

UNIVERSIDADE DO SAGRADO CORAÇÃO

ELDER BRUNO FONTES

**PROTOCOLO DE KYOTO: ATUAÇÃO DO CRÉDITO
DE CARBONO NO MUNDO ATUAL**

BAURU
2015

ELDER BRUNO FONTES

**PROTOCOLO DE KYOTO: ATUAÇÃO DO CRÉDITO
DE CARBONO NO MUNDO ATUAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas da Universidade do Sagrado Coração, como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Química, sob a orientação do Prof. Me. Erik Ceschini P. Benedicto.

BAURU
2015

F683p

Fontes, Elder Bruno

Protocolo de Kyoto: atuação do crédito de carbono no mundo atual / Elder Bruno Fontes . -- 2015.
39f. : il.

Orientador: Prof. Me. Erik C. Panighel Benedicto.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Universidade do Sagrado Coração – Bauru – SP.

1. CO₂. 2. Protocolo de Kyoto. 3. Ciclo de carbono. 4. Gases de efeito estufa. I. Benedicto, Erik Ceschini Panighel. II. Título.

ELDER BRUNO FONTES

**PROTOCOLO DE KYOTO: ATUAÇÃO DO CRÉDITO DE CARBONO
NO MUNDO ATUAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas da Universidade do Sagrado Coração como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Química sob a orientação do Prof. Me. Erik Ceschini Panighel Benedicto

Banca examinadora:

Prof. Me. Erik Ceschini Panighel Benedicto – orientador
Universidade Sagrado Coração

Profa. Dra. Ana Paula Cerino Coutinho
Universidade Sagrado Coração

Prof. Me. Carlos Henrique Conte
Universidade Sagrado Coração

Bauru, 18 de junho de 2015.

Dedico este trabalho à minha família por ensinar a ser forte e encorajar-me todos esses anos de minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, dons, oportunidades, e persistência para enfrentar as dificuldades, adquirir aprendizado e concluir com êxito mais uma etapa da vida. Aos familiares, pela base educacional concedida, o estímulo para os estudos e o apoio em todas as situações vivenciadas, os amigos pela compreensão, a minha futura esposa pelo tempo concedido a dedicação de minha formação e auxílio nos momentos críticos. Aos professores, que compartilham de seus conhecimentos e experiências em prol de minha formação pessoal e profissional.

*“Quando penso que cheguei ao meu limite
descubro que tenho forças para ir além”*

Ayrton Senna.

RESUMO

A ação humana diante dos recursos naturais e seus usos excessivos fez com que o meio ambiente sofresse mudanças no clima. É de natureza própria do nosso planeta o efeito estufa que mantém a vida terrestre, porém com as altas concentrações de gases na atmosfera houve variação da temperatura, o aumento dos níveis dos mares, o degelo dos polos sul e norte, nos últimos séculos trouxe alterações que demonstram problemas ambientais. A partir deste contexto este trabalho discute as propostas envolvidas no Protocolo de Kyoto, criado em 1997, que tem como objetivo a redução nas emissões dos gases de efeito estufa para fim de minimizar tal problema ambiental, o principal ponto deste Protocolo foi o MDL (mecanismo de Desenvolvimento Limpo) que visa à comercialização de gases de efeito estufa via bolsa de valores e emissão de certificados para os países menos poluentes com intuito de equilibrar as emissões no planeta e alcançar entre 2008 e 2012, 5,5% dos níveis de emissão de 1990. O CO₂ é um dos gases de efeito estufa, e o principal sendo obtidos em muitos processos indústrias, veículos automotores, queima de matérias carbonáceas e queimadas, é o gás de maior facilidade de emissão. O modelo atual desejado pelas organizações e acadêmicos ambientais envolve o processo de um ciclo de carbono para a redução do CO₂. Apresentam-se também alguns desenvolvimentos científicos a favor da redução de emissão do dióxido de carbono na atmosfera.

Palavras-chave: CO₂. Protocolo de Kyoto. Ciclo de carbono. Gases de efeito estufa.

ABSTRACT

The human action to the natural resources and their excessive use has caused the environment to suffer changes in the climate. It is natural of our planet the greenhouse effect that keeps the Earth's life, but with the high gas concentrations in the atmosphere there was variation of temperature, the increase of sea levels, the melting of the north and south poles in recent centuries brought changes resulting in environmental problems. From this context, this paper discusses the proposals involved in the Kyoto Protocol, established in 1997, which aims to reduce emissions of greenhouse gases to minimize such environmental problem. The main point of this Protocol was the MDL (Clean Development Mechanism) that aims the marketing of greenhouse gases by the Stock Exchange and issuing of certificates to the least polluting countries in order to balance the emissions on the planet and achieve between 2008 and 2012 , 5.5 % of 1990 levels. CO₂ is one of the greenhouse effect gas, with a better ease of emission that can be obtained in many industrial processes, automotive vehicles and combustion of carbonaceous material and burnings. The current model desired by environmental organizations and academics involves the process of carbon cycle for CO₂ reduction. It also presents some scientific developments in favor of carbon dioxide emission reduction in the atmosphere.

Keywords: CO₂. Kyoto Protocol. Carbon cycle. Greenhouse gases.

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

3º Conferencia das Nações Unidas (COP-3)

7º Conferencia das Nações Unidas (COP-7)

Dióxido de Carbono (CO₂)

Gás Carbônico (H₂CO₃)

Gases de Efeito Estufa (GEE)

Hidrofluorcarbonos (HFCs)

Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)

Organização das Nações Unidas (ONU)

Organização Meteorológica Mundial (OMM)

Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE)

Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC)

Partes Por Bilhão (PPB)

Partes Por Milhão (PPM)

Partes Por Trilhão (PPT)

Redução Certificada de Emissões (RCEs)

Reduções de Emissões (ER)

Tonelada de Dióxido de Carbono (tCO₂)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS	15
3	HISTÓRICO DE DEGRADAÇÃO	16
4	ANEXOS DO PROTOCOLO	19
5	PROTOCOLO DE KYOTO	22
5.1	VANTAGENS E DESVANTAGENS DO PROTOCOLO DE KYOTO.....	24
5.2	PROTOCOLO DE KYOTO APÓS ASSINATURA.....	26
6	MDL (MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO)	28
6.1	EVOLUÇÃO DOS ANOS COM A IMPLEMENTAÇÃO DO MDL.....	30
7	TECNOLOGIA PARA REDUÇÃO DE EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO	32
8	CONCLUSÃO	36
	REFERENCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

Muito tem se falado sobre a necessidade de melhorias no meio ambiente. No momento atual presencia-se uma elevada concentração de dióxido de carbono na camada atmosférica, diante dos constantes aumentos de radiação ultravioleta no planeta Terra. Inicialmente o ser humano usava dos recursos naturais, viviam da caça, pesca e dos frutos. Com a chegada da revolução industrial a relação homem meio ambiente mudou, as cidades cresceram e junto com elas a industrialização fez com que os recursos naturais fossem explorados a níveis superiores a que a natureza produzia. Apesar da gravidade dessa interferência tal atitude foi necessária para o desenvolvimento humano, ressaltando que, de início, não havia tanto conhecimento dos impactos que as explorações causariam.

Devido à natureza perdulária dos processos industriais atuais, o mundo enfrenta três crises que ameaçam estropear a civilização no século XXI: a deterioração do meio ambiente natural; a dissolução continua das sociedades civis na ilegalidade, no desespero e na apatia e a falta da vontade pública necessária para mitigar o sofrimento humano e promover o bem-estar. Os três problemas têm o desperdício como causa comum. Aprender a lidar de forma responsável com esse desperdício é uma solução comum, uma solução raramente reconhecida, muito embora se apresenta de forma cada vez mais clara. (HAWKEN; LOVINS; LOVINS, 1999, p. 55).

Com essa mudança climática e industrial acarretou-se a chegada de inúmeros poluentes ao meio.

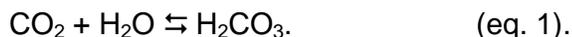
Vários gases que existem naturalmente na atmosfera quando emitidos em excesso intensificam o efeito-estufa: metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), ozônio (O₃), hidrofluorcarbonos (HFCs) e o dióxido de carbono (CO₂), que, atualmente, são os que mais contribuíram para o incremento do problema. (NISHI et al., 2005, p. 264).

O dióxido de carbono é um gás que por muitos anos foi considerado um reagente inerte e de pouco interesse para fins industriais, possui baixa reatividade química. (MOTA; MONTEIRO, 2013).

Segundo AGA, (2004) o dióxido de carbono possui estado físico gasoso, é incolor e inodoro, detêm um ponto de ebulição a -78,5 ° C e um ponto de sublimação

a - 56,6 ° C sua densidade está a 1,99 kg/m³ e com pressão de vapor a 5.900 kPa (60,16 kgf/cm²), é solúvel em água modificando sua estrutura para H₂CO₃ (Ácido Carbônico)

As reações de Ácido Carbônico mostram:

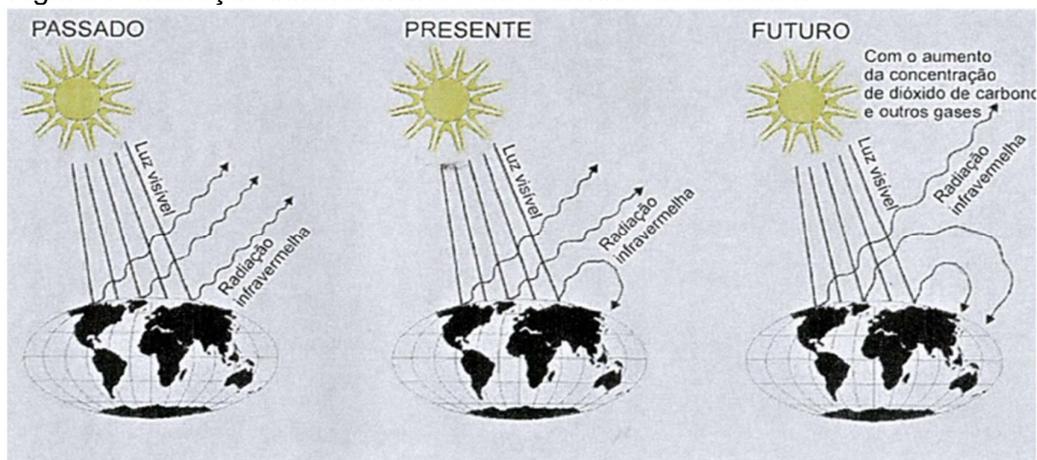


O dióxido de carbono está devidamente envolvido em vários problemas ambientais dentre os quais o efeito estufa, que é um fenômeno natural originário do planeta Terra, porém o aumento excessivo da concentração desse óxido na atmosfera chama atenção, pois os raios solares com comprimentos de ondas pequenos atravessam facilmente a atmosfera que aquece o planeta irradiando grande parte de volta sobre a forma de energia essa energia que contém comprimento de onda longa e não conseguem atravessar em grandes partes o CO₂ que então volta como raio infravermelho para o planeta.

Conforme Tolentino e Rocha-Filho (1998), o infravermelho corresponde à radiação eletromagnética de comprimentos de onda entre 100 μm e 1 μm, na frequência de (3 x 10¹² Hz e 3 x 10¹⁴ Hz). Essa radiação interage com moléculas, mudando sua configuração. Os átomos de uma molécula não permanecem fixos uns em relação aos outros; na realidade, eles vibram em torno de uma posição média. Se essas vibrações causarem mudança no momento dipolar da molécula, ela será ativa no infravermelho, isto é, absorverá e emitirá radiação infravermelha. O CO₂ molécula linear tem, no estado fundamental, um momento dipolar igual à zero (os dois dipolos se anulam): Se a molécula vibrar no modo conhecido como deformação axial simétrica, ela é alternadamente esticada e comprimida, com o comprimento de ambas as ligações C—O mudando simultaneamente: O momento dipolar claramente permanece zero ao longo de todo o movimento, fazendo com que esse modo vibracional seja inativo no infravermelho. Já se a molécula vibrar no modo chamado de deformação axial assimétrica, a vibração é ativa no infravermelho, pois ocorre uma alteração periódica do momento dipolar da molécula. A deformação axial assimétrica, associada a rotações dos átomos, é responsável pela absorvidade do CO₂ na faixa em torno de 4,25 μm.

A Figura 1 ilustra a relação do infravermelho com o Dióxido de Carbono no efeito estufa envolvendo o passado o presente e o futuro. Sendo que no passado tinha-se Radiação infravermelha, porém em baixa concentração.

Figura 1- Interação infravermelha com o dióxido de carbono.



Fonte: Goldemberg (2000, p. 78).

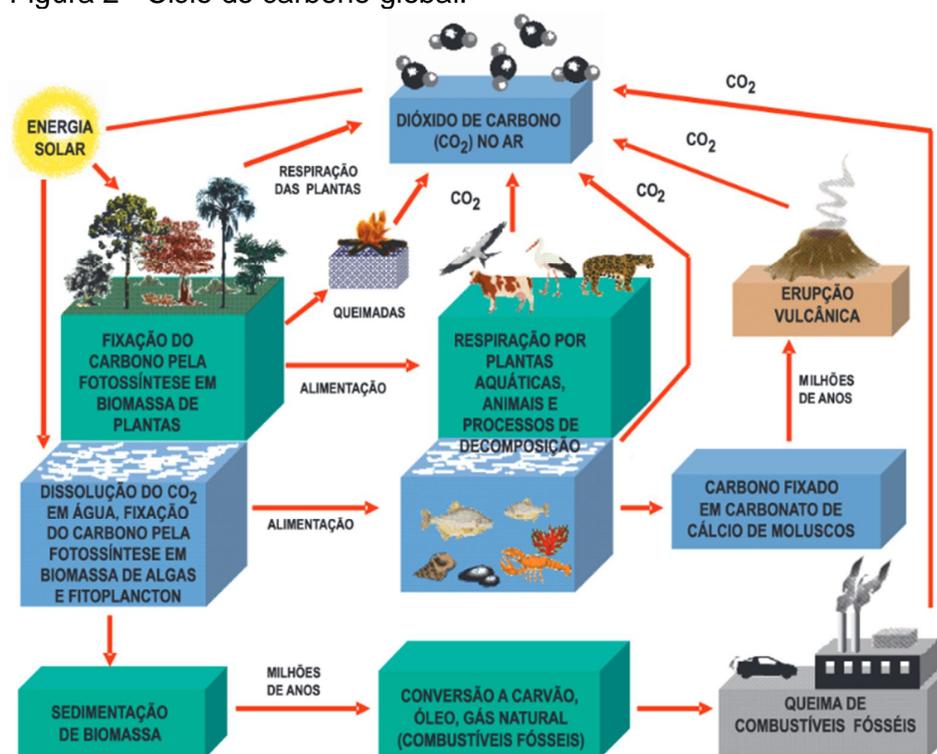
O modelo atual apontado pelas organizações e acadêmicos associados à política ambiental mundial é a utilização de um meio onde os fatores de emissão do poluente entre em um ciclo onde possam reduzir tal emissão, com isso introduzido o que se compreende como o ciclo do carbono.

Em relação ao que se compreende sobre o ciclo de carbono, Cardoso, Machado e Pereira (2008, p. 10) relatam que:

[...] o carbono emitido para atmosfera, durante a queima do biocombustível na forma de dióxido de carbono, volta a se fixar novamente no vegetal durante o seu crescimento pelo processo da fotossíntese. O balanço de carbono é igual a zero para atmosfera e, portanto, estamos deixando de poluir o ambiente. Quando o petróleo é retirado em grande quantidade das profundezas da terra e queimado na forma de um combustível, o carbono é jogado na atmosfera e se acumula, já que o processo de retirada do dióxido de carbono da atmosfera não foi modificado. Comparando os dois combustíveis, sob o aspecto de contribuição de carbono para atmosfera, podemos dizer que o combustível proveniente do petróleo apresenta um balanço positivo para atmosfera, enquanto que o biocombustível apresenta um balanço igual a zero. Dessa maneira, o biocombustível é mais conveniente para o ambiente e considerado um combustível limpo com relação ao balanço de carbono para a atmosfera.

A Figura 2 apresenta o ciclo de carbono global conforme suas emissões, desde as retenções por plantas, dissoluções em água, fixação pela fotossíntese em biomassa de algas e fitoplâncton até a emissão do poluente ao ar.

Figura 2 - Ciclo do carbono global.



Fonte: Martins et al. (2003, p. 31).

A partir do momento em que o homem começou a explorar o meio excessivamente foi necessária à intervenção das organizações e acadêmicos associados a política ambiental mundial, desse modo surgiu à preocupação de equilibrar essa relação homem-natureza.

Na terceira Conferência das Partes, COP-3, realizada em Kyoto, no Japão, em 1997, os países participantes adotaram o Protocolo de Kyoto. A condição necessária para vigência do Protocolo, devido à necessidade de discussão e aprovação interna em cada país signatário, consistia na ratificação por um número mínimo de países correspondente a, pelo menos, 55% do total de emissões de GEE dos países desenvolvidos, considerando 1990 o ano base. As restrições do Protocolo aplicaram-se a 38 nações que, no período de 2008 a 2012, deveriam reduzir suas emissões, em média, 5,5% abaixo dos níveis de 1990. Países diferentes têm metas diferentes. (FIGUERES; IVANOVA, 2005 apud ANDRADE; COSTA, 2008, p. 33).

Desse modo, criaram-se os créditos de carbono com intuito de reduzir tais emissões.

O objetivo desse mercado de crédito de carbono é reduzir os GEE que podem ser comercializados por empresas e países conforme os tetos nacionais de emissões. Os países que quiserem emitir acima de sua quota terão a possibilidade de comprar licenças, no mercado, daqueles que emitem menos. Como em qualquer mercado, o comércio significará que as maneiras mais baratas de abater o carbono tenderão a ser compradas em primeiro lugar. Ou seja, você pode tomar iniciativas como a de aumentar a eficiência energética ou o reflorestamento e ainda receber um pagamento extra por isso vendendo suas reduções de carbono a um corretor. As práticas agrícolas, pecuárias e florestais avançadas que emitam menos CO₂, Óxido nítrico (N₂O) e Metano (CH₄) também receberam créditos pelas normas do acordo de Kyoto. Assim, a diminuição do carbono graças ao acréscimo de árvores e da construção do solo pode gerar uma renda adicional constante, estimulando a restauração ecológica. Os sequestros de CO₂ injetados em reservatórios subterrâneos seguros também passaram a ser uma oportunidade de negócio. (HAWKEN; LOVINS; LOVINS, 1999).

As tecnologias referentes à redução de gases poluentes na atmosfera vêm com o intuito equilibrar o ecossistema.

O objetivo final da redução das emissões pode ser atingido, assim, por meio da implementação de atividades de projetos nos países em desenvolvimento que resultem na redução das emissões de GEEs ou no aumento da remoção de CO₂, mediante investimentos em tecnologias mais eficientes, substituição de fontes de energia fósseis por renováveis, racionalização do uso da energia, florestamento e reflorestamento, entre outros. (LOPES, 2002 apud MOREIRA; GIOMETTI, 2008, p.10).

O foco desse trabalho é compreender do ponto de vista ambiental como está sendo o processo de geração de crédito de carbono no mundo atual, analisar o impacto gerado ao meio ambiente desde a assinatura do protocolo até o momento atual.

2 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS

1. Objetivos gerais

Determinar por meio de pesquisas como está sendo a atuação do crédito de carbono desde o protocolo de Kyoto em 1997, até os dias atuais no mundo, analisar se houve algum progresso no sentido de melhoria por partes dos países e quais as consequências geradas com a não preocupação com o meio ambiente. A temperatura ambiente do planeta Terra está aumentando em relação ao grande acréscimo de CO₂ liberados na atmosfera. O protocolo de Kyoto veio com o intuito de grande ajuda ambiental se fosse da maneira que foi apresentado inicialmente e que nos tempos de hoje está para ser discutido se realmente usa-se dos processos colocados em pauta, quais foram às mudanças realizadas em outras conferências. O protocolo de Kyoto ao longo do seu tempo de iniciação vem demonstrando resultados?

2. Objetivos específicos

Este trabalho se dará através dos seguintes objetivos específicos

1. Descrever sobre a história da evolução do meio ambiente.
2. Detalhar as principais características do protocolo de Kyoto e suas regras.
3. Dissertar sobre o crédito de carbono, sua utilização nos estados do mundo atual.
4. Demonstrar o processo químico ocorrido na emissão do CO₂ na atmosfera.
5. Tecnologias de redução de CO₂

3 HISTÓRICO DE DEGRADAÇÃO

As emissões de poluentes atmosféricos surgem há séculos atrás, porém, no final do século XX o alerta sobre o começo da degradação do planeta foi dado devido as grandes emissões de gases poluentes na atmosfera causando a elevação da temperatura global, o derretimento das geleiras tendo como consequências o aumento dos níveis do mar entre outros tantos problemas. Para isso alertaram-se várias organizações e acadêmicos no mundo sobre o perigo representado ao planeta. Com o avanço da tecnologia conseguiu-se mostrar com mais precisão o que realmente está acontecendo com o clima global devido à atividade humana. O problema representado pelas mudanças climáticas globais só terá solução com a participação ampla dos governos, empresas e cidadãos, que podem cada um cumprir sua parte dentro de um processo monitorado mundialmente por diversas organizações. (DIAS, 2011).

“Uma relacionada à variabilidade natural do clima, responsável pelas diversas eras glaciais, antes mesmo da presença do homem na Terra. Desastres naturais causaram grandes catástrofes, como a erupção de vulcão na Indonésia há 75 mil anos, com emissão de quantidades enormes de CO₂ na atmosfera e cuja cinza vulcânica, quando reagiu com água, eliminou muitos seres humanos por envenenamento. Ademais, o efeito estufa natural permite a vida sobre a Terra conservando uma temperatura média adequada. A outra forma de mudanças climáticas é produzida pelas atividades do homem no uso da terra ou em atividades industriais, portanto, antrópicas”. (SILVA, 2009, p. 165).

Diante da excessiva emissão de gases à atmosfera, Barbieri (2011) relata que o aquecimento global causado pelas atividades humanas, aumenta ainda mais a retenção das radiações infravermelhas e, conseqüentemente, eleva a temperatura média do planeta. De acordo com o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), a temperatura da superfície da terra durante o século XX foi a mais alta de todos os períodos que se têm registros, subindo de 0,4 °C a 0,8 °C nos últimos cem anos. Conforme a descrição de alguns gases emitidos, segue a concentração da relação dos gases desde 1750, considerada o ano de início da Revolução Industrial, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - A concentração de gases poluentes na atmosfera

GÁS DE ESTUFA	Concentração pré-industrial (1750)	Concentração em 1998	Taxa Anual de mudança da concentração	Tempo de vida na atmosfera
Dióxido de carbono (CO₂)	280 ppm	365 ppm	1,5 ppm/ano	5 a 200 anos
Metano (CH₄)	700 ppb	1.745 ppb	7 ppb/ano	12 anos
Óxido nitroso (N₂O)	270 ppb	314 ppb	0,8 ppb/ano	114 anos
CFC-11	Zero	268 ppt	-1,4 ppt	45 anos
HFC-23	Zero	14 ppt	0,5 ppt/ano	260 anos
Perfluorometano (CF₄)	40 ppt	80 ppt	1 ppt/ano	> 50.000 anos

Fonte: Barbieri (2011, p. 32).

Nota: Adaptado pelo autor.

Garrett Hardin (1968 apud DIAS, 2011, p. 56) relata um exemplo significativo, porem em um mundo literário ressaltando, a tragédia dos recursos comuns que resultou na ruína de todos da situação nos dias atuais como mostra a Figura 3.

Figura 3 - A tragédia dos bens comuns.

Garrett Hardin

A tragédia dos recursos comuns se desenvolve da seguinte maneira. Imagine um pasto aberto para todos. É de esperar-se que cada pastor tentará manter nos recursos comuns tantas cabeças de gado quanto lhe seja possível. Este arranjo pode funcionar razoavelmente por séculos graças às guerras tribais, à caça furtiva e às enfermidades que manterão os números tanto os homens como de animais abaixo da capacidade de carga das terras. Finalmente, no entanto, chega o dia de ajustar contas, ou seja, o dia em que se torna realidade a tão sonhada meta de estabilidade social. Neste ponto, a lógica inerente aos recursos comuns sem misericórdia gera tragédia.

Como um ser racional, cada pastor busca maximizar seus ganhos. Explícita ou implicitamente, consciente ou inconscientemente, se pergunta: Qual é o benefício para mim de acrescentar um animal ao meu rebanho? Esta utilidade tem um componente negativo e outro positivo.

1. O componente positivo é uma função do incremento de um animal. Como o pastor recebe todos os benefícios da venda, a utilidade positiva é próxima de +1.

2. O componente negativo é uma função da sobreutilização do pastoreio adicional gerado por um animal a mais. No entanto, como os efeitos do pastoreio são compartilhados por todos os pastores, a utilidade negativa de qualquer decisão particular tomada por um pastor é somente uma fração de -1.

Ao somar todas as utilidades parciais, o pastor racional conclui que a única decisão sensata para ele é agregar outro animal ao seu rebanho, e outro mais... Mas esta é a conclusão a que chega cada um e todos os pastores sensatos que compartilham os recursos comuns. E aí está a tragédia. Cada homem está dentro de um sistema que o impulsiona a incrementar seu gado ilimitadamente, em um mundo limitado. A ruína é o destino para o qual correm todos os homens, cada um buscando seu melhor proveito em um mundo que acredita na liberdade de uso dos recursos comuns. A liberdade de uso dos recursos comuns resulta na ruína de todos.

Fonte: Hardin (1968 apud DIAS, 2011, p. 56).

Nota: Adaptada pelo autor.

4 ANEXOS DO PROTOCOLO

O Protocolo de Kyoto possui alguns *Anexos*, levando em conta o tipo de emissão, os setores e categorias de fontes e países a cumprir com certa quantidade de redução como mostra a Figura 4.

Figura 4 - *Anexo A* - Gases de efeito estufa e fontes de emissão.

Gases de efeito estufa	Dióxido de carbono(CO ₂), metano(CH ₄), óxido nitroso(N ₂ O), hidrofluorcarbonos(HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF ₆)
Setores e tipos de fonte de emissão de gases de efeito estufa	<p>Energia</p> <p>1. Queima de combustível: Setor energético, indústria de construção e de transformação e outros setores.</p> <p>2. Emissão fugitivas de combustíveis sólidos, petróleo, gás natural e outros.</p> <p>Processos industriais</p> <p>Produtos minerais, indústria química, produção de metais, produção e consumo de halocarbonos e hexafluoreto de enxofre e outros.</p> <p>Uso de solventes e outros produtos</p> <p>1. Agricultura: fermentação entérica, tratamento de dejetos, cultivo de arroz, solos agrícolas, queimadas prescritas em regiões de savanas, queima de resíduos agrícolas.</p> <p>2. Resíduos: disposição no solo, tratamento de esgoto, incineração e outros.</p>

Fonte: Barbieri (2011, p. 38).

Nota: adaptado pelo autor.

Brasil (200-) relaciona o *Anexo B* às partes que tem compromisso de redução ou limitação quantificada de emissões (porcentagem do ano base ou período). Como mostra a Tabela 2.

Tabela 2- Anexo B. Compromisso de redução ou limitação de emissões.

PAISES	% ano base ou período	PAISES	% ano base ou período
Alemanha	92	Islândia	110
Austrália	108	Itália	92
Áustria	92	Japão	94
Bélgica	92	Letônia*	92
Bulgária*	92	Liechtenstein	92
Canadá	94	Lituânia*	92
Comunidade Europeia	92	Luxemburgo	92
Croácia*	95	Mônaco	92
Dinamarca	92	Noruega	101
Eslováquia*	92	Nova Zelândia	100
Eslovênia*	92	Países Baixos	92
Espanha	92	Polônia*	94
EUA	93	Portugal	92
Estônia*	92	Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte	92
Federação Russa*	100	Republica tcheca*	92
Finlândia	92	Romênia*	92
França	92	Suécia	92
Grécia	92	Suíça	92
Hungria*	94	Ucrânia*	100
Irlanda	92		

Fonte: Brasil (200-, p. 24).

Notas: * Países em processo de transição para uma economia de mercado.
Adaptado pelo autor.

Barbieri (2011) destaca o Anexo I, o qual associa certos países a suas emissões de CO₂ em 1990. Como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 - Protocolo de Kyoto: Países do Anexo I, emissões de CO₂ em 1990.

PAÍS	EMISSIONES (Gg)	%	PAÍS	EMISSIONES (Gg)	%
Alemanha	1.012.443	7,4	Itália	428.941	3,1
Austrália	288.965	2,1	Japão	1.173.360	8,5
Áustria	59.200	0,4	Letônia	22.976	0,2
Bélgica	113.405	0,8	Liechtenstein	208	0,0
Bulgária	82.990	0,6	Luxemburgo	11.343	0,1
Canadá	457.441	3,3	Mônaco	71	0,0
Dinamarca	52.100	0,4	Noruega	35.533	0,3
Eslováquia	58.278	0,4	Nova Zelândia	25.530	0,2
Espanha	260.654	1,9	Países baixos	167.600	1,2
Estados unidos	4.957.022	36,1	Polônia	414.930	3,0
Estônia	37.797	0,3	Portugal	42.148	0,3
Federação Russa	2.388.720	17,4	Reino unido	584.078	4,3
Finlândia	53.900	0,4	Republica tcheca	169.514	1,2
França	366.536	2,7	Romênia	171.103	1,2
Grécia	82.100	0,6	Suécia	61.256	0,4
Hungria	71.673	0,5	Suíça	43.600	0,3
Irlanda	30.719	0,2	TOTAL	13.728.306	100,00
Islândia	2.172	0,0			

Fonte: Barbieri (2011, p. 37).

Notas: *Obs.: Não estão incluídos Belarus, Lituânia e Turquia, que são partes do Anexo I da Convenção Sobre o Clima.

Adaptado pelo autor.

5 PROTOCOLO DE KYOTO

Em relação ao Protocolo de Kyoto, Silva (2009) descreve que a assinatura em 1997 prevê uma redução total das emissões de 5,5% entre 2008 e 2012 em comparação aos níveis de 1990. Apenas os países industrializados do *Anexo I* do Protocolo estão sujeitos a essas metas, as quais, ainda, variam de um signatário para outro. Já os países da União Europeia têm que cortar as emissões em 8%, enquanto o Japão se comprometeu com 5%. Os países em desenvolvimento não tiveram de se comprometer com metas específicas. Como signatários, no entanto, precisam manter a ONU informada sobre seu nível de emissões, bem como devem buscar o desenvolvimento de estratégias para tratar as mudanças climáticas.

Os Estados Unidos não ratificaram o Protocolo, ao contrário da Rússia que permitiu que a cláusula de adesão fosse satisfeita para o tratado poder entrar em vigor. Ratificado por 36 países do grupo dos mais ricos, o Protocolo de Kyoto limita emissões dos seis gases que provocam o efeito estufa: o metano (CH₄); o óxido nitroso (N₂O); o hidrofluorcarbono (HFC); o perfluorcarbono (PFC); o hexafluoreto de enxofre (SF₆) e o gás carbônico (CO₂). Além da redução interna, os países têm mais três alternativas: investir em projetos de redução em outras nações do *Anexo I*; comprar créditos de carbono em bolsas mundiais que comercializam esse produto; ou alocar recursos em projetos de mitigação de poluentes em países em desenvolvimento, no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, o MDL. (SILVA, 2009).

Silva (2009), relata que o responsável pela emissão de mais de 25% do CO₂, os EUA, se retirou das negociações sobre o Protocolo de Kyoto em 2001, alegando que a sua implementação prejudicaria a economia americana. Um dos argumentos é que não há exigência sobre os países em desenvolvimento para reduzirem as suas emissões. O Presidente Bush na época em que presidia comentou concordar com as reduções por meio de medidas voluntárias e novas tecnologias no campo energético. Entre as grandes economias em desenvolvimento, China e Índia também ratificaram o protocolo, mas como países em desenvolvimento, com todos os direitos a que fazem jus no âmbito desse Protocolo, o que deixou o governo americano insatisfeito, sobretudo em relação àqueles que têm no carvão mineral, a sua principal fonte de energia para movimentar economias em expansão, como a China, esta agora a 3ª economia do mundo, atrás dos EUA e do Japão.

Conforme o artigo 25 o Protocolo de Kyoto foi aberto para assinatura em 16 de março de 1998 e entraria em vigor 90 dias após a sua ratificação por pelo menos 55 Partes da Convenção, incluindo os países desenvolvidos que contabilizaram pelo menos 55% das emissões totais de dióxido de carbono em 1990 desse grupo de países industrializados. Enquanto isso, as Partes da Convenção sobre Mudança do Clima continuarão a observar os compromissos assumidos sob a Convenção e a preparar-se para a futura implementação do Protocolo (BRASIL, 200-).

Porem, com as esquivas dos países desenvolvidos, o Protocolo de Kyoto só entrou em vigor em 2005, oito anos depois de sua idealização em 1997, posteriormente à ratificação da Federação Russa, que representava 17% das emissões de CO₂ globais, acumulando assim o montante mínimo de 55% de emissões dos países ratificadores para a entrada em vigor do Protocolo. Tendo em vista que 2005 foi o ano mais quente da história. Tal demora se deu pela negação dos Estados Unidos da América e da China, dois dos maiores emissores de dióxido de carbono da Terra, a ratificar o tratado. Observou-se nessa situação o primeiro problema do Protocolo, um comprometimento desigual. (THIELLE *et al.*, 2012).

De acordo com Dias (2011, p. 137-138) dentre os 28 artigos que possui o Protocolo de Kyoto, ressalva-se:

Os principais pontos do Protocolo de Kyoto são os seguintes:

- Os países desenvolvidos (do *Anexo I*) se comprometem a reduzir entre os anos de 2008 e 2012 suas emissões abaixo do registrado no ano de 1990. De maneira conjunta e não diferenciada, devem reduzir suas emissões em 5,2% (artigo 3.1 e *Anexo B*).
- Os países do *Anexo I* poderão participar de sistemas de intercâmbio de direitos de emissão (artigo 3.10 e artigo 6).
- Os países que não estão incluídos no *Anexo I* deverão, na medida do possível, formular programas para melhorar seus sistemas de informação e de inventários de emissões (artigo 10).
- Os países que não fazem parte do *anexo I* deverão formular, na medida do possível, programas para mitigar a mudança climática que contemplem a remoção de obstáculos para limitar ou abater as emissões ou incrementar a capacidade de capacitação de carbono, através de eficiência energética, preço de mercado, reforma no setor energético, regimes regulatórios, uso de energia renovável, melhoramento de tecnologias no setor de transporte e industrial, acordos voluntários com a indústria (artigo 10).
- Estabelece-se um Mecanismo para o Desenvolvimento Limpo, no qual os países em vias de desenvolvimento poderão receber investimentos dos países do *Anexo I* (Desenvolvidos) destinados a abater emissões que realizem em seu território, através de um mecanismo de compensação baseado no aumento da

capacitação de gases que provocam o efeito estufa no país em desenvolvimento favorecido. Os procedimentos que assegurem a transparência e eficiência serão estabelecidos pela reunião das Partes, através de sistemas independentes de auditoria (artigo 12).

- O protocolo entrará em vigor 90 dias depois de que haja sido ratificado pelo menos por 55 países, incluindo um conjunto de países de *Anexo I* que representem pelo menos 55 % de suas emissões totais (artigo 24).
- Reduções obrigatórias de gases que provocam o efeito estufa entre os anos de 2008-2012 para os países do *Anexo I* da Convenção (porcentagem do total de emissões registradas no ano-base de 1990). (DIAS, 2011, p. 137-138).

5.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO PROTOCOLO DE KYOTO

Silva (2009) relata que um estudo realizado pelo grupo internacional que examina as metodologias empregadas para gerar créditos de carbono, após análise por amostragem de 100 desses 860 projetos, apontou que até 50% dos projetos em curso podem ter sido “maquiados” para aprovação.

Thiele *et al.* (2012) descreve sobre os acontecimentos globais envolvidos a respeito ao Protocolo de Kyoto ressalta que devido a uma fiscalização oscilante, fraudes de outros tipos também ocorrem. À exemplo de algumas empresas de produtos químicos britânicos que ganharam milhões de libras do governo nacional para não fazer nada, pois já haviam alcançado suas metas de redução. Infelizmente os projetos de sumidouros trazem pouco em inovações tecnológicas e muitas vezes são socialmente e biologicamente prejudiciais aos hospedeiros, prevalecem no meio internacional em detrimento de outros projetos ambientalmente mais interessantes, como projetos em pesquisa de aumento de eficiência energética e em energia limpa (como eólica e solar). O Protocolo de Kyoto, que foi tido por muitos como um sucesso diplomático veio, na visão de outros, transformar a poluição em mercadoria com mercado rentável, onde os detentores do poderio econômico podem poluir, pois podem pagar esse preço em nome do desenvolvimento econômico e em detrimento da proteção do planeta. E os países menos favorecidos economicamente assistem à mudança climática sem as mesmas armas para lidar com suas adversidades que os países desenvolvidos.

De acordo com Silva (2009), o tratado Pós- Kyoto discutiu como enfrentar o aquecimento global. A maioria dos cientistas que estuda o clima diz que as metas instituídas em Kyoto são insuficientes. O acordo visa reduzir as emissões nos países

industrializados em 5%, enquanto é praticamente consenso entre os cientistas, que defendem o corte nas emissões, que seria preciso uma redução de 60%. Portanto uma diferença tão grande faz com que os 5% não sejam, de fato, uma meta realista. Diante disso, os termos finais de Kyoto receberam críticas que o protocolo terá pouco impacto no clima e é inútil sem a participação americana.

Para Bachram, (2007) O Centro para a Ciência e o Meio Ambiente da Índia considera que os projetos que visam fixar o carbono são, na realidade, uma porta aberta para uma nova forma de colonialismo que se serve das políticas climáticas para variar um pouco o esquema clássico de dominação do Norte sobre Sul. Essa tendência se observa mais especialmente no caso das plantações em monocultura que, supostamente, podem “isolar” ou eliminar o CO₂ da atmosfera. A ciência tem seus limites em matéria de interações complexas entre a biosfera (árvores, oceanos etc.). Em contrapartida, já se sabe cientificamente que o carbono encontrado no solo (por exemplo, nos combustíveis fósseis) não é equivalente àquele que pode ser encontrado na superfície (por exemplo, nas árvores).

Empresas como a Face International continuam a cultivar plantações, ao mesmo tempo em que veiculam a ideia que, dessa forma, os consumidores não precisarão modificar seus hábitos de vida. A atitude prescrita por essa nova lógica é a de se tornar *carbon neutral* (Plantando-se uma quantidade de árvores proporcionalmente a quantidade de CO₂ emitida). A maioria desses projetos são impostos ao hemisfério Sul. As questões chave têm a ver com o conceito de “compensação das emissões de CO₂”, ou seja, se essa compensação é defensável e desejável. Mesmo se o comércio das emissões fosse regulamentado corretamente, a realidade é que o comércio da poluição serve melhor àqueles que mais podem perder com soluções para a crise climática (BACHRAM, 2007).

Flannery (2007, apud SILVA, 2009) afirma que, dentre os tratados internacionais em andamento, o Protocolo de Kyoto talvez seja o mais duramente criticado, o que lhe parece estranho devido aos seus modestos objetivos, e que são apenas dois, econômicos e políticos. Enquanto que o Protocolo de Montreal conta com o Fundo Multilateral e apoia projetos-piloto supervisionados por um Comitê Executivo, o de Kyoto não tem um fundo próprio e depende do MDL, cuja avaliação não tem sido a mais favorável.

5.2 PROTOCOLO DE KYOTO APÓS ASSINATURA.

“Atualmente, 121 países já ratificaram o PQ, representando 44,2% das emissões.” (CENAMO, 2004, p. 14).

Segundo Silva (2009) o IPCC analisa os trabalhos científicos que têm origem apenas nas atividades antrópicas. Pesquisadores com formação variada estudam o efeito estufa e abastecem-no com informação. Isto faz com que os trabalhos do Painel sejam incompletos para mostrar a realidade das mudanças climáticas globais. Além disso, mais de 90% dos artigos aceitos são de autores de países desenvolvidos, mesmo quando trata de assunto do hemisfério sul, com uma parcela insignificante dos países em desenvolvimento. A literatura sobre o protocolo de Kyoto, aquecimento global e as mudanças climáticas tem se calcado, sobretudo, nos relatórios do IPCC que contam com a credibilidade de 80 a 90% da comunidade internacional, sendo que o restante compõe o grupo dos “céticos” que considera o efeito estufa uma fraude.

O Segundo período do Protocolo de Kyoto se iniciou no dia 1 de Janeiro de 2013 e terminará no dia 31 de dezembro de 2017 ou no dia 31 de dezembro de 2020. Vale ressaltar que Canadá, Japão e Rússia não farão parte deste segundo período de compromisso. Assim os países do *Anexo I* no segundo período de compromisso são responsáveis atualmente por aproximadamente 15% das emissões de GEE globais. Neste novo tratado não haverá mais distinção absoluta entre países do *Anexo I* e *não Anexo I*. Na prática isto significa que os países em desenvolvimento como Brasil, China, Índia, etc., também terão metas obrigatórias de redução de emissão de GEE. Países do *Anexo I* deverão implementar os limites de redução de emissões para todos os setores da economia, ou metas de redução, e a conversão das metas em limites de emissões quantificadas ou Metas de Redução para o segundo período de compromisso do Protocolo de Kyoto. (STELLA *et al.*, 2011).

Na Dinamarca, a posição dos líderes políticos e dos analistas se contrapõe fortemente quando o assunto é aquecimento global. A Ministra de Clima e Energia Connie Hedegaard, visitando o Brasil em 2008, afirmou que a posição do seu governo é confiar nas estimativas do IPCC. Em 2050 já será tarde demais para combater o aquecimento climático, e que tem que agir agora senão o aquecimento global vai se acelerar de tal maneira que será muito

caro revertê-lo, e a humanidade não conseguirá manter o padrão atual de vida. (SILVA, 2009 p. 165).

Por outro lado, existem compatriotas da Ministra da Dinamarca, como Lomborg que considera exagerada a preocupação com o aquecimento climático global. Empregando dados estatísticos e interpretando a história da evolução do clima desde quando há registros. A posição de um líder governamental com decisões a tomar pelas quais será julgado pela história é mais difícil que a dos analistas, que mesmo empregando metodologia científica, têm menor responsabilidade do que autoridades. Além disso, um líder de um país industrializado tem compromissos em preservar o alto padrão de vida dos países ricos. (SILVA, 2009).

6 MDL (MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO)

Sobre o artigo 12 do Protocolo de Kyoto, referente ao MDL, fica definido um mecanismo de desenvolvimento limpo do qual se tem o objetivo de 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. As partes não incluídas beneficiar-se-ão de atividades de projetos que resultem em reduções certificadas de emissões e as partes incluídas 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. (BRASIL, [200-?]).

O mecanismo de desenvolvimento limpo deve sujeitar-se à autoridade e orientação dos países líderes da conferência na qualidade e à supervisão de um conselho executivo do mesmo. As reduções de emissões resultantes de cada atividade de projeto devem ser certificadas por entidades operacionais a serem designadas pela conferência, com base em participação voluntária aprovada por cada projeto envolvido. (BRASIL, [200-?]).

De acordo com Silva (2009), os países também podem ganhar créditos por atividades que aumentem a sua capacidade de absorver carbono, como o plantio de árvores e a conservação do solo. Como os países da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) são os que necessitam diminuir suas emissões, são eles os compradores em potencial de créditos de carbono, enquanto que os países em transição econômica podem ser anfitriões de projetos de implementação conjunta, como a Ucrânia, Rússia e Romênia.

“A proposta do MDL consiste em que cada tonelada de CO₂ deixada de ser emitida ou retirada da atmosfera por um país em desenvolvimento poderá ser negociada no mercado mundial.” (CENAMO, 2004, p. 15).

O mecanismo de desenvolvimento limpo deve prestar assistência quanto à obtenção de fundos para atividades certificadas de projetos que visam benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo relacionados com a mitigação da mudança do clima, e reduções de emissões que sejam adicionais as que ocorreriam na ausência da atividade certificada quando necessário. Incluindo que a Conferência 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. Ainda, deve assegurar que uma fração dos fundos advindos de atividades, de projetos certificados, seja utilizada para cobrir despesas administrativas, países em desenvolvimento que sejam particularmente vulneráveis aos efeitos adversos da mudança do clima para fazer face aos custos de adaptação. A participação no mecanismo de desenvolvimento limpo, 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.

De acordo com Dias (2011, p. 141-142):

Há diversos projetos que podem ser implantados através do MDL, entre os quais são:

- O incentivo à utilização de combustíveis renováveis, como o álcool e biodiesel.
- A substituição de práticas agrícolas inaceitáveis, como a queimada de florestas para abertura de pastos, ou a queima de cana-de-açúcar para facilitar sua colheita.
- Desenvolvimento de projetos de geração de energia eólica e solar.
- Desenvolvimento de normas que promovam a utilização de combustíveis mais limpos e a eficiência energética.
- Melhora da infraestrutura de transporte.
- Programas nacionais de reflorestamento.
- Autorregulação industrial
- Desenvolvimento de programas de redução da poluição em regiões metropolitanas.
- Projeto de geração de hidrelétrica.
- Melhoria do sistema de iluminação, tornando-o mais eficiente.
- Incremento das plantações florestais comerciais.

Segundo Natércia (2007), embora a sigla MDL possa sugerir uma multiplicidade de mecanismos, só existe mesmo um, a compra e a venda de créditos de carbono.

De acordo com Cenamo (2004), o MDL chamado também de RCEs (Redução Certificada de Emissões), se dividem em dois subitens. RCEs temporárias que são válidas apenas durante o período de comprometimento em que foram emitidas. Por exemplo, as RCEs geradas em um projeto de reflorestamento/aflorestamento que está em andamento (gerando RCEs), serão válidas apenas para o primeiro período

de comprometimento (2008 a 2012). Após 2012 deixam de valer como RCEs. E o RCEs de longo prazo que são os créditos de longo prazo de um projeto de reflorestamento e expiram apenas ao final do período de creditação, sob o qual foi submetido o projeto de MDL.

Referente ao mercado de crédito de carbono em um segmento formal tem-se que:

[...] quem pensa continuar a impregnar a Terra com CO₂ até o fim, a ele é oferecido uma solução elegante por esses guardiões verdes da virtude – ele pode comprar créditos. Como funciona este comércio moderno de indulgências? Muito simples: compra-se certificados de emissão de dióxido de carbono. Os preços para este comércio de pecados são diferentes: para grandes pecados paga-se um pouco mais, para pequenos um pouco menos. O dinheiro gasto na indulgência, por exemplo, por um fabricante de automóveis ou um fornecedor de energia, é adicionado na fatura, de modo que nestes negócios duvidosos ninguém fica sem lucro. (BLÜCHEI, 2008, apud SILVA, 2009 p. 155).

6.1 EVOLUÇÃO DOS ANOS COM A IMPLEMENTAÇÃO DO MDL

As Reduções de Emissões (ER) baseadas em projeto foram, tipicamente, contratadas até 2012, embora os projetos pudessem gerá-las além desse ponto. O mercado vem crescendo desde 2001, quando foram comercializadas, aproximadamente, 13 milhões de tCO₂, ao passo que em 2002 houve um aumento para cerca de 29 milhões de tCO₂; 78 milhões de tCO₂, em 2003; e 65 milhões de tCO₂, nos cinco primeiros meses de 2004. No total, estima-se que, desde o surgimento deste mercado, em 1996, até maio de 2004, cerca de 300 milhões de tCO₂ tenham sido contratadas em projetos que poderão gerar até 575 milhões de tCO₂. (LECOQC, 2004 apud ANDRADE; COSTA, 2008, p. 37).

Segundo Silva (2009), O MDL pode evitar a emissão de 100 milhões de toneladas de CO₂ até os anos de 2012. Brasil, China e Índia apresentam o maior número de iniciativas de MDL registradas no organismo da ONU que coordena essas atividades. A ONU avaliou que os países industrializados estão fora da meta de redução. Apenas 4 países da União Europeia têm chance de cumpri-las, e prevê ainda um aumento de 10% em relação a 1990, com queda total de emissões de CO₂ de 3% entre 1990 e 2000, devido ao declínio econômico das ex-repúblicas soviéticas e mascarando aumento de 8% nas emissões entre os países ricos.

Para Silva (2009), o total que o mercado de emissões pode gerar até 2012 é de US\$ 50 bilhões. Até 12/2007, 49 países tiveram 860 projetos MDL em andamento, enquanto 2000 aguardavam análise.

A COP-7, realizada em Marrakesh no ano de 2001, definiu regras operacionais para mecanismos de flexibilização (MDL, Implementação Conjunta e Comércio de Emissões). De maneira geral, foram estabelecidas as seguintes regras: Haverá uma limitação para a utilização de créditos oriundos de florestas e agricultura, e limites de transferência para estas unidades de crédito; Serão permitidos projetos unilaterais de MDL (sem participação de um país do *Anexo I*); Foram estabelecidos fundos internacionais para ajudarem os países menos desenvolvidos a se adaptarem aos efeitos das mudanças climáticas.

7 TECNOLOGIA PARA REDUÇÃO DE EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO

Algumas tecnologias estão sendo usadas para a redução das emissões de dióxido de carbono na atmosfera.

Segundo Silva (2009) há duas décadas as empresas de petróleo introduzem CO₂ em alguns dos seus poços para retirar o resto de combustível do subsolo. Tal prática é empregada como uma das formas de sequestro de carbono. Como o CO₂ resultante da combustão desse mesmo petróleo tornou-se o maior inimigo do meio ambiente, esse procedimento passou a ter uma nova função, a de eliminá-lo. Segundo o IPCC, será necessário sequestrar 25 bilhões de toneladas de dióxido de carbono por ano até 2050, e o enterro do carbono pode colaborar para o cumprimento desta meta, ajudando a eliminar pelo menos 21%.

As áreas para extração de carvão mineral ou os aquíferos salinos também podem servir como locais de estoque. A logística da captura em uma refinaria ou em uma usina é complexa e inclui riscos de segurança. O CO₂ pode vazar no transporte, ou no próprio reservatório causando problema ambiental. O custo da tecnologia é alto, com o transporte exigindo a construção de dutos, como o de gás natural. Os experimentos pioneiros em grande escala de enterro de carbono foram na Noruega, sob o mar, pela petrolífera estatal Statoil; no Canadá, em terra, com o carbono capturado nos EUA armazenado pela canadense EnCana; e na Argélia, com gás natural. Cada um sequestra até dois milhões de toneladas de CO₂ por ano. (SILVA, 2009).

Diante ainda dessa melhoria e sabendo dos riscos que possa trazer ressalta-se:

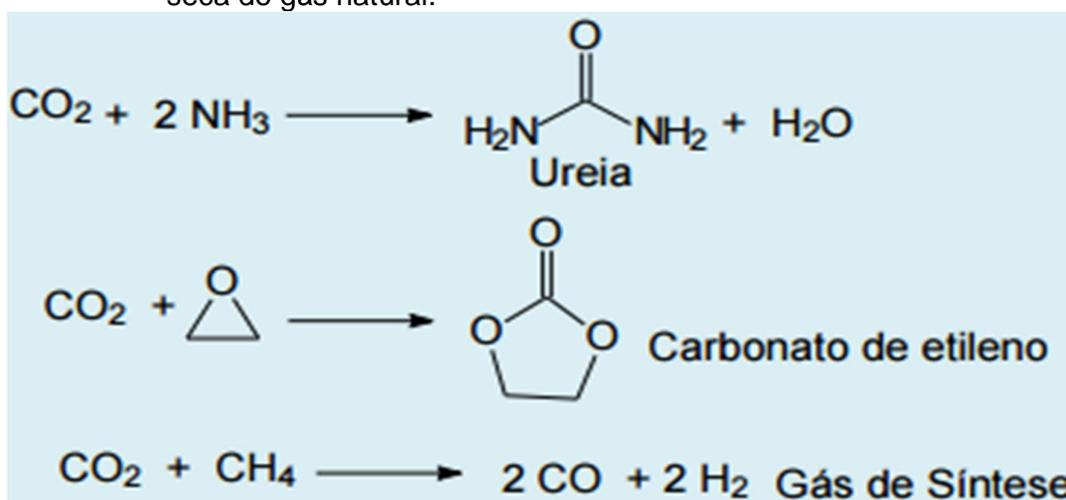
[...] embora o CO₂ não seja inflamável nem tóxico, é mais pesado que o ar, podendo, por isso, asfixiar tudo o que tem vida. Em 1986, uma erupção súbita de CO₂ em um lago vulcânico em Camarões aniquilou animais e 1.500 pessoas. E questiona: quem tem o direito de levar o “lixo de gás” e para aonde. (BLÜCHEI, 2008 apud SILVA, 2009 p. 167).

Outra forma de utilização do dióxido de carbono, para redução do gás, é a utilização para a conversão em metanol.

Segundo Mota *et al.* (2013), industrialmente, o CO₂ tem aplicações limitadas. Ele é usado na carbonatação de bebidas, produção de ureia e usado como

fertilizante, pela reação com a amônia. Recentemente, a reação de CO₂ com óxido de etileno e óxido de propileno têm sido explorados na obtenção de carbonatos orgânicos cíclicos. A reforma seca do gás natural, onde o CO₂ reage com metano para produzir gás de síntese, uma mistura de CO e H₂, também tem sido bastante estudada nos últimos anos. A cada dia surgem novas opções e o assunto tem sido motivo de muitas revisões como mostra a Figura 5.

Figura 5 - Principais processos químicos utilizando CO₂ como matéria-prima: produção de ureia, produção de carbonato de etileno e reforma seca do gás natural.



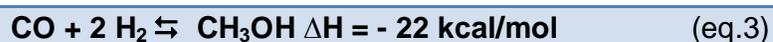
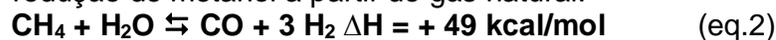
Fonte: Mota *et al.* (2013, p. 46).

Nota: Adaptado pelo autor.

Ainda Mota *et al.* (2013) defende que umas das melhores opções para conversão química do CO é sua hidrogenação a metanol. Este álcool tem inúmeras aplicações industriais e também é utilizado na produção de biodiesel. Atualmente, ele é produzido a partir do gás natural, que inicialmente é transformado em gás de síntese, com o uso de vapor d'água e catalisadores a base de níquel. Na sequência, o gás de síntese é transformado em metanol com o auxílio de catalisadores a base de Cu e Zn. A reforma do gás natural para produzir o gás de síntese é uma reação bastante endotérmica e, em geral, é a parte mais custosa do processo. Já a síntese de metanol é exotérmica, e o processo atual, considerado de baixa pressão, opera próximo a 100 bar para garantir máxima conversão de CO e elevada seletividade (> 99 %) a metanol.

Portanto, o metanol é hoje um insumo químico derivado de fonte fóssil, o gás natural, e tem ainda um grande consumo energético em sua produção como mostra a Figura 6.

Figura 6 - Produção de metanol a partir do gás natural.



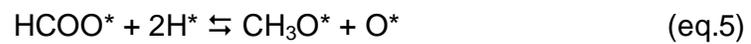
Fonte: Mota *et al.* (2013 p. 46).

Nota: Adaptado pelo autor.

Diante da produção do metanol a partir do gás natural, pode-se obter uma rota alternativa de síntese para o mesmo álcool tendo o CO₂ adsorvido e puro como reagente. Nessa rota ocorre, inicialmente, a hidrogenação do dióxido de carbono, com auxílio de catalisadores com teores elevados de óxidos de Cu e Zn, os quais apresentam um sítio preferencial para a adsorção do CO₂, que reage com hidrogênio adsorvido formando o radical formiato adsorvido no sítio ativo (HCOO*) como intermediário. Na sequência, o formiato é reduzido a metóxido adsorvido, que pode então gerar o metanol por interação com hidrogênio adsorvido. O processo desenvolvido pela “Mitsui Chemicals” parte de um conceito mais amplo, denominado de “Fixação Química do CO₂”, onde o CO₂ a ser mitigado é oriundo de unidades industriais. O gás precisa ser purificado de compostos contendo enxofre e nitrogênio (MOTA *et al.* 2013).

Para que este processo seja totalmente sustentável, a fonte de hidrogênio deve ser renovável, o que consiste no grande desafio do processo da “Mitsui”, pois os processos atuais de produção de hidrogênio, reforma a vapor ou autotérmica, utilizam hidrocarbonetos fósseis e precisam de uma quantidade enorme de energia, pois envolvem reações endotérmicas. A “Mitsui”, neste sentido, está desenvolvendo fotocalisadores para a quebra da água “water splitting” em hidrogênio e oxigênio. Este é o grande gargalo do processo e vai requerer anos de pesquisa e desenvolvimento para uma planta de escala industrial, pois não há sentido utilizar hidrogênio de origem fóssil em um processo de mitigação de CO₂. Espera-se uma eficiência energética de pelo menos 35 % na transformação do CO₂ a metanol a partir do uso de hidrogênio oriundo da fotólise da água. (MOTA *et al.* 2013).

As reações para obtenção do Metanol a partir do CO_2 mostram:



8 CONCLUSÃO

É fato que o desenvolvimento humano torne-se cada vez maior, e junto a ele observa-se uma tendência maior de consumo. Com isso, aumenta-se a degradação e a exploração de recursos naturais, que culminará a escassez dos mesmos, gerando poluição e agravando a situação ambiental do planeta, gerando um ciclo grandioso de perturbações ao meio ambiente.

O desejo e a ambição do ser humano trouxe uma situação de preocupação ao planeta, levando as organizações e acadêmicos a criar um Protocolo para conter as atividades antrópicas, porém como impedir essa ambição associada ao alto poder econômico de um país? De certo modo a influência por aquilo que atinge de momento, que é a viabilidade financeira, e o que não se vê, que é o caso da poluição do ar (que tem o poder de atingir no futuro), passa a ser despercebido pelas autoridades superiores.

Relatou-se que o protocolo de Kyoto, criou-se com o intuito de melhoria ambiental e se fosse realizado realmente do modo inicial proposto, se todas as nações contribuíssem com o Protocolo, as concentrações de GEE estariam menores do que se encontram. Porém vale ressaltar que nem tudo pode ser seguido do modo a aceitar o que o protocolo exige, lembrando-se do poder econômico de um país que sofrerá grandes consequências. Para esse tipo de problema o protocolo deve sofrer mudanças em seus artigos e cláusulas em que tenha mais flexibilidade para conquistar o desejo de todos os países envolvidos e então que eles possam aderir um comprometimento de diminuição desses gases.

Hoje em dia o protocolo de Kyoto põe em dúvida sua lealdade, devido a acontecimentos que podem ter acontecido por fraudes entre processos que envolvem o mecanismo de desenvolvimento limpo (que gerou certificados a empresas que não possuíam tal redução), ou seja, há um prejuízo no objetivo de conquista de um protocolo, devido mais uma vez a ambição e ganância do ser humano.

As tecnologias que estão sendo usadas para a redução das emissões de dióxido de carbono na atmosfera desempenham um grande papel no meio ambiente, uma vez que há possibilidade de se fazer um produto a partir do gás poluente no caso dos exemplos citados (metanol, produção de Ureia, Carbonato de etileno). Um

modo satisfatório ao meio ambiente seria dado pelo uso dessas tecnologias entre outras que estão por vir pela maioria dos países poluentes em uma forma de reduzir as concentrações de gases emitidas.

Os créditos de carbono, por sua vez, foram apenas uma maneira de manter um poderio, um domínio dos países do norte (industrializados) sobre os países do sul (terceirizados). Os países do norte sentem-se na liberdade de emitir altas quantidades de poluentes para posteriormente venderem como crédito de carbono para o sul com o intuito de se beneficiarem com o aumento do poder econômico, já que quanto mais industrializado um país, maior sua riqueza e também maior a emissão de poluentes. Isso não deveria existir, o melhor modo não seria comercializar esses créditos e sim, firmar uma política que possa beneficiar quem contribui com o (MDL), e punir os infratores mundiais de poluentes.

Com isso o Protocolo de Kyoto foi de certo modo útil até o momento visando que a parcela de contribuição que deu ao meio ambiente foi grandiosa. Sem os benefícios do MDL as concentrações de gases ao meio estariam maiores. Porém é necessário que o Protocolo de Kyoto seja modificado o quanto antes para fins de melhorias, onde então possa diminuir, ou não aumentar os gases poluentes.

REFERENCIAS

AGA S.A. FISPQ. **Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico:** Dióxido de carbono. Barueri, SP. Revisão 01, jan. 2004.

ANDRADE, J. C. S.; COSTA, P. Mudança climática, protocolo de Kyoto e mercado de créditos de carbono: desafios à governança ambiental global. **Organizações e Sociedades**, Salvador, v. 15, n. 45, p. 29-45. Abr./jun, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/1607/1/O%26S-2008-372.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2015.

BACHRAM, H. Fraude e colonialismo: O novo comércio dos gases de efeito estufa. **Revista Democracia viva**. n° 35. Jun. 2007. Disponível em <http://www.ibase.br/userimages/dv35_internacional.pdf>. Acesso em: 01 maio 2015.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial:** conceitos, modelos e instrumentos. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Protocolo de Quioto:** a convenção sobre mudança do clima: O Brasil e a convenção – quadro das nações unidas. Brasília: MCT, [200-]. Apoio do Ministério das Relações Exteriores. 29 p. Disponível em < http://www.mct.gov.br/upd_blob/0012/12425.pdf>. Acesso em: 21 de abril de 2015.

CARDOSO, A. A.; MACHADO, C. M. D.; PEREIRA, E. A. Biocombustível, o Mito do Combustível Limpo. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 28, p. 9-14, maio 2008. Disponível em <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/03-QS-3207.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2015.

CENAMO, M. C. Mudanças Climáticas, o Protocolo de Quioto e Mercado de Carbono. **CETESB**, 2004. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/mudancasclimaticas/proclima/file/publicacoes/relatorios_ipcc/portugues/cenamo_mc.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2015.

DA SILVA, D. H. Protocolos de Montreal e Kyoto: pontos em comum e diferenças fundamentais. **Revista brasileira de política internacional.**, Brasília, v. 52, n. 2, p. 155-172, dez. 2009. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-73292009000200009&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 18 abr. 2015.

DIAS, R. **Gestão Ambiental:** Responsabilidade Social e Sustentabilidade. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

GOLDEMBERG, J. Ambiente e desenvolvimento: Mudanças climáticas e desenvolvimento. **Estudos Avançados**, São Paulo, n. 14, v.39, p. 77-83, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v14n39/v14a39a08.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2015.

HANWKEN, P.; LOVINS, A.; LOVINS, H. L. **Capitalismo Natural**: criando a próxima Revolução Industrial. São Paulo: Cultrix, 1999.

MARTINS, C. R. et al. Ciclos Globais de Carbono, Nitrogênio e Enxofre: A importância na química da atmosfera. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, p. 28-41, n° 5, Nov. 2003. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/05/quimica_da_atmosfera.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2015.

MOREIRA, H. L.; GIOMETTI, A. B. R. O Protocolo de Quioto e as Possibilidades de Inserção do Brasil no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo por meio de Projetos em Energia Limpa. **Contexto Internacional**. Rio de Janeiro, vol. 30, no 1, janeiro/abril 2008, p. 9-47. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/cint/v30n1/01.pdf>>. Acesso em 27 de junho de 2015.

MOTA, C. J. A. et al. O Dióxido de Carbono como Matéria-Prima para a Indústria. Química: Produção do Metanol Verde. **Revista Virtual de Química**. Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 44-59, 2014. Disponível em <<http://www.uff.br/RVQ/index.php/rvq/article/viewFile/429/313>>. Acesso em: 01 maio 2015.

MOTA, C. J. A.; MONTEIRO, R. S. Química e sustentabilidade: novas fronteiras em biocombustíveis. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 10, p. 1483-1490, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v36n10/02.pdf>>. Acesso em: 3 abr. 2015.

NATERCIA, F. Desenvolvimento limpo: carbono para comprar e vender. **Inovação Uniemp**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 12-14, fev. 2007. Disponível em <http://inovacao.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-23942007000100008&lng=es&nrm=iso>. Acesso em: 20 abr. 2015.

NISHI, M. H. et al. Influência dos créditos de carbono na viabilidade financeira de três projetos florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 263-270, mar./abr. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v29n2/a09v29n2.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2015.

STELLA, O. et al. **Resumo dos resultados da COP-17**. Brasília: IPAM, 2011. Disponível em: <<http://www.ipam.org.br/biblioteca/livro/Resumo-dos-resultados-da-COP-17/611>>. Acesso em: 28 abr. 2015.

THIELE, F. T. et al. O futuro do protocolo de Kyoto: Guia de estudos. Rio de Janeiro: Onu Jr, 2012. Disponível em: <<http://201.33.24.15/altoparaíso/simar2014/COP18.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2015.

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C. Química no Efeito Estufa. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 8, p. 10-14, nov. 1998. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc08/quimsoc.pdf>>. Acesso em: 3 abr. 2015.