SALTO PARA O FUTURO, 2007. **Ambiente, desenvolvimento e sustentabilidade**. Disponível em: <<http://www.tvebrasil.com.br/salto/boletins2004/vnac/tetxt1.htm>>. Acesso em: 22 maio 2010.

SANTOS, F. D. **Que Futuro?** Ciência, Tecnologia, Desenvolvimento e Ambiente. Lisboa: Gradiva, 2007.

SARFATI, G. **Teoria das Relações Internacionais**. São Paulo: Saraiva, 2005.

SCANDIFFIO, M. I. G. **Análise prospectiva do álcool combustível no Brasil**: cenários 2004-2024. 2005. 201 f. Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas.

SCATOLIN, F. D. **Indicadores de desenvolvimento**: um sistema para o Estado do Paraná. Porto Alegre: [s.n.], 1989.

SILVA, C. L. (Org.) **Desenvolvimento sustentável**: um modelo analítico integrado e adaptativo. Petrópolis, RJ: Vozes, 2006.

SILVA, J. A. **Direito Ambiental Constitucional**. 5. ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2003.

SILVA, R. W. C.; PAULA, B. L. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Terra e Didática**, Campinas, n. 5, ano 1, p. 42-29, 2009. Disponível em: <<http://www.ige.unicamp.br/terra-edidatica/>>. Acesso em: 19 jun. 2010.

SOUZA, L. G. **Ensaio de Economia**. 2004. Disponível em: <<http://www.eumed.net/cursecon/libreria/2004/lgs/-ens/28.htm>>. Acesso em: 9 maio 2010.

UNICA. **Bioenergia**: desafios e oportunidades no mercado Internacional. Por Eduardo Leão de Sousa: Diretor Executivo da União da Indústria da Cana-de-Açúcar (UNICA). São Paulo, 27 de agosto de 2009. Disponível em: <http://cenbio.iee.usp.br/download/documentos/seminbioenergia/eduardo_souza_2708.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2011.

UNICA. **Brasil poderá quase dobrar exportações de etanol para o Japão**. ÚNICA notícias em 1 fev. 2011. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/noticias/show.asp?nwsCode=%7BBD256852-25D4-4CDA-BD54-F47DDCD89A6A%7D>>. Acesso em: 3 mar. 2011.

VEJA ONLINE. **Energias alternativas**: do “ouro negro” a uma nova matriz energética. 2008. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/idade/exclusivo/energias_alternativas/contexto1.html>. Acesso em: 7 maio 2010.

WEINGRILL, N. Quais as diferenças entre o álcool de cana e o de milho? **Revista Super Interessante**, São Paulo: Editora Abril, edição 238, p. 54, abr. 2007.

WWIUMA. **Integração entre meio ambiente e desenvolvimento**: 1972-2002. Disponível em: <http://www.wwiuma.org.br/geo_mundial_arquivos/capitulo1.pdf>. Acesso em: 13 maio 2010.

ANEXO

ANEXO A PROTOCÓLO DE QUIOTO

Protocolo de Quioto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

As Partes deste Protocolo,

Sendo Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, doravante denominada "Convenção",

Procurando atingir o objetivo final da Convenção, conforme expresso no Artigo 2,

Lembrando as disposições da Convenção,

Seguindo as orientações do Artigo 3 da Convenção,

Em conformidade com o Mandato de Berlim adotado pela decisão 1/CP.1 da Conferência das Partes da Convenção em sua primeira sessão,

Convieram no seguinte:

ARTIGO 1

Para os fins deste Protocolo, aplicam-se as definições contidas no Artigo 1 da Convenção. Adicionalmente:

1. "Conferência das Partes" significa a Conferência das Partes da Convenção.

"Convenção" significa a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, adotada em Nova York em 9 de maio de 1992.

2. "Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima" significa o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima estabelecido conjuntamente pela Organização Meteorológica Mundial e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente em 1988.

3. "Protocolo de Montreal" significa o Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio, adotado em Montreal em 16 de setembro de 1987 e com os ajustes e emendas adotados posteriormente.

4. "Partes presentes e votantes" significa as Partes presentes e que emitam voto afirmativo ou negativo.

5. "Parte" significa uma Parte deste Protocolo, a menos que de outra forma indicado pelo contexto.

6. "Parte incluída no Anexo I" significa uma Parte incluída no Anexo I da Convenção, com as emendas de que possa ser objeto, ou uma Parte que tenha feito uma notificação conforme previsto no Artigo 4, parágrafo 2(g), da Convenção.

ARTIGO 2

1. Cada Parte incluída no Anexo I, ao cumprir seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões assumidos sob o Artigo 3, a fim de promover o desenvolvimento sustentável, deve:

(a) Implementar e/ou aprimorar políticas e medidas de acordo com suas circunstâncias nacionais, tais como:

O aumento da eficiência energética em setores relevantes da economia nacional;

A proteção e o aumento de sumidouros e reservatórios de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal, levando em conta seus compromissos assumidos em acordos

internacionais relevantes sobre o meio ambiente, a promoção de práticas sustentáveis de manejo florestal, florestamento e reflorestamento;

A promoção de formas sustentáveis de agricultura à luz das considerações sobre a mudança do clima;

A pesquisa, a promoção, o desenvolvimento e o aumento do uso de formas novas e renováveis de energia, de tecnologias de seqüestro de dióxido de carbono e de tecnologias ambientalmente seguras, que sejam avançadas e inovadoras;

A redução gradual ou eliminação 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 da Convenção e aplicação de instrumentos de mercado;

O estímulo a reformas adequadas em setores relevantes, visando a promoção de políticas e medidas que limitem ou reduzam emissões de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal;

Medidas para limitar e/ou reduzir as emissões de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal no setor de transportes;

A limitação e/ou redução de emissões de metano por meio de sua recuperação e utilização no tratamento de resíduos, bem como na produção, no transporte e na distribuição de energia;

(b) Cooperar com outras Partes incluídas no Anexo I no aumento da eficácia individual e combinada de suas políticas e medidas adotadas segundo este Artigo, conforme o Artigo 4, parágrafo 2(e)(i), da Convenção. Para esse fim, essas Partes devem adotar medidas para compartilhar experiências e trocar informações sobre tais políticas e medidas, inclusive desenvolvendo formas de melhorar sua comparabilidade, transparência e eficácia. A Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo deve, em sua primeira sessão ou tão logo seja praticável a partir de então, considerar maneiras de facilitar tal cooperação, levando em conta toda a informação relevante.

2. As Partes incluídas no Anexo I devem procurar limitar ou reduzir as emissões de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal originárias de combustíveis do transporte aéreo e marítimo internacional, conduzindo o trabalho pela Organização de Aviação Civil Internacional e pela Organização Marítima Internacional, respectivamente.

3. As Partes incluídas no Anexo I devem empenhar-se em implementar políticas e medidas a que se refere este Artigo de forma a minimizar efeitos adversos, incluindo os efeitos adversos da mudança do clima, os efeitos sobre o comércio internacional e os impactos sociais, ambientais e econômicos sobre outras Partes, especialmente as Partes países em desenvolvimento e em particular as identificadas no Artigo 4, parágrafos 8 e 9, da Convenção, levando em conta o Artigo 3 da Convenção. A Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo pode realizar ações adicionais, conforme o caso, para promover a implementação das disposições deste parágrafo.

4. Caso a Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo considere proveitoso coordenar qualquer uma das políticas e medidas do parágrafo 1(a) acima, levando em conta as diferentes circunstâncias nacionais e os possíveis efeitos, deve considerar modos e meios de definir a coordenação de tais políticas e medidas.

ARTIGO 3

1. As Partes incluídas no Anexo I devem, individual ou conjuntamente, assegurar que suas emissões antrópicas agregadas, expressas em dióxido de carbono equivalente, dos gases de efeito estufa listados no Anexo A não excedam suas quantidades atribuídas, calculadas em conformidade com seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões descritos no Anexo B e de acordo com as disposições deste Artigo, com vistas a reduzir suas emissões totais desses gases em pelo menos 5 por cento abaixo dos níveis de 1990 no período de compromisso de 2008 a 2012.

2. Cada Parte incluída no Anexo I deve, até 2005, ter realizado um progresso comprovado para alcançar os compromissos assumidos sob este Protocolo.

3. As variações líquidas nas emissões por fontes e remoções por sumidouros de gases de efeito estufa resultantes de mudança direta, induzida pelo homem, no uso da terra e nas atividades

florestais, limitadas ao florestamento, reflorestamento e desflorestamento desde 1990, medidas como variações verificáveis nos estoques de carbono em cada período de compromisso, deverão ser utilizadas para atender os compromissos assumidos sob este Artigo por cada Parte incluída no Anexo I. As emissões por fontes e remoções por sumidouros de gases de efeito estufa associadas a essas atividades devem ser relatadas de maneira transparente e comprovável e revistas em conformidade com os Artigos 7 e 8.

4. Antes da primeira sessão da Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo, cada Parte incluída no Anexo I deve submeter à consideração do Órgão Subsidiário de Assessoramento Científico e Tecnológico dados para o estabelecimento do seu nível de estoques de carbono em 1990 e possibilitar a estimativa das suas mudanças nos estoques de carbono nos anos subsequentes. A Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo deve, em sua primeira sessão ou assim que seja praticável a partir de então, decidir sobre as modalidades, regras e diretrizes sobre como e quais são as atividades adicionais induzidas pelo homem relacionadas com mudanças nas emissões por fontes e remoções por sumidouros de gases de efeito estufa nas categorias de solos agrícolas e de mudança no uso da terra e florestas, que devem ser acrescentadas ou subtraídas da quantidade atribuída para as Partes incluídas no Anexo I, levando em conta as incertezas, a transparência na elaboração de relatório, a comprovação, o trabalho metodológico do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima, o assessoramento fornecido pelo Órgão Subsidiário de Assessoramento Científico e Tecnológico em conformidade com o Artigo 5 e as decisões da Conferência das Partes. Tal decisão será aplicada a partir do segundo período de compromisso. A Parte poderá optar por aplicar essa decisão sobre as atividades adicionais induzidas pelo homem no seu primeiro período de compromisso, desde que essas atividades tenham se realizado a partir de 1990.

5. As Partes em processo de transição para uma economia de mercado incluídas no Anexo I, cujo ano ou período de base foi estabelecido em conformidade com a decisão 9/CP.2 da Conferência das Partes em sua segunda sessão, devem usar esse ano ou período de base para a implementação dos seus compromissos previstos neste Artigo. Qualquer outra Parte em processo de transição para uma economia de mercado incluída no Anexo I que ainda não tenha submetido a sua primeira comunicação nacional, conforme o Artigo 12 da Convenção, também pode notificar a Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo da sua intenção de utilizar um ano ou período históricos de base que não 1990 para a implementação de seus compromissos previstos neste Artigo. A Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo deve decidir sobre a aceitação de tal notificação.

6. Levando em conta o Artigo 4, parágrafo 6, da Convenção, na implementação dos compromissos assumidos sob este Protocolo que não os deste Artigo, a Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo concederá um certo grau de flexibilidade às Partes em processo de transição para uma economia de mercado incluídas no Anexo I.

7. No primeiro período de compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, de 2008 a 2012, a quantidade atribuída para cada Parte incluída no Anexo I deve ser igual à porcentagem descrita no Anexo B de suas emissões antrópicas agregadas, expressas em dióxido de carbono equivalente, dos gases de efeito estufa listados no Anexo A em 1990, ou o ano ou período de base determinado em conformidade com o parágrafo 5 acima, multiplicado por cinco. As Partes incluídas no Anexo I para as quais a mudança no uso da terra e florestas constituíram uma fonte líquida de emissões de gases de efeito estufa em 1990 devem fazer constar, no seu ano ou período de base de emissões de 1990, as emissões antrópicas agregadas por fontes menos as remoções antrópicas por sumidouros em 1990, expressas em dióxido de carbono equivalente, devidas à mudança no uso da terra, com a finalidade de calcular sua quantidade atribuída.

8. Qualquer Parte incluída no Anexo I pode utilizar 1995 como o ano base para os hidrofluorcarbonos, perfluorcarbonos e hexafluoreto de enxofre, na realização dos cálculos mencionados no parágrafo 7 acima.

9. Os compromissos das Partes incluídas no Anexo I para os períodos subsequentes devem ser estabelecidos em emendas ao Anexo B deste Protocolo, que devem ser adotadas em conformidade com as disposições do Artigo 21, parágrafo 7. A Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo deve dar início à consideração de tais compromissos pelo menos sete anos antes do término do primeiro período de compromisso ao qual se refere o parágrafo 1 acima.

10. Qualquer unidade de redução de emissões, ou qualquer parte de uma quantidade atribuída, que uma Parte adquira de outra Parte em conformidade com as disposições do Artigo 6 ou do Artigo 17 deve ser acrescentada à quantidade atribuída à Parte adquirente.

11. Qualquer unidade de redução de emissões, ou qualquer parte de uma quantidade atribuída, que uma Parte transfira para outra Parte em conformidade com as disposições do Artigo 6 ou do Artigo 17 deve ser subtraída da quantidade atribuída à Parte transferidora.

12. Qualquer redução certificada de emissões que uma Parte adquira de outra Parte em conformidade com as disposições do Artigo 12 deve ser acrescentada à quantidade atribuída à Parte adquirente.

13. Se as emissões de uma Parte incluída no Anexo I em um período de compromisso forem inferiores a sua quantidade atribuída prevista neste Artigo, essa diferença, mediante solicitação dessa Parte, deve ser acrescentada à quantidade atribuída a essa Parte para períodos de compromisso subsequentes.

14. Cada Parte incluída no Anexo I deve empenhar-se para implementar os compromissos mencionados no parágrafo 1 acima de forma que sejam minimizados os efeitos adversos, tanto sociais como ambientais e econômicos, sobre as Partes países em desenvolvimento, particularmente as identificadas no Artigo 4, parágrafos 8 e 9, da Convenção. Em consonância com as decisões pertinentes da Conferência das Partes sobre a implementação desses parágrafos, a Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo deve, em sua primeira sessão, considerar quais as ações se fazem necessárias para minimizar os efeitos adversos da mudança do clima e/ou os impactos de medidas de resposta sobre as Partes mencionadas nesses parágrafos. Entre as questões a serem consideradas devem estar a obtenção de fundos, seguro e transferência de tecnologia.

ARTIGO 4

1. Qualquer Parte incluída no Anexo I que tenha acordado em cumprir conjuntamente seus compromissos assumidos sob o Artigo 3 será considerada como tendo cumprido esses compromissos se o total combinado de suas emissões antrópicas agregadas, expressas em dióxido de carbono equivalente, dos gases de efeito estufa listados no Anexo A não exceder suas quantidades atribuídas, calculadas de acordo com seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, descritos no Anexo B, e em conformidade com as disposições do Artigo 3. O respectivo nível de emissão determinado para cada uma das Partes do acordo deve ser nele especificado.

2. As Partes de qualquer um desses acordos devem notificar o Secretariado sobre os termos do acordo na data de depósito de seus instrumentos de ratificação, aceitação, aprovação ou adesão a este Protocolo. O Secretariado, por sua vez, deve informar os termos do acordo às Partes e aos signatários da Convenção.

3. Qualquer desses acordos deve permanecer em vigor durante o período de compromisso especificado no Artigo 3, parágrafo 7.

4. Se as Partes atuando conjuntamente assim o fizerem no âmbito de uma organização regional de integração econômica e junto com ela, qualquer alteração na composição da organização após a adoção deste Protocolo não deverá afetar compromissos existentes no âmbito deste Protocolo. Qualquer alteração na composição da organização só será válida para fins dos compromissos previstos no Artigo 3 que sejam adotados em período subsequente ao dessa alteração.

5. Caso as Partes desses acordos não atinjam seu nível total combinado de redução de emissões, cada Parte desses acordos deve se responsabilizar pelo seu próprio nível de emissões determinado no acordo.

6. Se as Partes atuando conjuntamente assim o fizerem no âmbito de uma organização regional de integração econômica que seja Parte deste Protocolo e junto com ela, cada Estado-Membro dessa organização regional de integração econômica individual e conjuntamente com a organização regional de integração econômica, atuando em conformidade com o Artigo 24, no caso de não ser atingido o nível total combinado de redução de emissões, deve se responsabilizar por seu nível de emissões como notificado em conformidade com este Artigo.

ARTIGO 5

1. Cada Parte incluída no Anexo I deve estabelecer, dentro do período máximo de um ano antes do início do primeiro período de compromisso, um sistema nacional para a estimativa das emissões antrópicas por fontes e das remoções antrópicas por sumidouros de todos os gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal. As diretrizes para tais sistemas nacionais, que devem incorporar as metodologias especificadas no parágrafo 2 abaixo, devem ser decididas pela

Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo em sua primeira sessão.

2. As metodologias para a estimativa das emissões antrópicas por fontes e das remoções antrópicas por sumidouros de todos os gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal devem ser as aceitas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima e acordadas pela Conferência das Partes em sua terceira sessão. Onde não forem utilizadas tais metodologias, ajustes adequados devem ser feitos de acordo com as metodologias acordadas pela Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo em sua primeira sessão. Com base no trabalho, inter alia, do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima e no assessoramento prestado pelo Órgão Subsidiário de Assessoramento Científico e Tecnológico, a Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo deve rever periodicamente e, conforme o caso, revisar tais metodologias e ajustes, levando plenamente em conta qualquer decisão pertinente da Conferência das Partes. Qualquer revisão das metodologias ou ajustes deve ser utilizada somente com o propósito de garantir o cumprimento dos compromissos previstos no Artigo 3 com relação a qualquer período de compromisso adotado posteriormente a essa revisão.

3. Os potenciais de aquecimento global utilizados para calcular a equivalência em dióxido de carbono das emissões antrópicas por fontes e das remoções antrópicas por sumidouros dos gases de efeito estufa listados no Anexo A devem ser os aceitos pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima e acordados pela Conferência das Partes em sua terceira sessão. Com base no trabalho, inter alia, do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima e no assessoramento prestado pelo Órgão Subsidiário de Assessoramento Científico e Tecnológico, a Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo deve rever periodicamente e, conforme o caso, revisar o potencial de aquecimento global de cada um dos gases de efeito estufa, levando plenamente em conta qualquer decisão pertinente da Conferência das Partes. Qualquer revisão de um potencial de aquecimento global deve ser aplicada somente aos compromissos assumidos sob o Artigo 3 com relação a qualquer período de compromisso adotado posteriormente a essa revisão.

ARTIGO 6

1. A fim de cumprir os compromissos assumidos sob o Artigo 3, qualquer Parte incluída no Anexo I pode transferir para ou adquirir de qualquer outra dessas Partes unidades de redução de emissões resultantes de projetos visando a redução das emissões antrópicas por fontes ou o aumento das remoções antrópicas por sumidouros de gases de efeito estufa em qualquer setor da economia, desde que:

(a) O projeto tenha a aprovação das Partes envolvidas;

(b) O projeto promova uma redução das emissões por fontes ou um aumento das remoções por sumidouros que sejam adicionais aos que ocorreriam na sua ausência;

(c) A Parte não adquira nenhuma unidade de redução de emissões se não estiver em conformidade com suas obrigações assumidas sob os Artigos 5 e 7; e

(d) A aquisição de unidades de redução de emissões seja suplementar às ações domésticas realizadas com o fim de cumprir os compromissos previstos no Artigo 3.

2. A Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo pode, em sua primeira sessão ou assim que seja viável a partir de então, aprimorar diretrizes para a implementação deste Artigo, incluindo para verificação e elaboração de relatórios.

3. Uma Parte incluída no Anexo I pode autorizar entidades jurídicas a participarem, sob sua responsabilidade, de ações que promovam a geração, a transferência ou a aquisição, sob este Artigo, de unidades de redução de emissões.

4. Se uma questão de implementação por uma Parte incluída no Anexo I das exigências mencionadas neste parágrafo é identificada de acordo com as disposições pertinentes do Artigo 8, as

transferências e aquisições de unidades de redução de emissões podem continuar a ser feitas depois de ter sido identificada a questão, desde que quaisquer dessas unidades não sejam usadas pela Parte para atender os seus compromissos assumidos sob o Artigo 3 até que seja resolvida qualquer questão de cumprimento.

ARTIGO 7

1. Cada Parte incluída no Anexo I deve incorporar ao seu inventário anual de emissões antrópicas por fontes e remoções antrópicas por sumidouros de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal, submetido de acordo com as decisões pertinentes da Conferência das Partes, as informações suplementares necessárias com o propósito de assegurar o cumprimento do Artigo 3, a serem determinadas em conformidade com o parágrafo 4 abaixo.

2. Cada Parte incluída no Anexo I deve incorporar à sua comunicação nacional, submetida de acordo com o Artigo 12 da Convenção, as informações suplementares necessárias para demonstrar o cumprimento dos compromissos assumidos sob este Protocolo, a serem determinadas em conformidade com o parágrafo 4 abaixo.

3. Cada Parte incluída no Anexo I deve submeter as informações solicitadas no parágrafo 1 acima anualmente, começando com o primeiro inventário que deve ser entregue, segundo a Convenção, no primeiro ano do período de compromisso após a entrada em vigor deste Protocolo para essa Parte. Cada uma dessas Partes deve submeter as informações solicitadas no parágrafo 2 acima como parte da primeira comunicação nacional que deve ser entregue, segundo a Convenção, após a entrada em vigor deste Protocolo para a Parte e após a adoção de diretrizes como previsto no parágrafo 4 abaixo. A frequência das submissões subsequentes das informações solicitadas sob este Artigo deve ser determinada pela Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo, levando em conta qualquer prazo para a submissão de comunicações nacionais conforme decidido pela Conferência das Partes.

4. A Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo deve adotar em sua primeira sessão, e rever periodicamente a partir de então, diretrizes para a preparação das informações solicitadas sob este Artigo, levando em conta as diretrizes para a preparação de comunicações nacionais das Partes incluídas no Anexo I, adotadas pela Conferência das Partes. A Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo deve também, antes do primeiro período de compromisso, decidir sobre as modalidades de contabilização das quantidades atribuídas.

ARTIGO 8

1. As informações submetidas de acordo com o Artigo 7 por cada Parte incluída no Anexo I devem ser revistas por equipes revisoras de especialistas em conformidade com as decisões pertinentes da Conferência das Partes e em consonância com as diretrizes adotadas com esse propósito pela Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo, conforme o parágrafo 4 abaixo. As informações submetidas segundo o Artigo 7, parágrafo 1, por cada Parte incluída no Anexo I devem ser revistas como parte da compilação anual e contabilização dos inventários de emissões e das quantidades atribuídas. Adicionalmente, as informações submetidas de acordo com o Artigo 7, parágrafo 2, por cada Parte incluída no Anexo I devem ser revistas como parte da revisão das comunicações.

2. As equipes revisoras de especialistas devem ser coordenadas pelo Secretariado e compostas por especialistas selecionados a partir de indicações das Partes da Convenção e, conforme o caso, de organizações intergovernamentais, em conformidade com a orientação dada para esse fim pela Conferência das Partes.

3. O processo de revisão deve produzir uma avaliação técnica completa e abrangente de todos os aspectos da implementação deste Protocolo por uma Parte. As equipes revisoras de especialistas devem preparar um relatório para a Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo, avaliando a implementação dos compromissos da Parte e identificando possíveis problemas e fatores que possam estar influenciando a efetivação dos compromissos. Esses relatórios devem ser distribuídos pelo Secretariado a todas as Partes da Convenção. O Secretariado deve listar

as questões de implementação indicadas em tais relatórios para posterior consideração pela Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo.

4. A Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo deve adotar em sua primeira sessão, e rever periodicamente a partir de então, as diretrizes para a revisão da implementação deste Protocolo por equipes revisoras de especialistas, levando em conta as decisões pertinentes da Conferência das Partes.

5. A Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo deve, com a assistência do Órgão Subsidiário de Implementação e, conforme o caso, do Órgão de Assessoramento Científico e Tecnológico, considerar:

(a) As informações submetidas pelas Partes segundo o Artigo 7 e os relatórios das revisões dos especialistas sobre essas informações, elaborados de acordo com este Artigo; e

(b) As questões de implementação listadas pelo Secretariado em conformidade com o parágrafo 3 acima, bem como qualquer questão levantada pelas Partes.

6. A Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo deve tomar decisões sobre qualquer assunto necessário para a implementação deste Protocolo de acordo com as considerações feitas sobre as informações a que se refere o parágrafo 5 acima.

ARTIGO 9

1. A Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo deve rever periodicamente este Protocolo à luz das melhores informações e avaliações científicas disponíveis sobre a mudança do clima e seus impactos, bem como de informações técnicas, sociais e econômicas relevantes. Tais revisões devem ser coordenadas com revisões pertinentes segundo a Convenção, em particular as dispostas no Artigo 4, parágrafo 2(d), e Artigo 7, parágrafo 2(a), da Convenção. Com base nessas revisões, a Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo deve tomar as providências adequadas.

2. A primeira revisão deve acontecer na segunda sessão da Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo. Revisões subseqüentes devem acontecer em intervalos regulares e de maneira oportuna.

ARTIGO 10

Todas as Partes, levando em conta suas responsabilidades comuns mas diferenciadas e suas prioridades de desenvolvimento, objetivos e circunstâncias específicos, nacionais e regionais, sem a introdução de qualquer novo compromisso para as Partes não incluídas no Anexo I, mas reafirmando os compromissos existentes no Artigo 4, parágrafo 1, da Convenção, e continuando a fazer avançar a implementação desses compromissos a fim de atingir o desenvolvimento sustentável, levando em conta o Artigo 4, parágrafos 3, 5 e 7, da Convenção, devem:

(a) Formular, quando apropriado e na medida do possível, programas nacionais e, conforme o caso, regionais adequados, eficazes em relação aos custos, para melhorar a qualidade dos fatores de emissão, dados de atividade e/ou modelos locais que reflitam as condições socioeconômicas de cada Parte para a preparação e atualização periódica de inventários nacionais de emissões antrópicas por fontes e remoções antrópicas por sumidouros de todos os gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal, empregando metodologias comparáveis a serem acordadas pela Conferência das Partes e consistentes com as diretrizes para a preparação de comunicações nacionais adotadas pela Conferência das Partes;

(b) Formular, implementar, publicar e atualizar regularmente programas nacionais e, conforme o caso, regionais, que contenham medidas para mitigar a mudança do clima bem como medidas para facilitar uma adaptação adequada à mudança do clima:

(i) Tais programas envolveriam, entre outros, os setores de energia, transporte e indústria, bem como os de agricultura, florestas e tratamento de resíduos. Além disso, tecnologias e métodos de adaptação para aperfeiçoar o planejamento espacial melhorariam a adaptação à mudança do clima; e

(ii) As Partes incluídas no Anexo I devem submeter informações sobre ações no âmbito deste Protocolo, incluindo programas nacionais, em conformidade com o Artigo 7; e as outras Partes devem

buscar incluir em suas comunicações nacionais, conforme o caso, informações sobre programas que contenham medidas que a Parte acredite contribuir para enfrentar a mudança do clima e seus efeitos adversos, incluindo a redução dos aumentos das emissões de gases de efeito estufa e aumento dos sumidouros e remoções, capacitação e medidas de adaptação;

(c) Cooperar na promoção de modalidades efetivas para o desenvolvimento, a aplicação e a difusão, e tomar todas as medidas possíveis para promover, facilitar e financiar, conforme o caso, a transferência ou o acesso a tecnologias, know-how, práticas e processos ambientalmente seguros relativos à mudança do clima, em particular para os países em desenvolvimento, incluindo a formulação de políticas e programas para a transferência efetiva de tecnologias ambientalmente seguras que sejam de propriedade pública ou de domínio público e a criação, no setor privado, de um ambiente propício para promover e melhorar a transferência de tecnologias ambientalmente seguras e o acesso a elas;

(d) Cooperar nas pesquisas científicas e técnicas e promover a manutenção e o desenvolvimento de sistemas de observação sistemática e o desenvolvimento de arquivos de dados para reduzir as incertezas relacionadas ao sistema climático, os efeitos adversos da mudança do clima e as consequências econômicas e sociais das várias estratégias de resposta e promover o desenvolvimento e o fortalecimento da capacidade e dos recursos endógenos para participar dos esforços, programas e redes internacionais e intergovernamentais de pesquisa e observação sistemática, levando em conta o Artigo 5 da Convenção;

(e) Cooperar e promover em nível internacional e, conforme o caso, por meio de organismos existentes, a elaboração e a execução de programas de educação e treinamento, incluindo o fortalecimento da capacitação nacional, em particular a capacitação humana e institucional e o intercâmbio ou cessão de pessoal para treinar especialistas nessas áreas, em particular para os países em desenvolvimento, e facilitar em nível nacional a conscientização pública e o acesso público a informações sobre a mudança do clima. Modalidades adequadas devem ser desenvolvidas para implementar essas atividades por meio dos órgãos apropriados da Convenção, levando em conta o Artigo 6 da Convenção;

(f) Incluir em suas comunicações nacionais informações sobre programas e atividades empreendidos em conformidade com este Artigo de acordo com as decisões pertinentes da Conferência das Partes; e

(g) Levar plenamente em conta, na implementação dos compromissos previstos neste Artigo, o Artigo 4, parágrafo 8, da Convenção.

ARTIGO 11

1. Na implementação do Artigo 10, as Partes devem levar em conta as disposições do Artigo 4, parágrafos 4, 5, 7, 8 e 9, da Convenção.

2. No contexto da implementação do Artigo 4, parágrafo 1, da Convenção, em conformidade com as disposições do Artigo 4, parágrafo 3, e do Artigo 11 da Convenção, e por meio da entidade ou entidades encarregadas da operação do mecanismo financeiro da Convenção, as Partes países desenvolvidos e as demais Partes desenvolvidas incluídas no Anexo II da Convenção devem:

(a) Prover recursos financeiros novos e adicionais para cobrir integralmente os custos por elas acordados incorridos pelas Partes países em desenvolvimento para fazer avançar a implementação dos compromissos assumidos sob o Artigo 4, parágrafo 1(a), da Convenção e previstos no Artigo 10, alínea (a); e

(b) Também prover esses recursos financeiros, inclusive para a transferência de tecnologia, de que necessitem as Partes países em desenvolvimento para cobrir integralmente os custos incrementais para fazer avançar a implementação dos compromissos existentes sob o Artigo 4, parágrafo 1, da Convenção e descritos no Artigo 10 e que sejam acordados entre uma Parte país em desenvolvimento e a entidade ou entidades internacionais a que se refere o Artigo 11 da Convenção, em conformidade com esse Artigo.

A implementação desses compromissos existentes deve levar em conta a necessidade de que o fluxo de recursos financeiros seja adequado e previsível e a importância da divisão adequada do ônus

entre as Partes países desenvolvidos. A orientação para a entidade ou entidades encarregadas da operação do mecanismo financeiro da Convenção em decisões pertinentes da Conferência das Partes, incluindo as acordadas antes da adoção deste Protocolo, aplica-se <i>mutatis mutandis</i> às disposições deste parágrafo.

3. As Partes países desenvolvidos e demais Partes desenvolvidas do Anexo II da Convenção podem também prover recursos financeiros para a implementação do Artigo 10 por meio de canais bilaterais, regionais e multilaterais e as Partes países em desenvolvimento podem deles beneficiar-se.

ARTIGO 12

1. Fica definido um mecanismo de desenvolvimento limpo.

2. O objetivo do mecanismo de desenvolvimento limpo deve ser assistir às Partes não incluídas no Anexo I para que atinjam o desenvolvimento sustentável e contribuam para o objetivo final da Convenção, e assistir às Partes incluídas no Anexo I para que cumpram seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, assumidos no Artigo 3.

3. Sob o mecanismo de desenvolvimento limpo:

(a) As Partes não incluídas no Anexo I beneficiar-se-ão de atividades de projetos que resultem em reduções certificadas de emissões; e

(b) As Partes incluídas no Anexo I podem utilizar as reduções certificadas de emissões, resultantes de tais atividades de projetos, para contribuir com o cumprimento de parte de seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, assumidos no Artigo 3, como determinado pela Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo.

4. O mecanismo de desenvolvimento limpo deve sujeitar-se à autoridade e orientação da Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo e à supervisão de um conselho executivo do mecanismo de desenvolvimento limpo.

5. As reduções de emissões resultantes de cada atividade de projeto devem ser certificadas por entidades operacionais a serem designadas pela Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo, com base em:

(a) Participação voluntária aprovada por cada Parte envolvida;

(b) Benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo relacionados com a mitigação da mudança do clima, e

(c) Reduções de emissões que sejam adicionais as que ocorreriam na ausência da atividade certificada de projeto.

6. O mecanismo de desenvolvimento limpo deve prestar assistência quanto à obtenção de fundos para atividades certificadas de projetos quando necessário.

7. A Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo deve, em sua primeira sessão, elaborar modalidades e procedimentos com o objetivo de assegurar transparência, eficiência e prestação de contas das atividades de projetos por meio de auditorias e verificações independentes.

8. A Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo deve assegurar que uma fração dos fundos advindos de atividades de projetos certificadas seja utilizada para cobrir despesas administrativas, assim como assistir às Partes países em desenvolvimento que sejam particularmente vulneráveis aos efeitos adversos da mudança do clima para fazer face aos custos de adaptação.

9. A participação no mecanismo de desenvolvimento limpo, incluindo nas atividades mencionadas no parágrafo 3(a) acima e na aquisição de reduções certificadas de emissão, pode envolver entidades privadas e/ou públicas e deve sujeitar-se a qualquer orientação que possa ser dada pelo conselho executivo do mecanismo de desenvolvimento limpo.

10. Reduções certificadas de emissões obtidas durante o período do ano 2000 até o início do primeiro período de compromisso podem ser utilizadas para auxiliar no cumprimento das responsabilidades relativas ao primeiro período de compromisso.

ARTIGO 13

1. A Conferência das Partes, o órgão supremo da Convenção, deve atuar na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo.

2. As Partes da Convenção que não sejam Partes deste Protocolo podem participar como observadoras das deliberações de qualquer sessão da Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo. Quando a Conferência das Partes atuar na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo, as decisões tomadas sob este Protocolo devem ser tomadas somente por aquelas que sejam Partes deste Protocolo.

3. Quando a Conferência das Partes atuar na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo, qualquer membro da Mesa da Conferência das Partes representando uma Parte da Convenção mas, nessa ocasião, não uma Parte deste Protocolo, deve ser substituído por um outro membro, escolhido entre as Partes deste Protocolo e por elas eleito.

4. A Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo deve manter a implementação deste Protocolo sob revisão periódica e tomar, dentro de seu mandato, as decisões necessárias para promover a sua implementação efetiva. Deve executar as funções a ela atribuídas por este Protocolo e deve:

(a) Com base em todas as informações apresentadas em conformidade com as disposições deste Protocolo, avaliar a implementação deste Protocolo pelas Partes, os efeitos gerais das medidas tomadas de acordo com este Protocolo, em particular os efeitos ambientais, econômicos e sociais, bem como os seus efeitos cumulativos e o grau de progresso no atendimento do objetivo da Convenção;

(b) Examinar periodicamente as obrigações das Partes deste Protocolo, com a devida consideração a qualquer revisão exigida pelo Artigo 4, parágrafo 2(d), e Artigo 7, parágrafo 2, da Convenção, à luz do seu objetivo, da experiência adquirida em sua implementação e da evolução dos conhecimentos científicos e tecnológicos, e a esse respeito, considerar e adotar relatórios periódicos sobre a implementação deste Protocolo;

(c) Promover e facilitar o intercâmbio de informações sobre medidas adotadas pelas Partes para enfrentar a mudança do clima e seus efeitos, levando em conta as diferentes circunstâncias, responsabilidades e recursos das Partes e seus respectivos compromissos assumidos sob este Protocolo;

(d) Facilitar, mediante solicitação de duas ou mais Partes, a coordenação de medidas por elas adotadas para enfrentar a mudança do clima e seus efeitos, levando em conta as diferentes circunstâncias, responsabilidades e capacidades das Partes e seus respectivos compromissos assumidos sob este Protocolo;

(e) Promover e orientar, em conformidade com o objetivo da Convenção e as disposições deste Protocolo, e levando plenamente em conta as decisões pertinentes da Conferência das Partes, o desenvolvimento e aperfeiçoamento periódico de metodologias comparáveis para a implementação efetiva deste Protocolo, a serem acordadas pela Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo;

(f) Fazer recomendações sobre qualquer assunto necessário à implementação deste Protocolo;

(g) Procurar mobilizar recursos financeiros adicionais em conformidade com o Artigo 11, parágrafo 2;

(h) Estabelecer os órgãos subsidiários considerados necessários à implementação deste Protocolo;

(i) Buscar e utilizar, conforme o caso, os serviços e a cooperação das organizações internacionais e dos organismos intergovernamentais e não-governamentais competentes, bem como as informações por eles fornecidas; e

(j) Desempenhar as demais funções necessárias à implementação deste Protocolo e considerar qualquer atribuição resultante de uma decisão da Conferência das Partes.

5. As regras de procedimento da Conferência das Partes e os procedimentos financeiros aplicados sob a Convenção devem ser aplicados *mutatis mutandis* sob este Protocolo, exceto quando decidido de outra forma por consenso pela Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo.

6. A primeira sessão da Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo deve ser convocada pelo Secretariado juntamente com a primeira sessão da Conferência das Partes programada para depois da data de entrada em vigor deste Protocolo. As sessões ordinárias subseqüentes da Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo devem ser realizadas anualmente e em conjunto com as sessões ordinárias da Conferência das Partes a menos que decidido de outra forma pela Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo.

7. As sessões extraordinárias da Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo devem ser realizadas em outras datas quando julgado necessário pela Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo, ou por solicitação escrita de qualquer Parte, desde que, dentro de seis meses após a solicitação ter sido comunicada às Partes pelo Secretariado, receba o apoio de pelo menos um terço das Partes.

8. As Nações Unidas, seus órgãos especializados e a Agência Internacional de Energia Atômica, bem como qualquer Estado-Membro dessas organizações ou observador junto às mesmas que não seja Parte desta Convenção podem se fazer representar como observadores nas sessões da Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo. Qualquer outro órgão ou agência, nacional ou internacional, governamental ou não-governamental, competente em assuntos de que trata este Protocolo e que tenha informado ao Secretariado o seu desejo de se fazer representar como observador numa sessão da Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo, pode ser admitido nessa qualidade, salvo se pelo menos um terço das Partes presentes objete. A admissão e participação dos observadores devem sujeitar-se às regras de procedimento a que se refere o parágrafo 5 acima.

ARTIGO 14

1. O Secretariado estabelecido pelo Artigo 8 da Convenção deve desempenhar a função de Secretariado deste Protocolo.

2. O Artigo 8, parágrafo 2, da Convenção, sobre as funções do Secretariado e o Artigo 8, parágrafo 3, da Convenção, sobre as providências tomadas para o seu funcionamento, devem ser aplicados *mutatis mutandis* a este Protocolo. O Secretariado deve, além disso, exercer as funções a ele atribuídas sob este Protocolo.

ARTIGO 15

1. O Órgão Subsidiário de Assessoramento Científico e Tecnológico e o Órgão Subsidiário de Implementação estabelecidos nos Artigos 9 e 10 da Convenção devem atuar, respectivamente, como o Órgão Subsidiário de Assessoramento Científico e Tecnológico e o Órgão Subsidiário de Implementação deste Protocolo. As disposições relacionadas com o funcionamento desses dois órgãos sob a Convenção devem ser aplicadas *mutatis mutandis* a este Protocolo. As sessões das reuniões do Órgão Subsidiário de Assessoramento Científico e Tecnológico e do Órgão Subsidiário de Implementação deste Protocolo devem ser realizadas conjuntamente com as reuniões do Órgão Subsidiário de Assessoramento Científico e Tecnológico e do Órgão Subsidiário de Implementação da Convenção, respectivamente.

2. As Partes da Convenção que não são Partes deste Protocolo podem participar como observadoras das deliberações de qualquer sessão dos órgãos subsidiários. Quando os órgãos subsidiários atuarem como órgãos subsidiários deste Protocolo, as decisões sob este Protocolo devem ser tomadas somente por aquelas que sejam Partes deste Protocolo.

3. Quando os órgãos subsidiários estabelecidos pelos Artigos 9 e 10 da Convenção exerçam suas funções com relação a assuntos que dizem respeito a este Protocolo, qualquer membro das Mesas desses órgãos subsidiários representando uma Parte da Convenção, mas nessa ocasião, não uma Parte deste Protocolo, deve ser substituído por um outro membro escolhido entre as Partes deste Protocolo e por elas eleito.

ARTIGO 16

A Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo deve, tão logo seja possível, considerar a aplicação a este Protocolo, e modificação conforme o caso, do processo multilateral de consultas a que se refere o Artigo 13 da Convenção, à luz de qualquer decisão

pertinente que possa ser tomada pela Conferência das Partes. Qualquer processo multilateral de consultas que possa ser aplicado a este Protocolo deve operar sem prejuízo dos procedimentos e mecanismos estabelecidos em conformidade com o Artigo 18.

ARTIGO 17

A Conferência das Partes deve definir os princípios, as modalidades, regras e diretrizes apropriados, em particular para verificação, elaboração de relatórios e prestação de contas do comércio de emissões. As Partes incluídas no Anexo B podem participar do comércio de emissões com o objetivo de cumprir os compromissos assumidos sob o Artigo 3. Tal comércio deve ser suplementar às ações domésticas com vistas a atender os compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, assumidos sob esse Artigo.

ARTIGO 18

A Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo deve, em sua primeira sessão, aprovar procedimentos e mecanismos adequados e eficazes para determinar e tratar de casos de não-cumprimento das disposições deste Protocolo, inclusive por meio do desenvolvimento de uma lista indicando possíveis consequências, levando em conta a causa, o tipo, o grau e a frequência do não-cumprimento. Qualquer procedimento e mecanismo sob este Artigo que acarrete consequências de caráter vinculante deve ser adotado por meio de uma emenda a este Protocolo.

ARTIGO 19

As disposições do Artigo 14 da Convenção sobre a solução de controvérsias aplicam-se *mutatis mutandis* a este Protocolo.

ARTIGO 20

1. Qualquer Parte pode propor emendas a este Protocolo.
2. As emendas a este Protocolo devem ser adotadas em sessão ordinária da Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo. O texto de qualquer emenda proposta a este Protocolo deve ser comunicado às Partes pelo Secretariado pelo menos seis meses antes da sessão em que será proposta sua adoção. O texto de qualquer emenda proposta deve também ser comunicado pelo Secretariado às Partes e aos signatários da Convenção e, para informação, ao Depositário.
3. As Partes devem fazer todo o possível para chegar a acordo por consenso sobre qualquer emenda proposta a este Protocolo. Uma vez exauridos todos os esforços para chegar a um consenso sem que se tenha chegado a um acordo, a emenda deve ser adotada, em última instância, por maioria de três quartos dos votos das Partes presentes e votantes na sessão. A emenda adotada deve ser comunicada pelo Secretariado ao Depositário, que deve comunicá-la a todas as Partes para aceitação.
4. Os instrumentos de aceitação em relação a uma emenda devem ser depositados junto ao Depositário. Uma emenda adotada, em conformidade com o parágrafo 3 acima, deve entrar em vigor para as Partes que a tenham aceito no nonagésimo dia após a data de recebimento, pelo Depositário, dos instrumentos de aceitação de pelo menos três quartos das Partes deste Protocolo.
5. A emenda deve entrar em vigor para qualquer outra Parte no nonagésimo dia após a data em que a Parte deposite, junto ao Depositário, seu instrumento de aceitação de tal emenda.

ARTIGO 21

1. Os anexos deste Protocolo constituem parte integrante do mesmo e, salvo se expressamente disposto de outro modo, qualquer referência a este Protocolo constitui ao mesmo tempo referência a qualquer de seus anexos. Qualquer anexo adotado após a entrada em vigor deste Protocolo deve

conter apenas listas, formulários e qualquer outro material de natureza descritiva que trate de assuntos de caráter científico, técnico, administrativo ou de procedimento.

2. Qualquer Parte pode elaborar propostas de anexo para este Protocolo e propor emendas a anexos deste Protocolo.

3. Os anexos deste Protocolo e as emendas a anexos deste Protocolo devem ser adotados em sessão ordinária da Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo. O texto de qualquer proposta de anexo ou de emenda a um anexo deve ser comunicado às Partes pelo Secretariado pelo menos seis meses antes da reunião em que será proposta sua adoção. O texto de qualquer proposta de anexo ou de emenda a um anexo deve também ser comunicado pelo Secretariado às Partes e aos signatários da Convenção e, para informação, ao Depositário.

4. As Partes devem fazer todo o possível para chegar a acordo por consenso sobre qualquer proposta de anexo ou de emenda a um anexo. Uma vez exauridos todos os esforços para chegar a um consenso sem que se tenha chegado a um acordo, o anexo ou a emenda a um anexo devem ser adotados, em última instância, por maioria de três quartos dos votos das Partes presentes e votantes na sessão. Os anexos ou emendas a um anexo adotados devem ser comunicados pelo Secretariado ao Depositário, que deve comunicá-los a todas as Partes para aceitação.

5. Um anexo, ou emenda a um anexo, que não Anexo A ou B, que tenha sido adotado em conformidade com os parágrafos 3 e 4 acima deve entrar em vigor para todas as Partes deste Protocolo seis meses após a data de comunicação a essas Partes, pelo Depositário, da adoção do anexo ou da emenda ao anexo, à exceção das Partes que notificarem o Depositário, por escrito, e no mesmo prazo, de sua não-aceitação do anexo ou da emenda ao anexo. O anexo ou a emenda a um anexo devem entrar em vigor para as Partes que tenham retirado sua notificação de não-aceitação no nonagésimo dia após a data de recebimento, pelo Depositário, da retirada dessa notificação.

6. Se a adoção de um anexo ou de uma emenda a um anexo envolver uma emenda a este Protocolo, esse anexo ou emenda a um anexo não deve entrar em vigor até que entre em vigor a emenda a este Protocolo.

7. As emendas aos Anexos A e B deste Protocolo devem ser adotadas e entrar em vigor em conformidade com os procedimentos descritos no Artigo 20, desde que qualquer emenda ao Anexo B seja adotada mediante o consentimento por escrito da Parte envolvida.

ARTIGO 22

Cada Parte tem direito a um voto, à exceção do disposto no parágrafo 2 abaixo.

2. As organizações regionais de integração econômica devem exercer, em assuntos de sua competência, seu direito de voto com um número de votos igual ao número de seus Estados-Membros Partes deste Protocolo. Essas organizações não devem exercer seu direito de voto se qualquer de seus Estados-Membros exercer esse direito e vice-versa.

ARTIGO 23

O Secretário-Geral das Nações Unidas será o Depositário deste Protocolo.

ARTIGO 24

1. Este Protocolo estará aberto a assinatura e sujeito a ratificação, aceitação ou aprovação de Estados e organizações regionais de integração econômica que sejam Partes da Convenção. Estará aberto a assinatura na sede das Nações Unidas em Nova York de 16 de março de 1998 a 15 de março de 1999. Este Protocolo estará aberto a adesões a partir do dia seguinte à data em que não mais estiver aberto a assinaturas. Os instrumentos de ratificação, aceitação, aprovação ou adesão devem ser depositados junto ao Depositário.

2. Qualquer organização regional de integração econômica que se torne Parte deste Protocolo, sem que nenhum de seus Estados-Membros seja Parte, deve sujeitar-se a todas as obrigações previstas neste Protocolo. No caso de um ou mais Estados-Membros dessas organizações serem Partes deste Protocolo, a organização e seus Estados-Membros devem decidir sobre suas respectivas responsabilidades pelo desempenho de suas obrigações previstas neste Protocolo. Nesses casos, as

organizações e os Estados-Membros não podem exercer simultaneamente direitos estabelecidos por este Protocolo.

3. Em seus instrumentos de ratificação, aceitação, aprovação ou adesão, as organizações regionais de integração econômica devem declarar o âmbito de suas competências no tocante a assuntos regidos por este Protocolo. Essas organizações devem também informar ao Depositário qualquer modificação substancial no âmbito de suas competências, o qual, por sua vez, deve transmitir essas informações às Partes.

ARTIGO 25

1. Este Protocolo entra em vigor no nonagésimo dia após a data em que pelo menos 55 Partes da Convenção, englobando as Partes incluídas no Anexo I que contabilizaram no total pelo menos 55 por cento das emissões totais de dióxido de carbono em 1990 das Partes incluídas no Anexo I, tenham depositado seus instrumentos de ratificação, aceitação, aprovação ou adesão.

2. Para os fins deste Artigo, "as emissões totais de dióxido de carbono em 1990 das Partes incluídas no Anexo I" significa a quantidade comunicada anteriormente ou na data de adoção deste Protocolo pelas Partes incluídas no Anexo I em sua primeira comunicação nacional, submetida em conformidade com o Artigo 12 da Convenção.

3. Para cada Estado ou organização regional de integração econômica que ratifique, aceite, aprove ou adira a este Protocolo após terem sido reunidas as condições para entrada em vigor descritas no parágrafo 1 acima, este Protocolo entra em vigor no nonagésimo dia após a data de depósito de seu instrumento de ratificação, aceitação, aprovação ou adesão.

4. Para os fins deste Artigo, qualquer instrumento depositado por uma organização regional de integração econômica não deve ser considerado como adicional aos depositados por Estados-Membros da organização.

ARTIGO 26

Nenhuma reserva pode ser feita a este Protocolo.

ARTIGO 27

1. Após três anos da entrada em vigor deste Protocolo para uma Parte, essa Parte pode, a qualquer momento, denunciá-lo por meio de notificação por escrito ao Depositário.

2. Essa denúncia tem efeito um ano após a data de recebimento pelo Depositário da notificação de denúncia, ou em data posterior se assim nela for estipulado.

3. Deve ser considerado que qualquer Parte que denuncie a Convenção denuncia também este Protocolo.

ARTIGO 28

O original deste Protocolo, cujos textos em árabe, chinês, inglês, francês, russo e espanhol são igualmente autênticos, deve ser depositado junto ao Secretário-Geral das Nações Unidas.

FEITO em Quioto aos onze dias de dezembro de mil novecentos e noventa e sete.

EM FÉ DO QUE, os abaixo assinados, devidamente autorizados para esse fim, firmam este Protocolo nas datas indicadas.

ANEXO GASES DE EFEITO ESTUFA

Dióxido de carbono (CO₂)
Metano (CH₄)
Óxido nitroso (N₂O)
Hidrofluorcarbonos (HFCs)
Perfluorcarbonos (PFCs)
Hexafluoreto de enxofre (SF₆)

Setores/categorias de fontes

Energia
Queima de combustível
Setor energético
Indústrias de transformação e de construção
Transporte
Outros setores
Outros

Emissões fugitivas de combustíveis
Combustíveis sólidos
Petróleo e gás natural
Outros

Processos industriais
Produtos minerais
Indústria química
Produção de metais
Outras produções

Produção de halocarbonos e hexafluoreto de enxofre
Consumo de halocarbonos e hexafluoreto de enxofre
Outros

Uso de solventes e outros produtos
Agricultura
Fermentação entérica
Tratamento de dejetos
Cultivo de arroz
Solos agrícolas
Queimadas prescritas de savana
Queima de resíduos agrícolas
Outros

Resíduos
Disposição de resíduos sólidos na terra
Tratamento de esgoto
Incineração de resíduos
Outros

ANEXO

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

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

Fonte: Ministério das Relações Exteriores
Disponível em: http://www.onu-brasil.org.br/doc_quito.php