



Prospecção Tecnológica em Redução de Emissões de CO₂

Caroline Maria Freire de Moraes

Fernando Gonçalves Soido

Renata Nigri de Almeida

Projeto Final de Curso

Orientador:

Estevão Freire, D. Sc.

Agosto de 2011

PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA EM REDUÇÃO DE EMISSÕES DE CO₂

Caroline Maria Freire de Moraes

Fernando Gonçalves Soido

Renata Nigri de Almeida

Projeto de Final de Curso submetido ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheiro Químico e Químico Industrial.

Aprovado por:

Lídia Yokoyama - D.Sc.

Anderson Miguel da Silva Inácio – Eng. Químico

Clarice Gobbi – M.Sc

Orientado por:

Estevão Freire - D.Sc.

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Agosto de 2011

Ficha Catalográfica

Morais, Caroline Maria Freire de;

Soido, Fernando Gonçalves;

Almeida, Renata Nigri.

Prospecção Tecnológica em Redução de Emissões de CO₂ / Caroline Maria Freire de Moraes;
Fernando Gonçalves Soido; Renata Nigri de Almeida. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2011.

Projeto de Final de Curso – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2011.

Orientador: Estevão Freire, D.Sc.

“Fracassar não é cair; é recusar-se a levantar”.

Provérbio Chinês

iii

AGRADECIMENTOS

Agradecemos

Aos nossos pais por todo apoio, carinho e compreensão em todos os momentos, durante esses anos;

Ao nosso orientador, Professor Estevão Freire, pelas idéias e orientações para a realização desse trabalho. Agradecemos pelas correções e dúvidas sanadas durante o andamento do projeto;

Aos nossos amigos da Escola de Química pelo companheirismo e amizade durante esses anos, sempre nos motivando para o fim dessa jornada;

A todos os professores desse curso, pela paciência, dedicação e ensinamentos disponibilizados nas aulas, cada um de forma especial contribuiu para a conclusão desse trabalho e conseqüentemente para nossa formação profissional, em especial a Prof^a Maria José Guimarães;

Por fim, gostaria de agradecer aos nossos amigos e familiares, pelo carinho e pela compreensão nos momentos em que a dedicação aos estudos foi exclusiva;

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para que esse trabalho fosse realizado, nosso eterno AGRADECIMENTO.

.

Resumo do projeto final apresentado na Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Engenheiras Químicas e Químico Industrial.

Prospecção Tecnológica em Redução de Emissões de CO₂

Caroline Maria Freire de Moraes

Fernando Gonçalves Soido

Renata Nigri de Almeida

Agosto de 2011

Orientador: Estevão Freire, D.Sc.

RESUMO

As mudanças climáticas provenientes do aumento das emissões de gases do efeito estufa (GEE), contribuem para umas das preocupações ambientais mundiais, sendo o CO₂ um participante importante no processo de aquecimento terrestre.

Com a finalidade de mitigar os efeitos das mudanças climáticas, diversas tecnologias têm sido desenvolvidas com o intuito de reduzir as emissões desses gases do efeito estufa.

No presente trabalho foi realizado um estudo sobre as diversas tecnologias aplicadas ao seqüestro de carbono e os impactos ambientais produzidos pelas emissões dos GEEs.

Este Projeto Final de Curso tem como foco estudar as tecnologias de redução e reaproveitamento de CO₂, através de uma busca no banco de patentes da *United States Patent and Trademark Office* (USPTO), nas quais foram submetidas a uma análise macro, meso e micro.

SUMÁRIO

Capítulo I – INTRODUÇÃO E OBJETIVO	1
I.1 – Introdução	1
I.2 – Objetivo do estudo	3
Capítulo II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
II.1 - Sequestro de Carbono Indireto e Direto	4
II.1.1 -Sequestro de Carbono Indireto ou terrestre	4
II.1.2 - Sequestro de Carbono Direto	5
II.2 – Captura, Separação e Armazenamento de CO ₂	6
II.2.1 – Captura de CO ₂ em plantas de energia	7
II.2.2 – Armazenamento Geológico	7
II.2.3 – Reservatório depletado de óleo e gás	10
II.2.4 – Reservatórios maduros de óleo com RAP e gás com RAG	11
II.2.5 – Camada de Carvão (RAMC)	11
II.2.6 – Aquíferos Salinos	13
II.3 – Aspectos Ambientais	14
II.3.1 – CO ₂ e o Efeito Estufa	14
II.3.2 – As emissões brasileiras de CO ₂	18
II.3.3 – Consequências do Efeito Estufa	21
II.3.4 – Programas de Mitigação das Emissões de GEE no Brasil	23
II.3.5 – A Matriz Energética Brasileira	25
II.3.6 – Iniciativas mundiais para as mudanças climáticas	27
II.3.7 – Protocolo de Quioto e o Mecanismo de Desenvolvimento	30
II.4 – Aspectos Mercadológicos	36
II.4.1 – Aspectos Econômicos	37
Capítulo III – METODOLOGIA	40
III. 1 – Análise de Patentes	40

Capítulo IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
IV. 1 – Monitoramento Tecnológico de Patentes (por parâmetro de pesquisa)	41
IV.1.1 – Análise Macro	43
IV.1.2 – Análise Meso	48
IV.1.3 – Análise Micro	49
Capítulo V – CONCLUSÃO	51
Capítulo VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXO I – PATENTES ANALISADAS	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Formas de sequestro de CO ₂ em formações geológicas	9
Figura 2 – Injeção de CO ₂ em formações geológicas	9
Figura 3 – Opções para o armazenamento geológico de CO ₂	10
Figura 4 - Recuperação Avançada de Metano em Camadas de Carvão	12
Figura 5 - Efeito Estufa	16
Figura 6 - Emissões de CO ₂ em 2005 por setor mais detalhada	20
Figura 7 - Evolução das emissões de CO ₂ antrópicas	20
Figura 8 - Oferta Interna de Energia por Fonte – 2009	26
Figura 9 – Número de patentes concedidas por país	43
Figura 10 – Número de patentes depositadas por país	43
Figura 11 – Número de patentes concedidas por ano	44
Figura 12 – Número de patentes depositadas por ano	45
Figura 13 – Número de patentes depositadas por Instituição.	46
Figura 14 – Número de patentes depositadas por ramo	47
Figura 15 – Número de patentes por instituição depositante	48
Figura 16 – Número de patentes por setor	49
Figura 17 – Número de patentes por área	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativa Emissões Antrópicas líquidas de GEE em 2005	17
Tabela 2 - Evolução das emissões de CO ₂ por setor de 1990 a 2005	19
Tabela 3 - Distribuição das atividades de projeto no Brasil por tipo de projeto	34
Tabela 4 – Resultados da busca das patentes concedidas por palavras chave	41
Tabela 5 – Resultados da busca das patentes depositadas por palavras chave	42

Capítulo I – INTRODUÇÃO

I.1 – Introdução

As emissões de poluentes na atmosfera têm causado impactos ambientais em todo o planeta nas últimas décadas. Essas emissões são feitas por todos os países do mundo, independentemente de sua evolução industrial. A sociedade tem caminhado então para uma situação preocupante no tocante a sustentabilidade do planeta.

Preservar o meio ambiente para controlar as alterações climáticas e o esgotamento das fontes de energia, tornou-se uma questão moral para a população e para as empresas, que vêm adotando cada vez mais medidas para reduzir o consumo de energia e os impactos ambientais.

As ações antrópicas como a queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural), utilização de aerossóis, combustão de biomassa, além de outras atividades básicas e intensas como o cultivo de arroz e criação de gado, liberam para atmosfera um conjunto de gases chamados “Gases do Efeito Estufa” (GEE). Os principais gases responsáveis pelo efeito estufa são: óxido nitroso (N_2O), metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) por serem os mais abundantes. Existem outros como: vapor d’água (H_2O), ozônio (O_3), clorofluorcarbonos (CFCs), hidroclorofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF_6) (Costa, 2009).

Embora a maior parte dos gases do efeito estufa seja também produzida pela natureza, o acréscimo derivado da atividade industrial tem conduzido ao desequilíbrio da natural sustentabilidade.

O dióxido de carbono (CO_2), em especial, tem efeitos danosos para o meio ambiente, principalmente devido à velocidade crescente com que vem sendo produzido para atender às necessidades do modelo consumista da vida atual. A emissão de GEE’s, principalmente o dióxido de carbono, provoca o aquecimento global e conseqüentemente as mudanças climáticas (Costa, 2009).

Embora o termo e o conceito de “sequestro de carbono” tenha sido lançado desde o princípio da Convenção do Clima, este se consagrou somente a partir da Conferência de Quioto, em 1997, quando foram aprovados os mecanismos de flexibilização dos mecanismos de redução do GEE, que incorporariam o sequestro florestal de carbono. Trata-se de uma modalidade dentro do Mecanismo de

Desenvolvimento Limpo (MDL) do protocolo de Quioto. O MDL tem dois objetivos distintos: diminuir o custo das reduções de emissões de gases estufa e promover o desenvolvimento sustentável dos países em desenvolvimento. Esses dois objetivos refletem a necessidade de ação coordenada entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, para que se alcance a meta comum da mitigação do efeito estufa, partindo do princípio das responsabilidades comuns, mas diferenciadas entre países. O MDL permite que países ricos recebam créditos de reduções de emissões por investirem em projetos de redução de emissões de baixo custo. Esses créditos podem, então, ser utilizados na contabilização das reduções do país investidor, o que reduziria o custo das metas de reduções fixadas no Protocolo de Quioto (Silva e Brasil Junior, 2011).

O sequestro de carbono florestal é uma alternativa viável para amenizar o agravamento do processo de elevação da temperatura global, pelo aumento de GEE.

O dióxido de carbono pode ser removido da atmosfera por meio do crescimento de plantas selecionadas especialmente para essa finalidade. Quanto mais rápido o crescimento mais rápida é a sua absorção; devido ao vigoroso crescimento das árvores nos trópicos; por exemplo, um hectare desta floresta seqüestra muito mais carbono do que um hectare de floresta temperada.

No que se refere ao objetivo central da convenção do clima, o sequestro de carbono trata-se de uma medida paliativa e não permanente, embora possa trazer benefícios ecológicos secundários. Existe uma variação no custo de absorção de dióxido de carbono que estão associados a diversos fatores como: diferenças regionais no clima, variações existentes na qualidade do solo, diferenças no manejo, tempo para corte e tecnologias utilizadas metodológicas de aferição dos dados tabulados.

Existem ainda outras formas de sequestro de carbono; ao invés de ser liberado na atmosfera ele poderá ser removido quimicamente dos gases de exaustão das usinas termelétricas que queimam combustíveis fósseis. Em casos como esses, depois de recuperado ele é armazenado em um local, evitando sua liberação para o ar. O dióxido de carbono também pode ser seqüestrado por submersão nas profundezas dos oceanos, onde seria dissolvido, ou em aquíferos muito profundos embaixo da terra ou do mar, ou em poços de petróleo e de gás vazios ou em minas de carvão desativadas. Nas proximidades do fundo do mar, o dióxido de carbono reagiria com o carbonato de

cálcio sólido formado pelas conchas marinhas para produzir bicarbonato de sódio solúvel (Yang *et al*, 2008).

I.2 – Objetivos do estudo

Geral

O presente trabalho visa analisar as oportunidades do sequestro do carbono, através de prospecção tecnológica por mapeamento de patentes.

Específicos

- Identificar os principais atores envolvidos em redução das emissões de dióxido de carbono;
- Identificar as principais tecnologias envolvidas em redução e reaproveitamento de dióxido de carbono.

CAPÍTULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os quatro principais compartimentos de carbono na Terra são: oceanos, atmosfera, formações geológicas contendo carbono fóssil e mineral e ecossistemas terrestres (biota + solo). A importância do carbono e de seus compostos é indiscutível, este é onipresente na natureza e seus compostos constituem a matéria viva. Existe uma grande variedade de compostos de carbono envolvidos no seu ciclo global, sendo os principais: CO₂, CH₄, Hidrocarbonetos, CO.

As florestas são importantes para o equilíbrio do estoque de carbono global, pois armazenam em suas árvores e no solo mais carbono do que o existente atualmente na atmosfera. Se as florestas forem cortadas, a maior parte do carbono guardado nas árvores será liberada para a atmosfera rapidamente por meio de queimadas ou, mais lentamente, via decomposição (HOUGHTON, 1994).

II.1.- Sequestro de Carbono direto e indireto

Sequestro de Carbono pode ser definido como captura e estocagem segura de CO₂ que de outra forma seria emitido para a atmosfera ou permaneceria nela. Existem dois tipos de sequestro de carbono: o sequestro de carbono indireto e o direto.

II.1.1 Sequestro de carbono direto

O sequestro de carbono direto envolve a captura do CO₂ oriundo de processos industriais e processos relacionados à geração e/ou consumo de energia da queima dos combustíveis fósseis, antes que ele alcance a atmosfera. O CO₂ deve ser separado dos efluentes gasosos quando necessário e este CO₂ deve ser transportado e injetado diretamente nos oceanos e/ou em formações geológicas.

Consiste, portanto, em um processo de separação e captura do CO₂ de processos industriais, seguido de transporte para um local de estocagem segura de modo que ocorra o isolamento do gás em relação à atmosfera por um longo período de tempo (IPCC, 2005). No sequestro de carbono direto o CO₂ é, então, removido dos sistemas estacionários de geração de energia, campos de exploração de petróleo e

gás, refinarias de petróleo, cimenteiras, siderúrgicas, Unidades de Produção de gás natural, Unidades de Produção de Fertilizantes, etc, sendo armazenado com segurança em formações geológicas, nos oceanos, em forma de carbonatos minerais ou utilizados em processos industriais. O sucesso nas práticas e técnicas utilizadas em sequestro de carbono pode ser garantido quando o CO₂ é armazenado de modo estável, por um longo tempo, de forma economicamente viável. Para a verificação do sucesso das técnicas de sequestro de carbono, projetos estão sendo desenvolvidos para medir e calcular a quantidade de CO₂ que, de fato, será armazenada ao longo dos anos. Ou seja, estão sendo desenvolvidas técnicas de monitoramento e verificação (IPCC, 2007)

II.1.2.- Sequestro de Carbono Indireto ou terrestre

No sequestro de carbono indireto o CO₂ atmosférico é removido por processo natural, ou seja, o dióxido de carbono é absorvido pela fotossíntese e incorporado à biomassa do vegetal durante o seu crescimento. Este mecanismo incentiva os florestamentos e reflorestamentos em áreas onde a vegetação foi alterada. (DOE, 1999).

Nesta forma de sequestro de carbono, o objetivo é aumentar a fixação de carbono na vegetação e no solo, seja pelo aumento da remoção de CO₂ da atmosfera ou pela prevenção de emissão de CO₂ desses ecossistemas para a atmosfera. Pode ser realizado através dos seguintes mecanismos:

- Aumento da fixação fotossintética de carbono;
- Redução da decomposição da matéria orgânica nos solos;
- Melhoria das formas de manejo da terra de modo a diminuir a emissão de CO₂.

A remoção de CO₂ da atmosfera para os ecossistemas terrestres ocorre quando o processo de fotossíntese é mais intenso que os processos de respiração e decomposição, resultando no crescimento das plantas, das raízes e da biomassa microbiana no solo. Os solos são o maior reservatório de carbono dos ecossistemas terrestres. São estocadas cerca de 2000 giga toneladas de carbono (2000 Gtc)_nos ecossistemas terrestres sendo que 75% dessa quantidade estão contidas no solo (DOE 1999).

Percebe-se, então, que além de serem essenciais para o desenvolvimento das plantas, os solos são de grande importância para o sequestro indireto de carbono.

As situações a seguir oferecem boas oportunidades ao sequestro de carbono indireto (DOE 1999):

- Florestas: armazenamento de carbono no subsolo, nos troncos das árvores, na cobertura vegetal do solo, por meio de aumento da profundidade da camada de matéria orgânica nos solos, aumento da concentração de carbono no solo, aumento da massa e/ou profundidade das raízes ou diminuição da taxa de decomposição da matéria orgânica dos solos.
- Agricultura e pecuária: em plantações, gramas e pastos, por meio de aumento da densidade da biomassa total por área ou por densidade de carbono na biomassa, aumento do tempo de vida da biomassa vegetal e aumento da utilização da biomassa vegetal na fabricação de produtos duráveis.
- Agro energia: além de plantações para produção de biocombustíveis o foco diz respeito ao sequestro de carbono no solo em longo prazo.
- Áreas degradadas e desertificadas: Recuperação de áreas degradadas e desertificadas oferece benefícios significativos e também de grande potencial para o sequestro de carbono no solo e no subsolo através do reflorestamento dessas áreas.

II.2 – Captura, Separação e Armazenamento de CO₂

A etapa de captura do CO₂ consiste em separar e capturar o dióxido de carbono de correntes de gases provenientes de fontes estacionárias como: cimenteiras, plantas de energia (carvão, gás natural, óleo), refinarias, campos de exploração e produção de óleo e gás e unidades de separação de CO₂, Unidades de Produção de Gás Natural e destilarias de álcool. A necessidade de separar o CO₂ é decorrente da mistura dos gases emitidos entre si e apenas uma porcentagem é composta por dióxido de carbono. Existem métodos para a separação do gás e também as rotas tecnológicas que utilizam esses métodos para capturar o CO₂. Estes métodos e rotas tecnológicas consistem em absorção química e física, adsorção e por destilação criogênica.

II.2.1 Captura de CO₂ em Plantas de Energia

Plantas de energia que utilizam combustíveis fósseis para a geração de energia são importantes fontes emissoras de dióxido de carbono. Emitem cerca de um terço das emissões totais de dióxido de carbono provenientes de ações antropogênicas (Pennline *et al*, 2008). Termelétricas a base de carvão e gás podem separar e capturar CO₂ utilizando as rotas tecnológicas para captura e os métodos de separação apresentados anteriormente.

No caso de termelétricas convencionais, o CO₂ necessita ser separado de um gás exausto que contém NO_x e SO₂, e que possui baixa pressão. No caso de plantas de gaseificação como IGCC pode ser utilizada a tecnologia de captura de pré-combustão, oxicomustão ou até *looping* químico. Na pré-combustão, após o processo de gaseificação, o enxofre é removido e o gás de síntese é basicamente formado por monóxido de carbono e hidrogênio. O monóxido de carbono é, então, convertido para dióxido de carbono na unidade de Conversão de Shift para seguir para a unidade de separação utilizando, por exemplo, o método de absorção física com metanol. Existem alguns outros métodos para realizar a separação, mas estudos mostram que a absorção física é amplamente utilizável já que as concentrações de CO₂ no caso da gaseificação são altas (Yang *et al*, 2008). Foi estimado, em 2000, que a captura com a tecnologia de pré-combustão pode aumentar o custo da energia elétrica em até 25% (Yang *et al*, 2008).

II.2.2. Armazenamento Geológico

O CO₂ pode ser armazenado em reservatórios de petróleo e gás depletados, camadas de carvão, em reservatórios de petróleo e gás maduros (Recuperação Avançada de Petróleo e Gás - RAP e RAG), aquíferos salinos profundos, cavernas de sal, em formato de carbonatos pelo processo de carbonatação mineral, além de poder ser injetado diretamente nos oceanos. Em relação ao sequestro em reservatórios geológicos, a indústria de óleo e gás já possui vasta experiência em sua execução (Rocha, 2003).

Para o efetivo armazenamento de CO₂ em formações geológicas são necessários alguns mecanismos (IPCC, 2007):

1) Trapeamento físico:

- a) **Hidrodinâmico** - pode ocorrer em aquíferos salinos em que os fluidos migram com baixa velocidade, mas atingem longas distâncias. Ao ser injetado o CO₂ tende a deslocar parte do fluido presente no reservatório, porém tende a permanecer no topo do reservatório já que possui uma densidade menor que a da água. Em longo prazo o CO₂ é dissolvido e, então, passa a migrar com a água subterrânea na qual foi dissolvido.
- b) **Estrutural** - consiste no armazenamento de CO₂ em reservatórios que sejam cobertos por rochas de capeamento que são rochas de baixa permeabilidade, como, por exemplo, evaporitos e argilitos. Bacias de rochas sedimentares são as mais promissoras para o armazenamento, já que normalmente os reservatórios de óleo e gás e aquíferos salinos se encontram nesse tipo de formação.

2) Trapeamento geoquímico

Consiste em processos em que ocorre a reação do o CO₂ injetado tanto com a água presente no reservatório quanto com a rocha. Na dissolução do CO₂ no fluido presente no reservatório, o CO₂ ao ser dissolvido na água e ao reagir com a rocha, provocará um aumento do pH. Em reservatórios de petróleo o CO₂ dissolvido diminui a viscosidade do óleo residual tornando-o mais fluido, sendo este o mecanismo básico de uma das técnicas mais Comumente empregadas na recuperação avançada de petróleo (RAP). Por fim, existe o trapeamento mineral. Este envolve reação do CO₂ com minerais presentes nas formações geológicas para formar compostos sólidos estáveis, tais como carbonatos de cálcio, magnésio e ferro (IPCC, 2007). As Figuras 1 e 2 representam as formas de sequestro de CO₂ em formações geológicas.

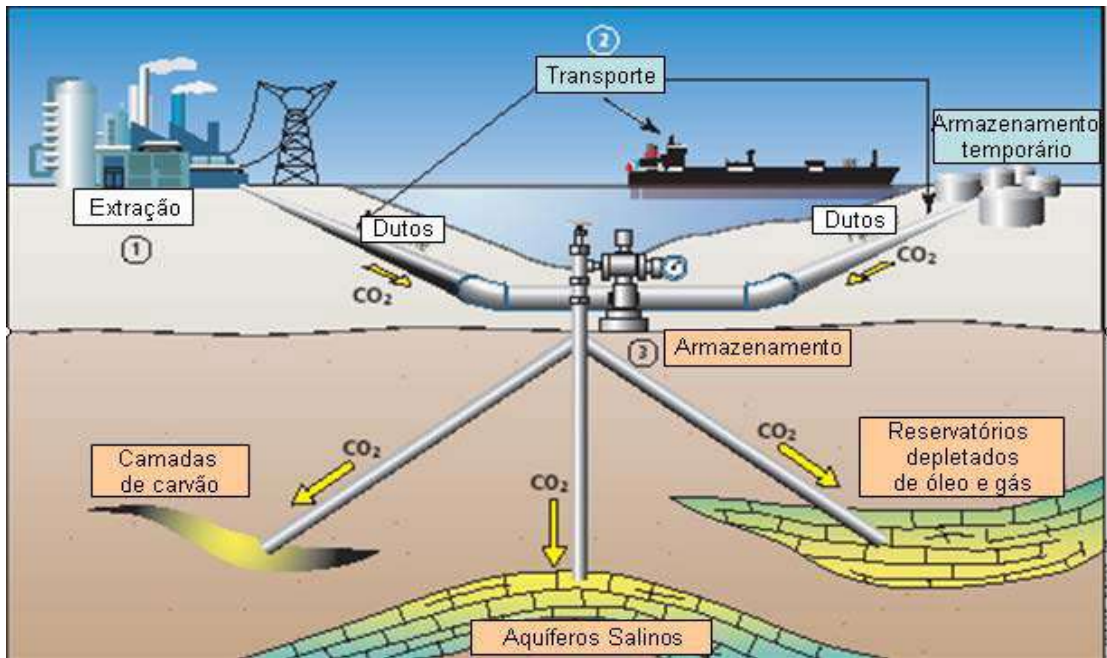


Figura 1– Formas de sequestro de CO₂ em formações geológicas.

Fonte: PETROBRAS, 2006c.

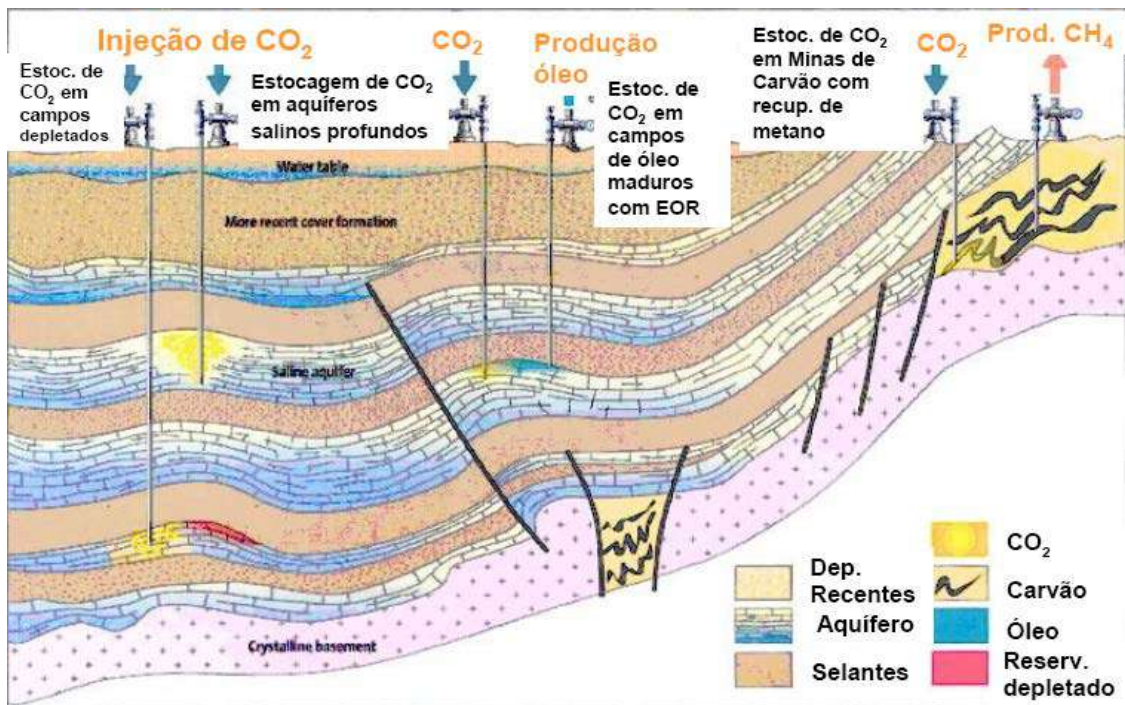


Figura 2 – Injeção de CO₂ em formações geológicas.

Fonte: Dino, 2008.

A Figura 3 também mostra as opções de armazenamento para o Sequestro Geológico de CO₂.

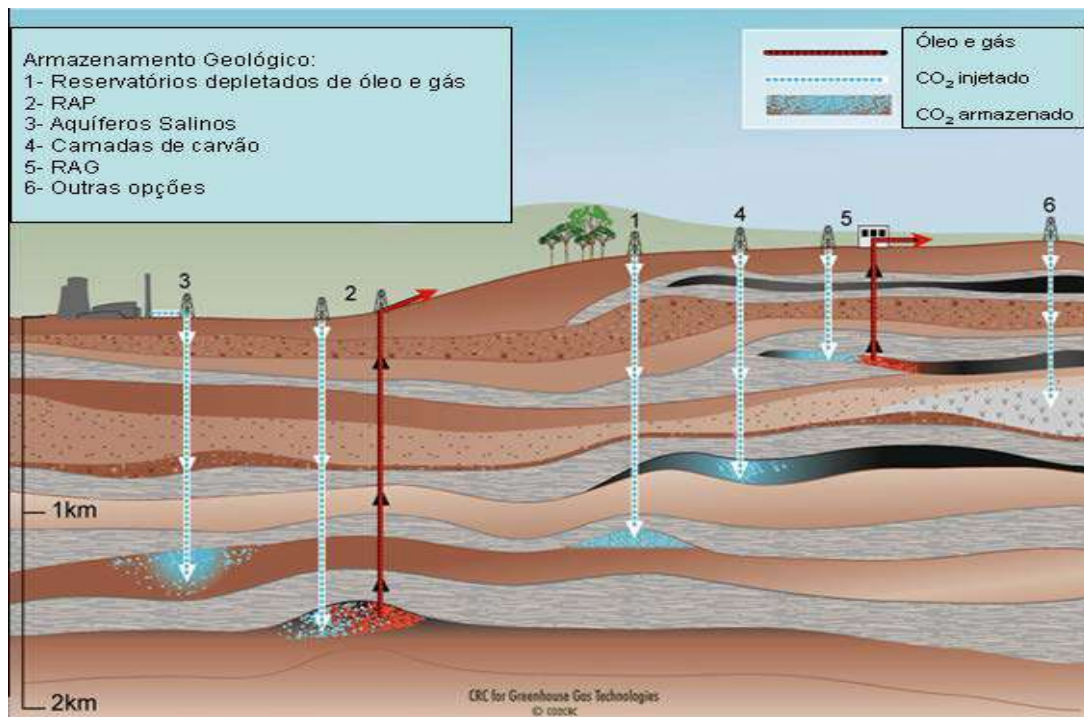


Figura 3 – Opções para o armazenamento geológico de CO₂.

Fonte: CO₂ CRC, 2005

II.2.3. Reservatórios Depletados de óleo e gás

Os reservatórios de óleo e gás depletados são uma das opções mais favoráveis dos reservatórios citados anteriormente, pois já possuem trapas geológicas naturais, realizando o trapeamento físico estrutural e por isso são mais seguros para o armazenamento. Estes já são bastante conhecidos e estudados devido à exploração para produção de óleo e gás, além de utilizarem modelos para simular e prever possíveis movimentações do petróleo ou do gás presentes no reservatório. Portanto, nestes reservatórios seria mais fácil monitorar as consequências da injeção de CO₂ (IPCC, 2007 e IEA, 2001).

II.2.4. Reservatórios maduros de óleo com RAP e gás com RAG

Normalmente, em um primeiro momento pode ser extraído 5-40% do óleo total presente no reservatório. Num segundo momento, com a injeção de água podem ser produzidos a mais até 20% do óleo total inicial (Gale, 2004). Porém, os reservatórios maduros ainda podem ter quantidades razoáveis de óleo. Portanto, a injeção de CO₂ seria um mecanismo que poderia, além de armazenar o CO₂, reativar a produção podendo gerar ganhos financeiros que abateriam o custo de captura do CO₂. Essa recuperação pode chegar a uma faixa de 7-23 % do óleo total inicial no reservatório, porém essa porcentagem varia de um campo para outro em função das características particulares de cada campo.

Na injeção de CO₂ em reservatórios maduros cerca de 50-67% do CO₂ injetado retorna com o óleo extra produzido e normalmente é separado e reinjetado, portanto há um saldo positivo de CO₂ armazenado como é desejado (IPCC, 2007). O CO₂ remanescente que não retorna com o petróleo extra fica retido no reservatório, pois ou se dissolveu ou permeou pelos poros presentes na estrutura do reservatório.

II.2.5. Camadas de Carvão

As camadas de carvão são outra opção promissora para o sequestro geológico de CO₂ devido ao benefício adicional que é produção extra de metano. O carvão tem a capacidade de adsorver muitos gases e pode ter cerca de 25 m³ de metano por tonelada de carvão (IPCC, 2007).

O carvão tem maior afinidade com CO₂ do que com metano e, portanto, o CO₂ possui maior facilidade de ser adsorvido no carvão. A razão volumétrica de adsorção CO₂: CH₄ dependerá do tipo de carvão. Com um carvão mais maduro (antracito), a razão é mais baixa, já um carvão mais jovem (lignito) apresenta uma razão de adsorção mais alta e pode chegar a 10:1 (IPCC, 2007).

Ao injetar o CO₂, este permeará pela matriz do carvão, sendo adsorvido nos microporos liberando o metano, possibilitando a recuperação de cerca de 90% do metano presente na formação geológica (IPCC, 2007). Já os métodos convencionais

de recuperação de metano que utilizam a variação natural de pressão no reservatório recuperam cerca de 50% do metano adsorvido.

A profundidade das camadas de carvão está estimada entre 300 -1500 m, assim as condições de pressão e temperatura garantem as reações químicas necessárias para que o CO_2 permaneça armazenado. Um fator importante na escolha do local de armazenamento adequado no caso das camadas de carvão é a permeabilidade do carvão. Esta normalmente varia muito e decresce conforme a profundidade aumenta.

Em suma, este processo além de realizar o sequestro geológico de CO_2 pode aumentar a eficiência e lucratividade das operações comerciais de produção de metano, contrabalançando o custo operacional de captura e estocagem do CO_2 .

A Figura 4 mostra o armazenamento de CO_2 em camadas de carvão e recuperação avançada de metano.

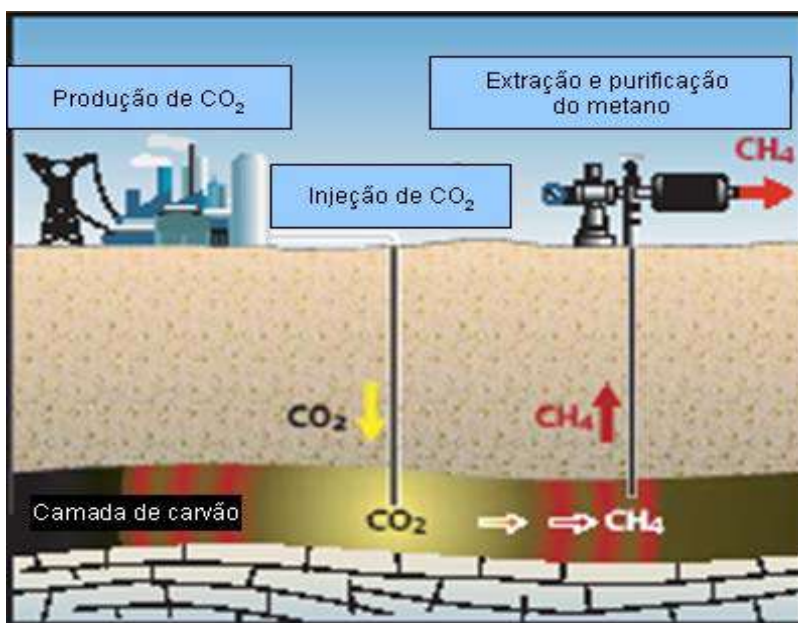


Figura 4 - Recuperação Avançada de Metano em Camadas de Carvão.

Fonte: PETROBRAS, 2006e.

II.2.6.- Aqüíferos Salinos

Formações salinas são rochas sedimentares saturadas e a água presente nestas possui alta concentração de sais dissolvidos. Essa água representa grande quantidade da água do planeta. Porém, não pode ser utilizada para agricultura e nem para o consumo humano (IPCC, 2007).

O sequestro geológico em aqüíferos salinos profundos se apresenta bastante promissor por existir uma enorme quantidade de aqüíferos salinos, seja abaixo do fundo do mar ou subterrâneos, praticamente em todo planeta. A injeção de CO₂ em aqüíferos salinos deve ser feita em profundidades superior a 800m para que o gás fique menos denso que a água, devido à pressão no reservatório (IPCC, 2007). Assim, o gás sobe para o topo do reservatório aderindo à superfície do mesmo e/ou se dissolvendo na água. Devido à solubilidade do CO₂ em água, como dito anteriormente, uma parte do CO₂ injetado se dissolve no meio e outra parte reage com os minerais presentes no reservatório. Formam-se, então, compostos sólidos estáveis como os carbonatos que se depositam no fundo, armazenando permanentemente o dióxido de carbono.

II.3 – Aspectos Ambientais

II.3.1- CO₂ e o Efeito Estufa

O dióxido de carbono é constituído estruturalmente por moléculas de geometria linear e de carácter apolar. Por isso suas atrações intermoleculares são muito fracas, tornando-o, à temperatura e pressão ambientes (25°C e 1 atm), um gás, incolor e inodoro, por isso popularmente é conhecido como gás carbônico.

Na atmosfera terrestre não-poluída, o CO₂ está presente em concentrações muito pequenas - cerca de 0,04% das moléculas presentes no ar são do dióxido de carbono, as outras são o N₂, cerca de 78%, o O₂, cerca de 21% e o Ar, com cerca de 1% de moléculas no ar.

A presença do CO₂ na atmosfera é de extrema importância, assim como de outros gases, como o gás metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), pois sem a presença deles a Terra seria inabitável, já que são responsáveis pela retenção da energia solar na superfície da Terra mantendo a temperatura da mesma em torno de 18 °C. Sem esses gases a superfície da Terra teria temperaturas inferiores a -15°C.

O gás carbônico é considerado um “gás estufa” devido à capacidade de suas moléculas de absorverem energia em determinados comprimentos de onda. A luz é absorvida praticamente de forma total quando a sua frequência se aproxima à frequência de movimento interno da molécula que venha a encontrar. No caso das frequências na região do infravermelho, os movimentos mais relevantes são as vibrações dos átomos que constituem as moléculas relativamente uns aos outros. O movimento de vibração mais simples em uma molécula é o oscilatório relativo de dois átomos ligados entre si, chamado de estiramento de uma ligação, no qual a distância entre os átomos presentes na ligação aumentam, se igualam e diminuem de um valor de distância médio. A frequência exata do movimento oscilatório depende do tipo de ligação, ou seja, se ela é simples, dupla ou tripla e da identidade dos átomos envolvidos e uma molécula só absorve luz infravermelha se apresentar um momento dipolar durante a sua vibração, caso contrário, não absorverá.

O gás carbônico pode ser de origem natural, como, por exemplo, do processo de respiração dos vegetais fotossintéticos, da erupção de vulcões ou ser de origem de

antrópica, ou seja, através de atividades humanas, como por exemplo, queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural), mudanças no uso do solo e florestas, dentre outras.

O aumento das atividades humanas, desde o início da Revolução Industrial, vem chamando atenção de autoridades mundiais para a potencialização de um efeito natural que ocorre na Terra: o efeito estufa (Baird, 2002), conforme ilustrado na Figura 5.

As emissões de gases do efeito estufa ocorrem principalmente em todas as atividades humanas e setores da economia:

- I. Na agricultura, através da preparação da terra para plantio e aplicação de fertilizantes;
- II. Na pecuária, através do tratamento de dejetos animais e pela fermentação entérica do gado;
- III. No transporte, pelo uso de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural);
- IV. No tratamento dos resíduos sólidos, pela forma de como o lixo é tratado e disposto;
- V. Nas florestas, pelo desmatamento e degradação de florestas;
- VI. Nas indústrias, pelos processos de produção, como, por exemplo, do cimento, de fertilizantes;
- VII. Nos processos de exploração e produção de derivados do petróleo.

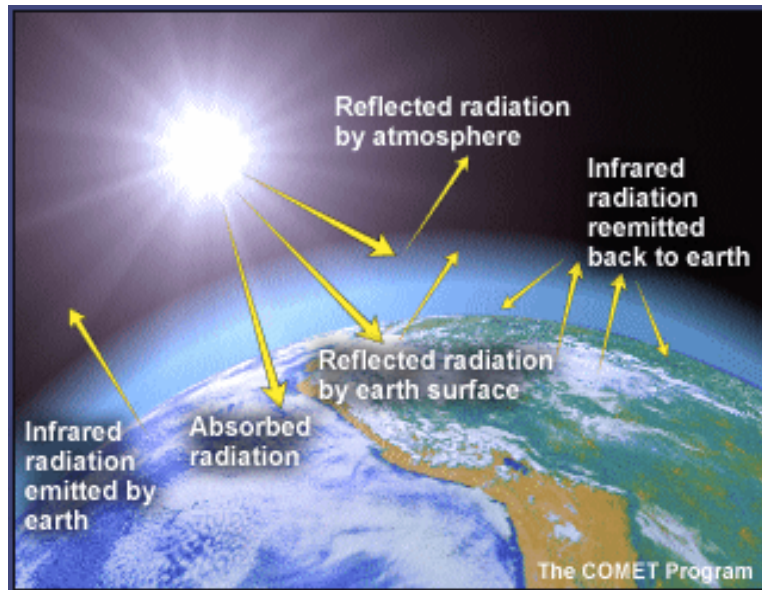


Figura 5 – Esquema apresentando o efeito Estufa

Fonte: Site <https://2007cn.blogspot.com> - acessado em 28/05/2010

Pelo Protocolo de Quioto, os principais gases responsáveis pelo efeito estufa são:

I. O dióxido de carbono (CO_2), que é o mais abundante dos GEE e sua quantidade aumentou cerca de 35% desde a era industrial. O CO_2 é utilizado como referência para classificar o poder de aquecimento global dos demais gases de efeito estufa;

II. O gás metano (CH_4), que é produzido pela decomposição da matéria orgânica. É encontrado geralmente em aterros sanitários, lixões e reservatórios de hidrelétricas (em maior ou menor grau, dependendo do uso da terra anterior à construção do reservatório) e também pela criação de gado e cultivo de arroz. Apresenta poder de aquecimento global 21 vezes maior que o dióxido de carbono;

III. O óxido nitroso (N_2O), cujas emissões resultam, entre outros, do tratamento de dejetos animais, de esgoto doméstico, do uso de fertilizantes, da queima de combustíveis fósseis e de alguns processos industriais. Possui um poder de aquecimento global 310 vezes maior que o CO_2 ;

IV. O hexafluoreto de enxofre (SF_6), que é utilizado principalmente como isolante térmico e condutor de calor; é o gás com o maior poder de aquecimento, é 23.900 vezes mais ativo no efeito estufa do que o CO_2 . O Brasil não é produtor desse

gás. Assim sendo, as emissões informadas devem-se apenas a vazamentos nos equipamentos instalados no país;

V. O hidrofluorcarbonos (HFCs), utilizados como substitutos dos clorofluorcarbonos (CFCs) em aerossóis e refrigeradores; não agredem a camada de ozônio, mas têm, em geral, alto potencial de aquecimento global (variando entre 140 e 11.700);

VI. Os perfluorcarbonos (PFCs), que são utilizados como gases refrigerantes, solventes, propulsores, espuma e aerossóis e têm potencial de aquecimento global variando de 6.500 a 9.200.

Existem ainda gases, como o monóxido de carbono (CO), os óxidos de nitrogênio (NOx) e os compostos orgânicos voláteis não metânicos (NMVOC), que mesmo não sendo GEE direto, eles influenciam nas reações químicas que ocorrem na atmosfera terrestre gerando GEEs.

Entre 1990 e 2005, as emissões totais de CO₂, CH₄ e N₂O aumentaram em 65%, 37% e 45%, respectivamente. A Tabela 1 apresenta estimativa das emissões antrópicas líquidas de GEE no ano de 2005 (Inventário Brasileiro de Emissões de CO₂ antrópicas,2010).

Tabela 1 - Estimativa de Emissões Antrópicas líquidas de GEE em 2005.

Gases	Quantidade (Gg) ¹	Percentual relativo (%)
CO ₂	1.637.905	96,15
CH ₄	18.107	1,06
N ₂ O	546	0,03
CF ₄	0,124	<0,01
C ₂ F ₆	0,0104	<0,01
SF ₆	0,0252	<0,01
HFC	2,673	<0,01
NO _x	3.399	0,20
CO	41.339	2,43
NMVOC	2.152	0,13
Total:	1.703.450,833	100

Fonte : Elaboração própria adaptada do Inventário Brasileiro de Emissões de CO₂ antrópicas – 2010

1 - Gg - mil toneladas

II.3.2 - As emissões brasileiras de CO₂

No sentido inverso dos países industrializados, cujas principais fontes de emissão de CO₂ são provenientes da queima de combustíveis fósseis para fins energéticos e de processos industriais de produção de cimento, cal, dentre outros, no Brasil a maior parcela das emissões estimadas de dióxido de carbono é proveniente da mudança do uso da terra, em particular do desmatamento das florestas para fins agropecuários.

Quando comparado com os países desenvolvidos, a contribuição das emissões de CO₂ pela utilização de combustíveis fósseis é relativamente menor. Isso ocorre devido ao fato da matriz energética brasileira ser, em grande parte, renovável, como por exemplo, pela geração de eletricidade a partir de usinas hidrelétricas, pelo uso de álcool e biocombustíveis no transporte e bagaço de cana-de-açúcar e carvão vegetal como insumos energéticos nas indústrias. Não podendo esquecer, porém, que o consumo energético brasileiro é pequeno visto ao consumido pelos países industrializados.

Os setores que têm importante participação na geração de gases do efeito estufa são: industrial, transporte, energético, tratamento de resíduos e mudanças do uso de terras.

As emissões geradas nos processos industriais representaram 4,0% das emissões totais em 2005, com a produção de ferro-gusa e aço, constituindo a maior parcela (58%). No período de 1990 a 2005, as emissões devido a processos industriais variaram 45%.

O setor de energia engloba as emissões por queima de combustíveis fósseis e emissões fugitivas. As emissões fugitivas incluem a queima de gás nas tochas de plataformas e refinarias, e a combustão espontânea de carvão em depósitos e pilhas de rejeito. As emissões de CO₂ do setor de Energia representaram em 2005 19% das emissões totais de CO₂, tendo aumentado 74% em relação às emissões de 1990. Somente o subsetor de transportes foi responsável por 43% das emissões de CO₂ do setor de energia e por 8,1% do total de emissões de CO₂ totais.

O setor de Mudança do Uso da Terra e Florestas foi responsável pela maior parcela das emissões de CO₂ e pela totalidade das remoções de CO₂, que incluem o

manejo de áreas protegidas, a regeneração de áreas abandonadas e a mudança no estoque de carbono nos solos, com as emissões líquidas do setor participando com 77% das emissões líquidas totais de CO₂ em 2005. A conversão de florestas para outros usos, em particular o agrícola, consistiu na quase totalidade das emissões de CO₂ do setor, sendo a pequena parcela restante devido à adição de calcário agrícola aos solos.

O setor de Tratamento de Resíduos contribuiu minimamente para as emissões de CO₂, devido à queima controlada de resíduos contendo carbono não renovável, seguindo a resolução CONAMA 316/2002.

A Tabela 2 mostra a evolução de 1990 até 2005 das emissões de CO₂ no Brasil, por setor. A Figura 6 mostra as emissões por setor mais detalhada no ano de 2005. A Figura 7 mostra a evolução das emissões por setor de 1990 até 2005. (Inventário Brasileiro de Emissões de CO₂ antrópicas, 2010)

Tabela 2 - Evolução das emissões de CO₂ por setor de 1990 a 2005.

Setor	1990 (Gg)	1994 (Gg)	2000 (Gg)	2005 (Gg)	Participação 2005 (%)	Varição 1990-2005 (%)
Energia	179.947	206.250	289.658	313.695	19,2	74,3
Processos Industriais	45.265	47.703	63.220	65.454	4,0	44,6
Produção de Cimento	11.062	10.086	16.047	14.349	0,9	29,7
Produção de Cal	3.688	4.098	5.008	5.356	0,3	45,2
Produção de Amônia	1.683	1.689	1.663	1.992	0,1	14,2
Produção de ferro-gusa e aço	24.756	28.428	35.437	38.283	2,3	54,6
Produção de alumínio	1.574	1.955	2.116	2.472	0,2	57,1
Outras Indústrias	2.502	2.446	2.950	3.093	0,2	23,6
Mudança do Uso de Terras	766.493	830.910	1.258.345	1.258.626	76,8	64,2
Tratamento de Resíduos	24	63	92	110	0	349,4
Total	991.731	1.085.925	1.611.615	1.637.905	100	65,2

Fonte: Elaboração própria adaptado do Inventário Brasileiro de Emissões de CO₂ antrópicas - 2010

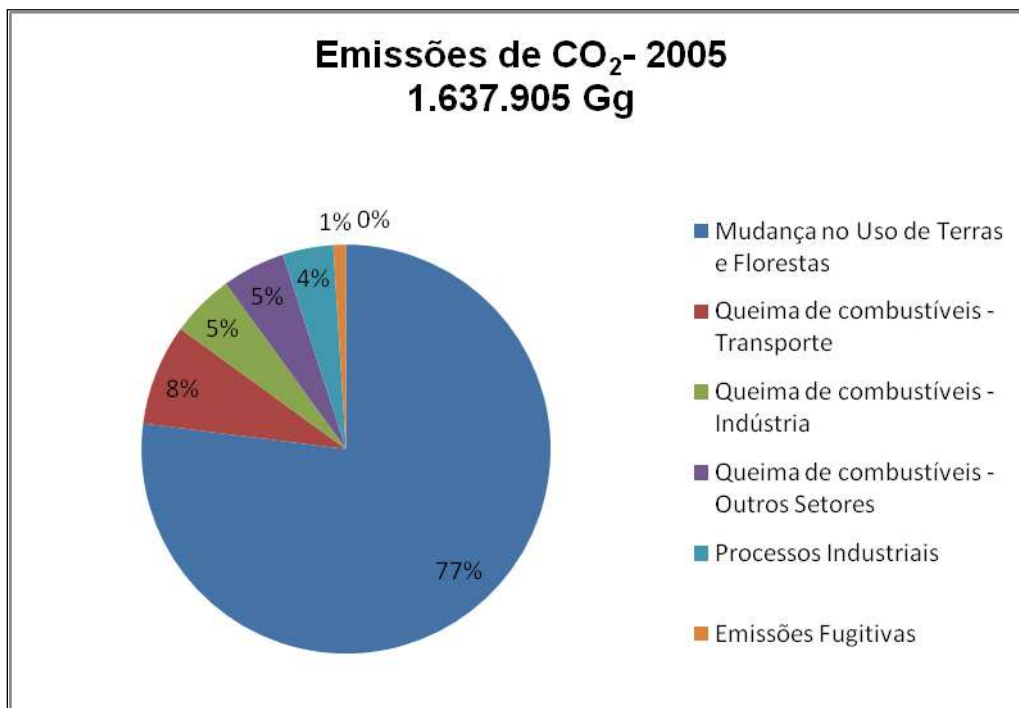


Figura 6 - Emissões de CO₂ em 2005 por setor mais detalhado

Fonte: Inventário Brasileiro de Emissões de CO₂ antrópicas - 2010

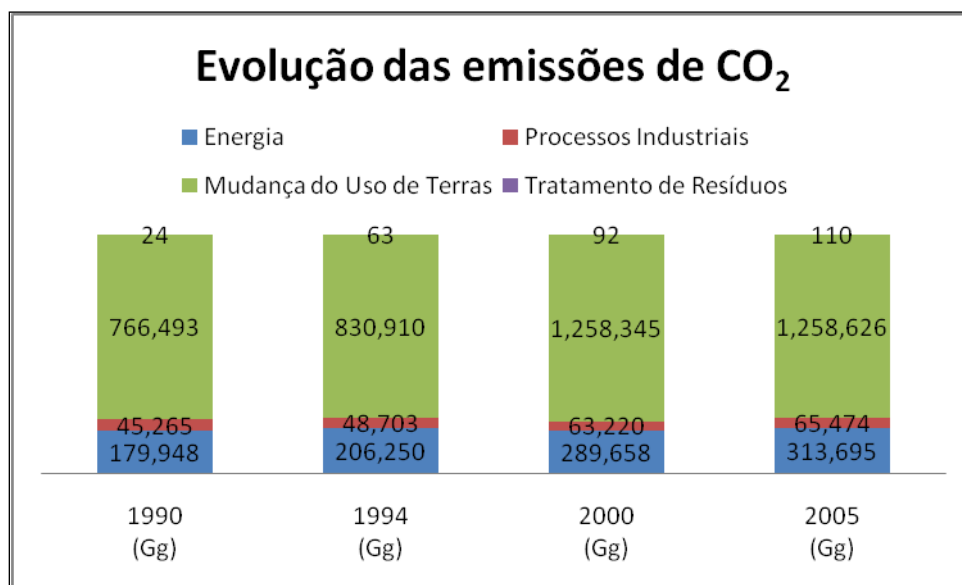


Figura 7 - Evolução das emissões de CO₂ antrópicas

Fonte: Fonte: Elaboração própria adaptado do Inventário Brasileiro de Emissões de CO₂ antrópicas - 2010

II.3.3 - Consequências do Efeito Estufa

O tema mudanças climáticas tem se tornado cada dia mais presente no mundo e no Brasil o Grupo de Pesquisas em Mudanças Climáticas (GPMC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) trata deste tema desenvolvendo pesquisas relacionadas a este tema. Estas pesquisas incluem estudos de projeção de cenários climáticos futuros para caracterizar o clima para diferentes cenários de emissões de gases do efeito estufa, além de estudos que visam à observação para caracterizar o clima atual e sua variabilidade em longo prazo.

O GPMC é formado por pesquisadores que trabalham nas áreas de mudanças climáticas, estudos de impactos e adaptação, análises de vulnerabilidade e áreas afins de universidades, como a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), por meio da COPPE e a Universidade de São Paulo (USP), além de outras instituições Federais como a Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA), Instituto de Meteorologia (INMET), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), dentre outras (INMET, 2011).

Em 2007, foi divulgado um Sumário das mudanças de clima projetadas pelo INPE para o Brasil até o final do século XXI, e dos seus impactos, para um cenário de altas emissões. Segue algumas das mudanças, por região do Brasil:

- Região Sul sofreria um aumento na frequência das ondas de calor, aumentos nos extremos de chuva e maior frequência de ciclones extratropicais, impactando na produção de grãos e frutas, no aumento da frequência das enchentes urbanas e deslizamento de terras em áreas de encostas etc (INMET, 2011).
- Região Sudeste sofreria um aumento de temperatura e aumento das chuvas na forma de chuvas irregulares e intensas, impactando na frequência de enchentes urbanas e deslizamentos de terra em áreas de encosta, nos ecossistemas naturais (Mata Atlântica) (INMET, 2011).
- Região Centro-Oeste sofreria um aumento de temperatura e aumento das chuvas na forma de chuvas irregulares e intensas, impactando os ecossistemas do Pantanal e cerrado, onde haverá maior risco de incêndios, e na elevação nas taxas de evaporação e dias secos

consecutivos, com menor umidade do ar e condições favoráveis para desbalanço hídrico, o que pode afetar agricultura de subsistência, pecuária e agroindústria muito fortes na região (INMET, 2011).

- Região Nordeste sofreria um aumento de dias secos consecutivos e de baixa umidade do ar, havendo a possibilidade de secas mais intensas e frequentes, impactando a vegetação caatinga, podendo intensificar o fenômeno de desertificação, e no aumento nas taxas de evaporação de açudes e reservatórios provocando níveis mais baixos dos rios, afetando transporte, geração de energia hidroelétrica e geração de desbalanço hídrico, que pode afetar agricultura de subsistência (INMET, 2011).
- Região Norte sofreria com um aumento de extremos de chuva na Amazônia oeste e de dias secos consecutivos na Amazônia de leste, havendo possibilidade de secas mais intensas e frequentes a partir de 2050, impactando em perdas nos ecossistemas e biodiversidade na Amazônia e dos serviços ambientais fornecidos pela floresta, além da baixa dos níveis dos rios, afetando transporte e geração de energia hidroelétrica (INMET, 2011).

A nível mundial, os impactos previstos, por continente, são:

- África: projeções de 75 a 250 milhões de desabrigados devido ao aumento da escassez das águas; redução de 50% dos campos agrícolas destinados a produção de alimentos em 2020 (NASA'S CLIMATE CHANGE, 2011).
- América do Norte: diminuição da neve nas montanhas do oeste; aumento de 5-10% de chuvas em regiões agrícolas e aumento da intensidade e duração de ondas de calor em cidades onde já ocorrem esse fenômeno (NASA'S CLIMATE CHANGE, 2011).
- América Latina: substituição gradual das florestas tropicais no leste da Amazônia por savanas; risco da perda da biodiversidade pela extinção de espécies nas áreas tropicais; alterações significativas na

disponibilidade de água para consumo do homem, da agricultura e do setor energético (NASA'S CLIMATE CHANGE, 2011).

- Ásia: estimativas indicam decréscimo da disponibilidade da água potável no centro, sul, leste e sudeste da Ásia em 2020; áreas costeiras apresentam o risco de aumento de inundações e espera-se que a taxa de morte por doenças relacionadas a inundações e secas se eleve em algumas regiões (NASA'S CLIMATE CHANGE, 2011).
- Europa: crescimento do risco de inundações nos países no interior do continente e maior frequência de inundações nos países litorâneos; aumento da erosão por tempestades e pela elevação do nível do mar; redução de áreas cobertas por neve; redução na produtividade das colheitas ao sul (NASA'S CLIMATE CHANGE, 2011).

II.3.4 - Programas de Mitigação das Emissões de GEE no Brasil

A mitigação da mudança climática pode ser entendida como a intervenção humana para a redução das emissões por fontes de GEE e ampliar suas remoções através de sumidouros de carbono, tais como oceanos e florestas. A magnitude dos benefícios desta prática é global e de longo prazo, pois uma vez estabilizadas as concentrações de gases de efeito estufa, a temperatura média global de superfície deve se estabilizar em poucas décadas, embora seja esperado um pequeno aumento da temperatura média ao longo de séculos.

Do ponto de vista global, o grande problema do aquecimento global está relacionado à dependência mundial nos combustíveis fósseis para suprimento de calor, geração de eletricidade e transporte.

A redução das emissões do CO₂ tem sido buscada através de políticas governamentais que utilizam instrumentos econômicos, através de subsídios, taxas, isenção de taxas e crédito; instrumentos regulatórios, através de padrões de desempenho mínimo, controle de emissão veicular e processos políticos, através de acordos voluntários, disseminação da informação, planejamento estratégico.

No setor de transportes, a mitigação está relacionada não apenas à escolha de combustíveis alternativos como o etanol e biodiesel, mas também à melhoria da eficiência energética. Por exemplo, as emissões de dióxido de carbono nos "novos" veículos leves podem ser reduzidas em até 50% em 2030 comparadas aos modelos atualmente produzidos, assumindo avanços tecnológicos persistentes. Podemos citar o "Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proncave)", instituído pela Resolução CONAMA Nº 18/1986, com o objetivo de mitigar os níveis de emissão de poluentes por veículos automotores, promover a melhoria de características técnicas dos combustíveis líquidos disponíveis da frota nacional de veículos automotores.

A redução de emissões de gases de efeito estufa no suprimento de energia, conta com programas como o "Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL)", visando substituir a gasolina do sistema de transporte brasileiro, incentivando o uso de energia de fontes renováveis.

No setor de agricultura, a mitigação pode ser alcançada por meio de práticas de plantio direto, evitando, assim, o revolvimento da terra para plantio que é responsável pela liberação de CO₂ para a atmosfera, visto que o solo é um grande estocador deste gás. E aliado a isso, uma agricultura menos intensa no uso de fertilizantes nitrogenados, responsáveis por emissões de óxido nitroso, também é uma alternativa para o setor.

Para o Brasil, a contribuição mais efetiva para a mitigação da mudança do clima está relacionada à redução de emissões provenientes do desmatamento, atividade responsável por grande parte das emissões brasileiras. Com essa finalidade, foi criado em março de 2004 o Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal que vem sendo implementado, apresentando resultados importantes nos últimos anos. No período entre 2004 e 2007, a taxa acumulada de desmatamento na Amazônia Legal foi reduzida em 59% (Contribuição do Brasil para Evitar a Mudança no Clima, 2010).

Há vários programas governamentais e iniciativas no Brasil que estão acarretando reduções importantes das emissões de gases de efeito estufa, alguns dos quais são responsáveis pelo fato de o Brasil ter uma matriz energética comparativamente "limpa", com baixos níveis de emissões de gases de efeito estufa

por unidade de energia produzida ou consumida. As iniciativas em outros setores, como o combate ao desflorestamento, biocombustíveis e eficiência energética também estão contribuindo para reduzir a curva das emissões de gases de efeito estufa no Brasil.

Para isso, o Decreto 7.390 de 09 de dezembro de 2009, depois da conclusão do segundo Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal, um protocolo internacional que trata das emissões responsáveis pela destruição da Camada de Ozônio, trouxe as projeções das emissões nacionais de gases do Efeito Estufa para o ano de 2020 para os setores de Mudança de Uso da Terra, Energia, Agropecuária e Processos Industriais e Tratamento de Resíduos (Balanço Energético Nacional, 2010).

II.3.5- Matriz Energética Brasileira

A matriz energética brasileira é caracterizada pela participação das fontes renováveis em grande proporção, o que se deve, em parte, ao nível de desenvolvimento do país e à carência, até a década de 70, de recursos energéticos fósseis.

Devido à forte dependência do petróleo importado, cerca de 80% do óleo bruto consumido no Brasil, tornou-se um país vulnerável aos “choques de petróleo” - aumento do preço do barril de petróleo no mercado internacional - ocorridos em 1973 e 1979. Este fato, somado à disponibilidade de terras, propiciou alguns usos comerciais da biomassa, principalmente álcool no transporte rodoviário e carvão vegetal na siderurgia, fazendo com que o Brasil se destacasse na busca por alternativas às fontes de combustíveis fósseis.

Como dito anteriormente, na maior parte dos países, a produção de eletricidade, juntamente com a produção de calor, são as principais responsáveis pelas emissões de gases de efeito estufa. No Brasil, as fontes primárias de produção de eletricidade são principalmente renováveis e pouco contribuem para as emissões de gases de efeito estufa, como pode ser visto na Figura 8.

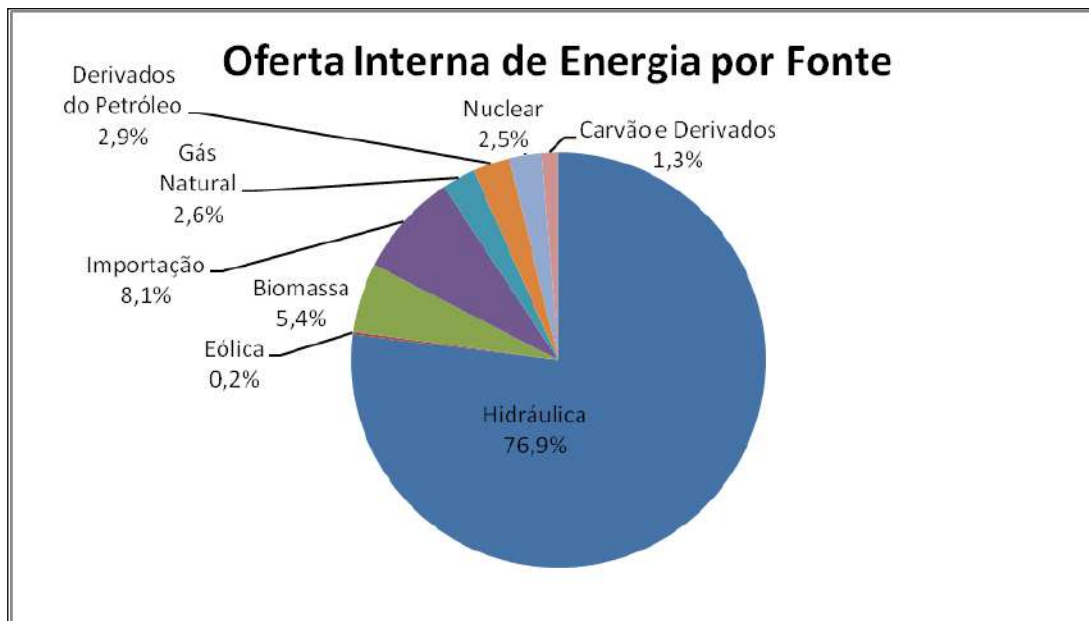


Figura 8 - Oferta Interna de Energia por Fonte - 2009

Fonte: Balanço Energético Nacional 2010

Pode-se observar que o Brasil apresenta uma matriz de geração elétrica de origem predominantemente renovável, sendo que a geração interna hidráulica responde por montante superior a 76% da oferta.

Somando as importações, que essencialmente também são de origem renovável, pode-se afirmar que aproximadamente 85% da eletricidade no Brasil é originada de fontes renováveis – sem considerar que parte da geração térmica é originada de biomassa.

Se a eletricidade gerada pelas fontes não-emissoras de CO₂ fosse produzida pela matriz de fontes fósseis, as emissões do setor de eletricidade seriam muito mais elevadas. A área que cobre a hidroeletricidade, a biomassa, a energia eólica e a energia nuclear corresponde às emissões evitadas. Apenas as emissões representadas pela pequena área das usinas termelétricas convencionais foram de fato lançadas na atmosfera. Essa estimativa não abrange os efeitos das medidas de conservação de energia e eficiência energética (Balanço Energético Nacional, 2010).

II.3.6 - Iniciativas mundiais para evitar as mudanças climáticas

A preocupação com os problemas ambientais ganhou escala e maior repercussão no final da década de 60 e início da década de 70. Viu-se, então, a necessidade de criação de diretrizes para tentar freiar as mudanças ambientais potencializadas pela ação do homem.

Em 1968, cientistas preocupados com os impactos ambientais provocados pelo crescimento econômico criaram, na Itália, o Clube de Roma, no qual foi apresentado um relatório “Os limites do crescimento” que compreendia o estudo, através de modelos matemáticos que o planeta Terra não suportaria o crescimento populacional devido a pressões sobre os recursos naturais e energéticos e do aumento da poluição, mesmo considerando o avanço das tecnologias. A partir daí surgiu o termo desenvolvimento sustentável.

Em 1988, a Organização Meteorológica Mundial (WMO) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) criam o Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas (IPCC - *Intergovernmental Pannel on Climate Change*), sendo este um organismo científico que analisa e avalia as informações científicas mais recentes sobre os impactos ambientais e sócios - econômicos produzidos pelas mudanças climáticas, com o objetivo de ajudar o mundo a entender a mudança climática, porém é um órgão que não realiza pesquisas e não monitora dados relacionados ou parâmetros climáticos.

Em 1992, aconteceu no Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO-92) com a participação de 108 presidentes e primeiros-ministros, onde foi criada a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, em inglês).

A UNFCCC é um tratado internacional que foi firmado por quase todos os países no mundo, 192 no total, e que tem como meta controlar a concentração atmosférica dos Gases do Efeito Estufa (GEE), a fim de evitar uma mudança perigosa do clima. Este tratado não fixou, inicialmente, limites obrigatórios para emissões dos GEE, mas incluía disposições para atualizações, os protocolos, que tinham a função de criar limites obrigatórios de emissões. O principal é o Protocolo de Quioto, que será discutido com mais detalhes posteriormente.

Os compromissos assumidos pelas Partes foram os seguintes:

- I. Elaborar inventários nacionais de emissões de GEE;
- II. Implementar programas nacionais e/ou regionais com medidas para mitigar a mudança do clima;
- III. Promover e cooperar na educação, treinamento e conscientização pública quanto as mudanças climáticas
- IV. Promover o desenvolvimento, a aplicação e a difusão de tecnologias, práticas e processos que controlem, reduzam ou previnam as emissões antrópicas de GEE;
- V. Promover e cooperar em pesquisas científicas, tecnológicas, técnicas, socioeconômicas e outras, em observações sistemáticas e no desenvolvimento de banco de dados relativos ao sistema do clima;

Outros compromissos foram delegados aos países desenvolvidos, dentre eles destacam-se:

- I. Adotar políticas e medidas nacionais para redução de GEE, buscando reverter suas emissões antrópicas desses gases aos níveis de 1990, até o ano de 2020;
- II. Transferir recursos tecnológicos e financeiros para os países em desenvolvimento. Para facilitar esse processo a Convenção estabeleceu um mecanismo para fornecer recursos a fundo perdido, cuja operação ficou sob o encargo do Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF). Este foi, então, estabelecido pelo Banco Mundial, pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e pelo Programa das Nações Unidas Para o Meio Ambiente (PNUMA), a fim de prover recursos para os projetos dos países em desenvolvimento que gerem benefícios ambientais globais, não apenas na área da mudança do clima, mas também sobre a biodiversidade, proteção da camada de ozônio e recursos hídricos internacionais;
- III. E, por fim, auxiliar os países em desenvolvimento, particularmente os mais vulneráveis à mudança do clima, a implementar ações de adaptação e se preparar para a mudança do clima, reduzindo seus impactos.

Em 1994, o Brasil ratificou a UNFCCC, sendo o primeiro país assinar a Convenção, em 28 de fevereiro, e entrou em vigor a partir de 29 de maio.

A partir de 1995 foram criadas as Conferência das Partes (COP), que são consideradas o órgão supremo da Convenção e devem manter sob revisão regular a implementação da convenção e de qualquer instrumento jurídico adotado pela COP e deve tomar as decisões necessárias para promover a efetiva implementação da Convenção. Até o dado momento as principais COP's foram:

- **COP-3:** aconteceu em 1997 em Quioto, Japão - Deu continuidade às negociações da conferência anterior e culminou na adoção do Protocolo de Quioto, estabelecendo metas quantificadas e compulsórias de reduções de GEE para os principais emissores, chamados países do Anexo I (países desenvolvidos);
- **COP-4:** aconteceu em 1998 em Buenos Aires, Argentina - O Protocolo de Quioto foi aberto à assinatura em 16 de março, em Nova York, e a COP-4 aconteceu em Buenos Aires, direcionando os trabalhos para colocar em vigor e ratificar o Protocolo de Quioto.
- **COP-7:** aconteceu em Marraqueche, Marrocos - Retomada das discussões, sem os Estados Unidos, que se retiraram sob a alegação de que os custos para a redução de emissões seriam muito elevados para a economia. Os EUA são responsáveis por cerca de 25% das emissões globais de GEE e contestam, também, a ausência de metas de redução para os países em desenvolvimento, em especial, China, Índia e Brasil. No acordo de Marraqueche foram estabelecidas as bases para o desenvolvimento de projetos de MDL. Onde foram detalhados os conceitos de adicionalidade, no qual um projeto de MDL deve contabilizar as “fugas”, que são as emissões atribuíveis que venham a ocorrer como resultado de sua implantação, isto é, relacionado aos impactos fora da fronteira, ou limite físico, da atividade do projeto.
- **COP-10** aconteceu em 2004 em Buenos Aires, Argentina - Foram aprovadas as regras para a entrada em vigos do Protocolo de Quioto, o

que só acontece no dia 16 de fevereiro do ano seguinte, com a adesão definitiva da Rússia, depois de uma expectativa de 7 anos. (FUGIHARA *et al*, 2009)

Desde 2002 o Brasil participa das reuniões, através da Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental do Ministério do Meio Ambiente, por meio da Coordenação de Mudança do Clima e Sustentabilidade (CMCS), na qual discute ativamente e têm contribuído para que os acordos firmados e os compromissos assumidos possam, de fato, atingir o objetivo maior da Convenção: estabilizar as concentrações de GEE na atmosfera em um nível no qual seja interrompida a interferência acentuada do homem no sistema climático (Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental do Ministério do Meio Ambiente, 2011).

II.3.7 – Protocolo de Quioto e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)

O Protocolo de Quioto constitui um protocolo criado tratado de Convenção Quadro das Nações Unidas Sobre Mudanças do Clima (UNFCCC) que foi discutido e negociado por vários meses, e tendo sido concluído em Quioto, no Japão, em 1997, sendo aberto para as assinaturas, com fins de sua ratificação pelos países, em 11 de dezembro de 1997.

O critério estabelecido para que o protocolo entrasse em vigor foi de que 55% dos países signatários da convenção o ratificassem e, ao mesmo tempo, de que esses países deveriam representar, pelo menos, 55% das emissões globais de gases do efeito estufa, com base no inventário de emissões de 1990. O Protocolo de Quioto entrou em vigor em 16 de fevereiro de 2005, depois que a Rússia o ratificou em novembro de 2004.

O regime criado pelo Protocolo de Quioto é caracterizado pelo estabelecimento de metas quantitativas de redução de emissões nacionais (*Quantitative Emissions Limitation and Reduction Objectives - Qelros*) para os países desenvolvidos (países membros da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico - OCDE e países do Leste Europeu e da Rússia) que foram incluídos no Anexo I da convenção, totalizando uma redução média global de GEE de 5,2% em relação às emissões de

1990. Cada parte do Anexo I negociou a sua meta de redução ou limitação de emissões sob o Protocolo, em função da sua visão sobre a capacidade de atingi-la no período considerado.

Para os países não incluídos no Anexo I, inclusive o Brasil, foram mantidos os compromissos gerais e constantes da Convenção, que incluem o desenvolvimento de programas nacionais de mitigação de emissões, mas sem metas específicas de redução de emissões do modelo Qeios, contando, para isso, com recursos financeiros e acesso à tecnologia dos países industrializados. Essa divisão das responsabilidades dos países do Anexo I e não-Anexo I está baseada no conceito de responsabilidades comuns, porém diferenciadas, conceito central do Protocolo de Quioto.

O Brasil ratificou o documento em 23 de agosto de 2002, tendo sua aprovação interna por meio do Decreto Legislativo nº 144 de 2002. Dentre os principais emissores dos gases do Efeito Estufa, apenas o Estados Unidos não ratificaram o Protocolo, porém continuam tendo responsabilidades e obrigações definidas pela Convenção.

O Protocolo de Quioto oferece formas alternativas de atendimento das metas, através de mecanismos de mercado denominados mecanismos de flexibilização. São eles:

1) Comércio de Emissões (*Emissions Trading*):

Estabelecido no artigo 17 do Protocolo de Quioto e aplicado aos países do Anexo I da Convenção, no qual um país deste grupo pode transferir o excesso de reduções de emissões para outro país do mesmo grupo que ainda esteja em vias de alcançar a meta de reduções. Essas transações podem ocorrer entre empresas, contanto que em acordo com os países envolvidos.

Assim, uma nova mercadoria foi criada sob a forma de redução das emissões. Uma vez que o dióxido de carbono é o principal gás do efeito estufa, as pessoas falam do comércio do carbono. O carbono, então, é controlado e negociado como qualquer mercadoria e esse fato é conhecido como mercado do carbono.

2) Implementação Conjunta (*Joint Implementation*):

Estabelecido no artigo 6º do Protocolo de Quioto diz que países diferentes do Anexo I podem desenvolver projetos de redução de emissões em um desses países, e

essa redução de emissões pode ser utilizada para fins de atendimento de metas do outro país.

3) Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (*Clean Development Mechanism*):

Criado pelo artigo 12 do Protocolo de Quioto e aplicável a países que não estão listados no Anexo I do protocolo.

A lógica do MDL é que as reduções de emissões que ocorram em projetos de caráter voluntário e que contribuam para o desenvolvimento sustentável em países não-Anexo I sejam aplicáveis para fins de atendimento de metas de redução de emissões de GEE de operações ou atividades em países com contingenciamento de suas emissões.

Sob essa ótica, o resultado desse processo, qual seja, as Reduções Certificadas de Emissões (RCE), torna-se um ativo importante, com valor de mercado. Esse valor é dado através da comparação entre o custo de reduzir as emissões localmente (investimento local), o potencial pagamento de multa pela não redução de emissões e consequente não atendimento da meta e o valor de compra desses certificados.

Todo projeto de MDL parte de uma premissa de que uma ação de redução de emissão será introduzida em um cenário hipotético, no qual essas emissões continuariam altas, não fossem o projeto e incentivo do crédito do carbono. Esse conceito adotado e as diversas etapas até a geração da RCE geram a necessidade de regulamentação detalhada sobre a escolha da linha de base e a demonstração de como a expectativa da RCE influencia na tomada de decisão do projeto, sem contar em outros aspectos importantes, como o monitoramento das emissões ao longo da vida do projeto.

As duas grandes linhas do MDL são: a necessidade de demonstrar que o projeto reduz emissões de forma adicional ao que ocorreria na ausência do projeto, conceito denominado adicionalidade, bem como estar de acordo com os critérios de desenvolvimento sustentável do país onde ele está sendo desenvolvido.

Nesse sentido, a redução das emissões é a diferença entre uma hipótese (a linha de base) e um fato (emissões verificadas). Como a linha de base é uma hipótese,

dificulta no processo do projeto, pois a mesma não ocorrerá de fato, tornado difícil a demonstração dessa linha de base e mesmo da adicionalidade do processo.

Quanto ao conceito adicionalidade estabelecido pelo Protocolo exige que as reduções sejam adicionais às que ocorreriam na ausência do projeto, conforme mencionado anteriormente, ou seja, se as reduções já estivessem acontecendo, seria necessário que o projeto produzisse reduções ainda maiores. Nos últimos anos, esse conceito vem sendo detalhado, aumentando a complexidade de sua consideração em projetos, o que o torna um limitador cada dia maior à elaboração de projetos.

Mesmo tendo sua complexidade aumentada, o MDL é uma importante alternativa para a viabilização de projetos e tecnologias que reduzam as emissões de GEE, sendo um instrumento muito procurado por compradores internacionais.

Para os projetos de MDL a estrutura institucional é dividida em 3 setores:

i. **Conferência das Partes** que é o órgão supremo da UNFCCC e o fomentador do Protocolo de Quioto;

ii. **Conselho Executivo do MDL:** Supervisiona o funcionamento do MDL. Dentre as suas responsabilidades, pode-se destacar: validação e o registro das atividades de projetos de MDL; a emissão das RCEs; o desenvolvimento e a operação do registro do MDL, o estabelecimento e aperfeiçoamento de metodologias para linha de base, monitoramento e fugas e o credenciamento de Entidades Operacionais Designadas (EODs), cujas finalidades são: validar as atividades de projeto propostas ao MDL e verificar e certificar as reduções das emissões de GEE e/ou remoção de CO₂.

iii. **Autoridade Nacional Designada (DNA):** Para que países se habilitem a utilizar o MDL, eles devem atender aos requisitos estabelecidos pela convenção e pela COP, como ter ratificado o Protocolo de Quioto, ou mesmo, ter um sistema de contabilização das emissões antropogênicas de GEE. Também é necessário designar uma DNA, que, entre outras funções, deve avaliar as atividades de projetos de MDL propostos em relação ao atendimento dos critérios de desenvolvimento sustentável do país. No caso do Brasil, atualmente, a DNA é a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima (CIMGC) (FUGIHARA *et al*, 2009).

Em termos mundiais, segundo dados do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) referentes à última Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança no

Clima, em março de 2011, o Brasil ocupa a 3ª posição em número de projetos em atividade, com 474 (7% do total), ficando atrás da China, com 2855 projetos (39%) e da Índia com 2006 projetos (27%). No que diz respeito ao potencial de redução de emissões, o Brasil também ocupa a 3ª posição, sendo responsável pela redução de 406.595.183 tCO₂e, o que corresponde a 5% do total mundial, ficando atrás da China com um total de 3.845.792.701 tCO₂e a serem reduzidas (45%) e da Índia com 1.989.773.063 tCO₂e (24%) das emissões projetadas para o primeiro período de obtenção de créditos.

A tabela a seguir mostra os projetos brasileiros, em fase de validação ou aprovação, por escopo setorial e suas contribuições para redução das emissões no primeiro período de compromisso. Ela mostra que o maior número de projetos brasileiros é desenvolvido na área de geração de energia e suinocultura (68% do total) e mostra também que os três setores que mais reduzirão emissões de CO₂ são os de energia renovável, aterro sanitário e redução de N₂O.

Tabela 3 - Distribuição das atividades de projeto no Brasil por tipo de projeto.

Projetos em Validação/Aprovação	Número de Projetos	Redução anual de emissão (tCO ₂ e)	Redução de emissão no 1º período de obtenção de crédito (tCO ₂ e)	Número de Projetos (%)	Redução anual de emissão (% tCO ₂ e)	Redução de emissão no 1º período de obtenção de crédito (% tCO ₂ e)
Energia renovável	251	20.459.891	152.769.145	51,9	39,7	37,5
Aterro Sanitário	37	12.196.889	90.295.076	7,6	23,6	22,2
Redução de N ₂ O	5	6.373.896	44.617.272	1,0	12,3	10,9
Suinocultura	76	4.222.884	39.282.569	15,7	8,2	9,6
Troca de combustível fóssil	46	3.329.139	27.958.720	9,5	6,4	6,9
Eficiência Energética	30	2.180.709	20.928.010	6,2	4,2	5,1
Reflorestamento	2	434.438	13.033.140	0,4	0,8	3,2
Processos industriais	14	1.002.940	7.499.083	2,9	1,9	1,8
Resíduos	19	706.602	5.558.778	3,9	1,4	1,4
Emissões fugitivas	4	720.068	5.721.011	0,8	1,4	1,4

Fonte: Elaboração própria adaptado do Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo do desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no mundo (Ministério da Ciência e Tecnologia, 2011)

Em 2012, termina o primeiro período de compromisso do Protocolo de Quioto. Os dados até então levantados revelam que é pouco provável que os países

desenvolvidos consigam atingir a meta acordada. Essa expectativa é reforçada pelo fato desses países terem aumentado as emissões em 11% de 1990 a 2005, com destaque para o setor energético, o grande emissor de GEE, que também apresenta emissões crescentes. (MCT,2011)

II.4 – Aspectos Mercadológicos

Não existe um único mercado de carbono, definido por um único commodity, um único tipo de contrato ou de um único conjunto de compradores e vendedores. O "mercado de carbono" é uma coleção de diversas operações soltas, através do qual as reduções de emissões de gases de efeito de estufa são trocadas (FUGIHARA *et al*, 2009).

Pode-se dizer também que é o mercado resultante da negociação (compra e venda) de permissões de emissão ou créditos de redução, de modo a capacitar os agentes (países ou empresas) a atingir suas metas de redução de GEEs pelo Protocolo de Quioto.

O mercado de créditos carbono tem sua origem nas discussões internacionais que buscam encontrar soluções para a redução de GEEs.

No período entre a ratificação do Protocolo de Quioto e o período de vigência, muitos Estados e empresas iniciaram programas de redução de GEE, dando origem a um mercado de carbono embrionário.

No mercado de carbono, podemos identificar algumas estruturas (agentes e instituições). Entre eles estão:

- Agentes e instituições reguladoras, como a UNFCCC, a Comissão Europeia (CE), agentes voluntários padronizadores, para elaboração do quadro legal, e secretariado da UNFCCC, o Conselho Executivo do MDL, o Comitê *Compliance*, agências nacionais, etc, como partes reguladoras;
- Ofertantes, dentre os quais podemos citar os desenvolvedores de projetos, financiadores (como fundos de carbono e bancos), consultores de desenvolvimento de projetos, autoridades de políticas ambientais, etc;
- Intermediários, como os *brokers*, *traders*, plataformas de comércio e empresas privadas do setor financeiro e;
- Consumidores finais, com os compradores no *compliance market* e no mercado voluntário. (Rezende, 2008)

II.4.1 – Aspectos Econômicos

Em termos econômicos, o sequestro de carbono é um mecanismo de flexibilização que interessa economicamente às empresas intensivas em emissão, que têm ainda a chance de ganhar a imagem de ambientalmente corretas e "socialmente responsáveis" com os projetos de carbono, o que lhes confere maior competitividade no mercado. Contudo, ao mesmo tempo, considerando que representa recursos disponíveis para o país hospedeiro, seja para a conservação ou o reflorestamento –, os quais são limitados e disputados pelos países candidatos a projetos do MDL, corre-se o risco de os países em desenvolvimento abrirem concessões para as exigências dos benefícios socioambientais em favor da obtenção do investimento, deixando prevalecer o interesse econômico (o negócio como sempre) do investidor

A flexibilização das políticas de gestão ambiental abre espaço para o setor privado como ator principal no regime de mudança climática. Muitas corporações econômicas internacionais tiveram grande interesse na criação do MDL, na aprovação do sequestro de carbono e na criação do mercado de emissões, que vêem como um grande mercado ambiental em gestação (Barreto, Freitas e Paiva, 2009).

É notável a presença organizada do setor privado, não somente liderando, mas também se antecipando às decisões do Protocolo de Quioto, tais como: o *Business Council for Sustainable Development (BCSD)*, o *Business Environmental Leadership Council (BELC)*, a *International Emission Trading Association (IETA)*, a Federação da Indústria de São Paulo (FIESP), entre outros.

Nesse sentido, é indiscutível que é muito mais custoso, para uma empresa geradora de energia termoelétrica num país industrializado, desenvolver tecnologia de ponta para aperfeiçoar a sua eficiência do que investir em florestas para absorver carbono, preferencialmente em países em desenvolvimento, onde os custos são comparativamente menores em relação aos dos países do primeiro mundo.

Ademais, o sequestro florestal do carbono através de reflorestamento pode constituir uma oportunidade de renda para seus investidores, que, por cima disso, ainda podem ganhar reconhecimento pelo serviço ambiental. A racionalidade econômica encara com muita objetividade a questão da mudança do clima global.

É nesse contexto que se afigura uma gama de alternativas no MDL de eficiência energética, recursos renováveis, conservação florestal, reflorestamento e restauração florestal, com variados custos e riscos, bem como de níveis de sincronização e de oportunidades. A racionalidade empresarial tende sempre a perseguir a alternativa menos custosa. Ao comparar as várias opções postas revela-se que as tecnologias para eficiência energética nos países industrializados são as mais caras, e as do sequestro florestal do carbono em país em desenvolvimento as mais baratas. Entretanto, observa-se que este processo é regido estritamente pela racionalidade técnico-econômica, que amiúde secundariza os aspectos sociais. Os EUA retiraram-se oficialmente do Protocolo de Quioto em março de 2001, alegando razões principalmente econômicas. Declaram que a redução das emissões atribuída ao seu país aumentaria os custos de produção, o que reduziria a competitividade de seus produtos no mercado globalizado. Não obstante a não adesão da, 50 empresas americanas anunciaram o compromisso de cortar emissões seguindo a liderança europeia. Estas entendem que a participação dos EUA na gestão da mudança climática global é uma questão de tempo, não só pela pressão dos consumidores, mas principalmente porque, quanto antes ingressarem, melhor se posicionariam estrategicamente neste mercado.

É inegável que a economia está transformando o clima global, porém a economia, por sua vez, também está sendo transformada pela mudança climática. Um mercado significativo está emergindo, resultante das alternativas para reduzir, estocar e seqüestrar carbono. Os prognósticos indicam que o mercado de carbono será a maior indústria do século, fato este que explica as iniciativas dos governos nacionais de se empenharem na corrida da construção e definição de regimes de negociação das emissões para poder levar maior vantagem. As companhias de seguros oferecem um bom indício da noção desse mercado. Elas estão cobrando taxas cada vez mais elevadas e reduzindo a cobertura de áreas propensas a riscos. É como se a racionalidade econômica do sistema de produção capitalista se apercebesse de que seria mais barato prevenir-se ou reduzir emissões do que arcar com os altos custos de desastres climáticos.

Do ponto de vista dos países em desenvolvimento, o MDL tem sido a mais importante proposta resultante da Convenção do Clima, pelo fato de representar

potencialmente uma transferência concreta de recursos do Norte para o Sul para o financiamento de iniciativas voltadas ao sequestro do carbono da atmosfera e o desenvolvimento sustentável dos países não industrializados. A preocupação dos países em desenvolvimento passa a ser preparar as condições necessárias para oferecer vantagens comparativas em relação a outros países ou regiões no sentido de atrair os investimentos do MDL (YU,2004).

Capítulo III – METODOLOGIA

III.1 – Análise de Patentes

Para a análise de patentes foi feito um estudo por meio de banco de dados do USPTO – *United States Patent and Trademark Office*. Os critérios de pesquisa foram feitos através de palavras-chave escolhidas previamente e foram utilizadas as análises macro, meso e micro para obter informações de real relevância, capaz de identificar sinais de crescimento e a classificação deste segmento de pesquisa.

O nível macro geralmente aplica-se ao sistema macroeconômico, e no caso deste projeto a análise foi feita para a avaliação do avanço no tempo, distribuição por região e principais instituições depositantes de patentes.

No caso do nível meso foram estudadas a evolução das áreas de aplicação das patentes.

Por fim, no nível micro cada patente foi analisada para a determinação de seu foco e função principal.

A prospecção tecnológica é uma etapa fundamental do processo de estudo do assunto, sendo eles os principais meio para a determinação das tendências de crescimento do segmento.

Os mapeamentos de dados feitos estabelecem uma dinâmica na entrada de dados, informações e conhecimento (Brand *et al*, 2004).

Capítulo IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO

IV.1 – Monitoramento tecnológico Patentes (por parâmetro de pesquisa)

O monitoramento tecnológico foi realizado utilizando o banco de patentes depositadas e concedidas da United States Patent and Trademark Office – USPTO.

Foram selecionadas as palavras-chave “*carbon sequestration*” e “*greenhouse*”. A Tabela 4 apresenta o resultado do número de patentes por palavra chave por campo de busca.

Tabela 4 – Resultados da busca das patentes concedidas por palavras chave.

Palavras Chave	Campo	Número de Patentes	Número de Patentes de interesse	Data da Busca
<i>Carbon sequestration</i>	<i>All fields</i>	256	47	30/06/2011
<i>Carbon sequestration</i>	<i>Title</i>	1	0	30/06/2011
<i>Carbon sequestration</i>	<i>Abstract</i>	8	2	30/06/2011
<i>Carbon sequestration</i>	<i>Title and abstract</i>	1	0	30/06/2011
<i>Carbon sequestration</i>	<i>Title or abstract</i>	8	2	30/06/2011
<i>Greenhouse</i>	<i>All fields</i>	31144	26	30/06/2011
<i>Greenhouse</i>	<i>Title</i>	367	15	30/06/2011
<i>Greenhouse</i>	<i>Abstract</i>	901	21	30/06/2011
<i>Greenhouse</i>	<i>Title and abstract</i>	205	10	30/06/2011
<i>Greenhouse</i>	<i>Title or abstract</i>	1063	24	30/06/2011

Fonte: Elaboração própria, 2011.

Tabela 5 – Resultados da busca das patentes depositadas por palavras chave.

Palavras Chave	Campo	Número de Patentes	Número de Patentes de interesse	Data da Busca
<i>Carbon sequestration</i>	<i>All fields</i>	421	47	07/07/2011
<i>Carbon sequestration</i>	<i>Title</i>	13	4	07/07/2011
<i>Carbon sequestration</i>	<i>Abstract</i>	21	12	07/07/2011
<i>Carbon sequestration</i>	<i>Title and abstract</i>	5	2	07/07/2011
<i>Carbon sequestration</i>	<i>Title or abstract</i>	29	7	07/07/2011
<i>Greenhouse</i>	<i>All fields</i>	16382	29	07/07/2011
<i>Greenhouse</i>	<i>Title</i>	137	14	07/07/2011
<i>Greenhouse</i>	<i>Abstract</i>	678	18	07/07/2011
<i>Greenhouse</i>	<i>Title and abstract</i>	115	13	07/07/2011
<i>Greenhouse</i>	<i>Title or abstract</i>	1784	16	07/07/2011

Fonte: Elaboração própria, 2011.

De acordo com a pesquisa, observou-se que “carbon sequestration” foi a palavra chave que melhor resultou na busca pelas patentes relacionadas ao uso de Tecnologias para a redução de emissões de CO₂. As patentes analisadas encontram-se no Anexo 1.

IV.1.1 – Análise Macro

Nessa etapa, observa-se uma análise mais geral das patentes, onde determinados a distribuição das patentes por país, por ano de depósito, por instituição depositante e por ramo de empresas com patentes concedidas e depositadas.

As Figuras 9 e 10 mostram a distribuição de patentes concedidas e depositadas por país usando a palavra chave “*carbon sequestration*”.

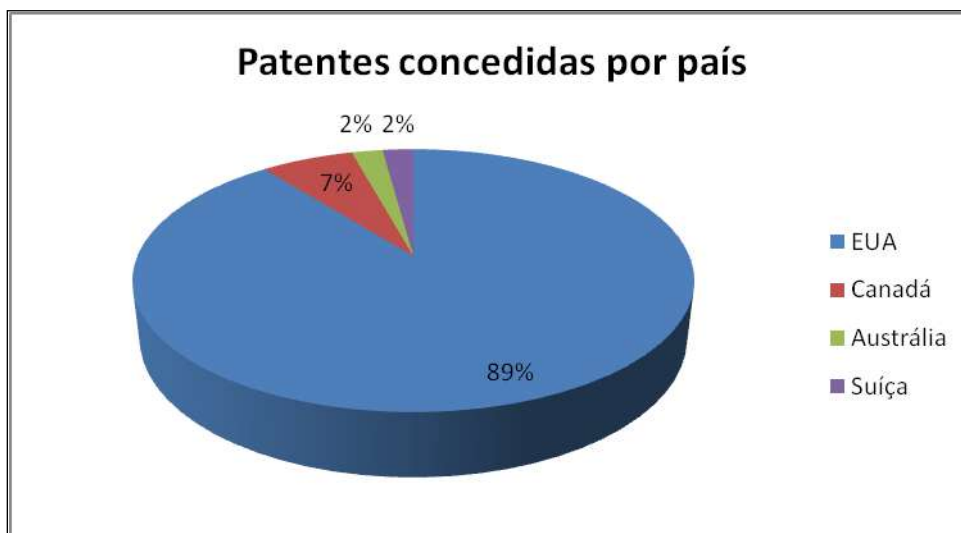


Figura 9 – Número de patentes concedidas por país.

Fonte: Elaboração própria, 2011.

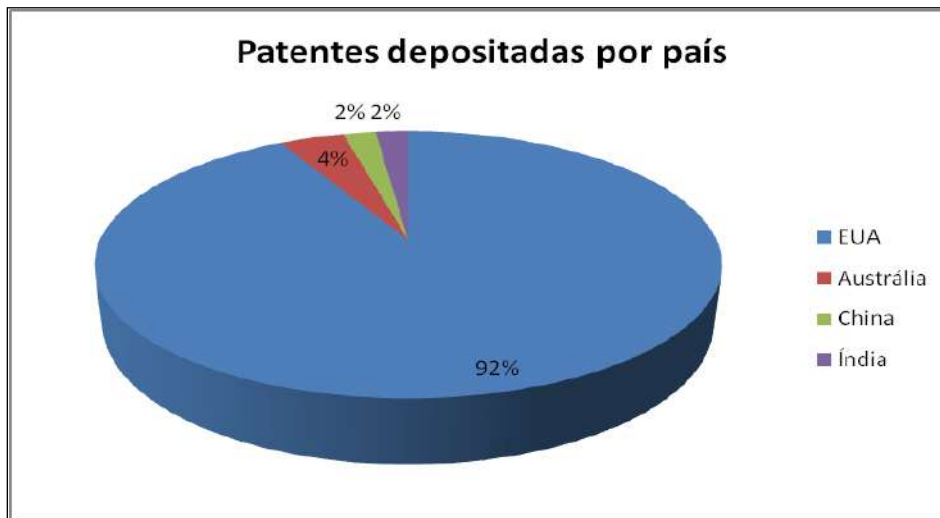


Figura 10 – Número de patentes depositadas por país.

Fonte: Elaboração própria, 2011.

Tanto as patentes concedidas como as depositadas apontam os Estados Unidos como o país com maior contribuição nessa área. Entretanto, como a pesquisa foi feita em uma base de dados americana, o resultado pode ter sido influenciado, já que podem existir patentes de outros países em outras bases de dados como a europeia, por exemplo, que é a *European Office Patent*.

A análise por ano, apresentadas nas Figuras 11 e 12, permite avaliar o crescimento da preocupação mundial no que se refere às emissões do dióxido de carbono e outros gases do efeito estufa na atmosfera.

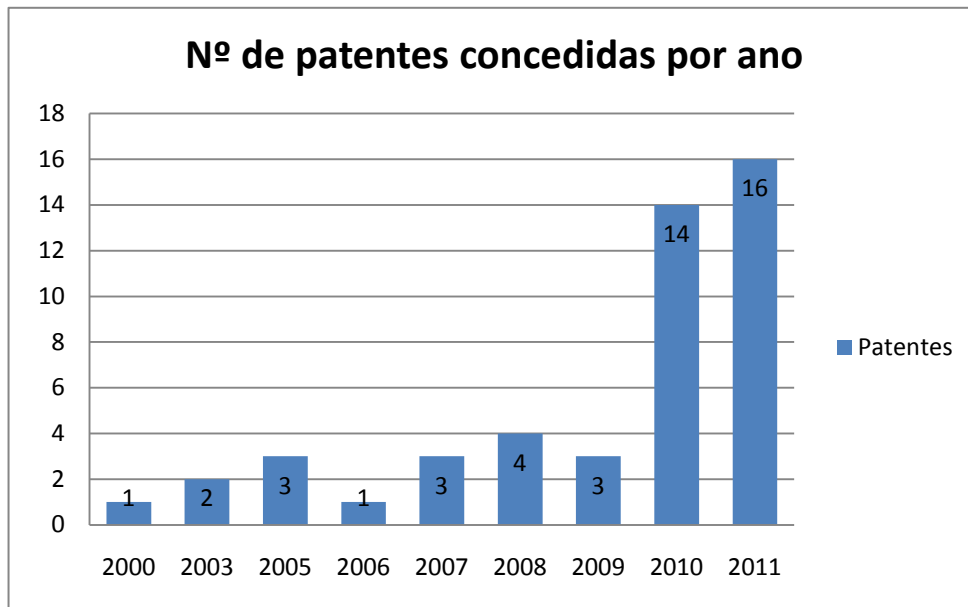


Figura 11 – Número de patentes concedidas por ano.

Fonte: Elaboração própria, 2011.

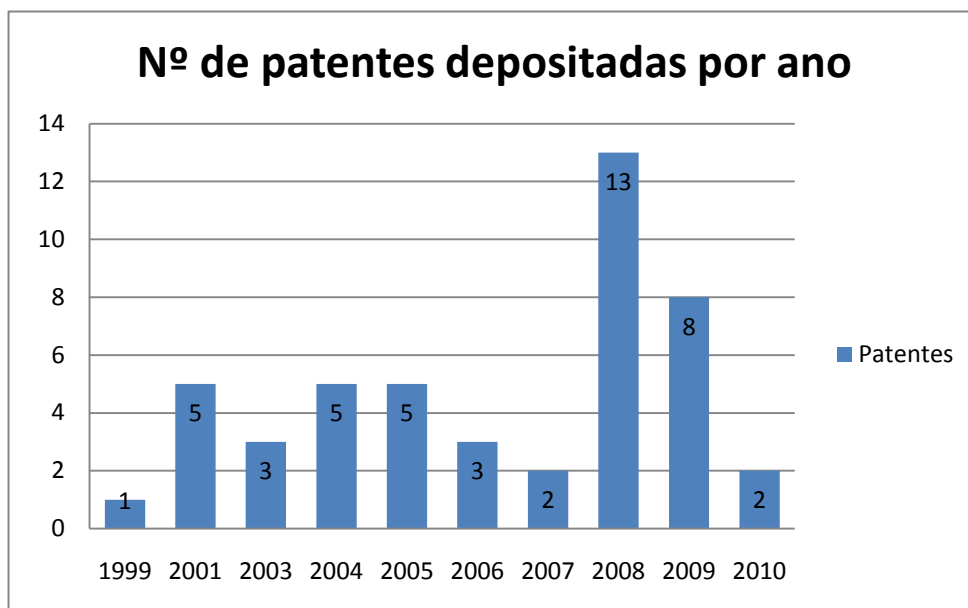


Figura 12 – Número de patentes depositadas por ano.

Fonte: Elaboração própria, 2011.

O crescimento de patentes com o tempo é nítido, pois a preocupação com as questões ambientais vem aumentando consideravelmente. Preservar o meio ambiente para controlar as alterações climáticas e o esgotamento das fontes naturais de energia

se tornou objetivos comuns a todos, desde os estudantes e pesquisadores até os grandes empresários.

O número reduzido de patentes depositadas no ano de 2011 deve ser desconsiderado, não sendo utilizada para esta análise, devido à data de pesquisa (30/06/2011).

Na Figura 12, houve um aumento no número de patentes depositadas até 2008, e em 2009 e 2010 esse número caiu, sendo em 2010 apenas 2 patentes depositadas sobre sequestro de carbono. Esta queda ocorre devido ao atraso de informação referente aos anos mais recentes, comum a todas as bases de dados de patentes. A publicação das patentes segue diferentes procedimentos, de acordo com cada país. Na maior parte dos países, as patentes são publicadas 18 meses após a sua data de prioridade (data do depósito da patente no primeiro país em que ela foi depositada), independentemente de terem sido concedidas, indeferidas ou ainda estarem em julgamento. Os Estados Unidos, por exemplo, só publicam patentes após a sua concessão, o que leva cerca de 2 anos desde o depósito. Esse fato faz com que em geral, os dados de patentes para os 2 anos mais recentes estejam incompletos, tornando a análise válida somente para períodos mais longos (Martin, A.R. *Et al*,2002).

De acordo com o tipo de instituição depositante, Figura 13, as maiores contribuintes foram as empresas seguidas das universidades e instituições de pesquisa.

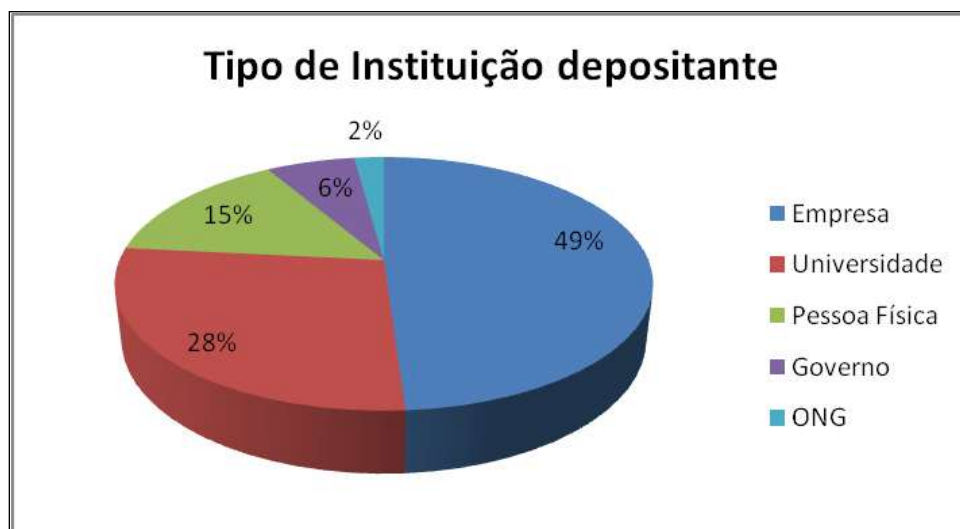


Figura 13 – Número de patentes depositadas por Instituição.

Fonte: Elaboração própria, 2011.

Devido ao grande número de patentes depositadas por empresas, foi realizada também uma análise por ramo das empresas depositantes, Figura 14, mostrando assim que o principal ramo é o da educação.

Isso mostra que apesar de no Brasil não haver uma grande interação entre universidades e empresas, isso não acontece nos outros países analisados. Neles as empresas buscam nas universidades o conhecimento necessário para viabilizar seus interesses de pesquisa.

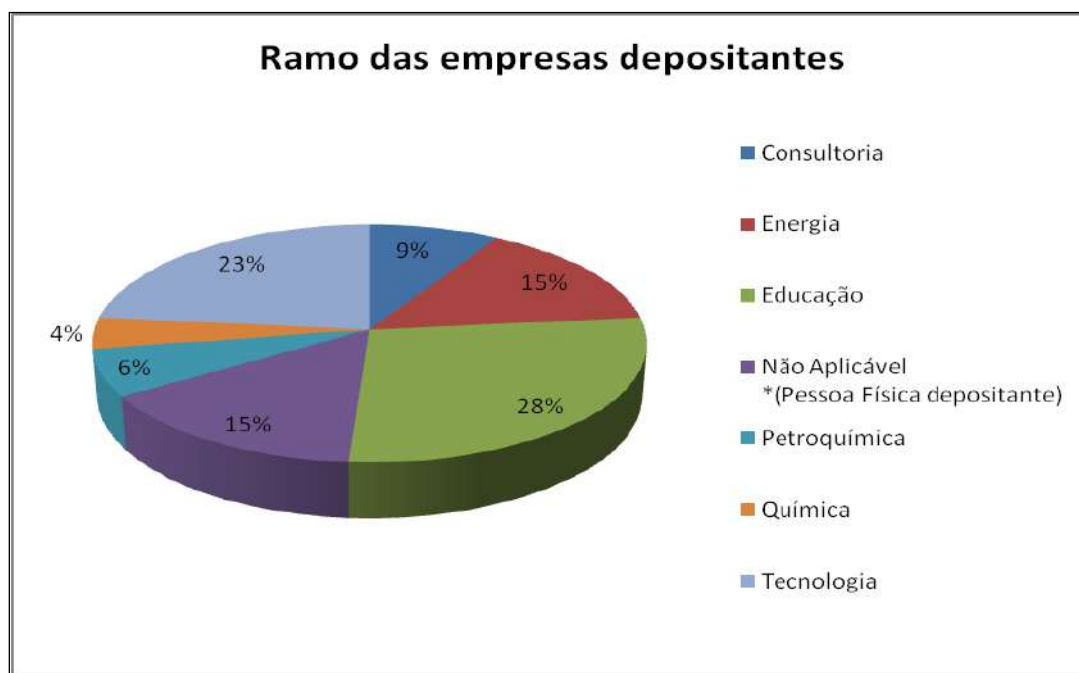


Figura 14 – Número de patentes depositadas por ramo.

Fonte: Elaboração própria, 2011.

A Figura 15 mostra quem são as instituições depositantes e fazendo sua análise foi constatado que a empresa *Calera Corporation* é a maior depositante de patentes no que diz respeito à tecnologia de sequestro de carbono. O interesse dela por investimentos em novas tecnologias nesta área pode ser explicado pelo fato desta utilizar o CO₂ como subproduto dos seus processos, transformado-o em insumos minerais para agregar valor ao produto formado.

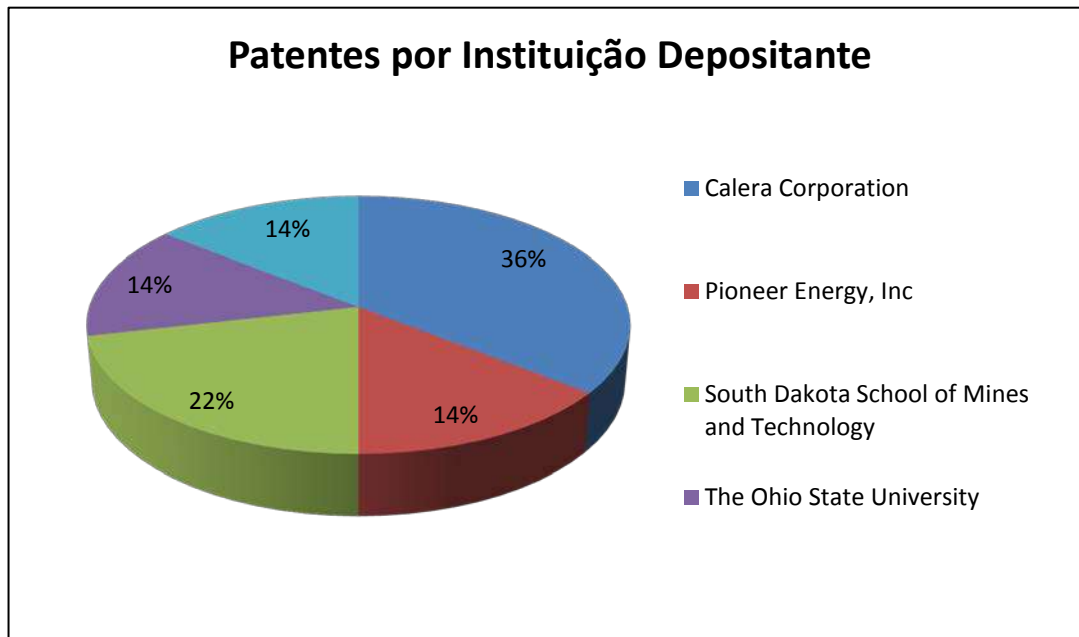


Figura 15 – Número de patentes por instituição depositante.

Fonte: Elaboração própria, 2011.

As instituições/empresas que apresentaram somente uma patente depositada não foram incluídas no resultado desse gráfico.

IV.1.2 – Análise Meso

Na análise meso é possível identificar os setores que estão mais comprometidos com a questão ambiental relacionada com a de redução das emissões de CO₂ e quais áreas precisam de uma maior atenção.

De acordo com a Figura 16 o setor com maior número de patentes é o industrial. Isto se deve ao fato deste ser o maior setor da economia mundial e um dos principais geradores de gases do efeito estufa nos países desenvolvidos. Portanto, para se adequarem ao maior rigor imposto atualmente pelos órgãos fiscalizadores ambientais já se era esperado este resultado, visto que este é o setor de maior geração de gases poluentes.

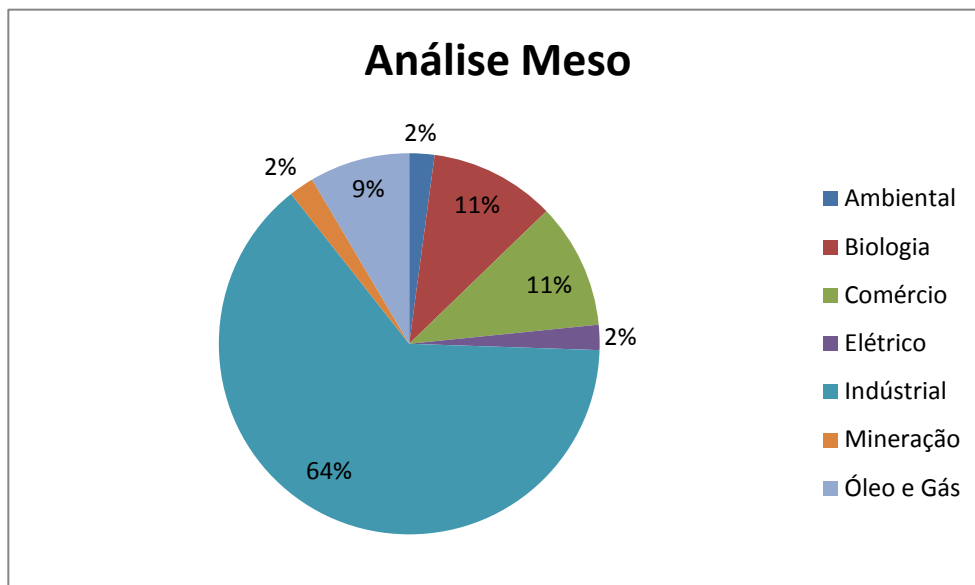


Figura 16 – Número de patentes por setor.

Fonte: Elaboração própria, 2011.

Apesar do baixo percentual de patentes do setor de óleo e gás, não se pode ignorar que este possui grande potencial poluidor ambiental, mas este percentual tende a aumentar devido ao aumento das atividades nesta área e do aumento do rigor exigido pelos órgãos ambientais.

IV.1.3 – Análise Micro

Na análise micro pode-se determinar, através de uma pesquisa em cada patente, o seu foco principal, permitindo assim descobrir sua aplicação.

Através da análise da Figura 17, percebe-se que a área de processos químicos detém o maior número de patentes, visto que as indústrias utilizam, em sua maioria, os processos químicos para realizar o sequestro de dióxido de carbono. Além disso, o dióxido de carbono pode ser convertido em formas minerais, para ser posteriormente transformado em outros materiais.

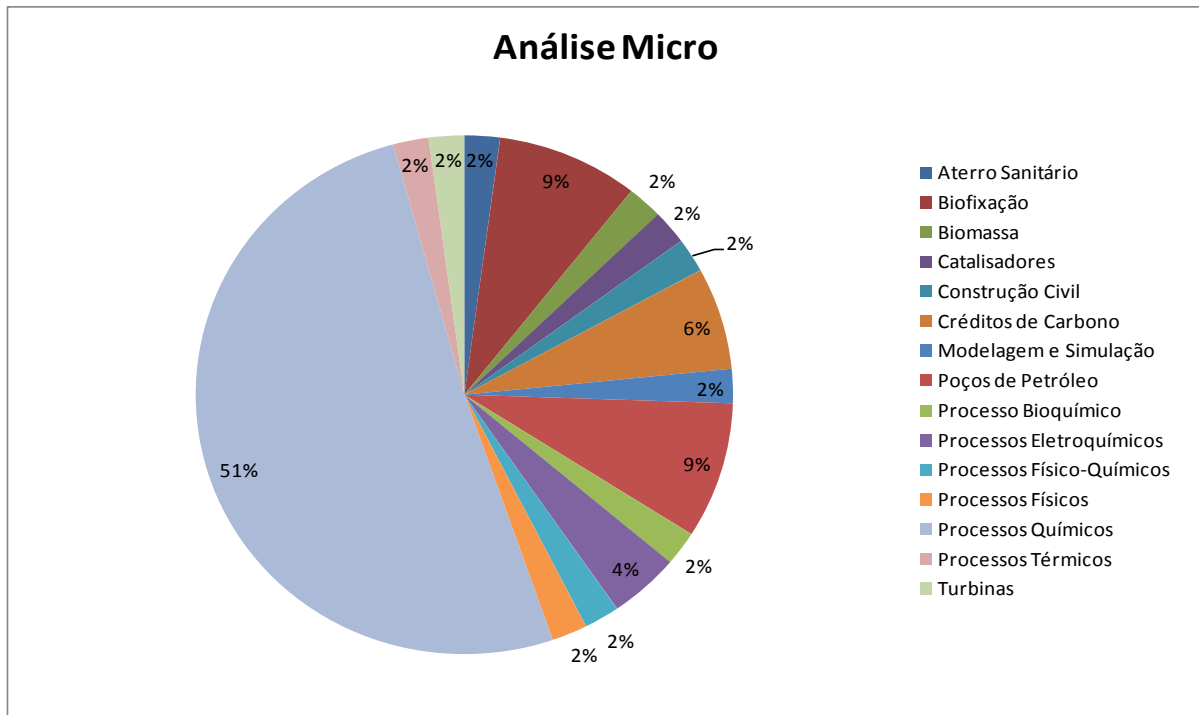


Figura 17 – Número de patentes por área.

Fonte: Elaboração própria, 2011.

Como já se tem conhecimento no meio acadêmico, as florestas são grandes sumidouros de dióxido de carbono, ajudando a diminuir consideravelmente a quantidade de CO₂ na atmosfera através da fixação vegetal, por intermédio de plantas destinadas especialmente a essa finalidade, como as herbáceas. Isso explica o fato da biofixação ser a segunda área abordada por 9% das patentes.

Foi observado que a área referente aos poços de petróleo também obteve 9% das patentes, pois mesmo as atividades de exploração e produção de petróleo serem fontes de emissões de CO₂, os poços atuam como possíveis reservatórios deste gás. Esse número não é mais alto, pois o armazenamento depende de diversos fatores, como localização, característica da fonte, da quantidade a ser armazenada de CO₂, a ser armazenada, viabilidade do transporte, entre outros, na qual será estudada a fim de ser viável economicamente.

Capítulo V - CONCLUSÃO

Aquecimento dos oceanos, aumento da frequência de eventos extremos, acidificação dos oceanos, encolhimento do gelo nos pólos norte e sul, são alguns dos fenômenos que evidenciam o fenômeno mundial de aquecimento da superfície terrestre.

Tendo em vista o crescimento populacional e o desejo de manutenção da vida na Terra, o mundo vê a necessidade de se buscar novas tecnologias de forma a minimizar a emissão de poluentes na atmosfera terrestre e conseqüentemente diminuir os impactos ambientais.

O foco desse trabalho foi realizar um mapeamento na busca de patentes USPTO, com a finalidade de mostrar o aumento da preocupação mundial em relação a meios de diminuir a emissão de gases do efeito estufa, em especial o dióxido de carbono. Foram realizadas análises macro, meso e micro à base de dados UPSTO relacionadas ao sequestro de carbono.

Essa prospecção revelou um conjunto de indicadores que permitiu identificar, na análise Macro: que os Estados Unidos é o maior desenvolvedor de tecnologias de sequestro de carbono com 92% (uma vez que a base utilizada é a do país), quais os tipos de instituições são detentoras dessas tecnologias, e qual o principal ramo. Por meio dessa análise também foi possível visualizar que houve um aumento de publicações de patentes a partir de 2010, indicando que atualmente há uma preocupação maior com o meio ambiente.

Já na análise meso, foi possível identificar que a Indústria, com 64%, é o setor mais comprometido em evitar emissões de GEEs, e apontando quais setores devem se preocupar mais e investir neste quesito para se adequarem ao maior rigor imposto atualmente pelos órgãos fiscalizadores ambientais.

Na análise Micro, permitiu identificar qual o foco principal do setor ao depositar patentes. Foi então constatado que a área de processos químicos, com 51%, detém o maior número de patentes, isto porque é a indústria o maior setor e em sua maioria, elas usam os processos químicos para realizar o sequestro de dióxido de carbono.

Com os resultados apresentados neste trabalho, pode-se concluir que o mapeamento tecnológico de patentes pode trazer grandes vantagens num estudo, podendo identificar informações relevantes, além de ser utilizada para determinar as diretrizes da tecnologia estudada.

Capítulo VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Núcleo de assuntos estratégicos da Presidência da República. Cadernos NAE. Vol. 3.NAE – Secretaria de comunicação de governo e gestão estratégica, Brasília: 2005.
- BAIRD, C. Química ambiental. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. Departamento de Mudanças Climáticas. Disponível em <www.mma.gov.br>. Acesso em 30 mar 2011.
- FUJIHARA, Marco Antonio; LOPES, Fernando Giachini. Sustentabilidade e mudanças climáticas - Guia para o amanhã. 1ª ed. São Paulo: Editora Senac, 2009.
- UNFCCC (2007). Quioto Protocol. Disponível em: <http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2860.php>, <http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php>. Acesso em 15 abr 2011.
- UNFCCC. Conferência das Partes. Disponível em: <<http://unfccc.int/meetings/items/2654.php>> . Acesso em 15 abr 2011
- Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). Disponível em <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/30317.html#ancora>>. Acesso em 28 abr 2011.
- Ministério de Minas e Energia (MME). Disponível em < <http://www.mme.gov.br>>. Acesso em 28 abr 2011.
- Eletrobrás. Disponível em <www.elektrobras.com>. Acesso em 28 abr 2011
- Plano Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC - Versão para consulta Pública, Setembro 2008
- Contribuição do Brasil para Evitar a Mudança no Clima (2010). Disponível em <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0024/24843.pdf>. Acesso em 28 abr 2011.
- Balanço Energético Nacional. Disponível em <<https://ben.epe.gov.br/default.aspx>>. Acesso em 28 abr 2011.
- Inventário Brasileiro de Emissões de CO₂ antrópicas. Publicado em 29/10/2010.
- CEPETEC/INPE. Disponível em <<http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br>>. Acesso em 28 maio 2011.
- Lei nº 12.187/09 - Institui a Política Nacional sobre a Mudança do Clima (PNMC) e dá outras providências.

- Decreto nº 7390/10 - Regulamenta os arts. 6º, 11 e 12 da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC, e dá outras providências.
- INPE. Disponível em <http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=2175>. Acesso em 28 maio 2011.
- NASA'S CLIMATE CHANGE. Apresenta informações sobre as consequências do aquecimento global. Disponível em: <<http://climate.nasa.gov>>. Acesso em 09 de agosto de 2011.
- GRÜTTER, J., KAPPEL, R. e STAUB, P. *The GHG market on the eve of Kyoto ratification*. Nova Iorque: National Strategy Studies, 2002.
- HOUGHTON, R. A. As florestas e o ciclo de carbono global: armazenamento e emissões atuais. In: Emissão X sequestro de CO₂: Uma nova oportunidade de negócio para o Brasil. Rio de Janeiro, 1994. Anais Rio de Janeiro, CVRD, 1994.
- Protocolo de Kyoto à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. 1998. Edição e tradução dos Ministérios da Ciência e Tecnologia e das Relações Exteriores da República Federativa do Brasil. 28pp.
- SZKLO, A.S.; SCHAFFER, R. (2007). *Fuel Specification, Energy Consumption and CO₂ Emission in Oil Refineries*, *Energy – The International Journal* – EGY1871 *Energy* 32, p.1075–1092.
- THOMAS, D. C. *Carbon Dioxide Capture for Storage in Deep Geologic Formations: Results from the CO₂ Capture Project “Capture and Separation of Carbon Dioxide from Combustion Sources”*. Volume 1. Berkeley, EUA. Editora Elsevier, 2006.
- TORVANGER A, TJERNSHAUGEN A, HETLAND J, BYSVEEN, M. "Carbon Dioxide capture, transportation and geological storage – Nordic Perspective". Relatório para o Grupo responsável pelo Clima do Conselho Nórdico de Ministros, Oslo e Trondheim, Junho 2006, *in press*.
- YANG, H., Xu, Z., Fan, M. *et al.* (2008). "Progress in carbon dioxide separation and capture: A review", *Journal of Environmental Sciences*, v. 20, pp. 14-27.
- RENNER, Rosana Maria. Sequestro de Carbono e viabilização de novos reflorestamentos no Brasil. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

- YU, Chang Man. Sequestro florestal de carbono no Brasil: dimensões políticas socioeconômicas e ecológicas. São Paulo: Annablume; IEB, 2004.
- AIDE, T.M.; ZIMMERMAN, J.K.; HERRERA, L.; ROSARIO, M.; SERRANO, M. 1995. Forest Recovery in abandoned tropical pastures in Puerto Rico. *Forest Ecology and Management*, 77: 77-86.
- ARAÚJO, T.M.; CARVALHO Jr., J.A.; HIGUCHI, N.; Brasil Jr., A.C.P. & Mesquita, A.L.A. 1999. A tropical rain forest clearing experiment by biomass burning in the state of Pará, Brazil. *Atmospheric Environment*, 33: 1991-1998.
- COSTA, I.V.L. Análise do Potencial Técnico do Sequestro Geológico de CO₂ no Setor Petróleo no Brasil 2009, Rio de Janeiro - COPPE/UFRJ.
- ROCHA, M.T. Aquecimento Global e o mercado de carbono: uma aplicação do modelo CERT. Tese de Doutorado, Economia Aplicada, ESALQ/ USP, Piracicaba, 2003.
- DOE (1999). US Department of Energy, “Carbon Sequestration Research and Development”, Dec. 1999, disponível em www.ornl.gov/carbon_sequestration/ acessado em 17/06/2005.
- Artigo Técnico: "Ação Global para o Enfrentamento das Mudanças Climáticas", do *Workshop* sobre Mudanças Climáticas Globais e as Oportunidades para a Indústria Brasileira, em 28/8/2001, em São Paulo.
- BARRETO, L.V.; FREITAS, A.C.S.; PAIVA, L.C. Sequestro de carbono. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, 2009.
- SILVA, G.T.S.; BRASIL JUNIOR, A.C.P. Sobre a Sustentabilidade de Projetos de Sequestro de Carbono na Amazônia Brasileira. Centro de Desenvolvimento Sustentável Universidade de Brasília. Disponível em http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/iv_en/mesa2/6.pdf >. Acesso em 28 maio 2011.
- REZENDE, B.B. O Mercado de Créditos de Carbono como Incentivo a um Modelo Energético e Climático Sustentável. Monografia submetida ao Departamento de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas. Florianópolis, 2008.

- BRAND, F.C.; GERHARDT, M.P.; KLIEMANN, F.J.K.N.. Análise competitiva da cadeia moveleira de Bento Gonçalves. XI SIMPEP. Brasil, 2004.
- IPCC (2005). Special Report on Carbon dioxide Capture and Storage, Montreal, Canadá.
- IPCC (2007). Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage. Preparado pelo Grupo de trabalho 3 do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (Metz, B., Davidson, O., Coninck, H., Loos, M., Meyer, L.) Cambridge University Press, Cambridge, UK, 442 pp.
- MARTIN, A.R. ET AL, Monitoramento de Patentes sobre Plásticos Biodegradáveis, 2002 .in: ASHTON, W. B ; KLAVANS, R. A. Keeping abreast of science and technology: Technical intelligence for business. Battelle Press, p.560, 1997.
- PETROBRAS, 2006. Disponível em: <http://sequestrodecarbono.cenpes.petrobras.com.br/docs_siteCO2Angl.pdf>. Acessado em 28/04/2011.
- DINO, R. (2008). “A importância dos aquíferos salinos para o Sequestro de Carbono no Brasil.” Apresentação no II Seminário Brasileiro sobre Sequestro de Carbono e Mudanças Climáticas. Maceió, Brasil.
- CO2 CRC (2005). Disponível em: http://www.co2crc.com.au/imagelibrary/ds_04001.jpg. Acessado em 28/04/2011.
- IEA (2001). International Energy Agency. Disponível em <http://www.co2crc.com.au> Acessado em 28/04/2011.
- GALE, J. (2004).” *Geological Storage of CO2 : What do we know, where are the gaps and what more needs to be done?*”, Energy, vol.29, pp. 1329- 1338.

ANEXO 1 – PATENTES ANALISADAS

Nº das Patentes	Título das Patentes	Ano de Deposição	Ano de Concessão	País	Área	Instituição
7,966,250	1) CO.sub.2 commodity trading system and method	2009	2011	EUA	Tecnologia	<i>Calera Corporation</i>
7,957,981	2) Method and apparatus for generating standardized carbon emission reduction credits	2010	2011	EUA	Educação	<i>South Dakota School of Mines and Technology</i>
7,955,048	3) Steam turbines	2009	2011	Suíça	Energia	<i>Alstom Technology Ltd.</i>
7,947,240	4) System and method of carbon capture and sequestration	2008	2011	EUA	Tecnologia	<i>Expansion Energy, LLC</i>
7,947,239	5) Carbon dioxide capture and mitigation of carbon dioxide emissions	2008	2011	EUA	Educação	<i>The Trustees of Columbia University in the City of New York</i>
7,937,948	6) Systems and methods for generating electricity from carbonaceous material with substantially no carbon dioxide emissions	2009	2011	EUA	Energia	<i>Pioneer Energy, Inc</i>
7,927,884	7) Systems and methods for determining carbon credits	2006	2011	Austrália	Não Aplicável	<i>Sullivan; Leigh Albert, Parr; Jeffrey Francis</i>
7,924,210	8) System, method, and apparatus for remote measurement of terrestrial biomass	2008	2011	EUA	Consultoria	<i>Zimmerman Associates, Inc</i>
7,922,792	9) Method for sequestering CO.sub.2 and SO.sub.2 utilizing a plurality of waste streams	2008	2011	EUA	Energia	<i>U.S. Department of Energy</i>
7,909,898	10) Method of treating a gaseous mixture comprising hydrogen and carbon dioxide	2006	2011	EUA	Química	<i>Air Products and Chemicals, Inc</i>
7,906,086	11) Carbon dioxide sequestration materials and processes	2007	2011	EUA	Não Aplicável	<i>Comrie; Douglas C.</i>
7,901,488	12) Regeneration of an aqueous solution from an acid gas absorption process by matrix stripping enzymes in activated conformation.	2007	2011	EUA	Educação	<i>The University of Texas System</i>
7,896,953	13) Practical method of CO.sub.2 sequestration	2008	2011	EUA	Educação	<i>University of South Florida</i>
7,887,694	14) Methods of sequestering CO.sub.2	2008	2011	EUA	Tecnologia	<i>Calera Corporation</i>
7,879,305	15) Apparatus and method for sequestering flue gas CO.sub.2	2008	2011	EUA	Educação	<i>University of Wyoming</i>
7,875,163	16) Low energy 4-cell electrochemical system with carbon dioxide gas	2010	2011	EUA	Tecnologia	<i>Calera Corporation</i>

7,850,848	17) Apparatus and process for biological wastewater treatment	2009	2010	EUA	Não Aplicável	<i>Limcaco; Christopher A.</i>
7,842,264	18) Process and apparatus for carbon capture and elimination of multi-pollutants in flue gas from hydrocarbon fuel sources and recovery of multiple by-products	2008	2010	EUA	Tecnologia	<i>Cefco, LLC</i>
7,842,126	19) CO.sub.2 separation from low-temperature flue gases	2008	2010	EUA	Energia	<i>The United States of America as represented by the United States Department of Energy</i>
7,829,053	20) Non-cementitious compositions comprising CO.sub.2 sequestering additives	2009	2010	EUA	Tecnologia	<i>Calera Corporation</i>
7,829,051	21) Production and uses of carbon suboxides	2009	2010	EUA	Educação	<i>Drexel University</i>
7,819,932	22) Method and system for generating hydrogen-enriched fuel gas for emissions reduction and carbon dioxide for sequestration	2008	2010	EUA	Energia	<i>Carbon Blue-Energy, LLC</i>
7,815,880	23) Reduced-carbon footprint concrete compositions	2009	2010	EUA	Tecnologia	<i>Calera Corporation</i>
7,794,690	24) Carbon sequestration and dry reforming process and catalysts to produce same	2005	2010	Canadá	Educação	<i>Socpra Sciences Et Genie s.e.c.</i>
7,775,274	25) Method for detecting fluid leakage from a subterranean formation	2008	2010	EUA	Petroquímica	<i>BP Corporation North America Inc.</i>
7,753,973	26) Process and system for converting carbonaceous feedstocks into energy without greenhouse gas emissions	2006	2010	EUA	Não Aplicável	<i>Galloway; Terry R.</i>
7,753,972	27) Portable apparatus for extracting low carbon petroleum and for generating low carbon electricity	2009	2010	EUA	Energia	<i>Pioneer Energy, Inc</i>
7,722,842	28) Carbon dioxide sequestration using alkaline earth metal-bearing minerals	2004	2010	EUA	Educação	<i>The Ohio State University</i>
7,716,063	29) Method and apparatus for generating standardized carbon emission reduction credits	2008	2010	EUA	Educação	<i>South Dakota School of Mines and Technology</i>
7,674,443	30) Zero emission gasification, power generation, carbon oxides management and metallurgical reduction processes, apparatus, systems, and integration thereof	2008	2010	EUA	Não Aplicável	<i>Davis; Irvin</i>
7,604,787	31) Process for sequestering carbon dioxide and sulfur dioxide	2004	2009	EUA	Educação	<i>The Penn State Research Foundation</i>
7,596,952	32) Process and a plant for recycling carbon dioxide emissions from power plants into useful carbonated species	2004	2009	Canadá	Tecnologia	<i>CO2 Solution Inc.</i>

7,529,705	33) Electronic trading system for simulating the trading of carbon dioxide equivalent emission reductions and methods of use	2001	2009	EUA	Consultoria	<i>CantorCO2E, LLC</i>
7,457,758	34) Method and apparatus for generating standardized carbon emission reduction credits	2003	2008	EUA	Educação	<i>South Dakota School of Mines and Technology</i>
7,438,744	35) Method and system for sequestering carbon emissions from a combustor/boiler	2005	2008	EUA	Tecnologia	<i>eco, /Technologies LLC</i>
7,416,716	36) Purification of carbon dioxide	2005	2008	EUA	Química	<i>Air Products and Chemicals, Inc</i>
7,320,288	37) Steam-generating combustion system and method for emission control using oxygen enhancement	2005	2008	EUA	Tecnologia	<i>American Air Liquide, Inc.</i>
7,282,189	38) Production of hydrogen and removal and sequestration of carbon dioxide from coal-fired furnaces and boilers	2004	2007	EUA	Não Aplicável	<i>Zauderer; Bert (Merion Station, PA)</i>
7,198,433	39) Landfill design and method for improved landfill gas capture	2005	2007	EUA	Consultoria	<i>Institute for Environmental Management, Inc</i>
7,172,030	40) Applications of waste gas injection into natural gas reservoirs	2004	2007	Canadá	Petroquímica	<i>Beavert Gas Services Ltd.</i>
7,067,456	41) Sorbent for separation of carbon dioxide (CO.sub.2) from gas mixtures	2003	2006	EUA	Educação	<i>The Ohio State University</i>
6,906,239	42) Plant preparations	2003	2005	EUA	Não Aplicável	<i>Carlson; Peter S.</i>
6,890,497	43) Method for extracting and sequestering carbon dioxide	2001	2005	EUA	Energia	<i>The United States of America as represented by the United States Department of Energy</i>
6,871,707	44) In situ thermal processing of a hydrocarbon containing formation with carbon dioxide sequestration	2001	2005	EUA	Petroquímica	<i>Shell Oil Company</i>
6,667,171	45) Enhanced practical photosynthetic CO2 mitigation	2001	2003	EUA	Educação	<i>Ohio University</i>
6,598,407	46) Method and apparatus for efficient injection of CO2 in oceans	2001	2003	EUA	Consultoria	<i>UT-Battelle, LLC</i>
6,115,672	47) Method for measuring and quantifying amounts of carbon from certain greenhouse gases sequestered in and by grassy and herbaceous plants above and below the soil surface	1999	2000	EUA	Tecnologia	<i>Environmentally Correct Concepts, Inc. (Monticello, IL)</i>