

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

José Henrique Souza Campos Gabetta

**A INFLUÊNCIA DOS CERTIFICADOS DE
EMISSÕES REDUZIDAS - CERs NA
VIABILIDADE ECONÔMICA DE
EMPREENDIMENTOS DE ENERGIAS
RENOVÁVEIS**

Dissertação submetida ao programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como requisito parcial à obtenção do título de *Mestre em Engenharia de Produção*.

Orientador: Prof. Edson de Oliveira Pamplona, Dr.

Co-Orientador: Prof. Geraldo Lucio Tiago Filho, Dr.

Itajubá, 2006

GABETTA, José Henrique de Souza Campos. *A Influência dos Certificados de Emissões Reduzidas – CERs na Viabilidade Econômica de Empreendimentos de Energias Renováveis*. Itajubá: UNIFEI, 2006. 124p. (Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá).

Palavras Chaves: Energia Renovável, Certificado de Emissões Reduzidas, Protocolo de Quioto, Crédito de Carbono, Efeito Estufa.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

José Henrique Souza Campos Gabetta

**A INFLUÊNCIA DOS CERTIFICADOS DE
EMISSÕES REDUZIDAS - CERs NA
VIABILIDADE ECONÔMICA DE
EMPREENDIMENTOS DE ENERGIAS
RENOVÁVEIS**

Banca Examinadora:

Prof. Edson de Oliveira Pamplona, Dr. (Orientador)

Prof. Geraldo Lúcio Tiago Filho, Dr. (Co-orientador)

Prof. Arnaldo César da Silva Walter, Dr.

Prof. José Arnaldo Barra Montevechi, Dr.

Itajubá, 2006

Dedico este trabalho à minha esposa Luciana, aos meus filhos Kainã e Luana e aos meus pais, Walter e Ana Tereza, que me deram o apoio e incentivo para a realização do mesmo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor Dr. Edson de Oliveira Pamplona tanto pela orientação prestada antes e durante a realização deste trabalho quanto pelo precioso apoio e incentivo que me vem dando nesses anos de vida acadêmica.

Agradeço ao amigo e Professor Dr. João Batista Turrioni pela ajuda prestada e pela oportunidade que me deu em começar uma nova carreira profissional.

Meus agradecimentos ao Professor Dr. Geraldo Lúcio Tiago Filho, que além de um grande companheiro nas horas boas e difíceis, teve a paciência de me ensinar os conceitos mais básicos sobre energia renovável, acreditou em meu profissionalismo e sempre esteve ao meu lado para cada dia mais ensinar o assunto.

Agradeço a Deus por me dar oportunidade e felicidade de poder trabalhar em algo que realmente me realiza profissionalmente.

Agradeço minha família pelo apoio que me deu durante a execução deste trabalho e, principalmente, minha esposa, Luciana, pela compreensão do tempo que não pude ter participação familiar, como os passeios de bicicletas que deixei de fazer com minha filha, Luana, e as “peladas” de futebol que não participei com Kainã. Aproveito para desculpar-me pelos momentos de irritação durante a busca do meu objetivo.

À United States Agency for International Development - USAID e ao Instituto Winrock Internacional que, durante o período de realização deste trabalho, acreditaram no potencial da dissertação e desta forma financiaram meu estudo, dando-me a oportunidade de crescer um pouco mais no aspecto humano e profissional.

Minha gratidão aos meus pais, Walter e Ana Tereza, que me deram base de tudo que sou hoje. A eles, a vitória deste objetivo alcançado.

Às minhas irmãs que sempre estiveram torcendo pelo sucesso de minha carreira, cujo incentivo foi muito importante para a realização desta dissertação.

Ao amigo Divaldo Resende, que sempre esteve disposto para tirar as minhas dúvidas em qualquer momento.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, colaboraram para com a realização deste trabalho, meus agradecimentos.

SUMÁRIO

Dedicatória	iv
Agradecimentos	v
Sumário	vii
Resumo	x
<i>Abstract</i>	xi
Lista de Figuras	xii
Lista de Tabelas	xiv
1. Introdução	1
1.1. Considerações Iniciais	1
1.2. Justificativa do Tema	1
1.3. Objetivos	4
1.4. Contribuição do Trabalho	4
1.5. Estrutura do Trabalho	4
1.6. Limitações do Trabalho	6
	7
2. Evolução das Energias Renováveis	
2.1. Considerações Iniciais	7
2.2 A importância do uso das energias renováveis	7
2.3 Quais são as fontes de energia renovável	9
2.3.1 Energia de Biomassa	9
2.3.2 Energia Eólica	11
2.3.3 Energia Solar	15
2.3.4 Energia de Pequenas Centrais Hidroelétricas – PCHs	21
2.3.4.1 Evolução dos Incentivos às PCHs	28
2.3.5 Outras fontes Renováveis de Energia	30
2.4 Benefícios legais que incentivaram as fontes de energia renovável	31
2.5 Considerações Finais	33
3. O Desenvolvimento Energético Limpo e Sustentável	34
3.1 Considerações Iniciais	34
3.2 A Energia e o Mundo nos Últimos Anos	34
3.2.1 Altos Custos	39
3.2.2 Poluição Local e Regional do Ar	40
3.2.3 Aquecimento Global	41

3.3 A Energia Limpa e Sustentável	46
3.4 Considerações Finais	48
4. O Mercado de Crédito de Carbono	49
4.1 Considerações Iniciais	49
4.2 A Evolução das Políticas Mitigatórias de Contenção do Aquecimento Global	49
4.3 As Conferências das Partes COPs e suas Principais Resoluções	52
4.3.1 COP 1 Berlim, Alemanha (28/03 a 07/04 de 1995)	52
4.3.2 COP 2 Genebra, Suíça (08 a 19/6 de 1996)	53
4.3.3 COP 3 Quioto, Japão (01 a 10/12 de 1997) – Protocolo de Quioto	53
4.3.4 COP 4 Buenos Aires, Argentina (02 a 13/11 de 1998)	54
4.2.5 COP 5 Bonn, Alemanha (25/10 a 05/11 de 1999)	55
4.2.6 COP 6 Haia, Países Baixos (13 a 24/11 de 2000)	55
4.2.7 COP 6-Bis Bonn, Alemanha (16 a 27/7 de 2000)	55
4.2.8 COP 7 - Marrakesh, Marrocos (29/10 a 09/11 de 2001)	56
4.3.9 COP 8 - Nova Deli, Índia (23/10 a 01/11 de 2002)	58
4.3.10 CO P 9 – Milão, Itália (01 a 12/12 de 2003)	58
4.3.11 COP 10 - Buenos Aires, Argentina (06 a 17/12 de 2004)	59
4.4. Políticas Nacionais sobre Mudança Climática	60
4.4.1 Incentivos Interministeriais para o desenvolvimento das Energias Renováveis	65
4.5 Protocolo de Quioto	67
4.6 Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)	71
4.7 Comercialização dos Certificados de Emissões Reduzidas	78
4.8 Considerações Finais	86
5. O Impacto do Projeto de Carbono na Viabilidade Econômica da PCH	87
5.1 Considerações Iniciais	87
5.2 Metodologias Tradicionais para a Análise de Viabilidade Econômica e de Risco de Empreendimentos	87
5.2.1 Fluxo de Caixa Descontado	89
5.2.2 Valor Presente Líquido	90
5.2.3 Payback	91
5.2.4 Taxa Interna de Retorno TIR	92
5.3 Considerações sobre Incerteza	92
5.4 A Avaliação de Investimento de uma Pequena Central Hidrelétrica Inserindo a Receita de Certificado de Emissões Reduzidas.	95

5.5 Inserção do Fluxo de Caixa do Projeto de Carbono no estudo de Viabilidade da PCH CASO BASE.	102
5.5.1 Análise de Risco Utilizando a Simulação de Monte Carlo	108
5.6 Considerações Finais	109
6. Conclusões e Recomendações	110
6.1 Considerações ao Tema	110
6.2 Números do Trabalho	112
6.3 Recomendações e Sugestões para Trabalhos Futuros	113
6.4 Conclusões Finais	114
Referências Bibliográficas	116

RESUMO

Nas últimas décadas, a preocupação com o esgotamento das reservas de petróleo e as significativas mudanças no clima devido ao aumento das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, têm sensibilizado pesquisadores do mundo inteiro no desenvolvimento de novas formas de geração através fontes renováveis de energia.

Tecnicamente grandes avanços ocorreram, bem como desenvolvimento de políticas e mecanismos mundiais com o objetivo da redução das emissões desses gases.

A mais conhecida e discutida é o Protocolo de Quioto, que dentre inúmeras regras que este documento contempla a redução de 5% das emissões dos gases de efeito estufa como ano base 1990 pelos países participantes do Anexo I, é a mais polêmica e difícil meta a ser alcançada.

Com o objetivo de auxiliar os países do Anexo I a atingirem mais facilmente as suas metas, o Protocolo de Quioto estabeleceu três mecanismos de flexibilização, onde apenas o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo permite a participação do Brasil.

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo permite que projetos que evitem as emissões, reduzam ou capturem gases de efeito estufa e que sejam desenvolvidos em países não participantes do Anexo I, possam ser certificados e por este motivo receberem compensações financeiras por evitarem, reduzirem ou capturarem gases de efeito estufa da atmosfera.

O objetivo deste trabalho é apresentar como esta nova entrada de recursos financeiros em projetos de energia renovável, e especificamente neste caso nas Pequenas Centrais Hidroelétricas, pode melhorar a viabilidade econômica e financeira destes empreendimentos.

ABSTRACT

In the past decades, the concern with the exhaustion of oil reserves and the significant changes in the climate caused by the increase in the concentrations of greenhouse gases (GEG) in the atmosphere have encouraged researchers from all over the world to develop new ways of generating energy out of renewable sources.

Technically speaking, great progress has been achieved and, also, world policies aiming at the reduction of gas emissions have been developed.

The Kyoto Protocol is the best known of these policies, which among countless rules demand a 5% reduction in the emission of the GEGs based on the emissions released in 1990 by the countries that are participating in Attachment I, which is the most controversial and difficult goal to be achieved..

In order to help Attachment I Countries to accomplish their goals, the Protocol created three flexibility mechanisms and only the Clean Development Mechanism (CDM) allows Brazil's participation.

The CDM allows projects that avoid, reduce or capture greenhouse gases and that are developed in non-Attachment I countries to be certified and for this reason they can receive financial compensations for avoiding, reducing or capturing greenhouse gases from the atmosphere.

This work intends to show that with this new source of income projects aiming at renewable energy, especially Small Hydropower Plants, can have their feasibility and financial viability improved.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Suprimento de energia no mundo desde 1850	1
Figura 1.2	Aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera	2
Figura 2.1	Variação da temperatura da Terra	8
Figura 2.2	Crescimento da capacidade instalada da energia eólica no mundo	14
Figura 2.3	Potencial eólico brasileiro	15
Figura 2.4	Os tipos de utilização da energia solar	16
Figura 2.5	Campo de aplicação das turbinas hidráulicas para PCHs de baixa rotação específica	23
Figura 2.6	Campo de aplicação das turbinas hidráulicas para PCHs de médias rotações específicas	23
Figura 2.7	Campo de aplicação das turbinas hidráulicas para PCHs de altas rotações específicas	24
Figura 2.8	Usinas em operação no Brasil	26
Figura 2.9	Usinas em construção no Brasil	26
Figura 2.10	Usinas Outorgadas no Brasil	27
Figura 3.1	Variação da concentração média mensal de CO ₂ na atmosfera	36
Figura 3.2	Oferta de energia por fonte	38
Figura 3.3	Oferta de energia por região	38
Figura 3.4	Consumo mundial de energia por fonte	39
Figura 3.5	GEE que contribuem para o aquecimento global	43
Figura 3.6	Geração mundial Região / Fonte	45
Figura 4.1	Expansão da Hidroeletricidade no Brasil	65
Figura 4.2	Países que se encontram mais longe da meta de Quioto	70
Figura 4.3	Situação dos principais países dentro das metas de reduções de Quioto	71
Figura 4.4	Adicionalidade de um projeto de carbono referente a sua linha de base	73
Figura 4.5	Fluxo dos CERs em relação aos detentores do título	75
Figura 4.6	Fluxograma do desenvolvimento de um processo de certificação de um Projeto	77
Figura 4.7	Comportamento do mercado vendedor de 2002 e 2003	80
Figura 4.8	Comportamento do mercado vendedor de 2003 e 2004	80

Figura 4.9	Participação das tecnologias no mercado de carbono.	82
Figura 4.10	Representa o comportamento dos compradores nos anos 2002 e 2003	82
Figura 4.11	Representa o comportamento dos compradores nos anos 2003 e 2004	83
Figura 4.12	Comportamento dos preços da tonelada de carbono em relação ao risco	84
Figura 4.13 -	Mapa de atendimento de energia elétrica pelas concessionárias	86
Figura 5.1	Custos unitários médios de PCH em função do Fator de aspecto	98
Figura 5.2	Sensibilidade das variáveis sobre o VPL	101
Figura 5.3	Valor da TIR em relação ao combustível substituído	104
Figura 5.4	Valor do VPL em relação ao combustível substituído	104
Figura 5.5	Variação do VPL em relação ao valor do dólar	105
Figura 5.6	Relação entre o valor da tonelada de CO ₂ e a variação de TIR	105
Figura 5.7	Ponto de Equilíbrio para o projeto de carbono para a PCH CASO BASE	106
Figura 5.8	Probabilidade do VPL ser < que zero do CASO BASE sem projeto de carbono	107
Figura 5.9	Probabilidade do VPL ser < que zero do empreendimento com CERs de gás natural.	108
Figura 6.1	Faixa de risco do empreendimento por linha de base	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Potencial de Biomassa por região Brasileira	11
Tabela 2.2	Taxa de crescimento do mercado mundial eólico entre 1994 e 2000	12
Tabela 2.3	Fator de capacidade das Principais Fontes de Energias Renováveis	20
Tabela 2.4	PCHs possíveis de serem recapitadas ou reativadas no Brasil	28
Tabela 3.1	Fator de conversão de energias	35
Tabela 3.2	Tipos de energias e seus conhecidos usos mais antigos	35
Tabela 3.3	Balanço energético mundial de 2000	37
Tabela 3.4	Relação dos gases de efeito estufa com suas respectivas fontes antropogênicas.	44
Tabela 3.5	Relação dos GEE com o PAG	45
Tabela: 3.6	Estrutura funcional para o desenvolvimento sustentável	48
Tabela: 4.1	Nome dos grupos e seus respectivos representantes na CQNUMC	50
Tabela 4.2	Resultados acumulados do PROCEL nos períodos de 1986 a 1995	63
Tabela 4.3	Resultados esperados pelo PROINFA	66
Tabela 4.4	O total das emissões de dióxido de carbono das Partes do Anexo I em 1990	69
Tabela: 4.5	As atividades e as emissões relacionadas	75
Tabela 5.1	Vantagens e Desvantagens da simulação de Monte Carlo	95
Tabela 5.2	Distribuição dos custos unitários médios de uma PCH	97
Tabela 5.3	Fator de aspecto da PCH	97
Tabela 5.4	Quantidade de toneladas de CO ₂ emitidas por tipo de combustível	100
Tabela: 5.5	Referência das principais informações econômicas da PCH em estudo	100
Tabela 5.6	Comportamento da TIR e VPL com a inserção dos projetos de carbono	104
Tabela 5.7	Faixa percentual de Probabilidade do Projeto obter VPL < que zero por tipo de combustível.	108

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

Neste capítulo serão abordados os principais aspectos deste trabalho e apresentados os motivos que levaram à escolha do tema, os objetivos, os subsídios, bem como sua estruturação e limitações.

1.2 Justificativa do Tema

A energia elétrica é um dos principais vetores do desenvolvimento mundial. Necessita-se de energia para quase todas as atividades do nosso dia-a-dia. Sem o insumo energia, não existe a possibilidade de cozinhar, de aquecer, de resfriar, de mover-se e das indústrias produzirem.

A partir da Revolução Industrial ocorreu o aumento da utilização dos combustíveis fósseis como fonte de energia, necessária para o funcionamento das máquinas industriais. Desde então, esta fonte energética tem sido utilizado em escala crescente em todo mundo, como fonte primaria de energia para os mais diversos fins .

Como pode-se verificar na Figura 1.1, a utilização de combustíveis de origem fóssil tem sido a base energética mundial desde o começo da Revolução Industrial que iniciou se no meado do século em XIX. Este processo iniciou-se com a utilização do carvão, seguido do petróleo e, nos últimos anos, do gás natural com um aumento expressivo. Sendo assim, as três fontes energéticas mais consumidas no mundo nos últimos 150 anos são de origem fóssil.

A *Figura 1.1* demonstra como se dá o suprimento de energia no mundo desde 1850.

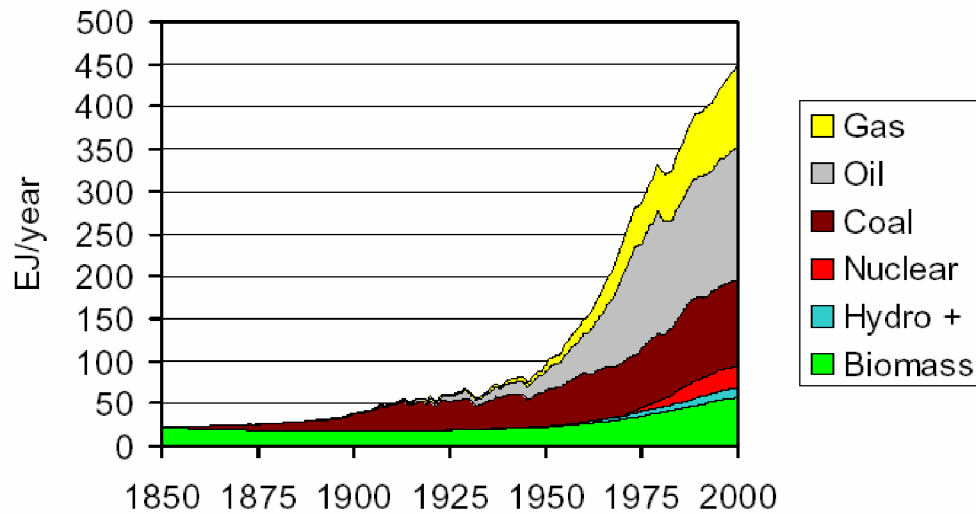


Figura 1.1 – Suprimento de energia no mundo desde 1850.

Fonte: PCAST, (2005)

Atualmente a matriz energética mundial é predominantemente fóssil. Cerca de 80% das fontes energéticas utilizadas no mundo são de origens fósseis. A utilização em grande escala deste tipo de combustível é para a geração de energia, principalmente a elétrica, esta pratica tem aumentado consideravelmente nas ultimas décadas e conseqüentemente elevado a concentração de dióxido de carbono na atmosfera. O dióxido de carbono (CO₂), é o principal gás causador do efeito estufa. Segundo pesquisa realizada pelo Banco Mundial, atualmente existem 30% mais CO₂ na atmosfera do que havia quando se iniciou todo o desenvolvimento da Revolução Industrial.

A **Figura 1.2** demonstra a tendência do aumento da concentração de CO₂ na atmosfera para os próximos anos.

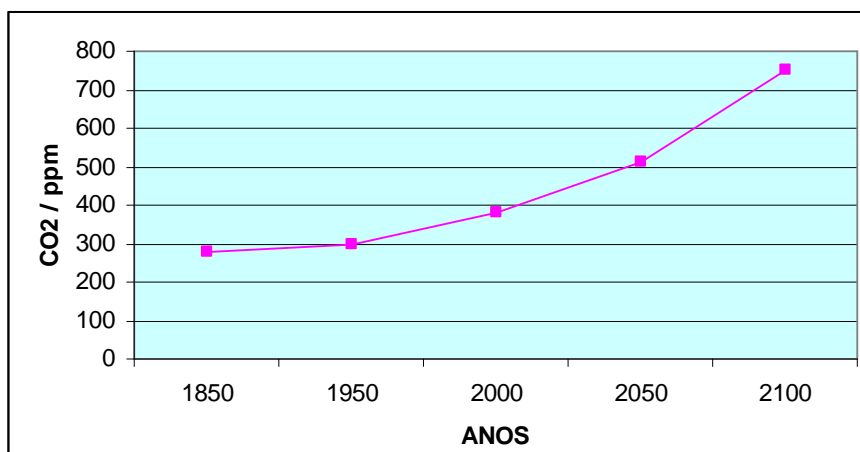


Figura 1.2 - Aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera

Fonte: IPCC, (2003)

Dentro deste contexto, o desenvolvimento das energias renováveis tem sido de grande importância para minimizar os efeitos dos gases causadores do efeito estufa na atmosfera. Segundo o International Panel on Climate Change – IPCC, em 1990 eram emitidos na atmosfera 7,4 bilhões de toneladas por ano de dióxido de carbono, das quais 6,0 bilhões eram provenientes da produção de energia, 1,2 bilhões eram resultados de queimadas ou derrubada de florestas, e 0,2 bilhões da produção de cimento. Para amenizar as consequências do CO₂ na atmosfera, foram criados alguns mecanismos de mitigação para a redução de emissões de gases de efeito estufa.

Um desses mecanismos é o Protocolo de Quioto, que por sua vez é resultado da 3ª Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, realizada no Japão, na cidade de Quioto, em 1997.

A conferência reuniu representantes de 166 países para discutir possíveis providências em relação ao aquecimento global.

O Protocolo de Quioto é um acordo entre os países, que visa reduzir as emissões de gases causadores do efeito estufa em pelo menos 5,2% durante o período de 2008 a 2012, tendo como base os níveis de emissões de 1990. O documento permite negociações relacionadas com o MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo), que admite que países industrializados financiem projetos e assim, cumpram as suas obrigações de reduzir as emissões de gases de efeito estufa.. Estes projetos ao serem submetidos a junta executiva do CQNUMC, devem estar orientados a contribuir com o desenvolvimento sustentável e deverão produzir benefícios de longo prazo, reais e mensuráveis ao clima.

Este mercado funciona de forma que os países mais poluidores, que em sua maioria são os mais ricos, poderão investir em países em desenvolvimento, em projetos de redução de emissões de gases de efeito estufa, e assim adquirirão os benefícios destes projetos para abatimento das suas necessidades de reduções junto ao protocolo de Quioto, enquanto os países onde serão desenvolvidos os projetos receberão benefícios financeiros para desenvolver projetos em seus territórios, que reduzam as emissões de gases de efeito de estufa ou que seqüestrem ou retirem da atmosfera o dióxido de carbono.

O mercado de carbono funciona com a certificação desses projetos; O certificado é chamado de Certificado de Emissões Reduzidas - CER, e são os papéis acima citados que têm, no mercado, o objetivo de transformar-se em uma “commodity” ambiental.

Conforme o *Prototype Carbon Fund* - PCF, fundo este administrado e desenvolvido pelo Banco Mundial para compra destes certificados, mesmo sem a normatização do mercado,

estima-se um aumento de 200% em transações de Certificados de Emissões Reduzidas – CER para os próximos anos. (Banco Mundial, 2000)

As negociações destes certificados são estabelecidas pelas medidas de flexibilização do Protocolo de Quioto.

O PCF realizou transações em 2002 e 2003, e a tonelada de carbono apresentou em seu preço uma instabilidade muito grande, variando entre US\$ 1.48 e US\$ 3.50, bem abaixo do que se supunha ser o preço durante a reunião em Quioto. Especialistas acreditavam que a tonelada de carbono seria negociada a US\$ 5.00 (Banco Mundial, 2000). Esta instabilidade é consequência de, neste período, o protocolo ainda não ter sido ratificado e não ter estipulado uma data para a sua entrada em vigor.

Desta forma pode-se considerar que os Certificados de Emissões Reduzidas terão um importante papel como uma nova fonte de entrada de recursos no fluxo de caixa de empreendimentos de geração de energias renováveis, e assim possibilitarão a melhoria da viabilidade econômica de alguns destes empreendimentos.

Este trabalho irá avaliar a influência desta nova variável na viabilidade econômica desses empreendimentos.

1.3 Objetivo

O objetivo deste trabalho é analisar e avaliar como a inserção de Projetos de Certificação de Emissões reduzidas em empreendimentos de energias renováveis, especificamente no estudo de projetos de Pequenas Centrais Hidroelétricas – PCH podem melhorar a sua viabilidade econômica e demonstrar todas as peculiaridades de um mercado novo, que tem como objetivo amenizar as emissões de gases de efeito estufa, buscando garantir, às gerações futuras, um planeta ambientalmente sustentável.

1.4 Contribuição do trabalho

As contribuições oriundas deste trabalho servirão para estudos e orientações básicas para implantação de projetos de certificação de emissões reduzidas em empreendimentos de Pequenas Centrais Hidroelétricas, criando na percepção do leitor uma visão geral do mercado de carbono e os rumos para o desenvolvimento de um projeto de certificação de reduções de emissões para empreendimentos de energias renováveis, desta forma tornando-os social, ambiental e financeiramente mais atraentes para seus investidores.

1.5 Estrutura do trabalho

Esta dissertação está dividida em seis capítulos estruturados da seguinte forma:

1. O **primeiro capítulo**, além de demonstrar como será estruturado todo o conteúdo da dissertação, explica qual é o objetivo e qual será a sua contribuição.
Este capítulo é composto por uma introdução em que se mostra a importância do desenvolvimento das energias renováveis e as consequências ambientais do aumento do uso de combustíveis fósseis e, conseqüentemente, a necessidade da mudança da matriz energética mundial para uma matriz mais limpa, diminuindo, desta forma, os efeitos dos gases causadores do efeito estufa responsáveis pelo aquecimento global.
2. O **segundo capítulo** define e caracteriza quais são as energias consideradas renováveis, apresenta uma visão geral de cada fonte de geração considerada renovável, quais foram os marcos regulatórios e as políticas públicas que beneficiaram as energias renováveis nos últimos anos, qual a sua importância para o desenvolvimento sustentável da manutenção da vida na Terra e como estas tecnologias têm evoluído durante os últimos anos e quais são suas tendências para o futuro.
3. O **terceiro capítulo** apresenta as consequências da crescente utilização de combustíveis de origem fóssil, o que é efeito estufa e quais são os principais gases causadores deste fenômeno.
4. O **quarto capítulo** define e caracteriza o mercado de Certificado de Emissões Reduzidas – CERs, como se desenvolve um projeto de emissões reduzidas, o que é o Protocolo de Quioto e como está a estruturação deste mercado.
5. No **quinto capítulo** faz-se um estudo prático da implantação de um projeto de certificação de emissões reduzidas de uma Pequena Central Hidroelétrica, e apresenta como a inserção desta nova variável no fluxo de caixa pode alterar o comportamento dos indicadores de viabilidade econômica do empreendimento.
6. No **sexto capítulo** são apresentadas as conclusões e os resultados do presente trabalho, e recomendações para trabalhos futuros.

1.6 Limitações do trabalho

A pesquisa será aplicada em um empreendimento localizado fora do Sistema Interligado Nacional, ou seja, em uma Pequena Central Hidrelétrica construída no Sistema Isolado, que devido a matriz elétrica do Sistema Isolado ser de base termoelétrica movida a diesel ou óleo combustível, que acarretará em uma linha de base mais emissora de CO₂ e conseqüentemente gerando uma quantidade maior de Certificado de Emissões Reduzidas.

A possibilidade de se aplicar esta mesma pesquisa nos diversos sub-mercados de energia do Brasil demonstraria as diferenças e peculiaridades para cada região, e como se comportaria a viabilidade econômica de cada empreendimento com a sua linha de base específica.

CAPÍTULO 2

2. Evolução das Energias Renováveis

2.1 Considerações Iniciais

Este capítulo destaca os parâmetros que definem a geração de energia como renovável ou não. Estuda as principais fontes de energia renovável, a importância de seu desenvolvimento para sustentabilidade humana e quais as tendências tecnológicas para o futuro destas energias.

Ao final faz-se uma avaliação dos incentivos legais às fontes de energia renovável.

2.2 A importância do uso das energias renováveis.

A energia é essencial para que se atinjam os objetivos econômicos, sociais e ambientais, inter-relacionados ao desenvolvimento sustentável. Mas, para alcançar esta importante meta, os tipos de energia que produzimos e as formas como utilizamos terão que mudar. Do contrário, danos ao meio ambiente ocorrerão mais rapidamente, a desigualdade aumentará e o crescimento econômico mundial será prejudicado. (UNDP World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability, 2000)

Com a descoberta da potencialidade energética do petróleo e seu beneficiamento, as fontes de energia renovável começaram a serem menos utilizadas pelo homem.

Atualmente, faz-se necessário uma retomada do uso das energias renováveis, que por diversos motivos como o aquecimento global e as mudanças climáticas é o caminho a ser perseguido pela humanidade para seu desenvolvimento sustentável.

A preocupação com o meio ambiente e as mudanças climáticas nos direciona ao uso das energias renováveis. Cada vez mais torna-se evidente a escassez dos combustíveis fósseis para as próximas décadas, principalmente os derivados do petróleo. Diante deste cenário, a humanidade vê-se obrigada a encontrar novas soluções para o problema energético. Este fato começou a

chamar a atenção da sociedade científica na década de 70 com a primeira crise do petróleo. Aos poucos novas formas de energias foram sendo descobertas e implantadas por todo o mundo, o que ainda vem ocorrendo com a evolução das tecnologias e na busca de novas soluções.

Desde então, a questão energética tem adquirido uma importância cada vez maior.

A utilização excessiva de combustíveis fósseis não correspondia às exigências de um desenvolvimento sustentável. A tomada de consciência dos danos causados ao meio ambiente pela crescente utilização destes combustíveis só tem aumentado. Assim, a mobilização em torno de novas soluções acentuou-se com a constatação do fato que o consumo excessivo de combustíveis fósseis, principalmente nos países ricos, tem provocado o aquecimento do clima em nosso planeta. Conforme mostra a **Figura 2.1**, a variação da temperatura nos últimos 140 anos é da ordem de $0,7^{\circ}\text{C}$ e foi intensificado a partir da revolução industrial.

Variação da Temperatura na superfície da Terra

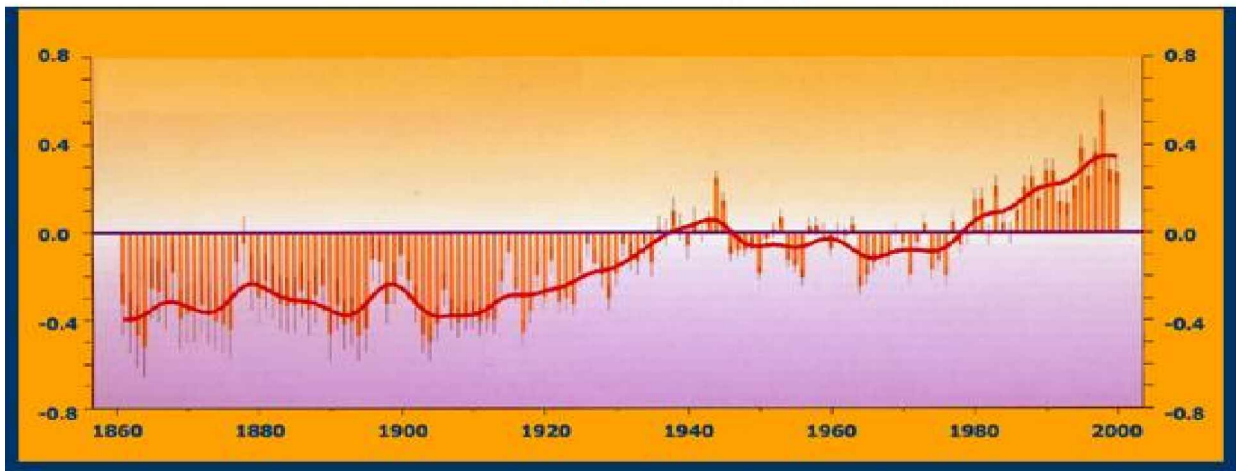


Figura 2.1 – Variação da temperatura da Terra

Fonte: IPCC, 2001

As fontes de energias renováveis são aquelas naturalmente provenientes do Sol, do vento, dos oceanos, rios e plantas. Estas fontes de energias são as formas mais limpas de geração de energia que a humanidade pode dispor. Uma maneira simples de entender o que são as energias renováveis é compreender que elas são todas aquelas formas de energias cuja taxa de utilização é inferior à taxa de renovação. As fontes renováveis de energia caracterizam-se também pela sua disponibilidade descentralizada, por apresentarem uma capacidade de se auto-regenerarem em curtos períodos de tempo e pelos reduzidos impactos ambientais decorrentes de sua utilização. A devida procura pelos recursos energéticos endógenos poderá ter uma importante contribuição

para a redução do consumo de energia fóssil, com reflexos diretos sobre os preocupantes impactos ambientais a ela associada (Energy and the Challenge of Sustainability, 2000).

Para as fontes de energias renováveis, os conceitos de reservas, recursos e ocorrências precisam ser modificados. Fontes de energia renovável representam fluxos anuais disponíveis, em princípio e em bases sustentáveis indefinidas (Energy and the Challenge of Sustainability, 2000).

2.3 Quais são as fontes de energia renovável

As fontes de energias consideradas renováveis, com maior utilização no mundo, são as energias geradas a partir de biomassa, de resíduos de lixo, de óleos vegetais, de Pequenas Centrais Hidroelétricas - PCH, do vento (energia eólica), do sol (solar térmica e solar fotovoltaica), heliotérmica, do uso de hidrogênio e das ondas do mar.

Faz-se uma exposição das principais fontes de energias renováveis do ponto de vista comercial e tecnológico e serão discutidas quais as vantagens e barreiras para sua utilização dentro do cenário energético brasileiro.

2.3.1 Biomassa

A biomassa foi o primeiro recurso energético utilizado pelo homem, inicialmente utilizada para cozinhar alimentos e como forma de aquecimento. Os subprodutos da pecuária, produtos agricultura, da floresta e da indústria da madeira constituem matérias-primas para a produção combinada de energia elétrica e energia térmica.

A biomassa pode ser utilizada diretamente como combustível, desta forma, produzindo poluentes ou um gás combustível denominado biogás. Em qualquer das situações, o calor produzido pode ser utilizado diretamente em aquecimentos ou em produção de vapor que irá acionar uma turbina para produção de eletricidade.

Com seu potencial energético é possível que o biogás venha desempenhar um importante papel na produção de energia elétrica. Sua queima produz dióxido de carbono e alguns outros gases, mas sua utilização reduz a poluição dos solos, cursos e reservas de água em especial no que se diz respeito aos resíduos animais.

A energia da biomassa pode ser classificada em dois grupos de tecnologias associados à necessidade ou não de sua conversão antes de sua combustão. O primeiro grupo tecnológico baseia-se na combustão direta da biomassa, enquanto o outro baseia-se na queima de combustíveis líquidos e gasosos derivados da biomassa.

O grupo tecnológico que está fundamentado na queima direta da biomassa está vinculado a ciclos a vapor. A segunda tecnologia está baseada na gaseificação, biodigestão e na pirólise da biomassa.

Desta forma, as possibilidades de implementar projetos de geração de energia elétrica, a partir da biomassa que atualmente estão comercialmente disponíveis, são:

- Geração de energia elétrica a partir de ciclos a vapor com biomassa;
- Geração de energia elétrica a partir de óleos vegetais como combustíveis para motores a diesel;
- Geração de energia elétrica a partir de gaseificadores;
- Geração de energia elétrica a partir de biogás, de resíduos animais, de unidades de tratamentos de esgotos e de aterros sanitários.

O Brasil, por ser um país predominantemente tropical, tem o benefício de obter biomassa através de diversos insumos agrícolas e naturais, os quais são descritos a seguir.

Cana de Açúcar: Historicamente, no Brasil, a cana de açúcar é um dos principais produtos agrícolas, estando presente na economia desde a colonização. Da sua industrialização, obtém-se o açúcar em todas as formas e tipos, o álcool (anidro e hidratado), o vinho e o bagaço.

Considerando a grandeza da indústria sucroalcooleira, a cana de açúcar não é apenas mais um produto agrícola, mas sim como a principal fonte de biomassa energética, englobando cerca de 350 indústrias de açúcar e álcool, gerando mais de um milhão de empregos diretos e indiretos.

Segundo a União da Agroindústria Canavieira de São Paulo - UNICA – (2006), o Brasil produziu e bateu na safra 2005/06, 436,8 milhões de toneladas de cana de açúcar, 26,7 milhões de toneladas de açúcar e mais de 17 bilhões de ^{litros} de álcool anidro e hidratado.

Na tentativa de diminuir o problema energético e diminuir as importações de petróleo, o Brasil, em 1975, criou o ProÁlcool – Programa Nacional do Álcool, que é o maior programa

comercial de utilização de biomassa para a produção de energia no mundo, alcançando os melhores resultados na substituição de combustíveis fósseis no setor automotivo.

A indústria do setor sucroalcooleiro, desde sua implantação, desenvolveu instalações próprias de geração elétrica a partir da utilização de pequenos aproveitamentos hídricos até, mais recentemente, processos de cogeração com a utilização do bagaço.

Entretanto, como a produção de bagaço produzido é elevada, existe a possibilidade da geração de energia com fins comerciais. Considerando alguns estudos realizados, acredita-se que exista, no Brasil, potencial de geração de energia elétrica aproximada de um mil e quinhentos MegaWatts a serem aproveitados.

A **Tabela 2.1** relaciona as regiões brasileiras e seus potenciais em relação ao insumo a ser aproveitado para geração de energia elétrica a partir da biomassa.

Insumo	Região N MW	Região NE MW	Região O MW	Região SE MW	Região S MW	Brasil MW
Bagaço de Cana de Açúcar	10,17	59,60	59,50	353,20	42,20	524,57
Óleos Vegetais	157,29	44,66	-----	-----	-----	201,95
Resíduos Agrícolas	32,54	34,47	67,72	13	189,89	337,62
Resíduos de Madeiras	13	27,56	2,65	121,27	127,36	291,84
Total	213	166,29	129,87	487,17	359,45	1356,08

Tabela 2.1 – Potencial de Biomassa por região Brasileira

Fonte: CENBIO, 2003

2.3.2 Eólica

Tudo indica que as primeiras utilizações da energia eólica ocorreram nas embarcações. Registros históricos indicam que os primeiros barcos que se deslocavam com a força do vento datam de 4000 a.C. no Egito. Após esta primeira utilização da força dos ventos foram construídos os primeiros sistemas para moagem de grãos e subsequentemente esta tecnologia foi usada para bombear água e prover trabalhos mecânicos em serrarias.

Durante os anos 70, com a primeira crise do petróleo e o aumento substancial do barril do petróleo, a geração de energia elétrica a partir de sistemas eólicos tornou-se viável economicamente e de vital importância para algumas nações. Atualmente, mesmo com o preço do petróleo a US\$ 60,00 o barril, ou seja, a níveis bem inferiores aos que foram atingidos durante o período dos dois choques, a importância desta fonte inesgotável e renovável de energia continua essencial, pois além de seus custos de instalações estarem caindo ano a ano, é uma de geração elétrica sem emissão e totalmente limpa (GUSMÃO,2003).

Para o aproveitamento do vento na geração de energia elétrica, primeiramente é necessária a existência de ventos superiores a 5m/s ou 18 Km/h. Atendido este requisito inicial, constrói-se um parque eólico, que pode ser formado por uma ou mais torres equipadas com hélices, também conhecidas como aerogeradores, que ao girarem com a força do vento, movimentam um gerador que produz eletricidade conduzida aos consumidores pela linha de transmissão.

Há países onde esta fonte energética tem sido particularmente bem aproveitada, caso da Alemanha, Dinamarca, Espanha e Estados Unidos.

A **Tabela 2.2** demonstra como se deu a taxa de crescimento do mercado eólico mundial entre 1994 a 2000.

Ano	Potência Instalada (MW)	Crescimento	Potência Acumulada (MW)	Crescimento
1995	1290	—	4778	
1996	1292	0.2%	6070	27%
1997	1568	21%	7636	26%
1998	2597	66%	10153	33%
1999	3922	51%	13932	37%
2000	4495	19%	18449	32%
Média de crescimento em 5 anos		28%		31%

Tabela 2.2 – Taxa de crescimento do mercado mundial eólico entre 1994 e 2000

Fonte: BTM Consult, 2001

Uma das desvantagens da utilização da energia eólica comparada com o uso da força animal e da roda d'água é o fato de que sua ocorrência é irregular e com velocidade variável.

Atualmente, os sistemas eólicos mais usados para geração de energia são:

- Sistemas eólicos de grande porte ligados à rede pública de transmissão.
 - Os sistemas eólicos ligados à rede não necessitam de armazenamento de energia, pois toda a energia produzida é entregue à mesma. Este sistema

apresenta as vantagens inerentes à geração descentralizada, que são: redução de perdas, custo evitado de expansão de rede e outros.

- Sistemas híbridos eólicos diesel de médio porte.
 - São aqueles que apresentam mais de uma fonte de geração de energia. Estes sistemas são mais complexos de se operar e exigem uma administração eficiente para a otimização dos recursos energéticos.
- Sistemas eólicos autônomos para armazenamento.
 - Estes sistemas armazenam a energia gerada em baterias, neste caso há necessidade de que o equipamento seja dotado de um controlador de carga, isto se faz necessário para que a bateria não seja danificada por sobrecargas ou descargas profundas.

A evolução da energia eólica nos anos 90 indica a perspectiva favorável para o desenvolvimento da indústria eólica em todo mundo. Cada vez mais os países têm investido em parques eólicos, desta forma tornando suas matrizes energéticas mais limpas. A *Figura 2.2* quantifica o crescimento da energia eólica no mundo.

Com o pioneirismo de alguns países, como a Alemanha, em busca de novas alternativas energéticas para suas matrizes elétricas, outras nações começaram a aumentar a potência instalada de turbinas eólicas a partir de 2000, fazendo com que o potencial instalado no mundo crescesse mais de 10 vezes nos últimos anos.

No Brasil, apesar da existência de pesquisas na área desde 1970, a geração de energia elétrica a partir de turbina eólica começou realmente em 1992, com a instalação de uma turbina de 75kW na Ilha de Fernando de Noronha.

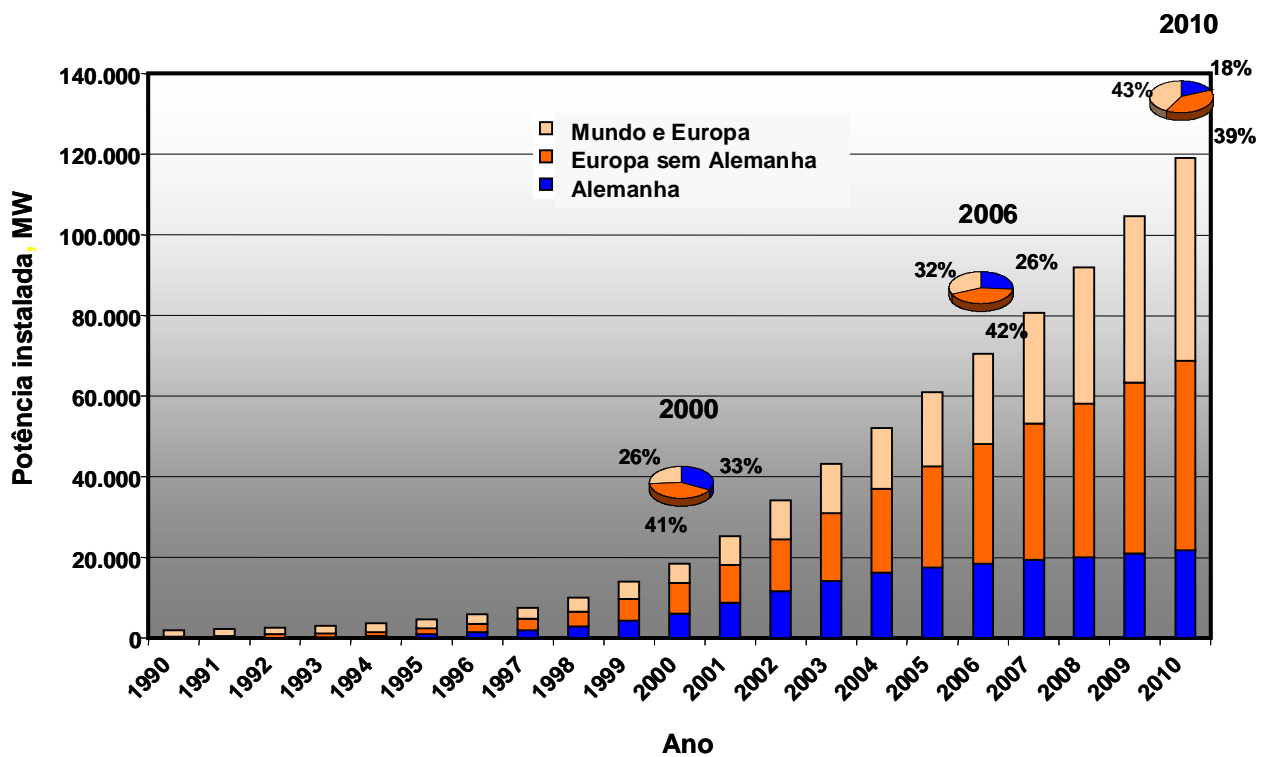


Figura 2.2 - Crescimento da capacidade instalada da energia eólica no mundo

Fonte: Hamburg Messe und Congress GmbH, 2002

A capacidade brasileira instalada é de 20,3 MW, com instalações de grandes portes nos estados do Ceará, Pernambuco, Minas Gerais e Paraná.

A **Figura 2.3** revela onde estão localizados os melhores potenciais eólicos brasileiros. Nela pode-se observar que os maiores potenciais, indicados pelas cores amarelas e vermelhas, localizam-se nas regiões costeiras do Nordeste, ao sul do país e ao longo do vale do Rio São Francisco.

Na região NE, há a vantagem que as energias eólicas e hidráulicas, oriundas das usinas instaladas no rio São Francisco, são complementares. Isto é, a época de seca é a época em que há maior intensidade de vento e vice-versa.

O potencial eólico brasileiro estimado é em torno de 143.000 MW.

Os principais aspectos negativos discutidos sobre a geração eólica são as emissões de ruídos, impactos visuais e impactos sobre os pássaros.

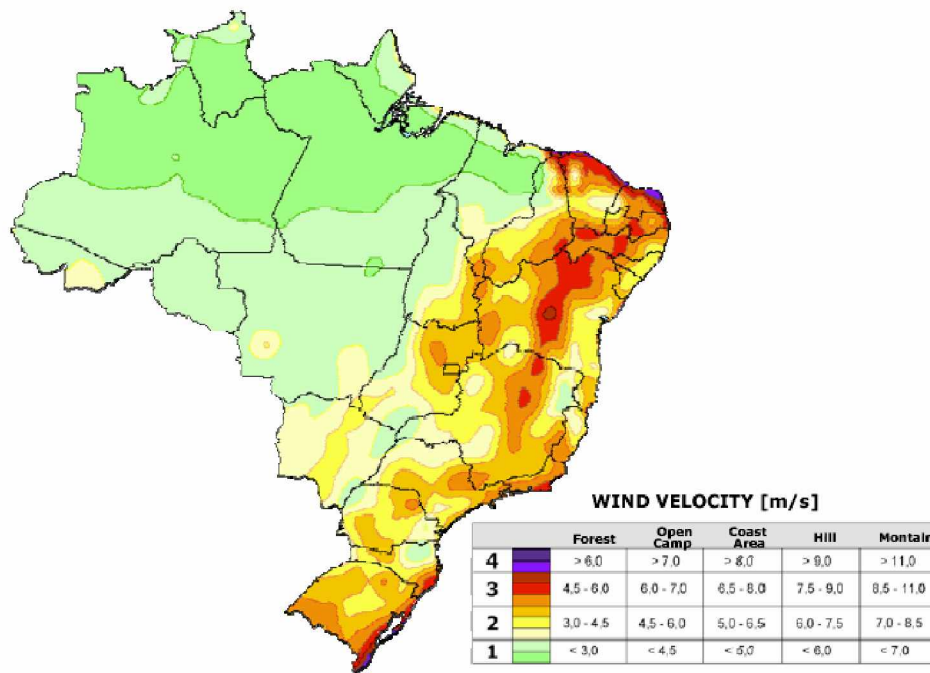


Figura 2.3 – Potencial eólico brasileiro

Fonte: CBEE - Centro Brasileiro de Energia Eólica, 1998.

As plantas eólicas de geração elétrica em relação as emissões de ruídos foi realmente um grande problema nos anos 80. Porém, o desenvolvimento crescente do mercado e as evoluções tecnológicas dos últimos anos fizeram com que ocorresse uma diminuição significativa dos ruídos gerados. Existem críticas relativas à poluição visual gerada pelos parques eólicos, entretanto há argumentos que este fato é totalmente compensada pela geração limpa que estes parques são capazes de realizar.

Para amenizar os possíveis impactos causados aos pássaros, faz-se necessário um cuidado maior para evitar a implantação de sistemas de geração eólica em rotas migratórias de pássaros, onde possam ocorrer colisões com os aerogeradores.

2.3.3 Energia Solar

. Para efeitos de apresentação, pode-se dividir o aproveitamento da energia solar conforme sua aplicação:

- Aplicações térmicas em geral;
- Obtenção de força motriz diversa;

- Obtenção de eletricidade;
- Obtenção de energia química.

A energia do Sol pode ser ativa ou passiva, conforme é caracterizada na **Figura 2.4** abaixo, em forma de fluxograma.

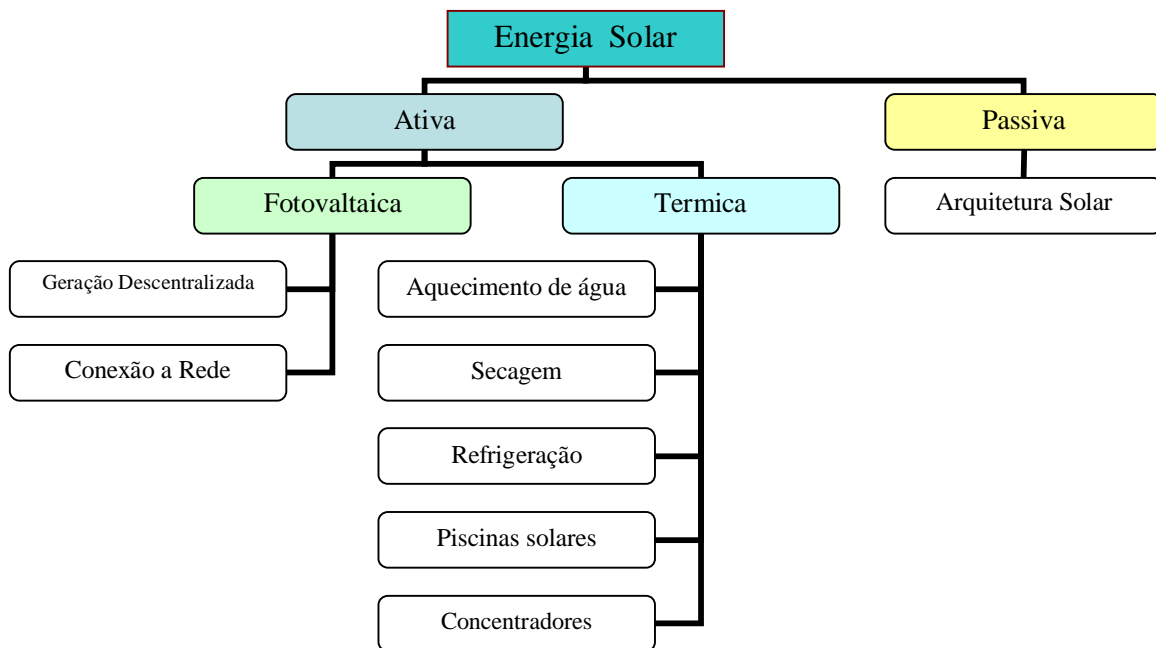


Figura 2.4 – Os tipos de utilização da energia solar

Fonte: PEREIRA, 2002

Neste trabalho serão descritas apenas as duas formas que fazem parte da geração ativa, ou seja, a fotovoltaica e a térmica.

Serão descritas a utilização da energia solar para a geração de energia térmica e as instalações de sistemas termo solares, sendo eles de pequeno, médio e grande porte, isto dependerá da natureza da sua utilização. Sistemas de pequeno porte geralmente são utilizados para aquecimento da água para fins sanitários, pré-aquecimento, piscinas e secagem; os de médio porte, para refrigeração e aquecimento industrial; os de grande porte, para geração heliotérmica.

As aplicações térmicas mais difundidas são:

Aquecimento da água - O aquecimento da água tem ampla utilização na vida moderna, seja para banho, piscinas, higienização de roupas e alimentos, processos indústrias e outros. Os

aquecedores solares de água apresentam diversos atrativos, como vida útil longa, simplicidade de instalação, baixa manutenção, viáveis economicamente e maior segurança em relação a outros sistemas. Seu uso representa grande economia no consumo elétrico ou de combustíveis. Devido aos valores moderados de temperatura de saída exigidos, tais sistemas funcionam com coletores planos, o que caracteriza simplicidade construtiva e aplicabilidade nas mais variadas regiões. A configuração destes sistemas é semelhante ao dos demais sistemas centralizados com acumulação, nos quais um reservatório térmico (boiler) armazena a água aquecida, garantindo água quente nos períodos sem radiação. Para longos períodos de chuva ou nublados, oferecem suporte elétrico a fim de garantir conforto contínuo. A indústria brasileira já produz sistemas de excelente qualidade e vem crescendo a passos largos. Concessionárias de energia elétrica têm apostado no incentivo à utilização de aquecedores solares de água como forma de aliviar os problemas causados pelo uso do chuveiro elétrico: o incremento no pico de demanda.

Destiladores - Os destiladores solares por efeito térmico são propostos principalmente para obtenção de água potável a partir de água com alto teor salino. Os modelos básicos funcionam como uma estufa para evaporação da água e sua simplicidade permite uma construção artesanal sem muito refinamento. Conforme o Boletim do Laboratório de Energia Solar – L.E.S., da Universidade Federal de Paraíba, na década de 70, vários trabalhos de pesquisa foram feitos com destiladores solares, mostrando se viáveis para o abastecimento de pequenas comunidades no semi-árido ou em unidades domésticas. Apesar de reconhecer que seu custo comparado a outras formas de obtenção de água destilada é superior, o boletim do L.E.S. mostra que poderiam ser obtidos preços bem mais baixos com o desenvolvimento de materiais que substituam o vidro. Infelizmente, pelo que se sabe, não houve tal progresso e a disseminação dos destiladores não ocorreu. Atualmente, os programas governamentais para dotação de água potável em comunidades rurais têm adotado os dessalinizadores de osmose reversa, alimentados por energia solar fotovoltaica e os destiladores solares por efeito térmico parecem ter perdido ainda mais o pouco da atenção que lhe era dispensada.

Secagem de frutas e grãos - A secagem de produtos agrícolas tem uma grande aplicabilidade, sendo processo obrigatório para vários tipos de colheita, tais como café, chás, tabacos, também como forma de garantir a conservação de alimentos. O processo mais utilizado ainda é a secagem ao ar-livre, que também se vale da radiação solar, mas de maneira primitiva e carregada de

problemas pela exposição dos produtos à poeira, à chuva, aos ataques de insetos e de roedores, etc. Os secadores solares podem representar grande melhoria na qualidade destes produtos, principalmente em relação à higiene. A aplicação estende-se, também, à desidratação de frutas, carnes e peixes. O Brasil é apontado como um dos países que mais desenvolveu a tecnologia dos secadores solares. Dentre os modelos desenvolvidos encontram-se dois grandes grupos, o de exposição direta e indireta. Nos de exposição direta os alimentos ficam expostos numa caixa de efeito estufa com fundo preto.

Para alimentos que não devem ser expostos diretamente à radiação solar, foram desenvolvidos os modelos de exposição indireta, em que coletores planos aquecem o ar que circula em circuito aberto através da caixa onde os alimentos são inseridos. A circulação de ar tanto pode ser forçada como natural, no entanto, quando for necessário utilizar controle de umidade e temperatura o uso da circulação forçada é imperativo.

Alguns pesquisadores destacam que o apoio de outra fonte para cobrir períodos longos de chuva é imprescindível, afirmando que a construção de secadores 100% solares foi causa de descrédito em vários programas de disseminação de secadores solares devido à perda de produtos em tais períodos. O apoio de outra fonte não seria fator muito onerante, já que como país tropical seu uso seria muito pouco requerido. (BEZERRA, 2000)

Cozinha - Uma aplicação térmica das mais simples é o fogão solar. Os modelos conhecidos utilizam concentradores e/ou efeito estufa. Apesar de muito simples, os fogões solares enfrentam restrições de uso, porque só podem ser utilizados durante o dia em períodos de céu limpo e em locais de boa insolação. A necessidade de manuseio ao ar livre é um inconveniente.

Na década de 70, pesquisadores da Universidade Federal da Paraíba chegaram a desenvolver alguns modelos. A economia de lenha no cerrado era um apelo bastante pertinente, mas não conseguiu sensibilizar o poder público, e os modelos desenvolvidos infelizmente não perderam a condição de protótipos. Recentemente, um projeto social adotou fogões solares no semi-árido nordestino como uma das linhas de trabalho. Trata-se da fábrica comunitária de fogões solares de Uiraúna - PB. Fruto de um intercâmbio entre a paróquia local e os Jovens Católicos da Alemanha, o empreendimento tem produzido um modelo de fogão solar tipo concentrador, que tem mostrado alguma aceitação.

Fotovoltaica – geração de energia elétrica - Outra forma de utilização do Sol para gerar energia elétrica é através de painéis fotovoltaicos, que são constituídos de Sílica, Fósforo e Boro, em que, ao receber os raios solares, ocorre a produção reação química entre seus componentes e assim a geração de energia elétrica, que normalmente é utilizada no carregamento de baterias que posteriormente, serão utilizadas em qualquer aparelho elétrico. Os princípios da conversão fotovoltaica são conhecidos há bastante tempo, mas seu uso só se intensificou após 1958 com os programas espaciais, nos quais as fotocélulas obtiveram bastante êxito como fonte de energia em satélites, dominando totalmente essa aplicação. Instalações terrestres seguiram-se e atualmente os painéis fotovoltaicos são bastante difundidos.

Diferente dos sistemas solares para aquecimento de água, os sistemas fotovoltaicos (FV) não utilizam calor para produzir eletricidade. Interpretando a palavra; "photo" temos "produzido pela luz," e o radical "voltáico" refere-se a "eletricidade produzida por uma reação química". A tecnologia FV produz eletricidade diretamente dos elétrons liberados pela interação da luz do sol com certos semicondutores, tal como o silício no painel fotovoltaico. Esta energia é confiável e silenciosa, pois não existe movimento mecânico. O movimento dos elétrons forma eletricidade de corrente direta.

O elemento principal é a célula solar. Várias células são conectadas para produzir um painel fotovoltaico e muitos painéis conectados formam um módulo fotovoltaico. Os painéis FV são encontrados comercialmente em tamanhos que variam entre 10 e 300 Watts. Um sistema fotovoltaico completo consiste de um painel, ou de um módulo, conectado a um inversor que converte a eletricidade de corrente direta em corrente alternada, compatível com o sistema da rede elétrica. Baterias poderão ser incluídas no sistema para prover um sistema totalmente independente da rede elétrica ou de "emergência", caso a rede elétrica interrompa o serviço de energia elétrica por motivos diversos.

As células fotovoltaicas podem ser fabricadas por diversos processos ou tecnologias. Entre elas destacam-se:

- Silício cristalino;
- Silício poli-cristalino;
- Silício amorfo;
- Cádmium Telluride;
- Copper Indium Gallium;

- Diselenide;

Os sistemas fotovoltaicos produzem energia intermitente porque geram energia elétrica somente quando o Sol está brilhando. O pico de produção da energia elétrica é alcançado num dia claro de intensidade solar máxima com ângulo direto, perpendicular ao módulo.

Em dias nublados, a eletricidade produzida é reduzida, e não há produção elétrica durante a noite. Em localidades equatoriais, o sistema FV produzirá em média a mesma quantidade de energia durante todo o ano, porém na medida em que se eleva a latitude do local, a maior produção da energia elétrica efetua-se no verão, quando o sol está mais alto e os dias são mais prolongados. Geralmente, esta disparidade é compensada em sistemas de bombeamento de água (necessita-se de mais água no verão) ou na utilização de energia elétrica para refrigeração.

A energia fotovoltaica na maioria das situações é mais cara que a energia convencional suprida pela companhia elétrica. Embora processos de fabricação tenham sido aperfeiçoados para a redução do custo do painel fotovoltaico desde os meados dos anos 70, a eletricidade FV tem um custo médio de US\$ 0,25/kWh.

A **Tabela 2.3** apresenta os custos e o fator de capacidade das principais fontes de energias renováveis.

Fonte	Custo Instalação	Fator de Capacidade	Custo de Geração
	US\$/kW	%	US\$/MWh
Eólica	950 a 1050	34 a 44	60 a 78
Biomassa	600 a 1060	45 a 85	30 a 57
PCH	800 a 1080	56	38 a 42
Solar	6000 a 11000	18 a 22	20 a 350

Tabela 2.3: Custos de instalação e geração e fator de capacidade das energias renováveis.

Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2003.

2.3.4 Pequenas Centrais Hidroelétricas – PCHs:

O item a seguir sobre Pequenas Centrais Hidroelétricas – PCHs terá como referência. (TIAGO e GABETTA ; 2003).

A exploração dos recursos hídricos para fins de geração de eletricidade no Brasil iniciou-se no final do século XIX, com base em centrais de pequeno porte, da ordem de algumas centenas de quilowatts, construídas e operadas principalmente por prefeituras e empresas particulares. Este modelo, apropriado à demanda da época, prosperou até a década de 60, quando o modelo econômico vigente deu lugar às grandes empresas estaduais e federais que passaram a incorporar as pequenas empresas geradoras de sistemas isolados que evoluíram para os grandes sistemas interligados. Neste período, as centrais hidroelétricas de pequeno porte cederam espaços para os grandes empreendimentos.

Nos últimos anos, a potência instalada do país não acompanhou o crescimento demográfico. A falta de planejamento e os equívocos nas gestões do setor elétrico ocasionaram as crises energéticas. Novamente as PCHs entram em destaque com a reestruturação do setor.

O cenário apresenta um setor elétrico em reestruturação procurando atrair novos investimentos privados para sua própria expansão e modernização. Desta forma, as empresas estatais foram desverticalizadas e classificadas conforme suas atividades, de geração, transmissão, distribuição ou comercialização. Sendo esta última um novo ajuste do setor energético.

O Brasil tem uma capacidade instalada de geração de energia elétrica de 90 mil MW. O crescimento da demanda do setor elétrico brasileiro é uma das mais elevadas do mundo sob a ótica de qualquer país desenvolvido. O número total de consumidores no país, tanto na área industrial, comercial, como residencial, não deixa de crescer, assim como as grandes oportunidades de explorar as demandas existentes dos consumidores livres e consumidores cativos.

As pequenas centrais hidroelétricas (PCHs) representam uma forma rápida e eficiente de promover a expansão da oferta de energia elétrica, visando suprir a crescente demanda verificada no mercado nacional. Por suas características, este tipo de empreendimento possibilita um melhor atendimento às necessidades de carga de pequenos centros urbanos e regiões rurais, complementando o fornecimento realizado pelo sistema interligado.

O Estado da Arte da indústria brasileira: A indústria nacional está qualificada para fornecer todos os equipamentos elétricos e hidromecânicos para as PCHs. Geralmente, as grandes empresas podem contar com a tecnologia de empresas estrangeiras e estão capacitadas para competir no fornecimento de equipamentos com potências acima de 5 MW. Para potências menores, o mercado é atendido por algumas companhias nacionais de pequeno porte.

Tradicionalmente, a indústria com tecnologia genuinamente nacional é capaz de atender o mercado interno, fornecendo equipamentos com até 5 MW de potência. Trata-se de uma indústria apta a fornecer todos os tipos de equipamentos hidromecânicos: comportas, condutos, válvulas, turbinas, geradores, reguladores de velocidade, instrumentos e os outros equipamentos elétricos. Entretanto, devido ao modelo econômico e político vigente em décadas passadas, a indústria genuinamente nacional pouco evoluiu. A pouca exigência do mercado aliada à falta de tecnologia mais apurada levou esta indústria a limitar-se à fabricação de equipamentos baseados em projetos ultrapassados, iguais a dos fornecidos às antigas centrais hidrelétricas. Este fato foi levado em conta na elaboração do manual de PCHs, editado pelo DNAEE e pela Eletrobrás, por ocasião do lançamento do Programa Nacional de Pequenas Centrais Hidrelétricas – PNPCH - no início da década de 80, em que se considerou como rendimento do grupo gerador o valor de 76%, resultado dos baixos valores de rendimentos tomados como médios para o gerador e turbina fabricados pela indústria nacional na época.

A Indústria Brasileira de Turbinas Hidráulicas: A indústria nacional de turbinas hidráulicas está apta a fabricar diferentes tipos de turbinas, como a do tipo *Michell-Banki*, com ou sem tubo de sucção; *Pelton*, com simples ou múltiplos injetores; *Francis*, com rotores simples e geminado; hélice; *Kaplan*, em diferentes arranjos, com caixa espiral, caixa aberta, caixa cilíndrica; tipo turbilhão; tipo tubular. São famílias que cobrem praticamente todo o campo de aplicação das micro, mini e pequenas centrais hidroelétricas. A dificuldade está em atender instalações com máquinas de rotações específicas muito altas, como é o caso das turbinas bulbo para as instalações maiores e para as pequenas instalações isoladas, turbinas hidrocinéticas e micro turbinas de potências inferiores a algumas centenas de Watts.

Com a reestruturação do setor elétrico nacional houve uma retomada do interesse no mercado, por parte das empresas internacionais e tradicionais fabricantes de componentes de hidromecânicos. Há um crescimento do interesse do capital privado na produção independente de energia elétrica. Alguns grandes fabricantes tradicionais se estruturaram, tornando-se

competitivos em se tratando de equipamentos para PCHs. Porém, devido ao alto custo operacional e a tecnologia envolvida, estes equipamentos têm eficiência bem superior a congêneres nacionais e conseguem concorrer apenas com equipamentos acima de 5 MW. Abaixo desta potência, seus custos tornam-se proibitivos em vista dos praticados pela indústria tradicional. Geralmente, o empreendedor privado dá preferência ao equipamento nacional, mesmo sabendo que a eficiência é inferior, mas que exige um investimento inicial menor.

As **Figuras 2.5, 2.6 e 2.7** mostram os campos de aplicação dos principais tipos de turbinas hidráulicas fabricadas no Brasil, aplicadas a PCHs.(AMARAL,1998)

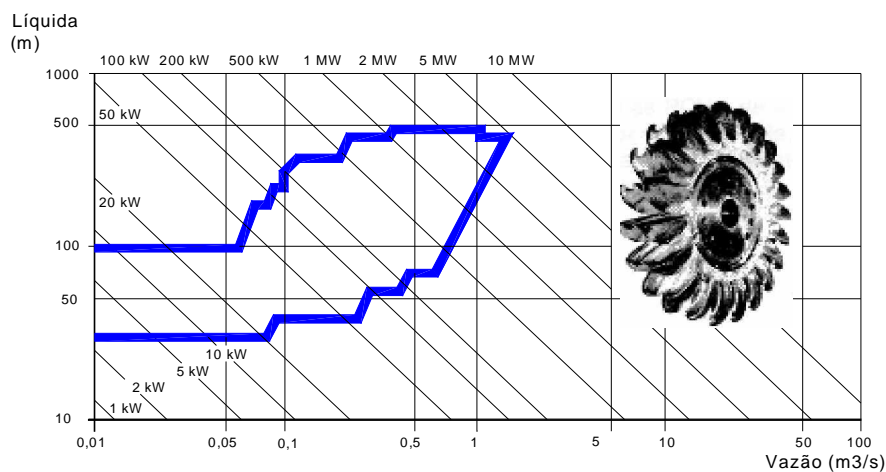


Figura 2.5 - Campo de aplicação das turbinas hidráulicas para PCHs, de baixas rotações específicas, fabricadas no Brasil.

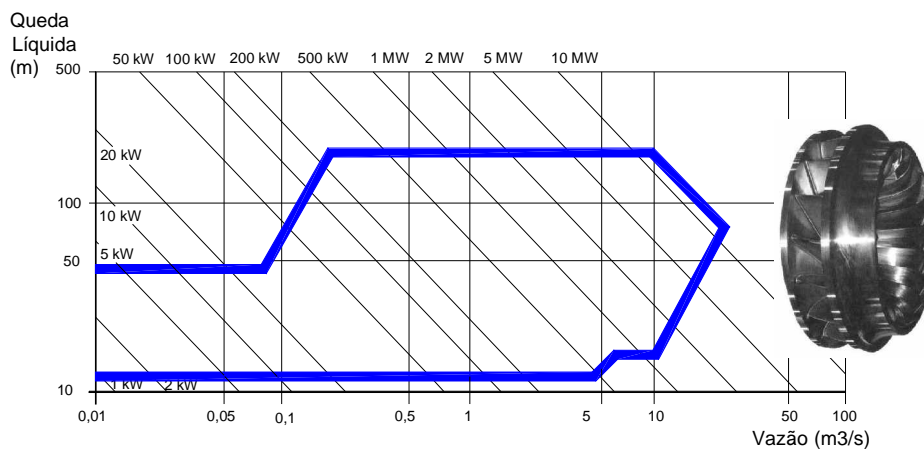


Figura 2.6 - Campo de aplicação das turbinas hidráulicas para PCHs, de médias rotações específicas, fabricadas no Brasil.

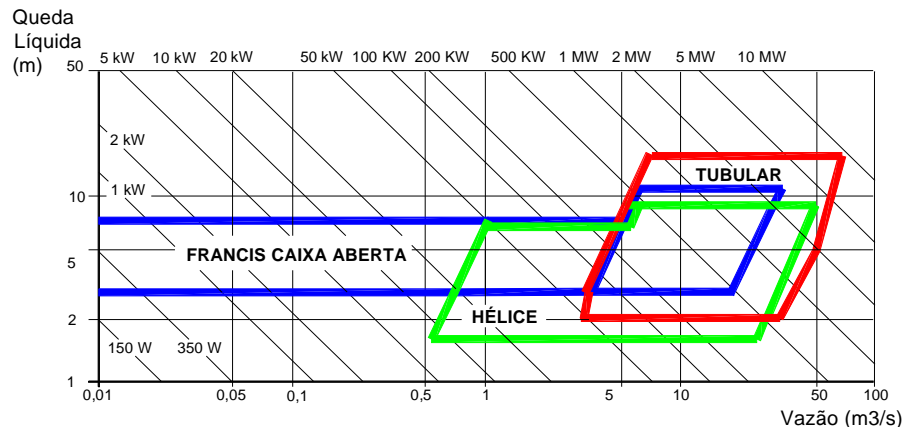


Figura 2.7 - Campo de aplicação das turbinas hidráulicas para PCHs, de altas rotações específicas, fabricadas no Brasil.

Basicamente, existem dois tipos de turbinas hidráulicas: de ação e de reação. No primeiro caso, de ação, a energia hidráulica disponível é transformada em energia cinética para, depois de incidir nas pás do rotor, transformar-se em mecânica: tudo isto ocorre à pressão atmosférica. Na turbina de reação o rotor é completamente submerso na água, com o escoamento da água ocorre uma variação de pressão e velocidade do escoamento entre a entrada e a saída do rotor.

Tradicionalmente, o uso de turbinas hidráulicas tem-se concentrado no tipo *Pelton*, com um ou mais jatos, no caso das máquinas de ação, na *Francis*, *Hélice* e *Kaplan*, no caso do tipo de reação. A escolha do tipo adequado baseia-se nas condições de vazão e queda do local, na conformação da rotação da turbina com a do gerador e a altura de sucção, no caso de máquinas de reação.

A Participação das PCHs no Mercado Brasileiro de Energia: As primeiras experiências práticas com energia elétrica no Brasil segundo Paulon et al.(2000), ocorreram na época imperial, sendo contemporâneas das aplicações iniciais dessa nova energia nos Estados Unidos e Europa.

A primeira utilização de energia hidroelétrica no país ocorreu em 1883, quando foi instalada em Diamantina, Minas Gerais, uma pequena usina de geração de energia elétrica no Ribeirão do Inferno, com finalidade de movimentar duas bombas de desmorte hidráulico, que, com jatos d'água, revolviam o terreno rico em diamantes. Uma linha de transmissão de 2 km fazia o transporte de energia elétrica para máquinas que extraíam cascalho da mina.

Em síntese, o aparecimento das pequenas centrais hidroelétricas deveu-se basicamente diante da necessidade de fornecimento de energia para serviços públicos de iluminação e para

atividades econômicas ligadas a mineração, fábricas de tecidos, serrarias e beneficiamento de produtos agrícolas. Neste período, a grande maioria das unidades era de pequena potência, pois os altos custos inviabilizavam a instalação de grandes usinas geradoras, dando preferência para que fossem implantados aproveitamentos diretos da força hidráulica, que determinavam, inclusive, a localização das fábricas junto às quedas d'água.

Até a década de cinquenta, as PCHs usualmente eram operadas em sistemas isolados e se constituíam em uma importante fonte de geração de eletricidade no país. A partir desta década, com a política de planejamento energético centralizado, foram criadas várias companhias estatais nos âmbitos federal e estadual. Deu-se início à implantação dos grandes sistemas interconectados. As PCHs começaram a perder espaço para os grandes empreendimentos de grandes potências, tornando-se obsoletas e pouco atrativas. Somente em tempos recentes, com a nova reestruturação do setor elétrico, é que houve uma retomada dos estudos e construção das centrais de pequeno porte.

As *Figuras 2.8, 2.9 e 2.10* dão uma idéia da participação das PCHs no parque de geração elétrica no Brasil. Atualmente, o país possui um total 1986 empreendimentos de geração, em que 1389 estão em operação, gerando 89.597 MW de potência. Deste total 419 usinas são PCHs que correspondem a 1.302 MW, ou seja, 1,45% do total instalado no país. Existem 74 usinas em construção, o que corresponde a 7.083 MW de potência. Destas, 39 são PCHs, que representam 453 MW, 6,39% deste total. Das usinas outorgadas, com a construção não iniciada, existem 523 empreendimentos, totalizando 28.209 MW. Destas, 254 são PCHs, que correspondem a 3.413,4MW, ou seja, 12,1% do total.

Uma outra grande oportunidade de negócio dentro do mercado das Pequenas Centrais Hidroelétricas são as usinas desativadas. Este potencial a ser explorado é de fácil viabilização.

De acordo com Tiago (2003), as hidroelétricas foram construídas numa época em que os dados hidrológicos eram incipientes e a tecnologia permitia a construção de equipamentos com eficiência limitada. Estudos indicam que um novo estudo das condições hidrológicas, a adaptação do sistema de adução e a modernização e redefinição dos componentes do grupo gerador poderão agregar cerca de 200 MW em curto período de tempo.

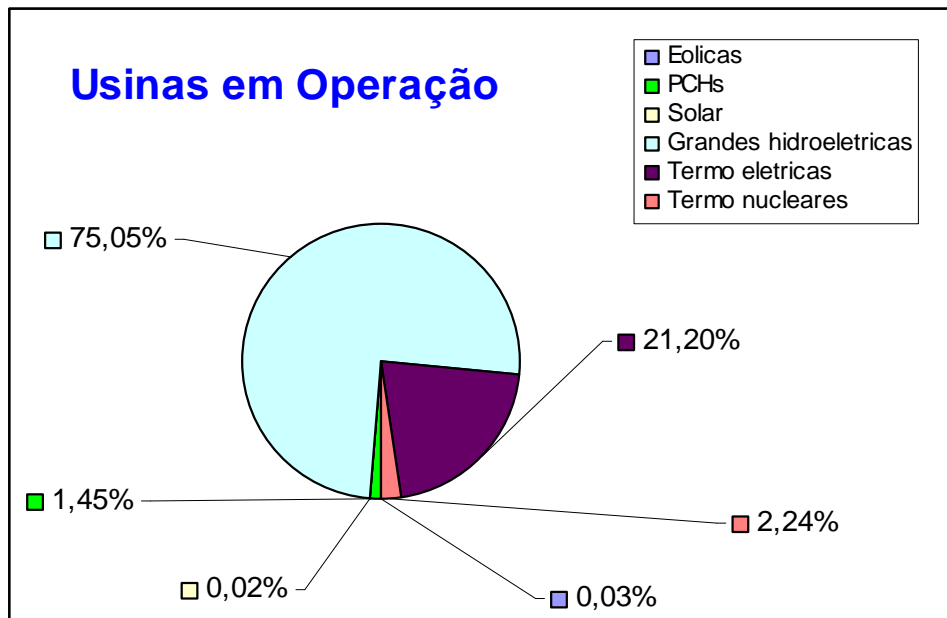


Figura 2.8 - Usinas em operação no Brasil.

Fonte ANEEL, 2005.

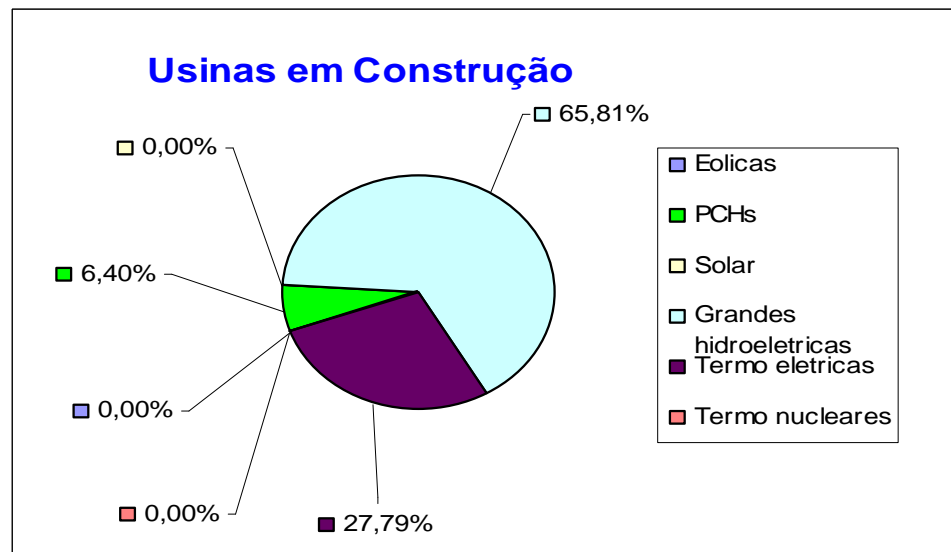


Figura 2.9 - Usinas em construção no Brasil.

Fonte: ANEEL, 2005.

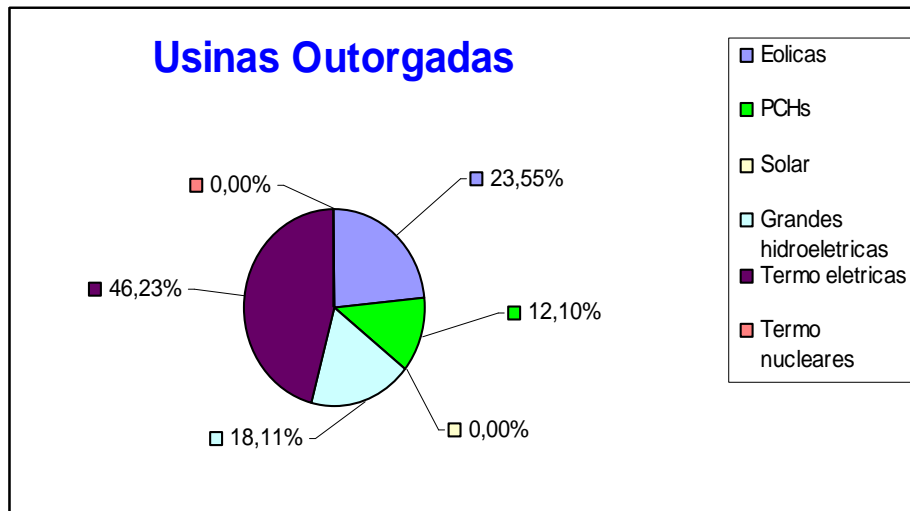


Figura 2.10 - Usinas Outorgadas no Brasil.

Fonte: ANEEL, 2005.

Também, a recapacitação das centrais desativadas mostra ser um campo promissor para o investimento em PCHs no Brasil. Há no país 427 centrais desativadas, com potência média de 0,37 MW, podendo ser reformadas em condições favoráveis e assim agregar 156 MW ao parque de geração do país.

Em situação desconhecida, existem outras 1039 centrais no país. A maioria delas encontra-se nas regiões Sul e Sudeste, em locais de fácil acesso ao sistema interligado.

A reativação destas usinas, além de poder agregar um potencial considerável na matriz de geração brasileira, encontra-se numa condição muito favorável, pois na maioria das situações estas usinas têm suas obras civis em perfeita condições, o que pode significar até 50% dos custos da usina. Além disso, todo o processo de licenciamento ambiental torna-se muito mais brando, pois grande parte do impacto ambiental já ocorreu na sua construção e a entrada em operação da planta de geração pode levar a metade do tempo de um empreendimento novo.

Com o advento do mercado livre e a busca por menores custos, pelas empresas que têm alavancado o mercado da auto produção, este nicho pode transformar-se em uma grande oportunidade de negócio.

Até o momento não existe nenhum trabalho sistemático para levantar as reais condições destas centrais e nem a questão da propriedade e a possibilidade da recuperação e reativação das mesmas.

A **Tabela 2.4** abaixo demonstra o ganho de potência que poderíamos obter com um pequeno investimento no setor das PCHs desativadas.

Situação	Quant.	Potência [MW]
Recapacitação		200,0
Centrais desativadas	427	156,0
Centrais em situação desconhecida	1039	328,0
Total	1466	684,0

Tabela 2.4 - PCHs possíveis de serem recapacitadas ou reativadas no Brasil.

Fonte: GABETTA, 2001.

2.3.4.1 Evolução dos incentivos às PCHs.

Nos últimos vinte anos, foram desenhadas uma série de incentivos e benefícios para o desenvolvimento das PCHs no cenário energético brasileiro. Em 1983, foi lançado o Plano Nacional de Pequenas Centrais Hidroelétricas - PNPCH, que forneceu meios para capacitar um corpo técnico, formado por profissionais das regiões do país, oriundas de diversas empresas energéticas, para desenvolver a indústria nacional, fornecendo laboratórios e pessoal de apoio técnico para o desenvolvimento dos produtos e equipamentos.

Entretanto, o número excessivo de condicionantes e a falta de incentivo de mercado, pois nessa época as tarifas eram fortemente controladas pelo governo federal, faziam delas uma ferramenta de controle da inflação e a falta de uma linha de crédito para o setor criaram dificuldades para o desenvolvimento do programa.

Em 1997, o DNAEE reviu o conceito de PCH pela Portaria DNAEE nº 136 de 06 de outubro, um aproveitamento hidroelétrico passou a ser considerado PCH quando a potência fosse inferior a 10.000 kW com unidades geradoras de, no máximo, 5.000 kW.

Contudo, esta simplificação não resultou num aumento considerável no número de empreendimentos no setor. Foram 51 processos registrados no DNAEE em 1996, esse número de registros, no ano de 1997, subiu para 81 processos. Aumento insignificante ocorreu com o resultado da nova ação que se deu posteriormente, já com a ANEEL instalada.

A grande mudança se deu através da Lei nº 9.648 de 27 de maio de 1998, quando o limite de potência para PCH foi ampliado para 30.000 kW, sob a condição de que o empreendimento tenha características de PCH ao começarem a desfrutar das seguintes vantagens:

- Necessidade apenas de autorização de ANEEL, para implantação;
- Redução de no mínimo 50% nas tarifas de uso do sistema de transmissão e distribuição;
- Participação garantida nas vantagens técnicas e econômicas da operação interligada;
- Isenção de pagamento da Compensação Financeira para o uso dos recursos hidráulicos;
- Redução do limite de comercialização de energia para consumidores com carga maior ou igual 500 kW;
- Uso dos recursos oriundos da Conta Custo de Consumo de Combustível (CCC), no caso de substituição da geração de termoeletrica.

Somente após estudos estatísticos, utilizando os dados já existentes de várias centrais deste porte, a ANEEL, visando atender às exigências ambientais que restringem a grandes centrais, realizou uma audiência pública que resultou na emissão da resolução nº 394 de 4 de dezembro de 1998, que definiu como centrais hidroelétricas com características de PCH, aquelas cuja potência não ultrapasse a 30.000 kW e que a área do reservatório não inundasse uma área superior a 3 km² por ocasião da cheia máxima, calculada com tempo de recorrência de 100 anos. Os empreendimentos hidroelétricos que possuem potências inferiores ou iguais a 30.000 kW, e que excederem o limite da área alagada deverão ter seus casos analisados isoladamente pela ANEEL.

Segundo Tiago (2003), esta resolução deixava algumas lacunas, assim esse critério não era claro e trazia, em muitos casos, situações dúbias, dificultando a análise, aprovação e a viabilização do empreendimento. Desse modo, após diversos estudos e com as contribuições recebidas pela Audiência Pública nº 17 realizada no período de 17 de setembro a 13 de dezembro de 2002, foi editada a Resolução nº 652 em 09 de dezembro de 2003, que manteve os mesmos limites para a potência e modalidade do aproveitamento hidroelétrico. A principal alteração trazida por essa resolução é quanto a área do reservatório. Caso o limite de 3,0 km² seja

excedido, o aproveitamento ainda será considerado com características de PCH se for atendida a inequação abaixo:

$$A \leq \frac{14,3 \times P}{H_b}$$

Em que:

- A Área do reservatório em [km²],
- P Potência elétrica instalada em [MW],
- H_b Queda bruta do aproveitamento em [m].

Nessa expressão a área não poderá exceder 13,0 km², área máxima da maior parte dos reservatórios das PCH da região norte/nordeste, sendo agora definida pelo nível d'água máximo normal à montante do barramento. A queda bruta é dada pela diferença entre os níveis de água máxima normal de montante e normal de jusante.

Reservatório cujo dimensionamento, comprovadamente, foi baseado em outros objetivos que não o de geração de energia elétrica deverá ter essa condição comprovada junto à Agência Nacional de Águas – ANA, aos Comitês de Bacias Hidrográficas, aos órgãos de gestão de recursos hídricos e ambientais, aos Estados e ao Distrito Federal, de acordo com suas respectivas competências.

Embora essa nova diretriz vá incentivar e viabilizar novos empreendimentos, segundo Tiago (2003), deve-se levar em conta que os mesmos deverão sofrer restrições de ordem ambiental, uma vez que mesmo quando a área máxima estava limitada a 3,0 km², houve dificuldades na obtenção das licenças de implantação junto aos órgãos ambientais.

A Resolução por si só não permitirá a aprovação de projetos com grandes áreas alagadas. Uma forma de atenuar as restrições ambientais será o uso compartilhado do recurso “água”.

2.3.5 – Outras Fontes Renováveis de Energia

Atualmente existem outros tipos de tecnologias de energias renováveis que estão sendo pesquisados por cientistas do mundo todo. Essas novas fontes energéticas como a energia heliotérmica, a partir do hidrogênio, pilhas combustíveis e energia das ondas, estão em fase muito

recente de desenvolvimento tecnológicos e ainda apresentam custos de geração muito elevados, tornando a relação US\$ por kW/h não adequado para um cenário comercial.

Porém, pesquisas como estas são de grande importância para o desenvolvimento das energias renováveis e para a manutenção de um mundo mais sustentável.

2.4 Benefícios legais que incentivaram as fontes de energia renovável

Outro grande passo para o desenvolvimento e o crescimento da oferta de energia de fontes renováveis foi a Lei N° 10.438 de abril de 2002.

Essa lei que dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa). A Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica.

O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – Proinfa tem como objetivo aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos de Produtores Independentes Autônomos, concebidos com base em fonte eólica, pequenas centrais hidroelétricas e biomassa (fontes renováveis de energia) no Sistema Elétrico Interligado Nacional.

A Conta de Desenvolvimento Energético – CDE visa o desenvolvimento energético dos Estados e a competitividade da energia produzida, a partir de fonte eólica, pequenas centrais hidroelétricas, biomassa, gás natural e carvão mineral nacional, nas áreas atendidas pelos sistemas interligados; a promoção da universalização do serviço de energia elétrica em todo o território nacional e garantia de recursos para atendimento à subvenção econômica destinada à modicidade da tarifa de fornecimento de energia elétrica aos consumidores finais integrantes da Subclasse Residencial Baixa Renda.

Os recursos da Conta de Desenvolvimento Energético - CDE são provenientes dos pagamentos anuais realizados a título de uso do bem público, das multas aplicadas pela ANEEL a concessionários, permissionários e autorizados; a partir de 2003, das quotas anuais pagas por todos os agentes que comercializarem energia com consumidor final, mediante encargo tarifário a

ser incluído, a partir da data de publicação desta Lei, nas tarifas de uso dos sistemas de transmissão ou de distribuição (artigo 13).

Para a promoção da universalização do serviço de energia elétrica em todo o território nacional e para garantir recursos à subvenção econômica destinada à modicidade tarifária para a subclasse baixa renda, foram assegurados, nos anos de 2004, 2005, 2006, 2007 e 2008, percentuais mínimos da receita anual da CDE de quinze por cento, dezessete por cento, vinte por cento, vinte e cinco por cento e trinta por cento, respectivamente, para utilização na instalação de transporte de gás natural.

Visando a universalização do serviço público de energia elétrica, a ANEEL pode promover licitações para outorga de permissões de serviço público de energia elétrica, em áreas já concedidas cujos contratos não contenham cláusulas de exclusividade.

O cumprimento das metas de universalização será verificado pela ANEEL, em periodicidade, no máximo, igual ao estabelecido nos contratos de concessão para cada revisão tarifária, devendo os desvios repercutir no resultado da revisão mediante metodologia a ser publicada.

Já a publicação da Lei nº 10.762, de 11 de novembro de 2003, estabeleceu uma nova organização para o Proinfa, modificando datas, prazos, percentual tarifário dentre outras coisas. Determina que na primeira fase do programa os contratos devam ser concretizados até o dia 29 de abril 2004. Esta data será novamente modificada pela Lei nº 10.889 de 25 de junho de 2004. Modifica o prazo dentro do qual será assegurada a compra da energia a ser produzida, passando-o de quinze para vinte anos a partir da data de entrada em operação definida no contrato. A aquisição da energia é feita pelo valor econômico correspondente à tecnologia específica de cada fonte, valor este a ser definido pelo Poder Executivo, mas tendo como pisos cinquenta por cento para biomassa, setenta por cento para as PCHs e no caso das eólicas noventa por cento da tarifa média nacional de fornecimento ao consumidor final dos últimos doze meses, e não mais os oitenta por cento definido na Lei nº 10.438.

Desta forma espera-se que a matriz seja diversificada pela inclusão destas fontes. Acredita-se, que para os próximos dez anos, estas fontes representarão em torno de 5% da oferta nacional. Além disso, os sistemas renováveis comunitários ou individuais poderão atender cerca de quinhentos mil domicílios, que dificilmente seriam conectados à rede.

Nos próximos capítulos, serão descritos os incentivos do governo brasileiro para o aumento da participação das energias renováveis na matriz energética brasileira.

2.5 Considerações finais

Não há dúvidas de que o desenvolvimento e o uso mais freqüente das energias renováveis são uma das ações necessárias a serem implantadas para que se possa assegurar menor presença de gases de efeito estufa na atmosfera e assim diminuir as alterações do clima global.

Pesquisas e incentivos legais têm sido criados em nações do mundo todo para fomentarem o desenvolvimento destas fontes de energia. Muito tem sido feito, porém, muito pouco ainda, se considerarmos as necessidades globais de redução de emissões de gases de efeito estufa.

CAPÍTULO 3

3 DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO LIMPO E SUSTENTÁVEL

3.1 Considerações Iniciais

Neste capítulo é demonstrada a importância de se buscar um desenvolvimento energético limpo e sustentável, quais as consequências da crescente utilização de combustíveis de origem fóssil para o meio ambiente, o que é efeito estufa, quais são os principais gases causadores deste fenômeno e de que forma a Terra chegou a esta situação que, atualmente, preocupa milhares de pessoas.

3.2 A Energia e o Mundo nos últimos anos

A energia está presente em nossas vidas de forma essencial. Em qualquer atividade que se desenvolva, necessita-se de algum tipo de energia. Isto ocorre quando utilizamos carros, geladeiras, chuveiros, lâmpadas ou qualquer outro tipo de equipamento, até mesmo quando realizamos uma simples queima da madeira.

Segundo Scott (1991), Aristóteles, no século IV a.C., em sua sabedoria metafísica, identificou energia (energeia) como uma realidade em movimento. A definição mais encontrada nos livros de física é que “*energia é a medida da capacidade de efetuar trabalho*”, porém, a rigor, aplica-se apenas a alguns tipos de energia, como a elétrica e a mecânica, que, em princípio, são totalmente conversíveis em outras formas de energia.

Maxwell (1872), numa definição mais abrangente, conceitua energia como aquilo que permite uma mudança na configuração de um sistema, em oposição a uma força que resiste a esta mudança.

Segundo Udaeta (2004), o enfoque conceitual de sistemas energéticos baseia-se nas compreensões abrangentes das necessidades energéticas num mundo que entra no terceiro

milênio cheio de incertezas quanto a satisfazer as necessidades que o crescimento demográfico apresenta.

Para se ter uma melhor familiaridade com a palavra energia, a **Tabela 3.1** apresenta as principais unidades de energia, potência e trabalho, e os correspondentes fatores de conversão.

Unidade	Fator de conversão
1J (Joule)	10^7 ergs
1 W (Watt)	1J/s
1 HP	746 W
1 cal	4,18 J
1kWh	$3,6 \times 10^{13}$ ergs = 3600 kJ
1 tep (tonelada equivalente de petróleo)	10.000×10^3 kcal ou 11630 kWh
1 BTU (Bristish Thermal Unit)	252 cal
1 kW ano/ano	0,753 tep/ano

Tabela 3.1 – Fator de conversão de energias

Fonte: Conservação de energia – Eficiência energética de instalação e equipamentos, 2001.

Desde muitos séculos a.C., o homem faz proveito da utilização de várias formas de energia para melhorar a eficiência de seus processos ou simplesmente para cozinhar e se aquecer.

A **Tabela 3.2** retrata um paralelo entre alguns tipos de energias e seus conhecidos e mais antigos usos

Grupo	Tipos de Energia	Uso mais antigo
Renovável	Energia do vento	4500 a C.: navegação no Nilo.
Renovável	Energia Hídrica	Século II a C.: é inventado o aproveitamento hidráulico.
Renovável	Energia maré motriz	Século X: primeiras referências.
Renovável	Energia solar	640 a C.: usada na Grécia , por concentração dos raios solares.
Não renovável	Carvão	1100 a C.: é extraído e usado na China.
Não renovável	Petróleo	6000 a C.: o asfalto é usado pelos sumérios.
Não renovável	Gás Natural	3000 a C.: primeira referência histórica a fogos eternos.
Não renovável	Energia nuclear	1840: o urânio é separado como elemento isolado.

Tabela 3.2 - Tipos de energias e seus conhecidos usos mais antigos

Fonte: UDAETA, 2004.

Quanto mais o desenvolvimento mundial se tornar presente, mais o nosso planeta terá que gerar fontes de recursos e ser um receptor de rejeitos. Pesquisadores, mirando o futuro e balizados por fatos atuais do desenvolvimento socioeconômico, sustentam a afirmação de que se o mecanismo de desenvolvimento limpo não for incorporado, será impossível a sustentabilidade da vida em nosso planeta. As fontes renováveis para geração de energia têm grande importância neste sistema, com baixas emissões de gases de efeito estufa. De acordo com Oliveira (2000), conclui-se que problemas ambientais aparecem como um sinalizador que influencia as tomadas de decisões referentes à implantação de empreendimentos energéticos.

Os gases gerados por processos de combustão, emitidos imediatamente na atmosfera, causam impactos ao meio ambiente e à saúde humana. Podem ser diagnosticados de duas formas: impacto de efeito global e impacto de efeito local.

A utilização de combustível fóssil para geração de energia elétrica apresenta-se na forma de impacto de efeito global. A crescente utilização deste tipo de combustível tem elevado o nível de concentração de CO₂ na atmosfera desde a Revolução Industrial, a partir de 1850.

A **Figura 3.1** demonstra como se deu a concentração de CO₂ no mundo nos últimos anos.

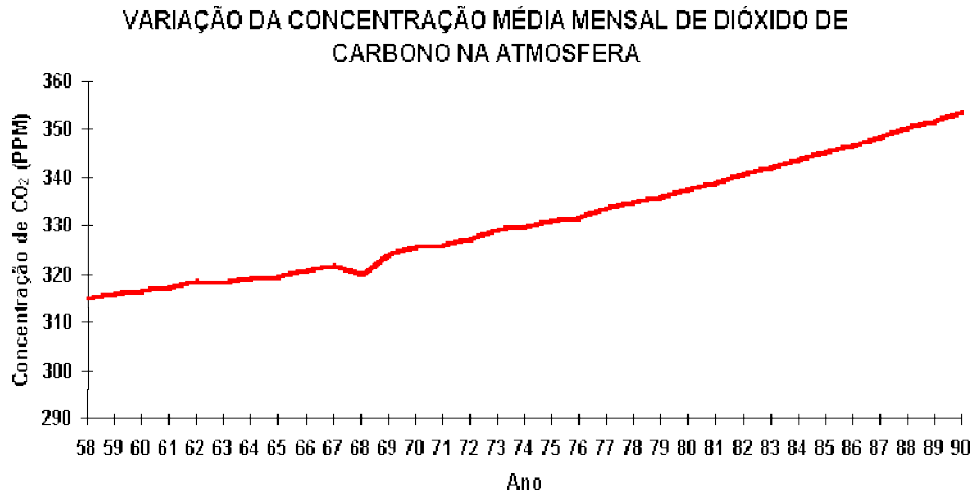


Figura 3.1 – Variação da concentração média mensal de CO₂ na Atmosfera
Fonte: Estação de monitoramento de Mauna Loa, Hawai, 1998

Observando uma síntese do balanço energético mundial de 2000, pode-se concluir que a utilização de combustíveis fósseis continua sendo a forma de energia mais utilizada no mundo.

Na **Tabela 3.3** apresenta para análise o balanço energético mundial de 2000.

Para que se consiga obter uma radiografia efetiva do aproveitamento dos recursos energéticos dentro de um país, região ou no mundo, faz-se necessário observar sua matriz energética. Sua aplicação consiste em estudos setoriais que têm por finalidade apresentar a evolução da demanda e da oferta de energia.

Oferta e consumo	Carvão	Óleo Cru	Produtos de Petróleo	Gás	Nuclear	Hidro	Renováveis e Lixo	Outras*	Total
Produção nativa	2282,4	3657,0	----	2091,7	676,0	226,2	1093,5	51,3	1.0078,0
Importação	405,7	2063,1	708,6	531,7	---	---	0,8	41,9	3751,9
Exportação	(404,1)	(2014,0)	(773,2)	(535,7)	---	---	(0,9)	(42,0)	(3769,9)
Indústria	411,5	8,8	583,6	491,1	---	---	126,9	564,2	2186,0
Transporte	5,9	0,01	1701,4	53,7	---	---	8,5	19,3	1788,7
Outros setores	119,0	1,2	480,3	570,3	---	---	820,0	755,3	2746,1
Usos não energéticos	9,9	---	174,4	----	---	---	---	---	184,3

Tabela 3.3 – Balanço energético mundial de 2000 (Unidade EJ).

*Outras, incluindo geotérmica, solar, eletricidade, calor e ventos.

Fonte: Energy Statistics and Balances of non-OECD Countries, 2000.

A construção do balanço energético de uma região é feita levando-se em consideração todos os setores produtivos do lado da demanda e pelo lado da oferta, os centros de transformação das principais fontes de energia.

A **Figura 3.2** realiza uma comparação de como ocorreu a oferta de energia nos anos de 1973 e 2000.

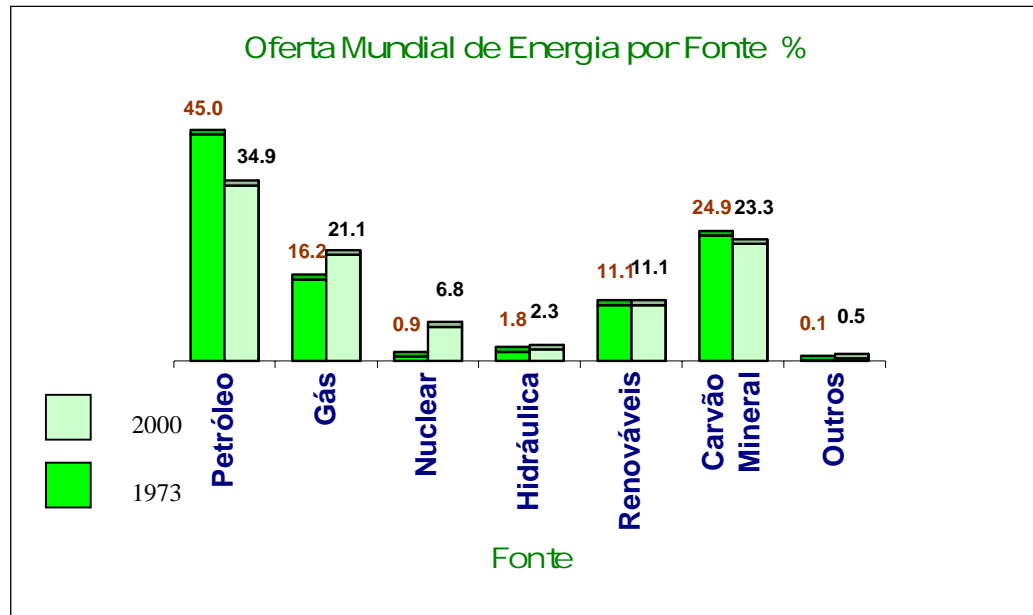


Figura 3.2 – Oferta de energia por fonte

Fonte: Ministério de Minas e Energia, BEN, 2004.

A **Figura 3.3** demonstra como era a oferta de energia por região* nos anos de 1973 e 2000.

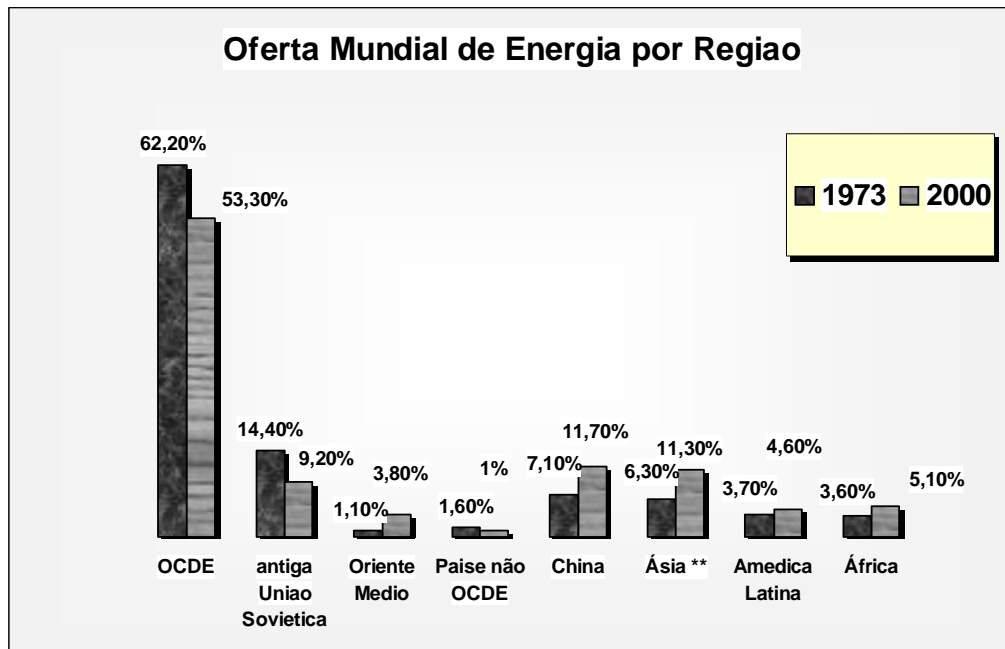


Figura 3.3 – Oferta de energia por região.

Nota:

* Excluindo *bunkers* marítimos internacionais e comércio de eletricidade.

** Sem a China.

Fonte: Ministério de Minas e Energia, BEN, 2004.

E agora, a **Figura 3.4** apresenta como evoluiu o consumo de energia por energético nos anos de 1973 e 2000.

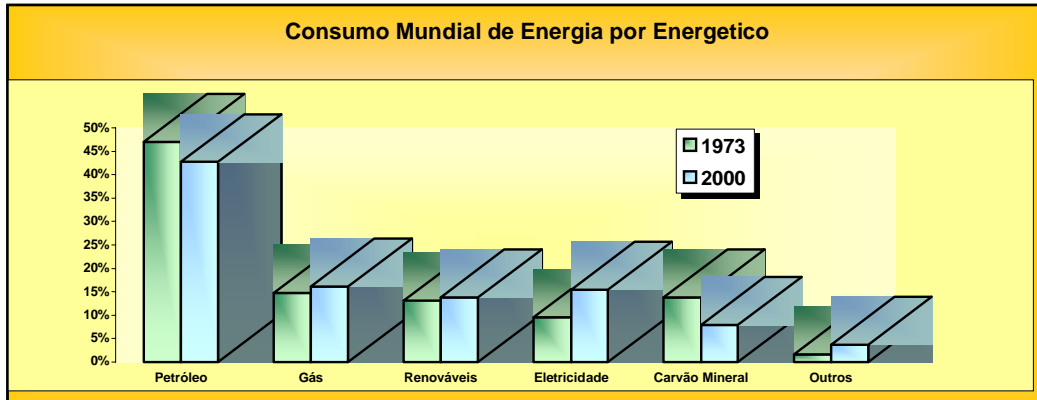


Figura 3.4 – Consumo mundial de energia por fonte.
Fonte: Ministério de Minas e Energia, BEN, 2004.

Na tentativa de gerar mais informações sobre como será o consumo de energia no mundo, a Agência Internacional de Energia, projeta dentro de um cenário normal, que a demanda de energia mundial crescerá cerca de 54% entre 1997 e 2020, o uso de petróleo 56%, de gás natural 86% e de carvão 49%. Os combustíveis fósseis seriam responsáveis por 84% do fornecimento primário total de energia em 2020, 4% acima de sua representatividade em 1997.

Nakicenovic, Grubler e Mc Donald (1998) indicam que, caso se mantenha as atuais políticas e tendências energéticas, o uso global da energia pode dobrar seus níveis até 2025, triplicar até 2050 e crescer ainda mais na segunda metade do século XXI.

O uso intensivo de energia gerada por combustíveis fósseis apresenta uma gama de problemas e desafios para a humanidade. Isto inclui altos custos, poluição do ar, aquecimento global, entre outros.

3.2.1 Altos custos

As análises mostram que o consumo de energia continuará crescendo 2% ao ano, e os investimentos necessários para garantir o fornecimento de energia, em 2050, serão de meio a um trilhão de dólares por ano, segundo o Conselho Mundial de Energia.

O aumento de investimentos em fornecimento e a conversão de energia são viáveis em alguns países, mas será bastante complicado em muitos outros.

Segundo Nakicenovic (2000), será especialmente problemático levantar grandes somas de capital para expandir o fornecimento de energia em países em desenvolvimento e de economias de transição.

Esses países têm, dentro das suas prioridades, muitos outros requisitos que incluem educação, saúde, saneamento e, na grande maioria, estão imobilizados com grandes dívidas e têm dificuldades de atrair investimentos privados.

Por outro lado, os custos da energia em países em desenvolvimento podem drenar uma considerável parcela da renda familiar. Em alguns casos, os custos de energia respondem por até 40% dos gastos de uma família (IEA, 2001).

A combinação entre as necessidades de grandes montantes financeiros para a expansão da oferta de energia e a alta parcela da renda familiar designada para o pagamento deste insumo em países subdesenvolvidos e em desenvolvimento, podem levar nações a verdadeiros colapsos energéticos.

3.2.2 Poluição local e regional do ar

A utilização de combustível fóssil tem causado prejuízos à saúde pública e desequilíbrio no ecossistema.

As atividades energéticas, segundo Holdren e Smith (2000), são responsáveis por 85% das emissões de dióxido de enxofre, 45% das emissões de particulados, 41% de emissões de chumbo, 40% das emissões de hidrocarbonetos, 20% das emissões de óxido nitroso na atmosfera. A queima de combustíveis fósseis é, também, a maior fonte de geração de produtos químicos tóxicos conhecidos como causadores de câncer.

Conforme relatório da Organização Mundial de Saúde de 1997, a poluição externa do ar é especialmente alta em áreas urbanas, causando aproximadamente 500 mil mortes no mundo e até 5% das mortes em áreas urbanas em alguns países em desenvolvimento.

A poluição do ar causada pela queima de combustíveis fósseis não é um problema apenas de países em desenvolvimento. Estima-se que as emissões das usinas de energia elétrica tenham causado cerca de US\$ 70 bilhões em danos à saúde humana, às instalações e às plantações na União Européia (Krewitt et al, 1999). Isto equivale a 4,5 centavos de dólar por kWh, aproximadamente metade do preço médio da eletricidade no varejo.

Tão grave quanto a poluição externa do ar em muitos países em desenvolvimento, a poluição interna do ar, ocasionada pela queima de lenha e de resíduos agrícolas para cozinhar e aquecer, é um perigo ainda maior para a saúde. Segundo a Organização Mundial de Saúde, a poluição interna do ar é a oitava causa de morte no mundo e os principais atingidos são mulheres e crianças.

3.2.3 Aquecimento Global

Qualquer etapa no uso final da energia, tais como extração de matéria-prima para conversão em combustível, produção de energia, transporte, distribuição e o próprio uso final, causam impactos significativos ao meio ambiente (Udaeta, 2004).

Esses impactos podem ser classificados de duas maneiras, diretos e indiretos. Os indiretos, por exemplo, são as degradações das regiões costeiras e dos mares por vazamentos de petróleo. Os diretos são ocasionados pela poluição do ar decorrida da queima de combustíveis fósseis.

As mudanças climáticas e o efeito estufa são considerados os problemas mais graves causados pelo atual uso da energia proveniente de combustível fóssil. O efeito estufa é causado pelo aumento da concentração de certos gases na atmosfera.

A atmosfera é constituída por uma mistura de gases, predominantemente nitrogênio (N₂) e oxigênio (O₂), perfazendo em conjunto 99%.

Vários outros gases encontram-se presentes em pequenas quantidades e, naturalmente, constituem os conhecidos “gases de efeito estufa”, como o dióxido de carbono (CO₂), ozônio (O₃), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), juntamente com o vapor de água (H₂O).

Segundo Goldemberg (1999), esses gases recebem tal denominação por apresentarem a propriedade de reter o calor, da mesma forma que os vidros de um carro fechado ou o revestimento de uma estufa sob a incidência do sol.

O dióxido de carbono, metano e óxido nitroso são os contribuintes gasosos da atmosfera que mais têm sido discutidos.

No entanto, atenção prioritária tem sido dedicada ao dióxido de carbono, uma vez que o volume de suas emissões na atmosfera representa algo em torno de 55% do total das emissões de gases de efeito estufa e o tempo de sua permanência na atmosfera é de pelo menos 10 décadas.

O CO₂ distribuído na atmosfera age como a cobertura de uma estufa sobre o planeta, permitindo a passagem da radiação solar, mas evitando a liberação da radiação infravermelha emitida pela Terra.

Assim, pela ação do efeito estufa natural, a atmosfera mantém-se a cerca de 30°C mais aquecida, possibilitando, com isso, a existência de vida no planeta, que sem o efeito estufa natural seria um mero deserto gelado.

Com vistas à manutenção do equilíbrio térmico, a Terra emite para o espaço a mesma proporção de energia que recebe de radiação solar. A radiação incidente atravessa as diversas camadas da atmosfera e seu retorno ocorre na forma de radiações térmicas de grande comprimento de onda, que são absorvidas pelo CO₂.

Somando-se ao processo natural, as atividades do homem, também denominadas antrópicas, estão resultando em contribuições adicionais de gases de efeito estufa, acentuando a concentração dos mesmos na atmosfera e, conseqüentemente, ampliando a capacidade de absorção de energia que naturalmente já possuem.

As emissões antrópicas de CO₂ decorrem, principalmente, da queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural) em usinas termoelétricas e indústrias, veículos em circulação e sistemas domésticos de aquecimento.

Reservatórios naturais e sumidouros que têm a propriedade de absorver o CO₂ do ar são também afetados por ação antrópica, como as queimadas e os desmatamentos.

O aumento das concentrações de gases como o CO₂ acima do natural pode ser potencialmente perigoso, com possíveis conseqüências catastróficas para a humanidade, como o aumento do nível do mar.

Embora o clima tenha sempre variado de modo natural, resultados de pesquisas e simulações sofisticadas vêm sinalizando evidências de que as emissões excessivas de dióxido de carbono, metano e óxido nitroso podem provocar mudança permanente e irreversível no clima, imprimindo novos padrões no regime dos ventos, intensidade pluviométrica e circulação dos oceanos.

Assim como o aumento na sua oscilação, indícios de ocorrência de temperaturas médias mais elevadas têm sido observados.

Nos últimos 70 anos, registrou-se um aumento médio de 0,6°C na temperatura da superfície do globo.

Vale citar que os níveis de CO₂ aumentaram em volume de 280 partes por milhão no período que antecede à Revolução Industrial, para quase 360 partes por milhão nos dias de hoje.

As atividades relacionadas à energia, principalmente a queima de combustíveis fósseis, produzem cerca de 78 % de emissões de dióxido de carbono e 23% de emissões de metano provocadas pelos homens (Holdren e Smith, 2000). O dióxido de carbono e o metano são responsáveis por cerca de 80% do aquecimento ocorrido desde a era pré-industrial devido às emissões de gases de longa resistência na atmosfera.

Em 2001, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change) apresentou um relatório com dados atualizados sobre as mudanças globais. As principais conclusões deste relatório foram:

- a concentração atmosférica dos gases de efeito estufa está sendo substancialmente aumentada pela atividade humana;
- a temperatura média do ar da superfície terrestre aumentou de 0,3 a 0,6 ° C nos últimos cem anos;
- estimativas indicam que a temperatura média global da superfície pode aumentar cerca de 1,5 a 4,5 ° C, caso a concentração de CO₂ seja duplicada;
- o nível do mar pode elevar-se cerca de 0,2 a 0,8 metros, se a concentração de CO₂ for duplicada (excluindo-se o derretimento de calotas polares);
- no futuro, as taxas de aquecimento estarão entre 0,12 e 0,26 °C, sendo que historicamente a taxa máxima de aumento tem sido de 0,1 °C / década.

Vale lembrar, que em 1896, o cientista sueco Svante Arrhenius já chamava a atenção para os possíveis efeitos do aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera, mas o assunto permaneceu apenas na esfera acadêmica até meados do século passado. O gás carbônico não é o único que contribui para esse efeito.

A **Figura 3.5** apresenta a contribuição dos gases de efeito estufa para o aquecimento global.

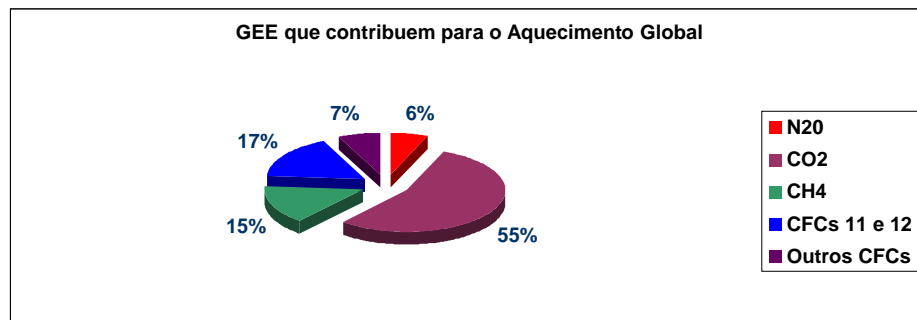


Figura 3.5 – GEE que contribuem para o aquecimento global.

Fonte: Nakicenovic, 1990.

A **Tabela 3.4** relaciona esses gases com as suas respectivas fontes antropogênicas, pode-se também verificar o aumento da concentração desses gases desde a era pré-industrial até o ano de 1994 e qual é o tempo de vida médio deles na atmosfera.

A capacidade desses gases de contribuir para o aquecimento global depende de seu tempo de vida na atmosfera, de suas interações com outros gases e com o vapor de água.

Gás	Fórmula	Concentração na era pré-industrial (ppbv)	Concentração em 1994 (ppbv)	Tempo de vida na atmosfera *** anos	Fonte de produção
Dióxido De Carbono	CO ₂	278.000	358.000	Variável	Queima de combustível Fóssil
					Alteração do uso da terra
					Produção de cimento
Metano	CH ₄	700	1721	12,2 +/-	Combustível Fóssil
					Plantação de arroz
					Aterro sanitário
					Criação de gado
Óxido Nitroso	N ₂ O	275	311	120	Combustão na produção de fertilizante
CFC 12	CCl ₂ F ₂	0	0,503	102	Fluído para refrigeração espuma
HCFC 22	CHClF ₂	0	0,105	12,1	Fluído para refrigeração
Perfluormetano	CF ₄	0	0,070	50.000	Produção de alumínio
Hexafluoreto de Enxofre	SF ₆	0	0,032	3.200	Fluido Dielétrico

Tabela 3.4 - Relaciona os gases de efeito estufa, com as suas respectivas fontes antropogênicas.

Fonte: UNEP-GRID/ Arendal. (2005).

Notas: ppbv = partes por bilhão por volume.

*GWP (Global Potencial Warming) para um horizonte de cem anos.

**Inclui efeitos indiretos da produção de ozônio na troposfera e produção de vapor de água na estratosfera.

***Não se pode definir o tempo de vida para o CO₂ em razão das diferentes taxas de fixação do gás por diferentes processos (IPCC, SAR, p.15).

Essa capacidade é medida por um indicador chamado potencial de aquecimento global (PAG), que pode ser observado na **Tabela 3.5**.

Tendo em vista que uma parcela considerável das emissões de GEE, cerca de 60%, é resultado da produção e do uso de energia, torna-se necessário avaliar as categorias de produção da energia no mundo. Isto deve-se ao fato de que, quanto maior a produção de energia em usinas termoelétricas, maiores serão as emissões de gás carbônico na atmosfera.

Gás	Potencial de Aquecimento Global
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	270
CFC 11	3400
CFC 12	7100
HCFC 22	1600

Tabela 3.5 – Relação dos GEE com o PAG
 Fonte: The IPCC Scientific Assessment, Cambridge, UK, Cambridge University Press, 1995.

A **Figura 3.6** mostra a distribuição da produção de energia segundo as suas formas de geração.

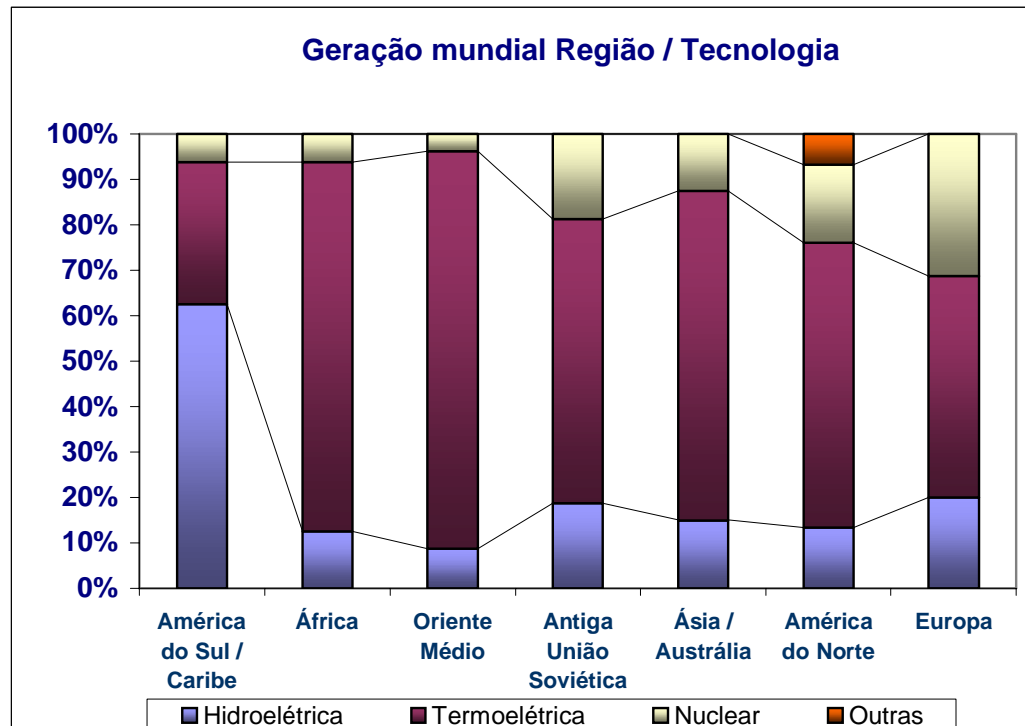


Figura 3.6 – Geração mundial Região / Fonte
 Fonte: Conservação de energia – Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos, 2001.

Como pode-se verificar, a tecnologia mais utilizada para a geração de energia elétrica no mundo são as termoelétricas, alimentadas por combustíveis fósseis. A comunidade acadêmica, a sociedade e os governantes deste planeta buscam alternativas ao uso destes insumos como forma de geração de energia elétrica, pois alguns efeitos já começaram a ser percebidos.

Alguns dos principais efeitos adversos sinalizados e já percebidos nos dias atuais são:

- Aumento do nível do mar;
- Alteração do suprimento de água doce;
- Maiores números de ciclones;
- Tempestades de chuva e neve, fortes e mais frequentes;
- Fortes e rápidos ressecamento do solo.

Dados obtidos em amostras de árvores, corais glaciais e outros métodos indiretos, sugerem que as atuais temperaturas da superfície da Terra estão mais quentes do que em qualquer época dos últimos 600 anos.

3.3 A energia limpa e sustentável

Nos últimos anos cientistas e pesquisadores do mundo todo têm se dedicado para o desenvolvimento de novas tecnologias que possam contribuir para a diminuição dos impactos ambientais originados pelo uso e exploração da energia.

Grandes avanços foram alcançados nas últimas décadas, alguns exemplos que se pode citar seriam a introdução de turbinas eólicas para geração de energia no mercado, veículos mais eficientes, a evolução da tecnologia das células combustíveis e na conversão da energia.

O desenvolvimento dessas tecnologias, além de levar alguns anos, às vezes décadas, também envolve custos adicionais de implementação, que em alguns casos, podem ser significativos, existindo assim a necessidade de desenvolvimentos de políticas que suportem pesquisas e avanços tecnológicos.

O comprometimento dos governantes mundiais com esse tema é de fundamental importância para o desenvolvimento de políticas públicas que beneficiem as energias renováveis e subsidiem os processos de pesquisa e desenvolvimento destas novas formas de geração. É imprescindível a atuação dos políticos na transformação do cenário mundial para

uma participação maior e economicamente mais viável das energias renováveis, só assim pode se almejar um futuro mais sustentável dentro da indústria da energia.

Segundo a Winrock International (2002), o Brasil dispõe de abundantes recursos de energias renováveis, incluindo os eólicos, os solares e os bioenergéticos, sem falar no grande potencial de geração hídrica de pequena escala. A expansão do uso de energias renováveis poderia ajudar a diversificar os suprimentos de energia, estimular novas indústrias, criar empregos e contribuir para o desenvolvimento econômico e social das regiões rurais do Brasil, que são as mais carentes.

A geração descentralizada e renovável é de fundamental importância para a sustentabilidade das comunidades que não são atendidas pelo benefício da energia em seus domínios. Faz-se necessário pensar na energia como um vetor de desenvolvimento para estas comunidades, melhorando substancialmente os processos produtivos e a geração de renda das pessoas, buscando como produto final a melhoria da qualidade de vida dos moradores.

O importante a ser ressaltado neste momento, é que existe uma grande interfase entre os temas sustentabilidade e energia, tanto no que tange a preocupação do desenvolvimento de processos de geração de energia mais sustentáveis ambientalmente quanto à necessidade de acesso a energia para o desenvolvimento de um mundo menos desigual entre as pessoas.

Atualmente, existe um grande esforço global que demonstra a necessidade da criação de um novo paradigma energético aliado ao objetivo de atingir o desenvolvimento sustentável. Segundo Udaeta (2004), isso precisa ser discutido a nível, internacional, nacional e regional, e analisado em suas perspectivas e prioridades. A falta de conhecimento sobre o assunto por grande parte da população, cria um ambiente desfavorável para a realização de debates e um comprometimento maior da humanidade.

Muitas das medidas sugeridas para alcançar o desenvolvimento sustentável encontram grandes dificuldades de implementação e, por vezes, podem ser inviáveis em certas regiões, o que mostra a necessidade de maiores esforços para a sugestão de medidas alternativas.

Alguns países já vêm trabalhando em políticas públicas, conscientização populacional, isenção de impostos e subsídios para o desenvolvimento das energias renováveis. Estes esforços estão sendo realizados tanto por países que tem como obrigação a redução de emissões de gases de efeito estufa, como na Alemanha, mais também em países como o Brasil, que mesmo sem a obrigatoriedade de reduzir as suas emissões criou o maior programa de incentivo as energias renováveis do mundo o PROINFA.

Todo este esforço ainda é pouco, existe a necessidade de novas fontes de financiamento para o desenvolvimento de pesquisas sobre energias renováveis e mudanças

climáticas. Poderia se criar um fundo setorial, com recursos oriundo das transações realizadas dentro do arcabouço do Protocolo de Quioto, e administrado pelo UNFCCC, que teria como objetivo fomentar pesquisas sobre os respectivos temas.

Assim haveria maior fluxo de recursos financeiros para financiar pesquisas em torno deste tema.

A **Tabela 3.6** demonstra uma estrutura funcional para se atingir o desenvolvimento sustentável.

Temas Objetivos	Definição de Estruturação	Exemplos de Desenvolvimento Sustentável
Estratégias	Amplos caminhos para se alcançar um objetivo	Fomentar o Desenvolvimento Sustentável
Políticas	Cursos dos atos para atingir estratégias	Fazendo os mercados funcionarem melhor
Instrumentos Políticos	Medidas específicas usadas	Padrões de eficiência
		Políticas de aquisição pública
		Acordos voluntários
		Taxas e incentivos
		Troca de combustível
		Obrigação de comprar energia de fontes renováveis
		Obrigação de fornecer energia de fontes renováveis
		Apoio a pesquisa e desenvolvimento de projetos
		Diminuindo os custos de novas tecnologias para mais rápida implementação

Tabela: 3.6 - Estrutura funcional para o desenvolvimento sustentável.

Fonte: Jefferson, 2000.

3.4. Considerações finais

Atualmente, existe uma grande dependência mundial pelo uso de combustíveis fósseis, principalmente no que se refere à necessidade de geração de eletricidade.

Apesar da existência de vários gases de efeito estufa com poderes muito maiores de causar o aquecimento global, é o dióxido de carbono responsável pela maior parte da concentração na atmosfera.

O aquecimento global causado pela concentração de gases de efeito estufa é uma realidade, inúmeros estudos realizados por diversas instituições demonstram que se a

humanidade continuar a utilizar os combustíveis fósseis no mesmo ritmo, esta atitude, estará colocando em risco milhões de pessoas.

Segundo o pesquisador nigeriano Nyong (2005), as temperaturas podem subir 2°C e as chuvas podem sofrer uma redução de 10% por volta de 2050 se a tendência atual de aquecimento continuar. Isso significaria secas mais graves que, de acordo com Nyong, poderiam levar a fome para milhões de africanos.

Os "refugiados do clima" fogem da seca que deve tornar estéreis diversas zonas de cultivo e das inundações. Calcula-se que só a Índia terá 30 milhões de refugiados devido às enchentes, e que um sexto do território de Bangladesh pode sumir sob as águas ou ter seu solo arrasado.

Assim, o desenvolvimento de fontes de energia mais limpas, que garantam o desenvolvimento sustentável de nosso planeta, é de total importância para evitar grandes tragédias mundiais.

CAPÍTULO 4

4 O MERCADO DE CRÉDITO DE CARBONO

4.1 Considerações iniciais

Este capítulo abordará de maneira clara, as relações e mecanismos que se aplicam no desenvolvimento de projetos de redução de emissões de gases de efeito estufa. Apresentará, também, toda a evolução deste mercado e como encontram-se, atualmente, os processos de transações dos certificados de carbono.

4.2 A evolução das políticas mitigatórias de contenção do aquecimento global.

Desde o início da Revolução Industrial, existem pesquisa que demonstram que a temperatura da terra está aumentando, não isoladamente em uma região, mas sim em todo planeta. Este aumento gradual da temperatura terrestre está sendo ocasionado pelo aumento da concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera. Tal fato é decorrente do aumento progressivo do uso de combustíveis fósseis pelo homem. Estas ações antrópicas são necessárias para garantir a oferta de energia elétrica, para atender a demanda contínua e crescente deste insumo. A energia elétrica é fundamental para o desenvolvimento industrial e o bem estar da humanidade. Estas ações, associadas ao desmatamento de novas áreas para a ocupação e o uso da terra para outras finalidades, somente está acelerando o processo de aquecimento global.

A partir da década de 50, pesquisadores começaram a relacionar o aumento da temperatura terrestre com a concentração de gases de efeito estufa. Assim, este tema começou a tornar-se cada vez mais discutido e pesquisado, desta forma gerando preocupação para cientistas do mundo todo, sobre as futuras implicações ao meio ambiente.

Em 1988 ocorreu o primeiro encontro entre governantes e cientistas sobre as mudanças climáticas, realizado em Toronto, Canadá. Desde então, uma sucessão de anos com

altas temperaturas, tem batido os recordes mundiais de calor, fazendo da década de 1990 a mais quente desde que existem registros.

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e a Organização Meteorológica Mundial (OMM), a partir da década de 90 começaram a sentir a necessidade do desenvolvimento de um acordo que tratasse desse tema.

Assim dando resposta a essas pressões, criaram um grupo de trabalho intergovernamental que se encarregou de preparar um tratado. A primeira ação efetiva foi a criação do Painel Intergovernamental em Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) e, na área política, com a Organização das Nações Unidas estabelecendo o Comitê Intergovernamental de Negociação para a Convenção-Quadro sobre Mudança do Clima (INC/FCCC), que mais tarde culminou na criação da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – CQNUMC (UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change).

Em 1992, durante a Cúpula da Terra, realizada no Rio de Janeiro (ECO- 92), cerca de 150 países, mais a União Européia, assinaram a convenção. Assim, em 21 de março de 1994 a convenção entrou em vigor, e atualmente são 184 países que unidos se comprometem a reduzir a concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera.

Para conseguir maior representatividade junto ao CQNUMC os países agruparam-se. A **Tabela 4.1** relacionará o nome dos grupos e seus respectivos representantes.

Grupo dos 77 e China	Representa os interesses de 132 países em desenvolvimento e busca harmonizar as posições de negociação entre seus membros (o Brasil faz parte deste grupo);
AOSIS	Aliança de Pequenos Países Insulares: 43 países vulneráveis à elevação do mar;
União Européia	Representa os 25 países da Comunidade Européia - votam em bloco;
JUSCANNZ	Países desenvolvidos não-europeus: Japão, EUA, Canadá, Austrália, e Nova Zelândia. São convidados deste grupo: Islândia, México e República da Coreia;
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo;
Grupo dos países Árabes	Países que estão localizados na Península Árabe.

Tabela: 4.1 - Nomes dos grupos e seus respectivos representantes na CQNUMC
Fonte: CQNUMC, 2005.

O objetivo da CQNUMC:

“O objetivo final da Convenção e, de quaisquer instrumentos jurídicos com ela relacionados que adote a Conferência das Partes, é o de alcançar, de acordo com as disposições pertinentes desta Convenção, a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera num nível que impeça uma interferência antrópica perigosa no sistema climático. Esse nível deverá ser alcançado num prazo suficiente que permita aos ecossistemas adaptarem-se naturalmente à mudança do clima, que assegure que a produção de alimentos não seja ameaçada e que permita ao desenvolvimento econômico prosseguir de maneira sustentável” (UNFCCC, 1992).

De acordo com Cenamo (2004), com o objetivo de consolidar e tornar factível as metas planejadas pelo CQNUMC, foram criados alguns órgãos, tais como:

- **COP/MOP** - Conferência das Partes: O corpo supremo da Convenção. Inclui as nações que ratificaram a UNFCCC e mais um grupo de observadores convidados (organizações internacionais como UNEP, UNCTAD, WMO, OCDE, IEA e Ong's credenciadas). O Papel da COP é promover e revisar a implementação da UNFCCC, revisar compromissos existentes periodicamente levando em conta os objetivos da convenção, divulgar trabalhos científicos novos e verificar a efetividade dos programas de mudanças climáticas nacionais.
- **CSCCT** - Corpo Subsidiário para o Conselho Científico e Técnico (*SBSTA - Subsidiary Body for Scientific and Technical Advice*): Foi estabelecido para proporcionar, para a COP e seus corpos subsidiários, informação e conselho em assuntos científicos e tecnológicos, como os provenientes do IPCC relacionados a CQNUMC.
- **CSI** - Corpo Subsidiário de Implementação (*SBI - Subsidiary Body for Implementation*): O CSI é o corpo permanente estabelecido para ajudar os participantes da CQNUMC a avaliar e implementar a Convenção.
- **FGMA** - Fundo Global para o Meio Ambiente (*GEF - Global Environment Facility*): O GEF foi estabelecido em 1991 e serve como mecanismo financiador da CQNUMC, fornecendo assim as concessões e empréstimos aos países elegíveis, para auxílio no atendimento aos objetivos da Convenção. De 1992 a 1998, seus fundos geraram empréstimos da ordem de aproximadamente U\$ 4 bilhões.

- **PIMC** - Painel Intergovernamental em Mudanças Climáticas (*IPCC*): O corpo é responsável pelas avaliações técnicas e científicas no apoio a CQNUMC. Consiste em milhares de cientistas do mundo inteiro e entrega anualmente relatórios de avaliação referentes às mudanças climáticas e seus possíveis impactos globais.

4.3 As Conferências das Partes (COPs), e suas principais resoluções.

4.3.1 COP 1 Berlim, Alemanha (28/03 a 07/04 de 1995)

Na última semana de março de 1995, iniciou-se em Berlim, Alemanha, a 1ª Conferência das Partes, a COP1. Estiveram presentes delegados de 117 países que estabeleceram o Mandato de Berlim, que teve como objetivo principal mitigar ações ativas sobre o efeito estufa. Entre inúmeras resoluções do tratado, foi estabelecida a primeira revisão sobre o compromisso dos países desenvolvidos em reduzirem as suas emissões para os níveis de 1990 até o ano 2000, porém não seria suficiente para atingir os objetivos de longo prazo da CQNUMC. Assim, as Partes entraram num consenso de que seria necessária a elaboração de um protocolo com o comprometimento legal dos participantes em tornar oficial a questão, tendo como prazo final da apresentação do documento o ano de 1997.

Foi adotado como alternativa para o cumprimento das metas de reduções de emissões de gases de efeito estufa, ainda como medida piloto, as Atividades Implementadas Conjuntamente – AIC, que são atividades referentes à diminuição de emissões de gases de efeito estufa ou projetos de seqüestro de carbono, que poderão ser realizadas através da sociedade entre investidores de países desenvolvidos (países do Anexo 1) e um país hospedeiro. O propósito é testar o desafio envolvido implementando projetos em comum, com o patrocínio de tecnologia e a transferência de experiência.

Como consequência do Mandato de Berlim e com o objetivo de fortalecer o compromisso dos países desenvolvidos em reduzir as suas emissões, foi criado o *Grupo Ad Hoc* sobre o Mandato de Berlim (AGBM) e, desta forma, começaram os primeiros esboços de protocolo que após alguns encontros foi apresentando à COP 3, e mais tarde culminou na adoção do Protocolo de Quioto.

Foi estabelecido um grupo para conduzir o processo que deveria ser capaz de tomar ações apropriadas para além do ano 2000, incluindo o fortalecimento dos compromettimentos entre as Partes do Anexo I (CARPENTER, 1995).

4.3.2 COP 2 Genebra, Suíça (08 a 19/6 de 1996)

Na Suíça, ficou decidido que os países em desenvolvimento (países que não pertencem ao Anexo I, ou seja, não necessitam reduzir as suas emissões) deveriam enviar uma comunicação preliminar a CQNUMC, na qual estariam solicitando auxílio financeiro e tecnológico proveniente do Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF); que estaria colocando as orientações para os países interessados em receber a assistência, na terceira Conferência das Partes.

Para Viola & Leis (2001), os EUA assumiram uma posição de liderança nesta Conferência, enfatizando a urgência de se negociar metas obrigatórias e introduzindo o conceito de cotas comercializáveis de emissão de carbono, que serviriam como mecanismo de flexibilidade, complementar aos esforços domésticos para atendimento das metas de emissão.

4.3.3 COP 3 Quioto, Japão (01 a 10/12 de 1997) – Protocolo de Quioto

Desde a criação da CQNUMC, já esperava-se uma ação mais enérgica no combate das emissões dos gases de efeito estufa. Com um cenário favorável no campo político e com grandes avanços na área científica, a Convenção adotou compromissos adicionais.

Com representantes de 159 países reunidos em Quioto, foi realizada a 3ª Conferências das Partes, e após votação foi adotado por consenso o protocolo, tornando-se um dos marcos mais importantes desde a criação da CQNUMC.

O Protocolo de Quioto define que os países industrializados (Anexo I) reduziriam em pelo menos 5,2% suas emissões combinadas de gases de efeito estufa em relação aos níveis de 1990.

Para que o Protocolo de Quioto entrasse em vigor, ficou decidido que seria necessária a ratificação de pelo menos 55 países, e que juntos deveriam corresponder por pelo menos 55% das emissões globais de GEEs. Ao ser ratificado, o Protocolo passaria a vigorar no prazo de 90 dias, o que significa que passaria a ter um compromisso legal vinculando todas as Partes envolvidas e a não complacência de alguma Parte estaria sujeita a penalidades.

A COP 3 marca, então, o começo de difíceis rodadas de negociações para tornar eficaz o Protocolo (BHANDARI, 1998).

Após muitas rodadas de negociações, acordos políticos e interesses múltiplos atendidos, o tema foi levado para a Câmara Baixa do Parlamento Russo para discussão, país este que naquele momento tinha o poder de atingir as metas para a ratificação do Protocolo de Quioto.

Com a votação a favor da entrada da Rússia pela DUMA (Câmara Baixa do Parlamento Russo) em 22 de outubro de 2004, o Protocolo de Quioto conseguiu atingir os números necessários para sua ratificação; Os países que já haviam ratificado somavam apenas 44% das emissões mundiais de 1990 e com a entrada da Rússia responsável por 17,2 % das emissões globais de 1990, conseguiu-se atingir os 55% necessários para a ratificação do protocolo. Desta forma, o Protocolo de Quioto entrou em vigor no dia 16 de fevereiro de 2005.

4.3.4 COP 4 Buenos Aires , Argentina (02 a 13/11 de 1998)

Na COP 4, foi elaborado e adotado por 170 países o Plano de Ação de Buenos Aires, que tinha como perspectiva elaborar um pacote de metas visando a preparação da entrada em vigor do Protocolo.

As metas que preocupavam os participantes deste encontro eram:

- Mecanismos de financiamento;
- Desenvolvimento e transferência de tecnologias;
- Implementação dos artigos 4.8 e 4.9 da Convenção, (Relacionados às obrigações dos países signatários, no fornecimento de auxílio financeiro e transferência de tecnologias aos países em desenvolvimento e/ou mais susceptíveis aos impactos das mudanças climáticas);
- Atividades implementadas conjuntamente em fase piloto;
- Programa de trabalho dos mecanismos do Protocolo de Quioto;

Preparação para a primeira Conferência das Partes servindo ao Protocolo de Quioto, incluindo o desenvolvimento dos elementos do Protocolo relacionados à complacência, políticas e medidas, voltados à mitigação da mudança climática.

No âmbito mais geral havia, ainda, questões a serem tratadas no nível da CQNUMC, como capacitação, desenvolvimento e transferência de tecnologia, assistência aos países em desenvolvimento - particularmente os mais vulneráveis aos efeitos adversos das mudanças climáticas, e /ou ações realizadas pelos países industrializados para combater as mudanças climáticas (GUTIÉRREZ *et alli*, 2003).

4.3.5 COP 5 Bonn, Alemanha (25/10 a 05/11 de 1999)

Na 5ª Conferência das Partes, foram decididas questões relativas à implementação do Plano de Ação de Buenos Aires, sendo que as Partes deveriam intensificar o trabalho preparatório necessário para que fossem tomadas decisões com relação ao Plano na COP 6. Foram também abordados aspectos relativos à questão do Uso da Terra, Mudança de Uso da Terra e Florestas (LULUCF), capacitação dos países em desenvolvimento (países não-Anexo I) e atividades implementadas conjuntamente em fase piloto.

Para Betelli (1999), ao final da COP-5, houve um senso de otimismo renovado, encorajado pela determinação de acelerar os trabalhos para a COP 6.

4.3.6 COP 6 Haia, Holanda (13 a 24/11 de 2000)

Devido a muitos conflitos e divergências, a 6ª Conferência das Partes não pôde ser concluída. O Presidente da COP 6, Jan Pronk, divulgou uma nota de sua autoria tratando de questões essenciais que permaneceram sem solução nos documentos transmitidos à Conferência pelos seus órgãos subsidiários. As questões tratadas referiam-se principalmente ao Plano de Ação de Buenos Aires e a questões de financiamento aos países em desenvolvimento, além de alguns aspectos relativos ao Comércio de Emissões e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

Em 25 de novembro, o Presidente Pronk anunciou que os delegados haviam falhado em atingir um acordo. Os delegados, então, concordaram em suspender a reunião, para concluí-la no ano seguinte (GUTIÉRREZ *et alli*, 2003).

Ficou então acertado que a COP 6 seria retomada em 2001 para que fossem concluídas as questões que ficaram sem solução.

4.3.7 COP 6-Bis Bonn, Alemanha (16 a 27/7 de 2001)

A COP 6 foi então reconvocada para ser realizada em Bonn, sob uma série de incertezas quanto ao futuro do Protocolo, havendo inclusive expectativas de que esta seria a última COP realizada (em parte devido aos EUA terem renunciado ao Protocolo).

Em março de 2001, poucos meses antes da realização da COP-6 Parte II, a Administração Bush retirou os Estados Unidos do Protocolo de Quioto, baseado nas preocupações acima, bem como em preocupações relacionadas às incertezas científicas sobre o aquecimento global e a suposta potencialidade devastadora do Protocolo para a economia americana. A administração Bush prometeu promover futuras pesquisas sobre as questões do aquecimento global e trabalhar para reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Após o anúncio da Administração Bush, outras nações como Japão, Rússia, Canadá e Austrália expressaram relutância similar em ratificar o Protocolo (TYLER, 2001).

Porém, a COP 6-bis superou as expectativas e ficou conhecida por ter sido a Conferência que “salvou” o Protocolo de Quioto. O “sucesso” obtido na segunda edição da sexta Conferência das Partes aconteceu principalmente por um acordo em que concessões foram feitas para agradar aos interesses dos países em conflito.

Durante a COP 6-bis, tomou-se como consenso a necessidade de se atacar diretamente os pontos essenciais do Plano de Ação de Buenos Aires. Para tanto, as seguintes questões adicionais foram estabelecidas:

- Há a necessidade da criação de um fundo especial para Mudanças Climáticas além do GEF;
- Níveis adequados estabelecidos previamente devem se fazer disponíveis aos países fora do Anexo I;
- Partes incluídas no Anexo I e Anexo II, quando possível, devem financiar países em desenvolvimento, diretamente, através do fundo especial para mudança climática, do reabastecimento do GEF e de canais unilaterais e multilaterais;
- Devem ser desenvolvidas modalidades apropriadas para a divisão da responsabilidade entre os Países do Anexo II.

4.3.8 COP 7- Marrakesh, Marrocos (29/10 a 09/11 de 2001)

A 7ª Conferência das Partes foi essencial para que fossem definidas as regras operacionais para tentar colocar em prática o “Acordo de Bonn” e o Protocolo de Quioto.

Para se chegar a esse pacote de regras, novamente foi necessário que os Países da UE e o G77/China, cedessem espaço aos países do Grupo “Umbrella”. O objetivo destes países era chegar a um acordo no qual o sistema de cumprimento (“compliance”) não tivesse vínculo legal; que houvesse poucos critérios de elegibilidade para a utilização dos mecanismos de flexibilização; que houvesse pouca participação pública e transparência; e que não houvesse um detalhamento específico sobre os sumidouros (sinks). O objetivo do Grupo Umbrella não foi atendido, mas com concessões de ambos os lados, um acordo foi fechado.

O “Acordo de Marrakesh”, entre outras coisas, define as regras operacionais para LULUCF, mecanismos de flexibilização (MDL, Implementação Conjunta e Comércio de Emissões) e Artigos 5, 7 e 8 que tratam respectivamente do inventário nacional de emissões das informações adicionais à Convenção derivadas do Protocolo e do processo de revisão das comunicações nacionais.

Para Jotzo e Michaelowa (2002), de maneira geral, foram estabelecidas as seguintes regras:

Haverá uma limitação para a utilização de créditos oriundos de florestas e agricultura, e limites de transferência para estas unidades de crédito;

- Existirá fungibilidade entre todas as unidades de crédito:
 - AAUs - Unidades de Quantidade Atribuída; quantidade das emissões que uma nação deve reduzir, como parte de seus compromissos junto à Convenção, que inclusive podem ser utilizadas para serem comercializadas internacionalmente. Um UQA (AAU) é definido como uma tonelada de CO₂equivalente.
 - RCEs - Reduções Certificadas de Emissão; durante a COP 9, adotou-se a definição de duas modalidades de reduções certificadas de emissão, as RCEs temporárias (tRCEs) e as RCEs de longo período (lRCEs). As RCEs temporárias são os certificados emitidos para uma atividade de projeto florestal, que expiram no final do período de compromisso, ao qual os créditos foram submetidos. As RCEs de longo prazo são as RCEs de um projeto florestal que expiram apenas ao final do período de creditação, ao qual foi submetido o projeto de MDL.

- Serão permitidos projetos unilaterais de MDL (sem participação de um país do Anexo D);
- Foram estabelecidos fundos internacionais para ajudarem os países menos desenvolvidos a se adaptarem aos efeitos das mudanças climáticas.

4.3.9 COP 8 - Nova Deli, Índia (23/10 a 01/11 de 2002)

A 8ª Conferência das Partes contou com 4.352 participantes de 167 Partes e 213 organizações não-governamentais e inter-governamentais. Havia certa expectativa quanto à definição das modalidades e procedimentos para as atividades de reflorestamento e afflorestamento, no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), o que não se concretizou.

Durante a COP 8 foram discutidas as definições ainda pendentes dos Acordos de Marrakesh sobre temas como florestas, permanência, adicionalidade, linha de base, vazamentos (“leakages”), período de creditação, mas não foi obtido nenhum resultado concreto e ficou decidido que tais questões seriam concluídas durante a COP 9.

Nesta COP, mereceram destaque as iniciativas do setor privado e das organizações não governamentais para a ratificação do protocolo e funcionamento dos mecanismos de flexibilização. Foram apresentados diversos projetos no escopo do MDL, evidenciando a formação de mercados para o comércio de créditos de carbono e iniciativas como o PCF – Prototype Carbon Fund, CO2 e com CCX - Chicago Climate Exchange etc.

No final da COP-8 foi adotada a Declaração de Delhi sobre Mudança Climática e Desenvolvimento Sustentável. A Declaração reafirma a prioridade dada pelos países desenvolvidos à questão do desenvolvimento e erradicação da pobreza e reconhece as responsabilidades comuns, mas diferenciadas, das partes para implementação dos compromissos da CQNUMC (GUTIÉRREZ *et alli*, 2003).

4.3.10 COP 9 – Milão, Itália (01 a 12/12 de 2003)

A 9ª Conferência das Partes reuniu representantes de 180 países signatários da Convenção do Clima e teve como ponto forte a discussão sobre regras e procedimentos para projetos florestais no MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, entre outros aspectos.

Nesse sentido, o grande avanço realizado foi o fechamento de um “pacote de regras” que define a maneira como os projetos de florestamento e reflorestamento (no Protocolo, a

modalidade de conservação de florestas não faz parte) deverão ser conduzidos para reconhecimento junto à Convenção do Clima e obtenção de créditos de carbono no escopo do MDL.

Das principais questões que estavam em discussão anteriormente, foram fechadas as seguintes definições que merecem destaque:

- **Limite do projeto:** As áreas de reflorestamento de um Projeto Florestal poderão ser descontínuas (desconexas), ou seja, um mesmo projeto poderá ter reflorestamentos em duas áreas distantes, ao contrário do que queria o Brasil;
- **Questão da permanência das RCEs:** Nesta questão, foi acertada a adoção de RCEs temporárias (*tCERs*) e RCEs de longo prazo (*ICERs*):
 - **RCEs temporárias:** As RCEs temporárias são válidas apenas durante o período de comprometimento em que foram emitidas. Por exemplo, as RCEs geradas em um projeto de reflorestamento/florestamento que está em andamento (gerando RCEs), serão válidas apenas para o primeiro período de comprometimento (2008 a 2012) e após 2012, deixam de valer como RCEs.
 - **RCEs de longo prazo:** Os créditos de longo prazo de um projeto de reflorestamento expiram apenas ao final do período de creditação, sob o qual foi submetido o projeto de MDL.
- **Projetos Florestais de Pequena Escala** (*Small-scale afforestation and reforestation project activities*): São aqueles projetos desenvolvidos por pequenas comunidades (que geralmente apresentam certa dificuldade e condições particulares de participação no MDL) definidas pelo país onde o projeto está instalado, não podendo ultrapassar a remoção de 8 mil toneladas de CO₂ por ano. Caso o Projeto de Pequena Escala ultrapasse essa quantidade de 8 mil toneladas de CO₂ por ano, o excesso não será elegível à aquisição de RCEs.

Para Kopp (2003), a COP 9 poderá ser lembrada como o ponto no qual o mundo começou a reconhecer que a redução das emissões de gases de efeito estufa tornou-se mais difícil do que muitas pessoas haviam esperado.

4.3.11 COP 10 - Buenos Aires, Argentina (06 a 17/12 de 2004).

Buenos Aires foi sede pela segunda vez da Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, e a décima edição foi um marco histórico, pois foi realizada aproximadamente dois meses antes da entrada em vigor do Protocolo de Quioto,

desta forma trazendo em sua pauta de discussões temas polêmicos, mais imprescindíveis na garantia de um futuro melhor ao planeta.

A 10ª COP iniciou-se no dia 6 de dezembro de 2004, com ar de batalha ganha, porém com a certeza de ter um grande desafio a frente para vencer.

Uma batalha que se iniciou na cidade do Rio de Janeiro em 1992 na “Eco 92”, e que, entretanto foram necessários 14 anos para que uma ação concreta fosse efetivamente tomada a Ratificação do Protocolo de Quioto.

A entrada em vigor do Protocolo é um pequeno passo, dentro do imenso desafio de frear a tendência de aquecimento global. Novas regras deverão ser discutidas, a humanidade terá obrigação de buscar novos objetivos e metas.

Atualmente, o cenário mundial encontra-se com mudanças significativas, o protocolo estabelece que os países em desenvolvimento não necessitem reduzir as suas emissões, sendo que a China e a Índia são responsáveis por 40% das emissões mundiais nos dias de hoje e também não pode-se esquecer do Brasil que é o país que mais desmata na atualidade, uma área equivalente ao estado de Alagoas por ano.

O aquecimento global foi constatado por três dos maiores centros de pesquisas do mundo, Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas da ONU e a Organização Mundial Meteorológica e seus modelos computacionais prevêem incrementos na temperatura da Terra entre 1,4°. C a 5,8°. C.

Outros pesquisadores argumentam que toda a ação que será desenvolvida dentro do Protocolo de Quioto para reduzir os níveis de emissões de gases de efeito estufa irá evitar o aquecimento global em apenas 0,1°. C.

O mais importante neste momento não são os números alcançados pelo acordo, mas é trazer a tona este tema que durante anos assusta os cientistas e agora está sendo discutido por toda humanidade e, desta forma, deverá desenvolver mudanças de atitudes entre líderes mundiais e em suas políticas ambientais.

Um dos maiores avanços da COP 10 foi a assinatura do termo de cooperação que compromete países desenvolvidos a investir em tecnologias limpas e que contribuam com o desenvolvimento sustentável dos países em desenvolvimento.

A participação brasileira na COP 10 teve particular importância pela decisão brasileira de divulgar sua Primeira Comunicação Nacional à Convenção do Clima; algo esperado por grande parte dos países participantes.

Se por um lado foram aprovadas as regras para a implantação do Protocolo de Quioto, que entrou em vigor no último dia 16 de fevereiro, por outro lado continuam as dúvidas sobre

a viabilidade de um novo período para o tratado depois de sua expiração em 2012. (PEW CENTER, 2004)

4.4 Políticas Nacionais sobre Mudança Climática

O Presidente da República Fernando Henrique Cardoso ratificou o Protocolo de Quioto no dia 23 de julho de 2002, desta forma o Brasil começou a desenvolver uma política sobre o tema de mudanças climáticas.

Segundo o Observatório do Clima (2004), os princípios da política devem derivar daquelas estabelecidas na Convenção sobre Mudança do Clima, no Protocolo de Quioto, na Declaração do Rio de Janeiro sobre Meio Ambiente e desenvolvimento de 1992, na agenda 21, na Constituição Federal, na Política Nacional do Meio Ambiente e na legislação nacional.

De acordo com Feldmann e Biderman (2004), o objetivo geral para uma política nacional sobre mudanças climáticas deve “articular a promoção de esforços da sociedade brasileira para a estabilidade das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera global num nível que impeça uma interferência antrópica perigosa no sistema climático, permitindo aos ecossistemas adaptarem-se naturalmente à mudança do clima, assegurando que a produção de alimentos não seja ameaçada e que o desenvolvimento econômico prossiga de maneira sustentável”.

Dando continuidade às providências previstas para implementação da Convenção – Quadro das Nações Unidas Sobre Mudança do Clima, e dando início a uma política nacional de mudança climática, podem-se relacionar, no Brasil, alguns programas e ações já desenvolvidas, relacionadas ao Desenvolvimento Sustentável.

Segundo o Ministério de Ciência e Tecnologia Brasileiro, o Programa Brasileiro do Álcool – PróAlcool, de 1975 a 2000 foram produzidos cerca de 5,6 milhões de veículos movidos a álcool hidratado. Além disso, o programa permitiu a substituição em até 25%, a gasolina consumida por álcool anidro. Essa medida atingiu nesse período uma frota superior a 10 milhões de veículos e, assim, impediu a emissão de cerca de 400 milhões de toneladas de CO₂, evitou a importação de 550 milhões de barris de petróleo e gerou uma economia de dívidas na ordem de 11,5 bilhões de dólares.

Outro programa importante, este para combater o desperdício de energia elétrica, de forma indireta, contribui para prevenir as emissões de gases de efeito estufa e o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL.

O PROCEL foi criado em 1985. Este programa foi regulamentado pela portaria 1877 de 30 de dezembro de 1985, por iniciativa conjunta do Ministério de Minas e Energia e do então Ministério da Indústria e Comércio, e desde a sua criação tem atuado de forma efetiva no combate ao desperdício de energia elétrica.

Entre os anos de 1986 a 1992, diversas iniciativas foram identificadas, porém apenas cinco linhas de ação foram desenvolvidas e implementadas:

- Etiquetas de Consumo;
- Diagnóstico energético de auto-avaliação e otimização;
- Pesquisa e desenvolvimento energético;
- Iluminação pública;
- Programas de informação, educação e promoção;

A partir de 1994, o programa com o objetivo de aumentar seu poder de articulação e coordenação incorporou novas atividades, além do aperfeiçoamento daquelas já mencionadas. As novas atividades incorporadas foram:

- Marketing;
- Setor residencial;
- Prédios públicos;
- Gestão energética municipal;
- Gestão de ponta;
- Redução de perdas do setor elétrico;
- Treinamento;
- Pesquisa e desenvolvimento tecnológico;
- Sistema de informação, gerenciamento e avaliação de resultados;

O aumento de escopo do programa somente foi possível por estabelecimento de alguns contratos internacionais a partir de 1993 e também pela cooperação do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD e Comissão Européia. O objetivo atual do projeto é promover condições para que o PROCEL atue como um órgão de conservação de energia elétrica de forma autônoma e independente.

Os resultados quantitativos do PROCEL têm sido estimado em termos de economia de energia, expressa em GWh/ano e, na redução de demanda obtida durante o horário de ponta no sistema, expressa em MW retirada ou deslocada da ponta

Os indicadores da **Tabela 4.2** mostram os resultados acumulados do PROCEL nos períodos de 1986 a 1998.

Indicadores	1986 a 1995	1996	1997	1998
Investimentos aprovados (R\$ Milhões)	63,5	50	122	159
Investimentos já realizados (R\$ Milhões)	47,3	19,6	40,6	50,4
Energia anual economizada e gerada adicional (GWh)	1846	1970	1758	1977
Usina Equivalente (MW)	435	430	1758	1977
Redução de carga na ponta (MW)	322	293	415	460
Investimento Evitado (R\$ Milhões)	870	860	830	920

Tabela 4.2 - Resultados acumulados do PROCEL nos períodos de 1986 a 1995

Fonte: Eletrobrás / PROCEL, 1998.

Outros importantes programas para o desenvolvimento sustentável foram realizados pelo governo brasileiro, como o CONPET e o Conserve.

O incentivo a geração hídrica é outra importante contribuição para o desenvolvimento sustentável e, conseqüentemente, para a redução das emissões de gases de efeito estufa no Brasil.

O Brasil caracteriza-se por ser um país de dimensões continentais, contando com oito grandes bacias hidrográficas. Segundo o Ministério de Minas e Energia, a produção hídrica em território brasileiro, definida como o escoamento médio anual dos rios que deságuam no oceano, é de 168.790 m³/s. Levando-se em consideração a vazão produzida na área da bacia Amazônica, que se encontra em território estrangeiro, estimada em 89.000 m³/s, essa disponibilidade hídrica total atinge 257.790 m³/s.

O potencial do país é avaliado atualmente em 1.268 TWh/ano (inclusive 50% da capacidade dos potenciais binacionais) dos quais apenas cerca de 24% estavam aproveitados em 2000.

Apesar de não haver dados estatísticos antes de 1950, os dados referentes à capacidade geradora instalada indicam uma predominância histórica da hidroeletricidade; A *Figura 4.1* indica como se deu a expansão da hidroeletricidade no Brasil.

O incentivo ao desenvolvimento de novas fontes de energias renováveis é outro aspecto de indicação que o país já vem trabalhando, há alguns anos, no desenvolvimento sustentável.

As novas fontes de energias renováveis incluem o uso moderno da biomassa, as PCHs, a energia eólica, a solar incluindo os painéis fotovoltaicos.

Espera-se que nos próximos dez anos, essas fontes de energia representem aproximadamente 5% da oferta nacional; As novas energias renováveis ganharam nova força após a realização da Rio-92 . Desde então, segundo dados da ANEEL, foram implantados mais de 12 MW de painéis fotovoltaicos e 21,4 MW de sistemas eólicos, que serviram para demonstrar a viabilidade técnica destas alternativas. A utilização de PCHs, bagaço de cana e biomassa de outras origens, já tradicionais no país, vem se consolidando e expandindo devido aos incentivos legais oferecidos nos últimos anos.

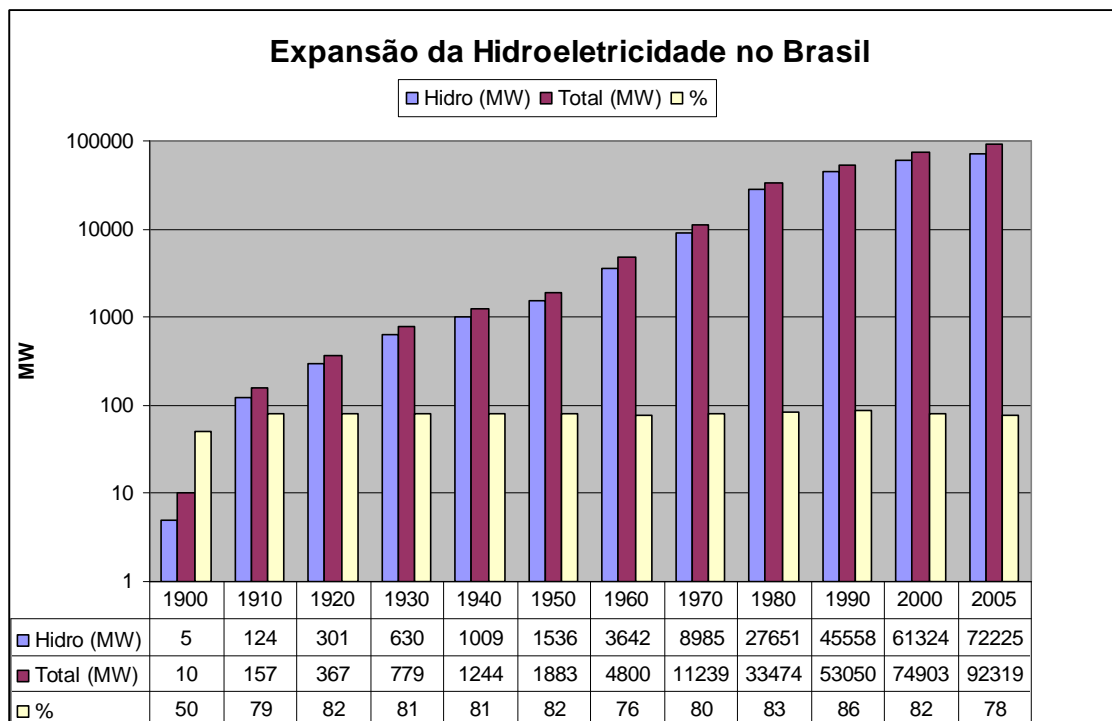


Figura 4.1 - Expansão da hidroeletricidade no Brasil.

Fonte: ANEEL, 2005.

4.4.1 Incentivo Interministerial para o Desenvolvimento das Energias Renováveis

Uma ação conjunta entre o Ministério de Minas e Energia e o Ministério de Ciência e Tecnologia foi a criação de uma rede de centros de referências em energias renováveis; Este trabalho, que teve início em 1994, tornou realidade o desenvolvimento do Centro de Referência em Energia Solar e Eólica – CRESESB (1994), Centro de Referência em Biomassa – CENBIO (1996) e o Centro de Referência em Pequenas Centrais Hidroelétricas – CERPCH (1997). O setor privado também organizou-se e criou a Associação Brasileira de Energias Renováveis e Eficiência Energética – ABEER, formada por empresas que atuam neste segmento no país.

Nos últimos anos foram criados vários incentivos legais para a consolidação e desenvolvimento das fontes renováveis no Brasil; O programa mais recente de incentivo às fontes renováveis o PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica.

Os objetivos do PROINFA são:

- Diversificação da matriz energética brasileira, aumentando a segurança no abastecimento;
- Valorização das características e potencialidades regionais e locais, com criação de empregos, capacitação e formação de mão-de-obra;
- Redução de emissão de gases de efeito estufa.

O programa visa a entrada de 3300 MW de potencia instalada, sendo 1100 MW de PCH, 1100 MW de biomassa e 1100 de eólica produzidas por Produtores Independentes de Energia - PIEs e com entrada em operação comercial de janeiro a dezembro de 2006.

O programa garante 20 anos de contrato de compra e venda de energia com a Eletrobrás, receita assegurada mínima de 70% da energia contratada durante o prazo de financiamento e proteção integral aos riscos de exposição no mercado de curto prazo.

Os resultados esperados do programa pelo governo federal estão representados da **Tabela 4.3:**

Objetivo	Resultados
Social	Intensa geração de empregos durante a operação e construção (150 mil postos de trabalho diretos e indiretos, sem considerar aqueles de efeito renda).
Tecnológico	Ampliação da indústria nacional (R\$ 4 bilhões na indústria de equipamentos e materiais).
Estratégico	Complementaridade energética sazonal (Eólica no Nordeste - cada 100 MW - médios economizam 40 m ³ /s na cascata do Rio São Francisco).
Ambiental	Potencial ambiente de negócios – Certificados Verde e de Redução de Emissão de Carbono (Emissão evitada de 2,5 milhões de tCO ₂ /ano).
Econômico	Investimento privado da ordem de R\$ 8,6 bilhões e faturamento anual da ordem de R\$ 1,6 bilhão.

Tabela 4.3: Resultados esperados pelo PROINFA.

Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2005.

Entretanto uma política nacional de mudança climática não é composta apenas por programas de incentivos e fomento, ela deve também estimular a adoção de medidas para a gradual adequação das atividades promovidas pela iniciativa privada, pelo setor público e pelos indivíduos, visando o cumprimento dos objetivos da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, medidas sobre a magnitude do problema das mudanças climáticas.

4.5 Protocolo de Quioto

O Protocolo de Quioto foi o resultado da 3ª Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, realizada no Japão em 1997, após discussões que se estendiam desde 1990.

A conferência reuniu representantes de 166 países para discutir providências em relação ao aquecimento global.

Jacoby (1999) identificou cinco aspectos-chave da estrutura do Protocolo: (i) Negociações de limites de emissões visando o curto prazo; (ii) Novos comprometimentos baseados em dados recentes; (iii) Provisões para comércio de emissões; (iv) Estabilização atmosférica como objetivo central; (v) Alocação de ônus influenciada pela capacidade de pagamento.

O documento estabelece a redução das emissões de dióxido de carbono (CO₂), que responde por 76% do total das emissões relacionadas ao aquecimento global e outros gases do efeito estufa nos países industrializados. O Protocolo estabeleceu um compromisso de redução de emissões totais dos gases geradores do efeito estufa para níveis inferiores em pelo menos, 5% dos praticados em 1990. O Protocolo definiu também que essa redução ou limitação, que varia de país a país, deverá ser cumprida entre os anos de 2008 e 2012 (o Primeiro Período de Cumprimento do Protocolo de Quioto),(Protocolo de Quioto, 1997).

Um aspecto importante do protocolo é que apenas os países desenvolvidos, do chamado Anexo 1, são obrigados a reduzir suas emissões. Países em desenvolvimento, como Brasil, China e Índia, grandes emissores de poluentes, podem participar do acordo, mas não tem essa obrigação. O conceito básico acertado para Quioto é o da "responsabilidade comum, porém diferenciada" - o que significa que todos os países têm responsabilidade no combate ao aquecimento global, porém aqueles que mais contribuíram historicamente para o acúmulo de gases na atmosfera (ou seja, os países industrializados), têm obrigação maior de reduzir suas emissões.

O Protocolo foi aberto para assinatura no dia 16 de março de 1998 e foi estabelecido que, para entrar em vigor, o documento precisaria ser ratificado por pelo menos 55 países. Entre esses, devem constar aqueles que, juntos, produziam 55% do dióxido de carbono lançado na atmosfera em 1990. Com a ratificação da Rússia em outubro de 2004, o Protocolo de Quioto começou a vigorar em 16 de fevereiro de 2005.

A verificação dos níveis de redução de emissões se dará no chamado primeiro período de comprometimento, que será de cinco anos. Isto faz com que a média de cinco anos das taxas de emissões possa mascarar flutuações de curto prazo ocorrido devido a fatores como desempenhos econômicos ou condições climáticas. O primeiro período de controle será de 2008 a 2012.

A entrada da Rússia foi muito comemorada, a demora da tomada de decisão da Rússia no entanto põe em evidência a questão do impacto do protocolo nas economias, motivo pelo qual a Austrália também se mantém fora do acordo.

Com a adesão da Rússia, os 141 países que assinaram terão de colocar em ação planos de substituição de energia para deter a escalada da fumaça que forma um cinturão de gases tóxicos na atmosfera.

O Protocolo estabelece ainda três mecanismos para auxiliar os países do Anexo I a atingirem suas metas nacionais de redução ou limitação de emissões (quantidades atribuídas) a custos mais baixos: um sistema de comércio de emissões, que permite que um país compre de outro, cotas de reduções realizadas; Implementação Conjunta (JI), que possibilita que os países realizem juntos projetos de redução de emissões; e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL, ou CDM, em inglês), que permite que os países do Anexo 1 se beneficiem das reduções de emissões realizadas em países em desenvolvimento (países ou Partes do não - Anexo 1, sem compromissos de redução de emissão definidos para o primeiro período de cumprimento do Protocolo).

A **Tabela 4.4** mostra o total das emissões de dióxido de carbono das Partes do Anexo I em 1990, para os fins do Artigo 25 do Protocolo de Quioto.

Parte	Emissões (Gg = 10 ³ ton.)	%
Alemanha	1.012.443	7,4
Austrália	288.965	2,1
Áustria	59.200	0,4
Bélgica	113.405	0,8
Bulgária	82.990	0,6
Canadá	457.441	3,3
Dinamarca	52.100	0,4
Eslováquia	58.278	0,4
Espanha	260.654	1,9
Estados Unidos da América	4.957.022	36,1
Estônia	37.797	0,3
Federação Russa	2.388.720	17,4
Finlândia	53.900	0,4
França	366.536	2,7
Grécia	82.100	0,6
Hungria	71.673	0,5
Irlanda	30.719	0,2
Islândia	2.172	0,0
Itália	428.941	3,1
Japão	1.173.360	8,5
Letônia	22.976	0,2
Liechtenstein	208	0,0
Luxemburgo	11.343	0,1
Mônaco	71	0,0
Noruega	35.533	0,3
Nova Zelândia	25.530	0,2
Países Baixos	167.600	1,2
Polónia	414.930	3,0
Portugal	42.148	0,3
Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte	584.078	4,3
República Tcheca	169.514	1,2
Romênia	171.103	1,2
Suécia	61.256	0,4
Suíça	43.600	0,3
Total	13.728.306	100,0

Tabela 4.4 – O total das emissões de dióxido de carbono das Partes do Anexo I em 1990.

Fonte: Protocolo de Quioto, 1997.

Países que não cumprirem as metas de redução perderão o direito de usar os mecanismos de flexibilidade, além disso, terão no segundo período de reduções, um acréscimo de 30% sobre o montante que deixaram de alcançar.

A redução das emissões de gases de efeito estufa será feita através de diversos dispositivos, entre os quais se destacam:

- Reestruturação dos setores de energia e de transporte;
- Promoção e incentivos ao uso de fontes renováveis de energia;
- Eliminação dos mecanismos financeiros e de mercado contrários ao Protocolo;
- Limitação das emissões de metano no gerenciamento dos resíduos e dos sistemas energéticos
- Proteção das florestas e de outros sumidouros de carbono.

A **Figura 4.2** mostra como está a situação dos três maiores emissores dentro das metas de Quioto de redução de dióxido de carbono.

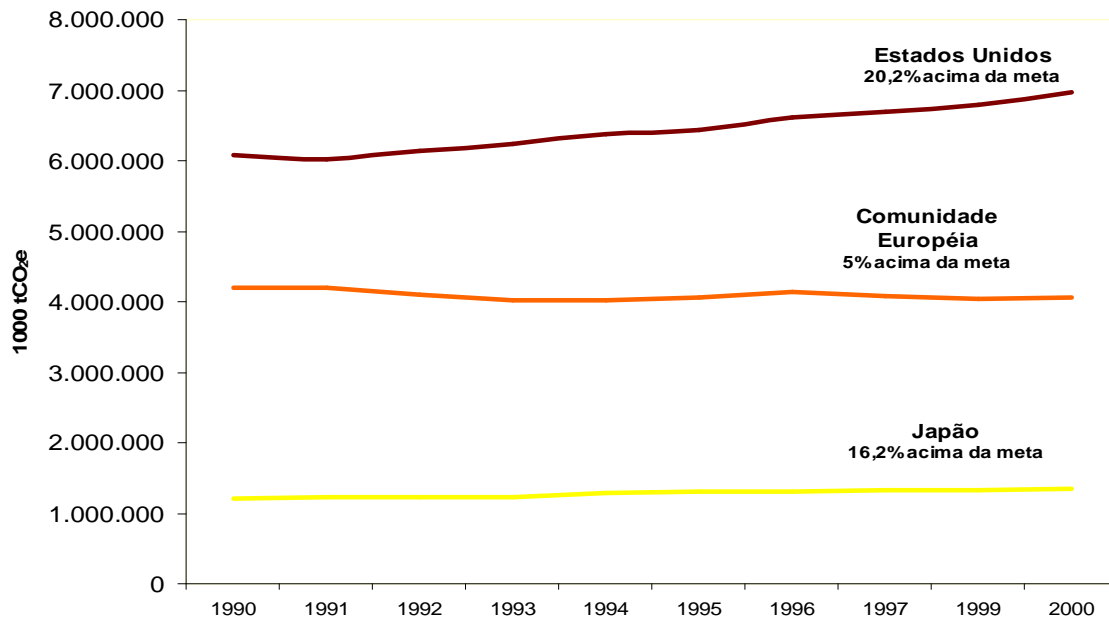


Figura 4.2 - Países que se encontram com emissões muito elevada em relação a meta de Quioto.

Fonte: KIM, 2002.

A **Figura 4.2** demonstra que os Estados Unidos da América, além de ser o país que mais emite gases de efeito estufa, também é um dos que está acima da meta de Quioto.

A **Figura 4.3** demonstra como está a situação dos países da Europa, o Japão e os EUA e faz um comparativo em relação às metas do Protocolo de Quioto de redução de gases de efeito estufa.

Como pode se notar na Figura 4.3, existem países que já estão trabalhando fortemente para atingirem os compromissos assumidos junto ao Protocolo de Quioto, como é o caso da Alemanha e do Reino Unido. Mas também existem países que necessitam aumentar seus esforços para alcançarem as metas.

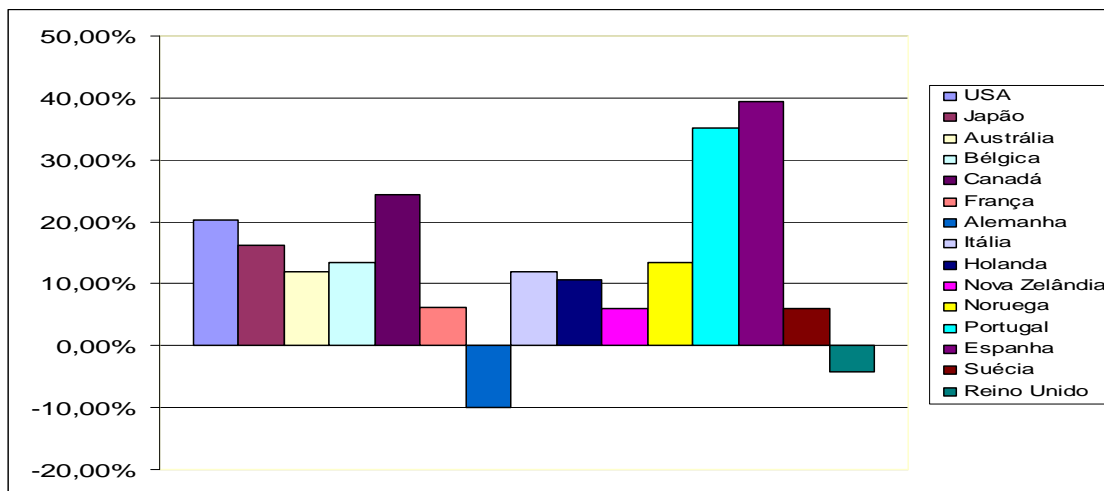


Figura 4.3 – Situação dos principais países dentro das metas de reduções de Quioto.

Fonte: KIM, 2002.

4.6 Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)

O artigo 12 do Protocolo de Quioto descreve os seguintes termos:

1. Fica definido um mecanismo de desenvolvimento limpo.
2. O objetivo do mecanismo de desenvolvimento limpo deve ser assistir às Partes não incluídas no Anexo I para que atinjam o desenvolvimento sustentável e contribuam para o objetivo final da Convenção, e assistir às Partes incluídas no Anexo I para que cumpram seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, assumidos no Artigo 3.
3. Sob o mecanismo de desenvolvimento limpo:
 - (a) As Partes não incluídas no Anexo I beneficiar-se-ão de atividades de projetos que resultem em reduções certificadas de emissões;
 - (b) As Partes incluídas no Anexo I podem utilizar as reduções certificadas de emissões, resultantes de tais atividades de projetos, para contribuir com o cumprimento da parte de seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, assumidos no Artigo 3, como determinado pela Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo.

4. O mecanismo de desenvolvimento limpo deve sujeitar-se à autoridade e orientação da Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo e à supervisão de um conselho executivo do mecanismo de desenvolvimento limpo.

5. As reduções de emissões resultantes de cada atividade de projeto devem ser certificadas por entidades operacionais a serem designadas pela Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo, com base em:

(a) Participação voluntária aprovada por cada Parte envolvida;

(b) Benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo relacionados com a mitigação da mudança do clima;

(c) Reduções de emissões que sejam adicionais as que ocorreriam na ausência da atividade certificada de projeto.

6. O mecanismo de desenvolvimento limpo deve prestar assistência quanto à obtenção de fundos para atividades certificadas de projetos, quando necessário.

7. A Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo deve, em sua primeira sessão, elaborar modalidades e procedimentos com o objetivo de assegurar transparência, eficiência e prestação de contas das atividades de projetos por meio de auditorias e verificações independentes.

8. A Conferência das Partes, na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo, deve assegurar que uma fração dos fundos advindos de atividades de projetos certificados seja utilizada para cobrir despesas administrativas, assim como assistir às Partes dos países em desenvolvimento que sejam particularmente vulneráveis aos efeitos adversos da mudança do clima para fazer face aos custos de adaptação.

9. A participação no mecanismo de desenvolvimento limpo, incluindo as atividades mencionadas no parágrafo 3(a) acima e na aquisição de reduções certificadas de emissão, pode envolver entidades privadas e/ou públicas e deve sujeitar-se a qualquer orientação que possa ser dada pelo conselho executivo do mecanismo de desenvolvimento limpo.

10. Reduções certificadas de emissões obtidas durante o período do ano 2000 até o início do primeiro período de compromisso podem ser utilizadas para auxiliar no cumprimento das responsabilidades relativas ao primeiro período de compromisso.

Como pode-se verificar no texto do Artigo 12 do Protocolo de Quioto, o objetivo do MDL é prestar assistência às Partes Não Anexo I, ou seja, aos países em desenvolvimento da CQNUMC para que viabilizem o desenvolvimento sustentável através da implementação da respectiva atividade de projeto e contribuam para o objetivo final da Convenção e, por outro

lado, prestar assistência às Partes Anexo I (países desenvolvidos) para que cumpram seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões de gases de efeito estufa.

Basicamente, este mecanismo consiste na possibilidade de países poluidores adquirirem certificados de redução de gases de efeito estufa em projetos gerados em países em desenvolvimento como forma de cumprir parte dos compromissos globais.

A única maneira de o Brasil participar de projetos de reduções de gases de efeito estufa que permitam as emissões de certificados de redução de emissões, e conseqüentemente do mercado de carbono, é através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

Para que sejam consideradas elegíveis no âmbito do MDL, as atividades de projeto devem contribuir para o objetivo primordial da Convenção e observar alguns critérios fundamentais, entre os quais o da adicionalidade, pelo qual uma atividade de projeto deve, comprovadamente, resultar na redução de emissões de gases de efeito estufa e/ou remoção de CO₂, adicional ao que ocorreria na ausência da atividade de projeto do MDL.

A **Figura 4.4** exemplifica o conceito de adicionalidade, necessário para a validação de um projeto no contexto do MDL.

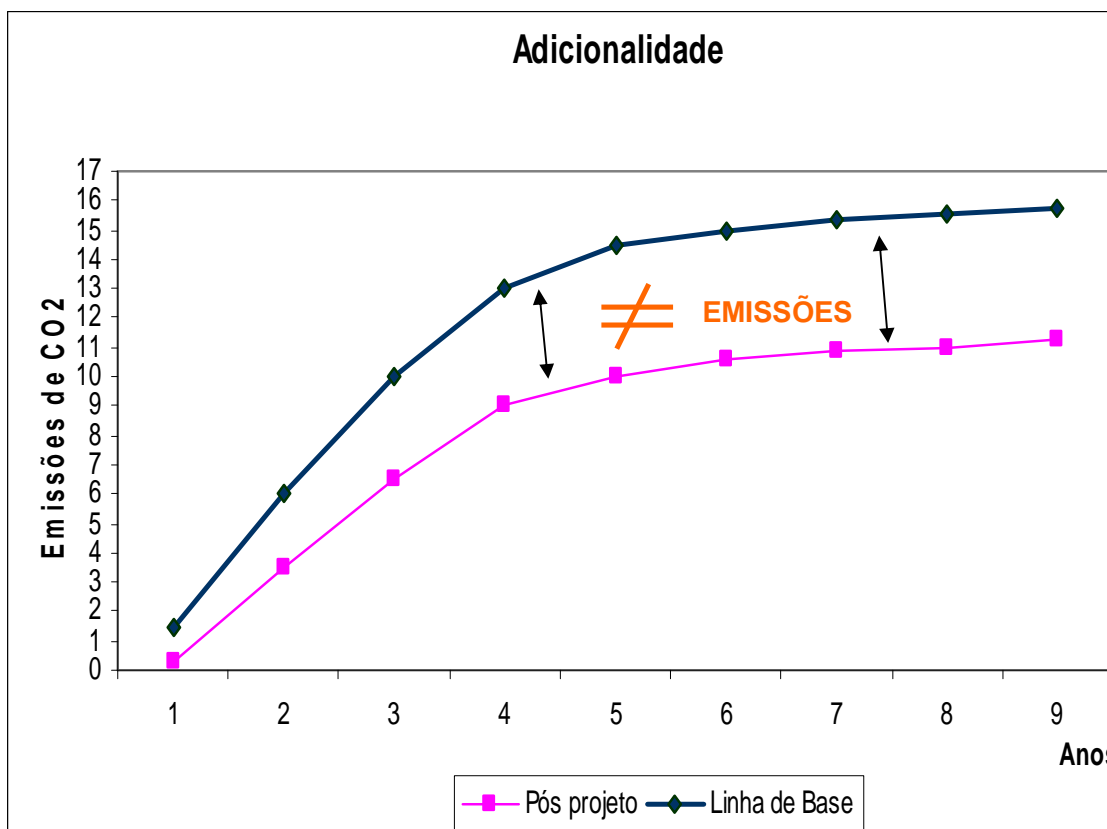


Figura 4.4 - Adicionalidade de um projeto de carbono referente a sua linha de base.
 Fonte: Tetti e Cardoso, 2004.

Outro requisito do MDL é que a atividade do projeto contribua para o desenvolvimento sustentável do país no qual venha a ser implementado. Deve, ainda, ser capaz de demonstrar benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo relacionados à mitigação da mudança do clima.

As quantidades relativas às reduções de emissão de gases de efeito estufa e/ou remoções de CO₂ atribuídas a uma atividade de projeto resultam em Reduções Certificadas de Emissões (RCEs), medidas em tonelada métrica de dióxido de carbono equivalente.

Uma tonelada de carbono equivalente a uma unidade de RCE é igual a uma tonelada métrica de dióxido de carbono equivalente, calculada de acordo com o Potencial de Aquecimento Global (Global Warming Potential - GWP), índice divulgado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (*Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*) e utilizado para uniformizar as quantidades dos diversos gases de efeito estufa em termos de dióxido de carbono equivalente, possibilitando que reduções de diferentes gases sejam somadas. O GWP, que deve ser utilizado para o primeiro período de compromisso (2008-2012), é o publicado no Segundo Relatório de Avaliação do IPCC.

As atividades de projeto devem estar exclusivamente relacionadas a determinados tipos de gases de efeito estufa e aos setores/fontes de atividades responsáveis pela maior parte das emissões, conforme previsto no Anexo A do Protocolo de Quioto.

Estas atividades e setores estão demonstrados na **Tabela 4.5**.

Os participantes de atividades de projeto podem ter como objetivo a comercialização / revenda das RCEs com a expectativa de valorização futura e realização de lucros, em função da demanda pelas Partes que possuam compromissos de redução de emissões. As ONGs podem ter como objetivo a aquisição de RCEs sem objetivo de revenda, retirando-as simplesmente do mercado, com fins estritamente ambientais.

REDUÇÕES DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA			
ENERGIA	PROCESSOS INDUSTRIAIS	AGRICULTURA	Resíduos
CO ₂ – CH ₄ – N ₂ O	CO ₂ – N ₂ O – HFC _s – PFC _s – SF ₆	CH ₄ – N ₂ O	CH ₄
Queima de combustível • Setor energético • Indústria de transformação • Indústria de construção • Transporte • Outros setores Emissões fugitivas de combustível • Combustíveis sólidos • Petróleo e gás natural	• Produtos minerais • Indústria química • Produção de metais • Produção de consumo de halocarbonos e Hexafluoreto de enxofre • Uso de solventes • Outros	• Fermentação entérica • Tratamento de dejetos • Cultivo de arroz • Solos agrícolas • Queimadas descritas de cerrado • Queimadas de resíduos agrícolas	• Disposição de resíduos sólidos • Tratamento de esgoto sanitário • Tratamento de efluentes líquidos • Incineração de resíduos
REMOÇÕES DE CO ₂ *			
REFLORESTAMENTO / FLORESTAMENTO			
REMOVE: CO ₂ LIBERA : CH ₄ – N ₂ O – CO ₂			

Tabela: 4.5 – As atividades e as emissões relacionadas.

Fonte: Guia de orientação do MDL, (2003).

A **Figura 4.5** demonstra quais são os possíveis caminhos que os RCEs poder seguir em relação a seus detentores.

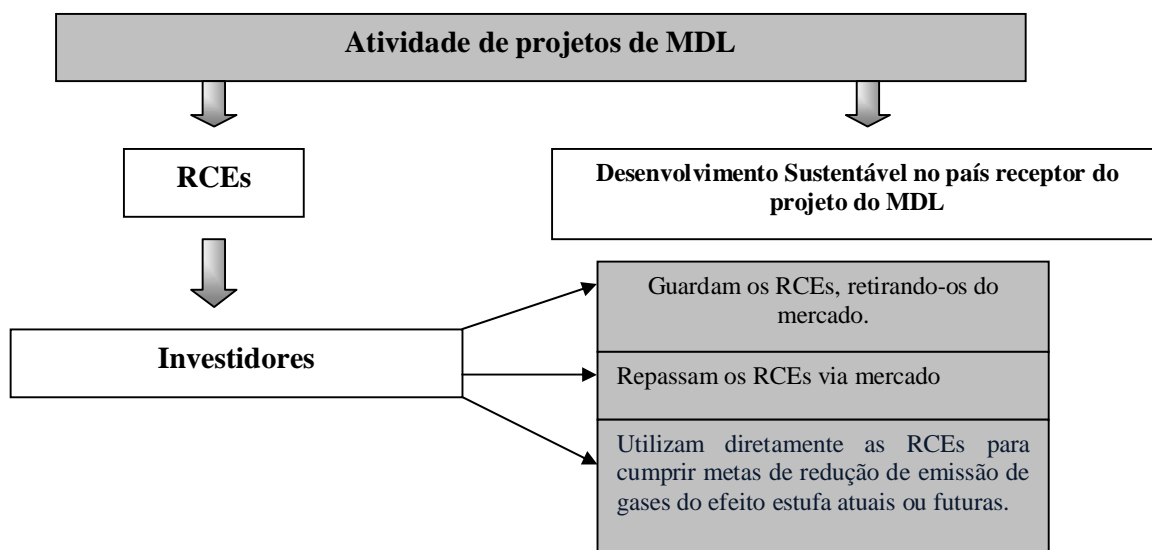


Figura 4.5 - Fluxo dos CER em relação aos detentores do título.

Fonte: O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL: Guia de orientação, 2004.

As Partes Não Anexo I que tiverem ratificado o Protocolo de Quioto, poderão participar, voluntariamente, de atividades de projeto no âmbito do MDL. No caso específico das Partes Anexo I, somente são elegíveis para a participação em atividades de projeto MDL aquelas que:

- Tenham suas quantidades atribuídas devidamente calculadas e registradas;
- Tenham um sistema contábil nacional para gases de efeito estufa em vigor;
- Tenham criado um Registro Nacional;
- Tenham enviado o Inventário Nacional de gases de efeito estufa à CQNUMC.

O Brasil enviou o Inventário Nacional de gases de efeito estufa à CQNUMC durante a última Conferência das Partes – COP 10, realizada em Buenos Aires – Argentina, em dezembro de 2004; A entrega deste documento foi uns dos atos mais esperados pelos participantes.

Para utilização de RCEs, no cumprimento parcial de suas metas de redução ou limitação de emissões, as Partes Anexo I, além dos critérios acima, deverão ter ratificado o Protocolo de Quioto.

Atividades de projeto implementadas em Partes Não Anexo I, iniciadas a partir de 01 de janeiro de 2000, podem ser elegíveis no âmbito do MDL.

A **Figura 4.6** mostra como acontece o fluxo de transações de um projeto de MDL até a expedição dos Certificados de Emissões Reduzidas.

O fluxo de transações para o desenvolvimento de projetos de MDL é iniciado com a realização de uma atividade que atue na redução de emissões de gases de efeito estufa ou na captura do mesmo.

Primeiramente, os executores do projeto preparam um Documento de Concepção do Projeto (DCP); O DCP, além da descrição das atividades de projeto e dos respectivos participantes, deverá incluir a descrição da metodologia da linha de base, das metodologias para o cálculo da redução de emissões de gases de efeito, para o estabelecimento dos limites das atividades de projeto e para o cálculo das fugas. Deve ainda conter a definição do período de obtenção de créditos, um plano de monitoramento, a justificativa para adicionalidade da atividade de projeto, relatório de impactos ambientais, comentários dos atores e informações quanto à utilização de fontes adicionais de financiamento.

Após a confecção do DCP, o documento deverá ser enviado para a Entidade Operacional Designada para sua validação; A EOD tem como uma das suas atividades validar os projetos de MDL de acordo com as decisões de Marraqueche.

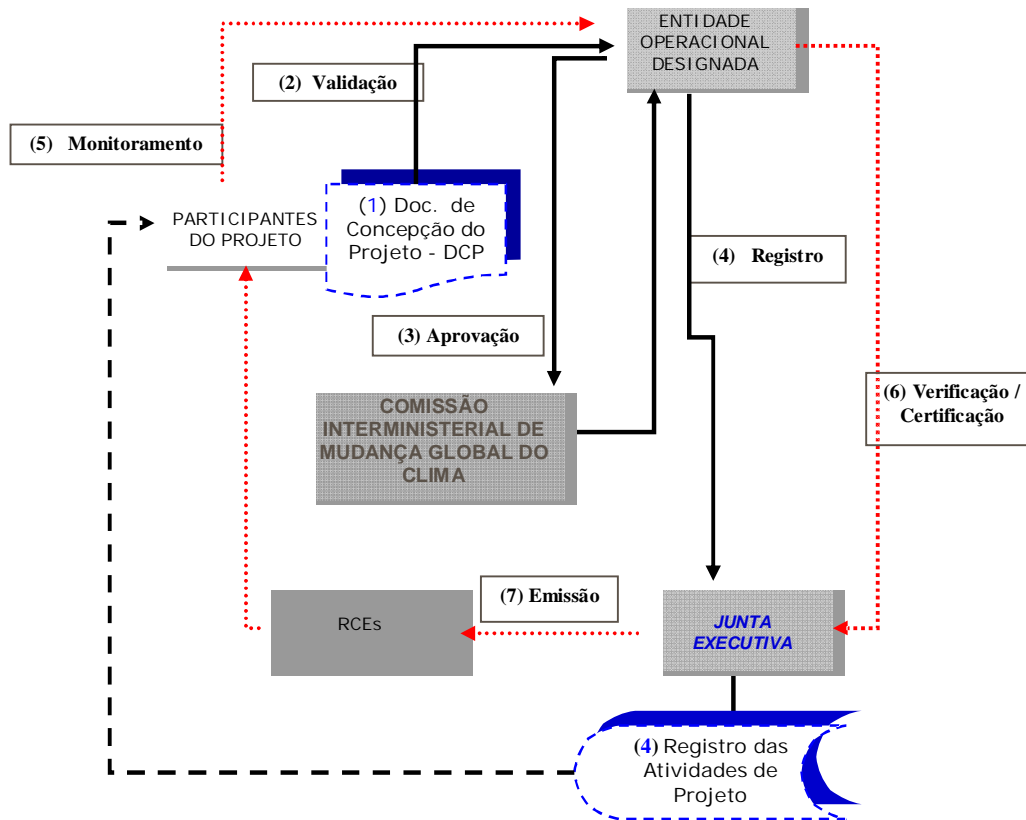


Figura 4.6 – Fluxograma do desenvolvimento de um processo de certificação de um Projeto.
 Fonte: Barontini, 2004.

A Entidade Operacional Designada, após validar o projeto, envia o documento para a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima, que no Brasil é formada por uma junta interministerial que é presidida pelo Ministério da Ciência e Tecnologia e vice-presidida pelo Ministério do Meio Ambiente. É composta ainda por representantes dos Ministérios das Relações Exteriores; da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; dos Transportes; das Minas e Energia; do Planejamento, Orçamento e Gestão; do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e da Casa Civil da Presidência da República. Esta junta interministerial recebeu o nome de Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima – CIMGC, e a esta comissão, de forma soberana, cabe decidir se os objetivos do projeto do MDL estão sendo cumpridos.

Após esta etapa a Entidade Nacional Designada envia o seu parecer á EOD, que efetuará o registro do projeto de MDL na Junta Executiva

A Junta Executiva supervisiona o funcionamento do MDL. Entre suas responsabilidades destacam-se:

- O credenciamento das Entidades Operacionais Designadas;
- Registro das atividades de projeto do MDL;
- Emissão das RCEs;
- Desenvolvimento e operação do Registro do MDL;
- Estabelecimento e aperfeiçoamento de metodologias para definição da linha de base, e fugas;
- Monitoramento;

Sendo o projeto registrado na Junta Executiva, será emitido um documento de registro do projeto e enviado aos participantes do mesmo.

A partir deste momento, haverá o monitoramento do projeto, sendo a Entidade Operacional Designada que realizará a verificação e a certificação das reduções e emissões ou das capturas e enviará um relatório anual a Junta Executiva, que terá como missão final do processo emitir os Certificados de Emissões Reduzidas aos participantes do projeto.

4.7 Comercialização dos Certificados de Emissões Reduzidas

Mesmo sem a ratificação, pela Rússia, do Protocolo de Quioto, já existia um Mercado de Créditos de Carbono, inclusive entre os países que não aderiram ao Protocolo. Essa ratificação atendeu ao artigo 25 desse Protocolo, que exigia a ratificação de pelo menos 55 Partes da Convenção, englobando as partes incluídas no Anexo I que contabilizaram no total pelo menos 55% das emissões totais de Dióxido de Carbono em 1990.

Pode-se afirmar que mesmo nos anos que antecederam a ratificação do tratado, este mercado tornava-se cada vez mais promissor ao passar dos anos e, a partir de fevereiro de 2005, data da entrada em vigor do Protocolo, a procura por estes títulos apresentaram um grande aumento de demanda, e também uma valorização substancial em seu preço.

Com a ratificação da Rússia e, conseqüentemente, a entrada em vigor do Protocolo de Quioto, o mercado de certificado de emissões reduzidas teve um impulso natural.

O primeiro projeto de cooperação norte-sul do Protocolo de Quioto, foi aprovado pelo Conselho Executivo das Nações Unidas, em novembro de 2004, no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Quioto. Trata-se do Projeto “Nova Gerar” de recuperação energética de biogás no Estado do Rio de Janeiro. O país comprador destes créditos é a Holanda, que utilizará as reduções certificadas de emissões geradas por esse projeto para o cumprimento de parte de seus compromissos assumidos no Protocolo de Quioto.

Segundo o Banco Mundial, estima-se que nos próximos anos sejam negociadas cerca de 500 milhões de tCO₂ equivalentes, nos últimos 24 meses o preço da tonelada de carbono passou de U\$ 1,50 para U\$ 8,00 em algumas transações.

Especialistas de mercado acreditam que o carbono, através dos Certificados de Emissões Reduzidas, poderá se tornar uma nova commodity ambiental.

Neste contexto mundial a América Latina vem se despontando como um dos maiores geradores de Créditos de Carbono; A região já negociou cerca de US\$ 210,5 milhões no contexto do Protocolo de Quioto e apresentou 46 projetos no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, que reduzira a emissão de 55 milhões de toneladas equivalentes de dióxido de carbono, com o desenvolvimento deste projetos a América Latina ficará atrás apenas da Ásia, nos esforços do mundo em desenvolvimento para reduzir as emissões desses gases, responsáveis pela mudança global do clima.

Subsidiando as informações citadas acima, recentes informações de mercado indicam que o Brasil e a Índia são, atualmente, dois dos maiores anfitriões de projetos no mundo, somando juntos 38% das novas metodologias propostas e o uso de biomassa e a coleta de metano com geração de energia elétrica, atividades estas com maior ocorrência dentre os projetos de Créditos de Carbono, totalizando quase metade dos projetos propostos até o momento. (PACIFIC, 2004)

Segundo números da CDMwatch, uma ONG que monitora projetos de MDL estima que pelo menos algumas dezenas de projetos estejam em fase de formatação no Brasil. Até 2005 esta ONG tinha identificado a existência de 17 projetos no Brasil, 21 na Índia e quatro na China, além de diversos espalhados por vários países.

O fato de que a matriz energética brasileira é considerada limpa, dificulta ainda mais a comprovação dos benefícios dos projetos de redução de emissões de carbono. Quase 80% da energia produzida no país é de origem hidroelétrica, enquanto na Índia e na China apenas 16% e 14%, respectivamente, é gerada por usinas hidroelétricas. Esses países, portanto, dispõem de maior potencial para “limpar” suas matrizes energéticas.

As *Figuras 4.7 e 4.8* apresentam como está se comportando o mercado de vendedores dos Certificados de Crédito de Carbono nos últimos anos.

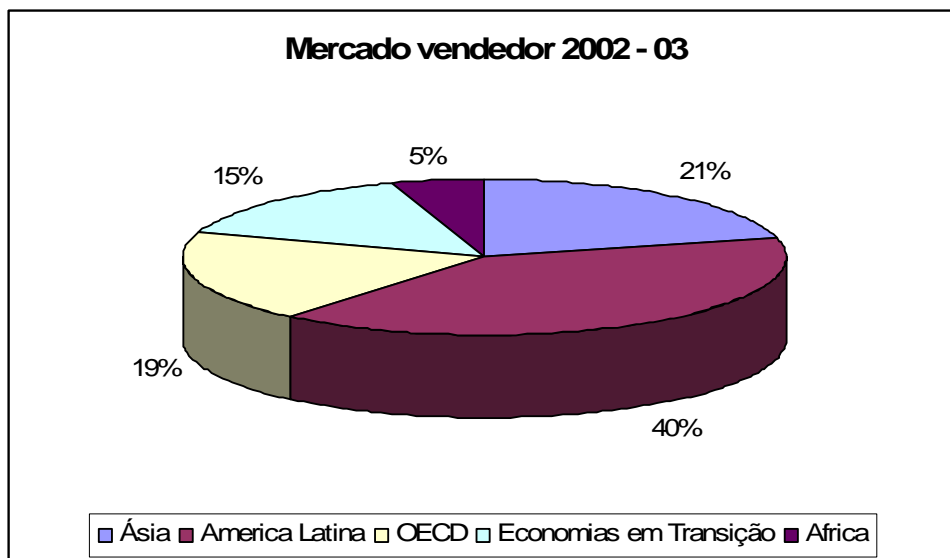


Figura 4.7 – Comportamento do mercado vendedor de 2002 e 2003.
 Fonte: BISHOP, 2004.

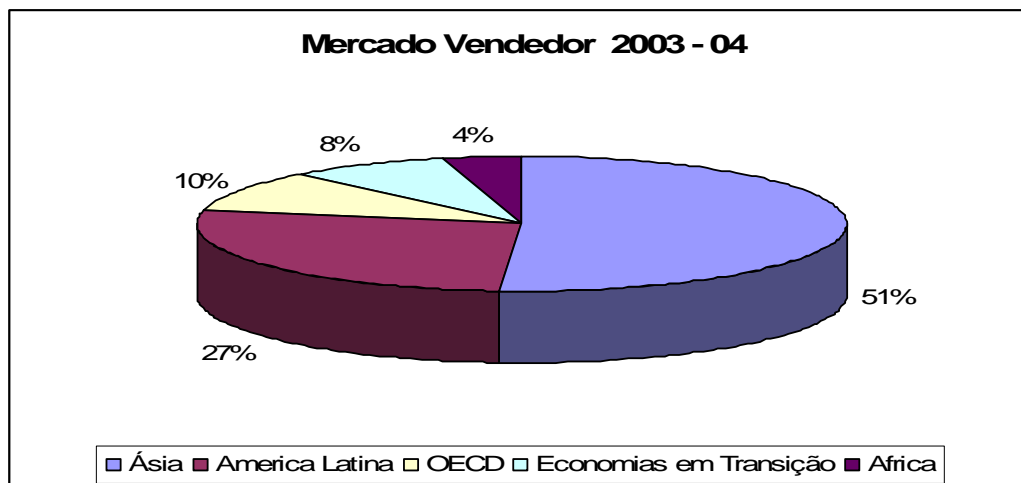


Figura 4.8 - Comportamento do mercado vendedor de 2003 e 2004.
 Fonte: BISHOP, 2004.

Segundo a Comissão Econômica da América Latina, o Brasil é o maior potencial exportador de créditos de carbono na América Latina, seguido da Colômbia, Panamá e Costa Rica. Alguns países europeus anunciaram investimento de US\$ 850 milhões em projetos de MDL na América Latina.

O que tem chamado a atenção nas negociações realizadas no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo é a baixa participação de projetos de energias renováveis, com isto a princípio este mecanismo não está servindo para o desenvolvimento tecnológico destas tecnologias; Os países compradores têm preferido participar de projetos que geram grandes volumes de créditos de carbono a custo baixo como, por exemplo, projetos de metano e hidrofluorcarbonos, em especial o HFC-23. Projetos que reduzem as emissões desses gases permitem a emissão de muitos Certificados de Emissões Reduzidas – CERs, devido ao alto Potencial de Aquecimento Global – PAG, que este tipo de gases têm, desta forma, torna se mais fácil o cumprimento das metas estabelecidas pelo Protocolo de Quioto.

Um estudo produzido pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, da Universidade de São Paulo, entre 2001 e 2004, a pedido do MMA, identificou a possibilidade de se produzir 440,7 MW a partir dos gases dos aterros, já em 2015. Os depósitos de lixo poderiam deixar de emitir na mesma época mais de 17 milhões de toneladas de gás carbônico, que poderiam ser transformadas em certificados de carbono.

O estudo foi produzido dentro do projeto de aproveitamento de gases de aterro, contou o gerente do MMA, que está inserido no Plano Plurianual 2004-2007 do Ministério de Meio Ambiente. De acordo com o relatório final, a exploração do potencial de geração de energia elétrica é viável do ponto de vista sócio-ambiental. No entanto, do lado econômico, a viabilidade desta produção, segundo o estudo, só acontecerá com o preço da energia a R\$ 150 por MWh, considerando os créditos de carbono

A **Figura 4.9** apresenta como estava a participação das transações por tecnologias no mercado de carbono.

Durante os primeiros meses de 2005, projetos desses gases foram os preferidos no mercado de carbono, que movimentou neste período cerca de 60 milhões de tonelada de CO₂.

Os governos do Japão, da Holanda e o Banco Mundial foram os maiores compradores durante o período de 2002 à 2004 de Certificados de Emissões Reduzidas. As **Figuras 4.10 e 4.11** apresentarão como o comportamento das instituições compradoras destes Créditos estava se portando.

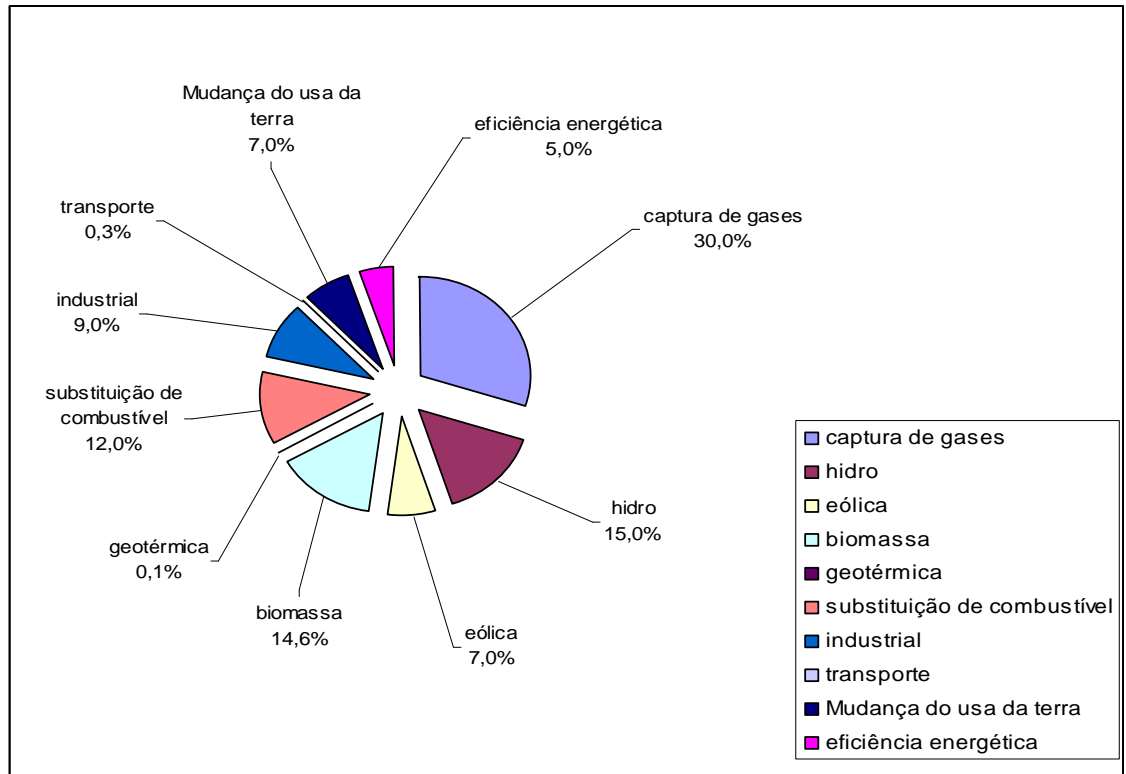


Figura 4.9 - Participação das tecnologias no mercado de carbono.
 Fonte: LECOCQ, 2003.

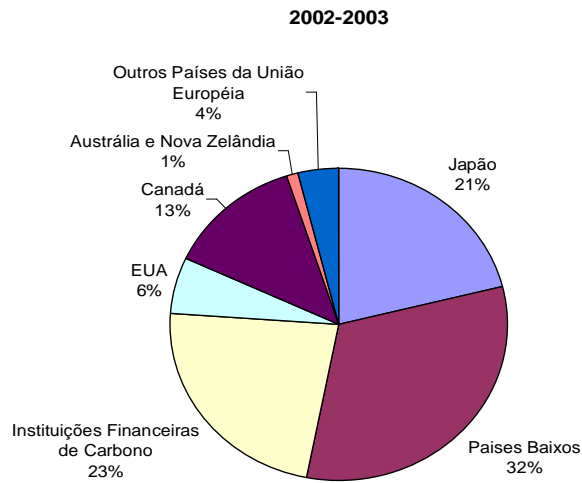


Figura 4.10 – Comportamento dos compradores nos anos 2002 e 2003.
 Fonte: BISHOP, 2004.

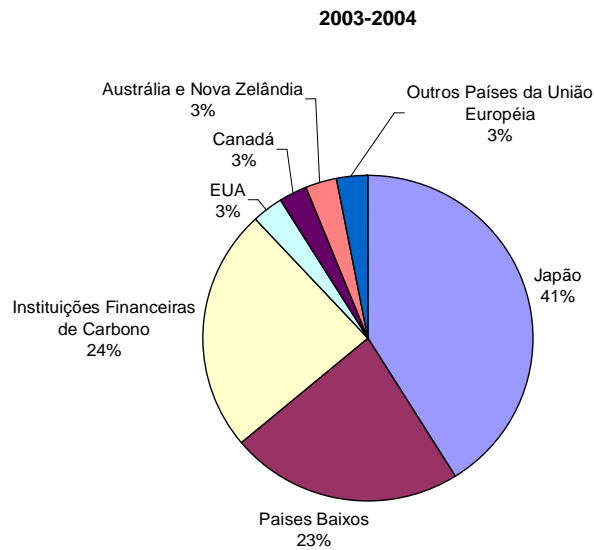


Figura 4.11 – Comportamento dos compradores nos anos 2003 e 2004.
 Fonte: BISHOP, 2004.

O que fica muito explícito ao se analisar os dois quadros acima é a evolução do Japão como mercado comprador no último ano.

Segundo o Secretário Executivo do Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidroelétricas, Tiago e Gabetta (2005), a evolução japonesa no mercado de carbono não é nenhuma surpresa para os atores do mercado o governo japonês tem realizado inúmeras reuniões com instituições brasileiras para o desenvolvimento de projetos em energias renováveis no Brasil, principalmente em empreendimentos de Pequenas Centrais Hidroelétricas, com interesse nos créditos de carbonos gerados por estes empreendimentos.

Com relação aos preços praticados, eles também variam de acordo com os produtos e o tipo de contrato assinado. A maioria das transações baseadas em projetos, (cerca de 95% em 2003/2004), seguiu o modelo de transação aplicado a “commodities”, isto é, as reduções de emissão foram adquiridas como qualquer outro ativo. Este comportamento tem importantes implicações, uma vez que os compradores tendem a pagar pelas reduções de emissão na entrega do produto; Logo, os proprietários dos projetos não poderão contar com estes recursos para a construção.

Os preços são apenas uma das variáveis dos contratos que vêm sendo firmados; Além desta questão, também deve destacar a evolução da forma de contratos. Até antes do Acordo de Marrakesh, uma grande parte dos contatos era formatada como opção de compra (cerca de 25% no período de 1996 a 2001). Após o Acordo de Marrakesh a maioria das transações tem sido por meio de contratos para entrega futura (especialmente no período de 2008 a 2012).

Os preços das transações baseadas em projetos podem ser divididos em dois grupos distintos:

- § Transações ajustadas para Quioto;
- § Transações não-ajustadas para Quioto.

Dentro das transações ajustadas para o Protocolo de Quioto, têm-se aquelas que o comprador assume o risco do registro e aquelas que o vendedor passa a assumir este risco. A **Figura 4.12** a seguir, mostra o comportamento dos preços (máximo, mínimo e média) para estas três variedades de contratos baseadas em projetos:

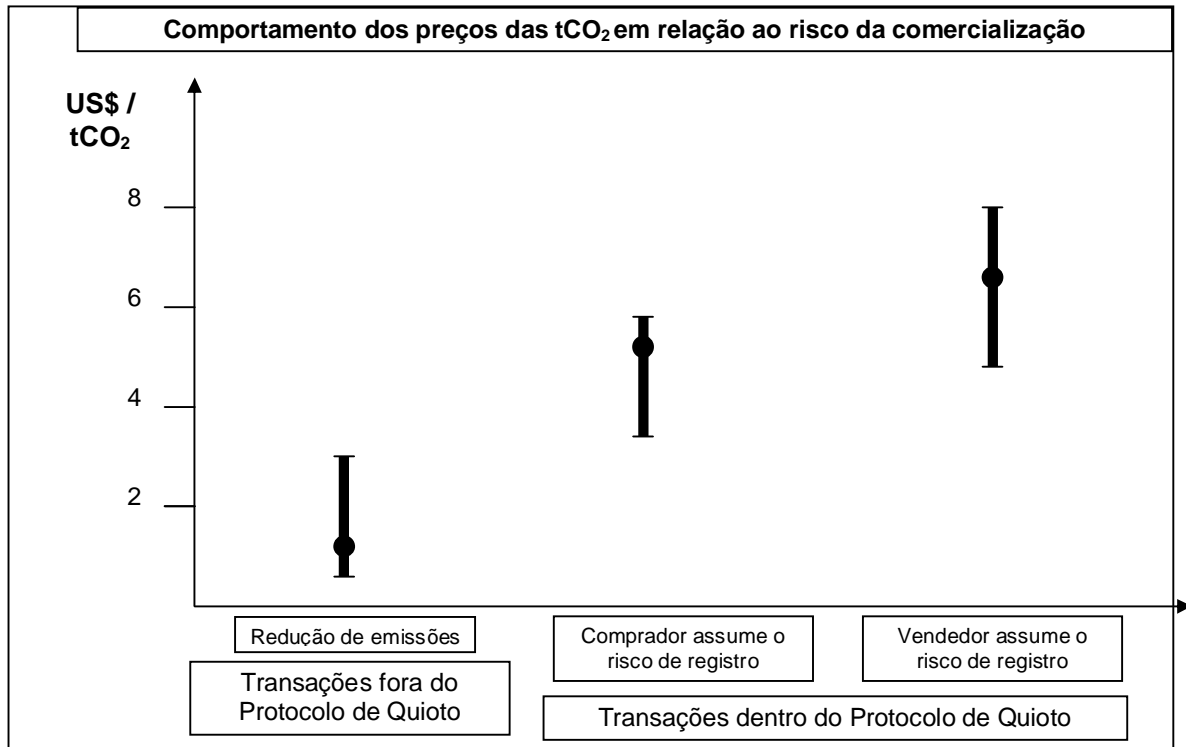


Figura 4.12 – Comportamento dos preços da tonelada de carbono em relação ao risco.
 Fonte: LECOCQ, 2003.

4.8 Considerações Finais

É claro que este mercado ainda está se ajustando pela novidade que representa e pela dificuldade de entendimento. Com a entrada em vigor em fevereiro de 2005, o mercado de créditos de carbono deverá ser intensificado, apresentando vantagens competitivas para quem agir mais rápido.

Para um país, como o Brasil, tão carente de capital para investimento em projetos de infra-estrutura que visem fomentar o desenvolvimento sustentável, o fortalecimento de um mercado global de comercialização de créditos de emissão de carbono à sombra de Quioto poderá se materializar em um importante catalisador de inversão de capital estrangeiro para a economia nacional.

Para que possa existir uma homogeneidade no alcance de todos neste mercado, alguns ajustes como diminuição dos custos de transação e como simplificação das modalidades e

procedimentos já definidos, serão necessários a para ajudar a implantação de maior número de projetos.

Se não ocorrer estes ajustes, o Brasil poderá perder grandes volumes de certificados a serem negociados, pois não pode se esquecer de toda a Região Amazônica e o Sertão Nordestino, que em grande parte de sua área não é atendido pelo sistema interligado elétrico brasileiro, e na maioria das comunidades existe um gerador a diesel, que serve para assistir a população com o mínimo para sua dignidade social.

A **Figura 4.13** revela as áreas não atendidas por energia elétrica pelas concessionárias locais.

Com o programa do governo nacional “Luz para Todos”, as concessionárias locais terão que atender com energia elétrica todos os seus usuários até 2008 e, em muitos desses municípios, o atendimento será realizado por fontes renováveis de energia que, na maioria das vezes estarão atendendo pequenos vilarejos.

Estes projetos isoladamente não representam grandes volumes de redução de emissões; Entretanto esta área representa mais de 60% do território brasileiro e se estes projetos fossem tratados em um só pacote, resultariam em um volume considerável de certificados e conseguiriam absorver os custos de implantação de um projeto de carbono.

Atendimento % do serviço de energia elétrica no Brasil

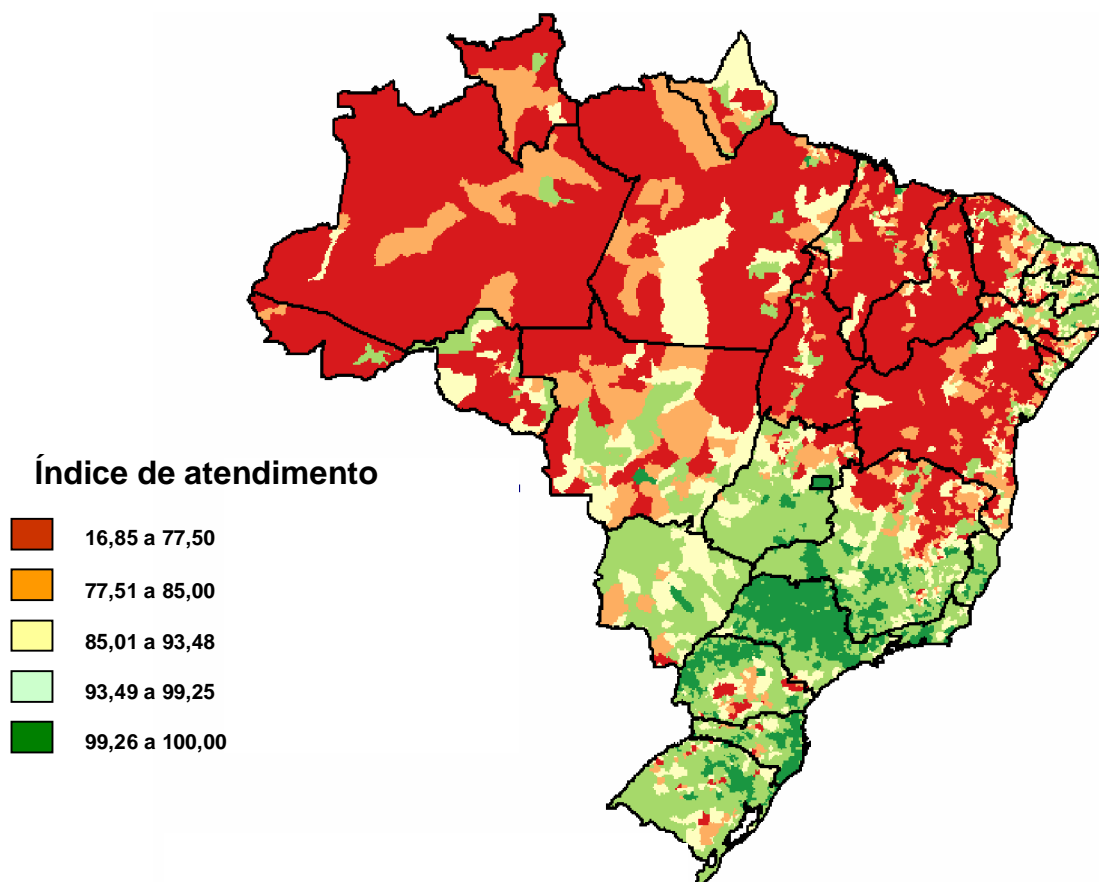


Figura 4.13 - Mapa de atendimento de energia elétrica pelas concessionárias.
 Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2004.

CAPÍTULO 5

5 O Impacto do Projeto de Carbono na Viabilidade Econômica das Pequenas Centrais Hidroelétricas.

5.1 Considerações Iniciais

O capítulo 5, apresentará um estudo dos impactos econômicos na viabilização de projetos de Pequenas Centrais Hidroelétricas, levando em consideração aspectos como o custo de kW instalado, valor do MWh e custos de implantação de projetos de Certificação de Emissões Reduzidas.

Sendo o mercado de certificados de carbono um instrumento novo dentro do contexto econômico dos empreendimentos de energia renovável, especificamente neste caso, PCH, este capítulo apresentará quais são os limites e benefícios reais desta nova oportunidade dentro do cenário das energias renováveis.

O estudo utilizará técnicas tradicionais de avaliação de empreendimentos, Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), análise de sensibilidade e análise de risco pela simulação de Monte Carlo.

O aspecto principal deste estudo é analisar como os projetos de carbono podem influenciar no fluxo de caixa e, conseqüentemente, na tomada de decisão dos investidores.

5.2 Metodologias tradicionais para a análise de viabilidade econômica e de risco de empreendimentos

Os ativos de um investimento (por exemplo, a construção de uma PCH) têm um prazo longo e predefinido de duração – denominado vida útil – no qual todos os dados previstos de entradas e saídas de caixa precisam ser confirmados ano a ano. Como a liquidez desse tipo de investimento é pequena e só existe enquanto seu fluxo de caixa for promissor, sua avaliação econômica prévia tem uma importância fundamental.

Para Casarotto e Kopittke (1998) quando um investidor for utilizar a análise econômica e financeira como base de orientação para sua tomada de decisão, ele não deve deixar de considerar que neste processo somente foram levados em consideração os valores convertidos em moeda. Um projeto pode ter repercussões que não sejam ponderáveis. No caso de uma Pequena Central Hidroelétrica existem riscos ambientais, geológicos e hidrológicos que podem inviabilizar tecnicamente um projeto.

De acordo com Samanes (2002), existem cinco etapas no processo de avaliação ou valoração de um ativo real:

- Estimativa dos fluxos de caixa incrementais, depois de impostos, esperados para o projeto.
- Avaliação do risco do projeto e determinação da taxa de desconto (custo de oportunidade do capital) para o desconto dos fluxos de caixas incrementais futuros esperados.
- Cálculo dos indicadores econômicos, especialmente o Valor Presente Líquido (VPL).
- Reconhecimento das limitações do modelo, estimativas, valoração e incorporação na análise de intangíveis associados ao projeto.
- Tomada de decisão.

Após a realização das cinco etapas necessárias para o desenvolvimento da análise de investimento, os resultados encontrados podem ser utilizados com os seguintes objetivos:

- Definir dentre vários projetos de investimento qual o mais rentável;
- Calcular a rentabilidade de um determinado projeto;
- Determinar o volume mínimo de vendas que um projeto de investimento precisa gerar para que possa ser rentável;
- Definir o tamanho ideal de um projeto de investimento.

Assim, na concepção de investir em um novo empreendimento, faz-se necessário realizar alguns estudos iniciais; Estes estudos terão como objetivo trazer informações importantíssimas para o sucesso do novo negócio. As informações necessárias para o início dos estudos são os valores dos investimentos iniciais como, obras civis, compra de

computadores, móveis, utensílios, material de consumo e também os valores dos custos fixos, custos variáveis, receita bruta e líquida, entre outros.

Com estes dados em mãos o novo empresário necessita ter outras informações para decidir a abertura ou não de seu novo empreendimento.

O primeiro passo é a análise da rentabilidade do empreendimento, que está relacionada aos investimentos, às receitas, aos custos e ao fluxo de caixa do empreendimento em um determinado espaço de tempo.

Os métodos mais usuais e indicados para estas análises são o “Payback”, Taxa Interna de Retorno – TIR e Valor Presente Líquido – VPL.

Segundo Santos (2001), os modelos de avaliação de investimentos mais comumente utilizados e com maior penetração normalmente envolvem modelos básicos de Fluxos de Caixa Descontados (FCD) e suas modificações específicas como VPL (Valor Presente Líquido) e TIR (Taxa Interna de Retorno).

Para analisar a taxa de risco do empreendimento, usar-se-á a simulação de Monte Carlo que segundo Bruni (1998), é um método que utiliza a técnica de amostragem artificial, empregada para operar numericamente sistemas complexos que tenham componentes aleatórios,

5.2.1 Fluxo de Caixa Descontado

Conceitua-se o modelo do Fluxo de Caixa Descontado como sendo o valor estimado do Fluxo de Caixa Futuro, esperado de um determinado ativo, descontado a uma taxa mínima de atratividade.

A premissa básica que sustenta a teoria do Fluxo de Caixa Descontado é o conceito de valor do dinheiro no tempo. De acordo com Ross (1995), este é um dos conceitos mais importantes em todo o campo de finanças empresariais. Por trás deste conceito está a regra do valor presente, a qual, segundo Monteiro (1997), considera que o valor de qualquer ativo é expresso como sendo o valor estimado do Fluxo de Caixa Futuro esperado por aquele ativo descontado a uma taxa de risco.

Segundo Dalbello (1999), a avaliação através do Fluxo de Caixa Descontado é baseada em duas variáveis: a expectativa da geração de caixa futura e a taxa de desconto a ser utilizada. Dado que estas informações são de fundamental importância para a avaliação

através do modelo de Fluxo de Caixa Descontado, considerando que é mais fácil utilizar este modelo para empreendimentos que possuem uma geração de caixa positiva com razoável grau de previsibilidade e cuja sensibilidade em relação ao risco envolvido possa ser estimado através de uma taxa de desconto, quanto mais distante dessa situação ideal estiver o empreendimento a ser avaliado, maior será a dificuldade de adaptá-lo ao modelo de Fluxo de Caixa Descontado.

Cabe citar que empreendimentos de Pequenas Centrais Hidrelétricas, devido ao grande aporte financeiro necessário, só se viabilizam após a assinatura do contrato de compra e venda de energia (CCVE), sendo este um dos principais gargalos para o desenvolvimento de novos projetos; A previsibilidade do fluxo de caixa de uma PCH após a assinatura do CCVE é a garantia de uma entrada no fluxo de caixa do empreendimento.

O valor encontrado na análise de fluxo de caixa descontado deve servir como orientação para que os administradores da empresa continuem investindo esforços na concepção do determinado projeto.

5.2.2 Valor Presente Líquido

O Valor Presente Líquido (ou VPL) também é uma importante ferramenta usada na análise de investimentos; É calculado como sendo a diferença entre o valor inicial investido no projeto e o valor presente dos fluxos de caixa projetados deste mesmo projeto e também conhecido como valor atual líquido. Um projeto cujo VPL é negativo normalmente deve ser rejeitado.

Para cálculo do valor presente das entradas e saídas de caixa é utilizada a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) como taxa de desconto.

A Taxa Mínima de Atratividade é o valor percentual mínimo que o investidor exige para entrar no negócio. Segundo CORREIA (2002), a TMA é a taxa que faz o investidor optar ou não por um novo projeto, assumindo certo grau de risco e por um tempo geralmente determinado.

Outro enfoque dado a TMA é a de que deve ser o custo de capital investido na proposta em questão, ou ainda, o custo de capital da empresa mais o risco envolvido em cada alternativa de investimento.

Podemos ter as seguintes possibilidades para o Valor Presente Líquido de um projeto de investimento:

- Maior do que zero: significa que o investimento é economicamente atrativo, pois o valor presente das entradas de caixa é maior do que o valor presente das saídas de caixa.
- Igual a zero: o investimento é indiferente, pois o valor presente das entradas de caixa é igual ao valor presente das saídas de caixa.
- Menor do que zero: indica que o investimento não é economicamente atrativo porque o valor presente das entradas de caixa é menor do que o valor presente das saídas de caixa.

O método do valor presente líquido tem sua forma básica sintetizada pela equação.

$$VPL = \sum_{i=0}^n \frac{FC_i}{(1+r)^i}$$

Em que:

- FC_i = Fluxo de Caixa esperado para o período i ;
- r = Taxa de Desconto;
- $i = 0, 1, 2, 3, 4, \dots, n$ (períodos).

Entre vários projetos de investimento, o mais atrativo é aquele que tem maior Valor Presente Líquido.

5.2.3. “Payback”

O tempo de retorno, também conhecido como “Payback”, é a relação entre o valor do investimento e o fluxo de caixa do projeto. O tempo de retorno indica em quanto tempo ocorre a recuperação do investimento. Este, por não ser um método analítico, ou seja, não considerar o valor do dinheiro no tempo, tem alguns pontos fracos:

- Não considera o valor do dinheiro no tempo.
- Não considera os fluxos de caixa após a recuperação do capital.
- Não pode ser aplicado quando o fluxo de caixa não é convencional. Um fluxo de caixa não convencional é aquele em que existe mais de uma mudança de sinal (negativo para positivo ou vice-versa).

Pelas suas limitações o PayBack é um método usado como critério de desempate após a realização de métodos mais precisos .

5.2.4 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno (TIR) nada mais é do que a taxa de retorno de um projeto. A TIR é a taxa de desconto que faz com que o valor atual do projeto seja zero. Um projeto é atrativo quando sua TIR for maior do que o custo de capital do projeto, que é a Taxa Mínima de Atratividade TMA

A TIR deve ser comparada com a TMA para a conclusão a respeito da aceitação ou não do projeto e pode ser:

- Maior do que a Taxa Mínima de Atratividade: significa que o investimento é economicamente atrativo
- Igual à Taxa Mínima de Atratividade: o investimento está economicamente numa situação de indiferença.
- Menor do que a Taxa Mínima de Atratividade: o investimento não é economicamente atrativo, pois seu retorno é superado pelo retorno de um investimento sem risco.

De acordo com Sanches (2004), um dos erros clássicos do uso de técnicas do Fluxo de Caixa Descontado é a utilização de *rankings* de taxas internas de retorno, em lugar de VPL.

Por serem expressas em porcentagem, as TIR's não representam o valor absoluto do empreendimento, como ocorre nos VPL's, podendo, com isso, mascarar a informação.

Projetos de longa duração e intensivos em capital tendem a ser descartados pelo critério da TIR, mesmo apresentando considerável VPL.

5.3 Considerações sobre Incerteza

Durante o desenvolvimento dos estudos de viabilidade econômica de projetos de investimentos são utilizados números exatos nas variáveis das funções, gerando desta forma um desconforto da real ocorrência desses números inseridos nas funções matemáticas.

Segundo Marques Malerba (2003), a condição de incerteza é caracterizada quando os Fluxos de Caixas, associados a uma alternativa, não podem ser previstos com exatidão, ou seja, não é possível quantificar em termos de probabilidade as variações nos Fluxos de Caixa.

Segundo Pamplona e Montevechi (2001) são vários os fatores que podem levar a incerteza; Entre eles podem-se citar:

- **Fatores econômicos:** o dimensionamento de oferta e demanda; alterações de preços de produtos e matérias-primas; investimentos imprevistos.
- **Fatores financeiros:** falta de capacidade de pagamento, insuficiência de capital, etc.
- **Fatores Técnicos:** Inadequabilidade de processo, matéria-prima, tecnologia empregada.
- **Outros:** fatores políticos e institucionais adversos, clima, problemas de gerenciamento de projetos.

De acordo com Casarotto e Kopittke (1998), sob condições de incerteza existem basicamente três alternativas para solução de problemas:

- Uso de regras de decisão às matrizes de decisão;
- Análise de sensibilidade: quanto não se dispõe de qualquer informação sobre a distribuição de probabilidade;
- Simulação: quando se dispõe de alguma informação para que ela possa transformar a incerteza em risco.

Para se avaliar investimentos em condições de incerteza, o método mais utilizado, e mais simples, é a análise de sensibilidade; Isto, porém, não exclui a possibilidade de aplicação de métodos de risco mais apurados; Ao contrário, complementa, pois auxilia na identificação das variáveis mais importantes para se trabalhar.

De acordo com Ross et al. (2000), a Análise de Sensibilidade é uma investigação sobre o que acontece com o VPL quando apenas uma das variáveis é alterada. A idéia é alterar a uma das variáveis e verificar como esta alteração impactou no resultado do VPL. Esta sistemática é realizada com cada uma das principais variáveis do projeto e, após o termino de todo o processo, se verifica qual das variáveis tem o maior impacto no resultado do VPL.

A variável que apresentar maior sensibilidade no VPL será aquela que os tomadores de decisão deverão estudar com mais detalhes.

O estudo de sensibilidade é uma ferramenta que tem a capacidade de trazer respostas de substancial importância para os investidores, como:

- Qual é o aumento do valor do investimento inicial que o projeto suporta;
- Qual é a quantidade mínima de produto que a empresa necessita vender;
- Qual é o aumento do custo da matéria-prima que o produto absorve, entre outros parâmetros de relevância que os tomadores de decisão necessitem obter.

Para apurar e quantificar melhor os riscos de empreendimentos pode-se utilizar uma ferramenta muito empregada para este tipo de análise, a Simulação de Monte Carlo.

A Simulação de Monte Carlo é um método baseado na simulação de variáveis aleatórias para resolução de problemas.

Esta ferramenta surgiu durante a Segunda Guerra Mundial e seus idealizadores foram Von Neumann e Ulam; Esta técnica foi desenvolvida para suprir a necessidade de se criar um método para resolver problemas de integrais múltiplas (BONANNI, 2005). Desta forma, criaram um método que utilizava números aleatórios na resolução de problemas que envolviam dados probabilísticos ou estocásticos.

O método de Monte Carlo é considerado muito simples e flexível para ser aplicado em problemas de qualquer nível de complexidade. Entretanto, a maior inconveniência do método é o número de simulações necessário para se reduzir o erro da estimativa da solução procurada; Porém, com o avanço da informática, este inconveniente praticamente tornou-se nenhum.

Segundo a literatura, o uso de simulações foi empregado primeiramente pelos cientistas que desenvolveram a bomba atômica, em 1942. Já a denominação do método provém da cidade de Monte Carlo, no principado de Mônaco, famosa pelos seus cassinos e jogos de roleta, que são dispositivos que produzem números aleatórios.

Dentre inúmeras definições existentes na literatura sobre Simulação de Monte Carlo, a seguir serão descritas algumas, de acordo com o autor e o objetivo.

Segundo Naylor (1971), a Simulação de Monte Carlo é uma técnica para se buscar a solução de problemas de ordem probabilística ou estocástica, sendo utilizado em dois tipos gerais de problemas, os quais são:

- Aquele em que o processo seja estocástico, neste caso faz-se a simulação para se encontrar a distribuição de probabilidades, seja esta conhecida ou empírica;
- Problemas matemáticos determinísticos em que não haja uma solução simplificada quando resolvidos por métodos determinísticos. Nestes casos, buscam-se soluções

aproximadas simulando um processo estocástico que satisfaça os requisitos para a solução de um processo determinístico.

De acordo com Evans & Olson (1998), a simulação de Monte Carlo é basicamente um experimento amostral cuja proposta é estimar a distribuição de uma variável de saída que depende de diversas variáveis probabilísticas de entrada.

Gavira (2003) expõe na **Tabela 5.1**, alguns fatores positivos e outros que tornam o método da Simulação de Monte Carlo não tão vantajoso.

Vantagem	Desvantagem
<ul style="list-style-type: none"> • Modelos realistas • Aplicação em problemas mal estruturados • Grande Flexibilidade • Aquisição de visão sistemática • Exploração de possibilidades • Visualização de planos 	<ul style="list-style-type: none"> • Treinamento especial • Resultados podem ser de difícil interpretação. • Dificuldade de modelagem • Pode ser usada inapropriadamente • Modelagem e análise podem gerar altos custos • Resultados podem ser de difícil implementação.

Tabela 5.1 - Vantagem e Desvantagem da Simulação de Monte Carlo

5.4 A Avaliação de Investimento de uma Pequena Central Hidroelétrica de 15 MW de Potência Instalada, Inserindo a Receita de Certificado de Emissões Reduzidas.

A execução de projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e, conseqüentemente a inserção das receitas adquiridas das vendas dos Certificados de Emissões Reduzidas em projetos de energias renováveis, na grande maioria das vezes não são consideradas durante os estudos de viabilidade desses empreendimentos.

Pela falta de percepção do investidor para esta oportunidade de negócio ele poderá deixar de viabilizar um projeto que esteja localizado entre a fronteira da sua viabilidade ou não.

Para que se possa demonstrar a influência dos projetos de carbono nos resultados econômicos de empreendimentos de energia renovável, neste caso específico PCH, será realizado um estudo de viabilidade de uma usina de 15MW instalados, será considerada a entrada no fluxo de caixa das receitas obtidas pela venda dos certificados, admitindo cinco linhas de bases diferentes (carvão mineral, óleo combustível, diesel, propano e gás natural) para os combustíveis utilizados na operação da termoelétrica que será substituída pela Pequena Central Hidrelétrica.

A obtenção de dados coerentes e reais para a realização deste estudo de viabilidade é de fundamental importância para sua validade. Desta forma os números que serão utilizados nesta pesquisa são valores adquiridos através de pesquisa de mercado ou na vasta literatura existente sobre Pequenas Centrais Hidrelétricas.

Para a obtenção do valor do custo do MW instalado que será utilizado nesta simulação, será utilizado como fonte o trabalho realizado pelo Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidroelétricas – CERPCH, cujo o tema é “ESTUDO PARA DETERMINAÇÃO DE CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DE PCH NO BRASIL”(Tiago, 2004).

Este artigo apresenta um estudo para determinação de custos médios para a implantação de empreendimentos de PCH baseados em dados compilados de 63 projetos. Definiu-se um *fator de aspecto* de modo a se levar em conta se as centrais são de baixa, média ou alta queda.

Os resultados desta pesquisa são mostrados em gráficos e equações, que permitem uma estimativa de custo para este tipo de empreendimento.

Segundo Tiago (2004), para a determinação dos custos médios para a implantação de uma PCH foi realizada uma análise das planilhas de custos de 63 projetos no formato do Orçamento Padrão Eletrobrás (OPE). Os itens destas planilhas estavam distribuídos de acordo com a natureza do serviço em: obras civis e componentes hidromecânicos, componentes eletromecânicos, acessórios e linhas de transmissão, equipamentos diversos, custos indiretos e custos financeiros.

Os resultados desta pesquisa mostraram que o custo total médio para empreendimentos de PCH no Brasil pode ser adotado como 1.033 US\$/kW instalado, com um desvio ou variação de ± 217 US\$/kW.

Para trabalhar com valores em Real e quantificar o custo do kW instalado, o valor do dólar será considerado como sendo R\$ 3,00.

Os custos unitários médios de uma PCH estão distribuídos na **Tabela 5.2**

Custos unitários médios	US\$/kW	%
Obras civis e componentes hidromecânicos	434	42
Componentes eletromecânicos, acessórios e linhas de transmissão.	310	30
Equipamentos diversos	21	2
Custos indiretos	175	17
Custos financeiros	93	9
<i>Custos totais</i>	1.033	100

Tabela 5.2 - Distribuição dos custos unitários médios de uma PCH,
Fonte: Tiago (2004).

Na pesquisa, definiu-se como fator de aspecto, *FA*, o parâmetro dado de acordo com a seguinte expressão:

$$FA = Q / H^{1/2}$$

Em que:

- Q: Vazão turbinada (m³/s)
- H: Queda (m)

Sendo Q a vazão em (m³/s) e H a queda bruta em (m). A **Tabela 5.3** classifica o Fator de aspecto.

FA	Tipo de PCH
≤ 1	Alta queda
De 1 a 8	Média queda
≥ 6	Baixa queda

Tabela 5.3 - Fator de aspecto da PCH,

Fonte: Tiago (2004).

De modo a ter uma estimativa de custos unitários médios das centrais em função do seu arranjo, fez-se um estudo destes custos em função do Fator de Aspecto (FA). O resultado está apresentado na **Figura 5.1** dada a seguir.

Outro valor que há a necessidade de total veracidade devido a sua sensibilidade em relação ao VPL (como será demonstrado na Figura 5.4), é o valor de venda do MWh. Sem este valor não existe a possibilidade de verificar o montante da receita bruta adquirido pelo empreendimento.

Para a valoração do preço de venda da energia, será utilizado o Valor Econômico de Tecnologia Específica da Fonte – VETEF, (Diário Oficial da União, 2004) estabelecido pelo Ministério de Minas e Energia, em sua Portaria 45/2004, para o seu Programa de Incentivos às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA; Este valor é corrigido pelo IGP-M e em abril de 2005 estava fixado em R\$129,58 por MWh.(MME,abril/2005).

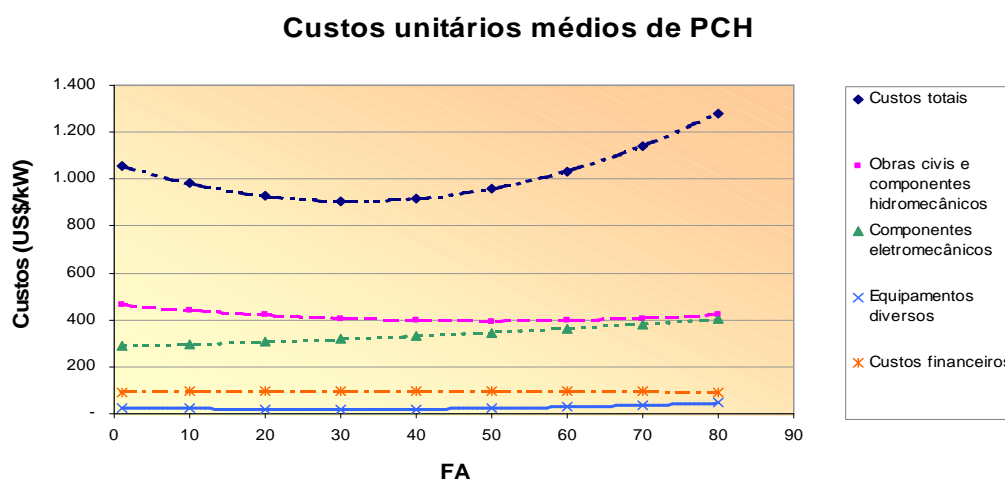


Figura 5.1 – Custos unitários médios de PCH em função do Fator de aspecto, Fonte: Tiago (2004).

O VETEF é o valor utilizado nos contratos de compra e venda de energia, realizados entre os Produtores Independentes de Energia – PIE e a Eletrobrás no âmbito do PROINFA. Este valor foi estudado exaustivamente pelos consultores do governo até chegarem a um número justo às duas partes envolvidas.

Número de tão importante quanto o valor de venda da energia é o Fator de Capacidade da PCH; Esta variável se dá pela divisão da energia total gerada pela usina em um determinado período pela capacidade total de geração da usina no mesmo período de tempo. Quando mais homogênea for à vazão do rio durante o ano onde está situada a PCH, maior será o Fator de Capacidade da PCH; Este número é expresso em porcentagem.

Segundo Tiago (2003), o Fator de Capacidade médio das usinas hidroelétricas no Brasil é de 56%; Assim esse valor será usado no modelo.

Segundo Nogueira (2004), o custo de operação e manutenção de uma Pequena Central Hidroelétrica é de R\$ 7,00 por MWh gerado, e é este valor que será usado para o estudo em questão.

A PCH do modelo em questão terá 30% de capital próprio e 70 % financiado, com juros reais de 10% ao ano, e seu prazo de amortização será de 10 anos com seis meses de carência pelo Sistema de Amortização Constante - SAC.

Outros aspectos que devem ser levados em consideração no estudo de viabilidade econômica são:

- Depreciação: dado que os ativos permanentes perdem valor com o tempo, é permitido lançar mão deste componente do fluxo de caixa o qual funciona, por um lado, como uma despesa apenas para reduzir o lucro tributável, não havendo uma saída efetiva de caixa. Por outro lado, apresenta-se como uma provisão para reposição futura de um determinado bem.(ANEEL, 2004).
- Vida útil do empreendimento de 30 anos
- Impostos:
 - Programa de Integração Social (PIS): 0,65% da receita bruta total;
 - Contribuição para Financiamento Social,(COFINS): 2% sobre a receita bruta total;
 - Contribuição Social sobre o Lucro (CSL): 8% sobre o lucro tributável bruto antes da despesa do imposto de renda;
 - Imposto de Renda (IR): a alíquota é de 15 % sobre o lucro tributável bruto, com limite até R\$ 240.000,00/ano, e o que exceder este limite estará sujeito a um adicional de imposto de renda de alíquota de 10%.
- Taxa anual de fiscalização da ANEEL (TF): seu cálculo segue o artigo 3º, decreto n º 2410, de 28 de novembro de 1997. Seu valor é de 0,5 % do faturamento anual.

Também serão considerados no modelo valores como despesas financeiras, amortização, contratos de seguros e outros.

Outro custo que estará sendo incorporado na análise de viabilidade é o valor necessário ser desembolsado pelos empreendedores para a certificação da PCH e para o desenvolvimento do projeto de carbono junto ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do

Protocolo de Quioto. O processo de certificação exige uma série de desembolsos na sua fase de implantação, são eles:

- § Elaboração do Documento do Projeto: US\$ 15.000,00 / por central;
- § Validação do Projeto: US\$ 20.000,00 / por central;
- § Negociações: US\$ 15.000,00 / por central;
- § Definição da Linha de Base: US\$ 50.000,00;
- § Monitoramento dos Projetos: US\$ 20.000 / por ano / por central.

Para que se possa quantificar a quantidade de CO₂ que estará sendo evitada com a construção desta PCH, há de se fazer uma relação da quantidade de energia gerada pelo novo empreendimento com o tipo de combustível fóssil que deixará de ser queimado na usina termoeletrica que será substituída pela PCH.

Alguns estudos têm sido realizados por cientistas do mundo todo para quantificar as emissões liberadas por cada tipo de combustível. Neste trabalho, estarão sendo utilizadas as relações publicadas pelo Natural Resources Canadá (2000).

A **Tabela 5.4** apresenta a quantidade de toneladas de CO₂ emitidas por MW/hora por cada tipo combustível fóssil utilizado no trabalho.

Combustível Fóssil	Toneladas de CO ₂ por MWh
Gás Natural	0,491
Óleo Combustível	1,018
Diesel	0,975
Propano	0,552
Carvão Mineral	1,069

Tabela 5.4 – Quantidade de toneladas de CO₂ emitidas por tipo de combustível, Fonte: Natural Resources Canadá (2000).

As informações apresentadas na **Tabela 5.5** descrevem as principais informações necessárias para o estudo de viabilidade da Pequena Central Hidrelétrica em questão; Estes valores constituirão o CASO BASE:

Informações	Valor
Investimento total	R\$ 46.485.000,00
Valor venda do MWh	R\$ 129,58
Prazo	30 anos
Custo de manutenção	R\$ 220.752,00
Custo de operação	R\$ 294.336,00
TMA	18%
Produção máxima MWh/ano	73.584

Tabela 5.5 - Referencia das principais informações econômicas da PCH em estudo

Levando em consideração todas as informações necessárias para a realização do estudo de viabilidade do empreendimento, sem levar em conta a inserção das despesas e receitas oriundas do projeto de Carbono no Fluxo de Caixa da PCH, chegou-se ao seguinte resultado.

O Valor Presente Líquido – VPL do CASO BASE é igual a R\$ - 1.831.636,40 e apresentou uma Taxa Interna de Retorno – TIR de 16% , dois pontos percentuais abaixo da Taxa Mínima de Atratividade requerida pelos empreendedores; Sendo assim, pode-se considerar este um projeto inviável.

O estudo de viabilidade econômica e financeira realizado no cenário CASO BASE demonstrou que numa análise pontual das variáveis o projeto teria que passar por um processo de diminuição dos custos de implantação e/ou uma elevação no valor de venda no MWh, para que atendessem as expectativas de rentabilidade de seus investidores.

A necessidade de se trabalhar com a variável preço de venda do MWh e com a variável investimento total é decorrente do resultado alcançado na análise de sensibilidade, que será relatada a seguir.

Para se obter uma melhor visão do projeto, foi realizado um estudo de sensibilidade das variáveis do projeto onde se constatou que as variáveis mais sensíveis são: em primeiro lugar, o preço de venda da energia e em segundo, o valor do investimento inicial.

Os resultados das simulações foram calculados com base nos itens apresentados na Figura 5.4, relativamente aos valores do caso em estudo; Com a realização da variação percentual, pode-se avaliar o impacto de cada um desses parâmetros sobre o Valor Presente Líquido.

A **Figura 5.2** mostra como as variações de 20% para baixo e para cima nos parâmetros escolhidos influenciam no valor do VPL.

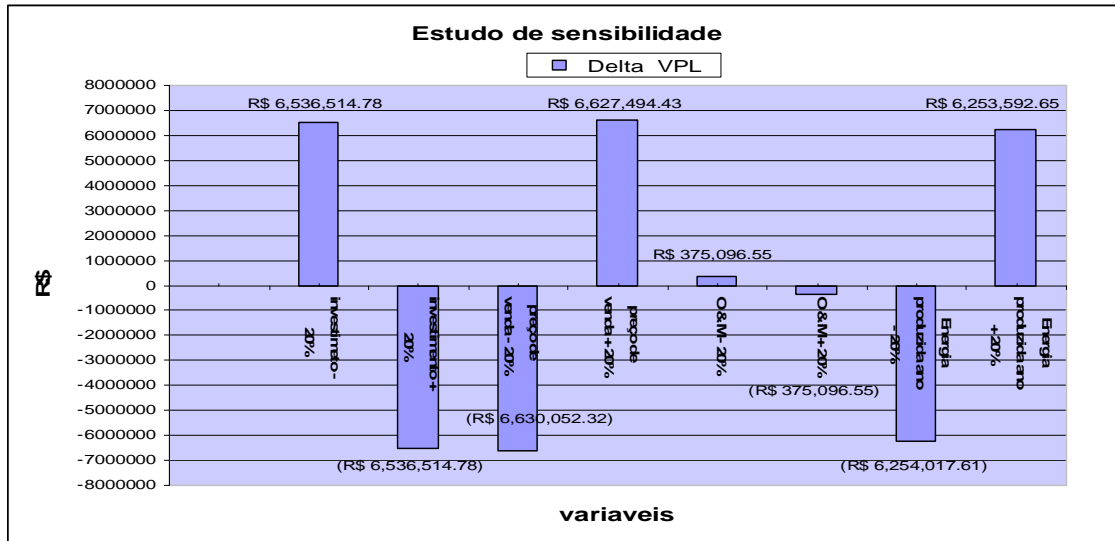


Figura 5.2 - Sensibilidade das variáveis sobre o Valor Presente Líquido.

5.5 Inserção do fluxo de caixa do projeto de carbono no estudo de viabilidade da PCH CASO BASE.

A partir deste momento, estarão sendo incorporadas ao fluxo de caixa do empreendimento as receitas e despesas ocorridas na elaboração, registro e certificação do projeto de carbono referente à PCH CASO BASE, de acordo com o Artigo 12 do Protocolo de Quioto que regulamenta o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

PCH CASO BASE será o nome dado ao empreendimento que será tema do estudo, conceitualmente ela não terá a inclusão da certificação do projeto junto ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e, conseqüentemente, o não recebimento das receitas advindas das vendas dos Certificados de Emissões Reduzidas.

Serão realizados cinco cenários diferentes, onde trabalhar-se á com a substituição de cinco tipos de combustíveis fósseis, um de cada vez, como se fossem cinco linhas de bases diferentes:

- Primeira linha de base, substituição de uma termoeétrica a gás natural,
- Segunda linha de base, substituição de uma termoeétrica a óleo Combustível,
- Terceira linha de base, substituição de uma termoeétrica a diesel,
- Quarta linha de base, substituição de uma termoeétrica a propano,

- Quinta linha de base, substituição de uma termoeétrica a carvão mineral.

Para a realização destes estudos iniciais estará sendo adotado o preço de US\$ 6,00, o valor da tonelada de carbono e também será utilizado o valor de R\$ 3,00 o dólar.

A **Tabela 5.6** apresenta como se comporta a TIR e o VPL com a entrada do fluxo de caixa do projeto de carbono comparado com o CASO BASE

O calculo realizado para se obter o valor que será adquirido com a venda dos Certificados de Emissões Reduzidas e, conseqüentemente, inserido no Fluxo de Caixa do empreendimento é feito da seguinte forma.

Ao se verificar a quantidade de MWh/ano gerado pela usina, neste caso 73.584 MWh, será verificado qual é o tipo de combustível que é utilizado na termoeétrica que será substituída pela PCH, e utiliza se o fator de emissão demonstrado na Tabela 5.4 (exemplo diesel, 0,975/MWh gerado). Finalmente, será realizado o produto do valor do MWh/ano gerado pela PCH, multiplicado pelo fator de emissão, multiplicado pelo valor de mercado da tonelada de CO₂, que neste estudo é utilizado U\$ 6,00, e assim se chega ao resultado final de U\$ 430.466,40.

Destes U\$ 430.466,40 existe a necessidade de se subtrair o valor de U\$ 20.000,00 para o pagamento do monitoramento anual da PCH restando, desta forma, U\$ 410.466,40 que, multiplicado pelo cambio de U\$ 1.00 igual a R\$ 3,00, incrementará no Fluxo de Caixa desta PCH o valor de R\$ 1.231.399,20/ ano , durante um período de dez anos.

Ao analisar as informações contidas na **Tabela 5.6**, a inserção do empreendimento no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo acarretará seguramente na alavancagem tanto do Valor Presente Liquido quanto na Taxa Interna de Retorno, melhorando assim a viabilidade econômica do projeto.

Cenários	TIR	Valor Presente Líquido
CASO BASE	16%	- R\$ 2.367.851,27
Gás Natural	21%	R\$ 3.147.140,56
Óleo Combustível	27%	R\$ 9.382.266,22
Diesel	26%	R\$ 8.873.273,04
Propano	21%	R\$ 3.866.200,65
Carvão Mineral	27%	R\$ 9.985.955,80

Tabela 5.6 - Comportamento da TIR e VPL com a inserção dos projetos de carbono

As **Figuras 5.3 e 5.4** demonstram graficamente como a entrada dos recursos oriundos da venda dos Certificados de Emissões Reduzidas tem a capacidade de melhorar de maneira significativa os indicadores de viabilidade econômica.

A Figura 5.3 apresenta e compara os valores das TIR das diversas linhas de bases.

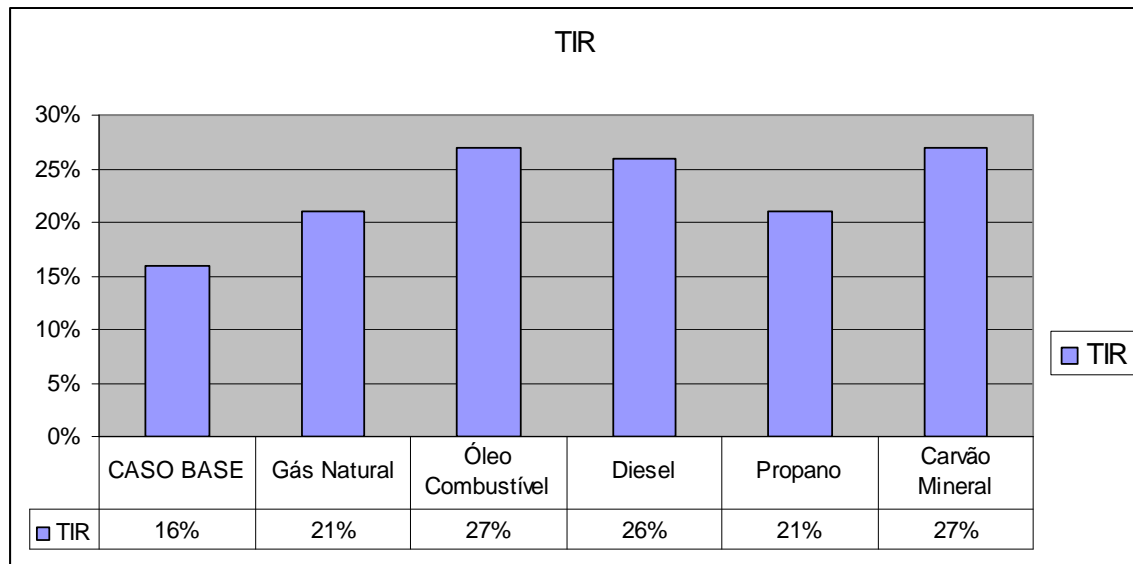


Figura 5.3 – Valor da TIR em relação ao combustível substituído

A Figura 5.4, a seguir, compara os valores dos VPL alavancados pelos Certificados de Emissões Reduzidas- CERs.

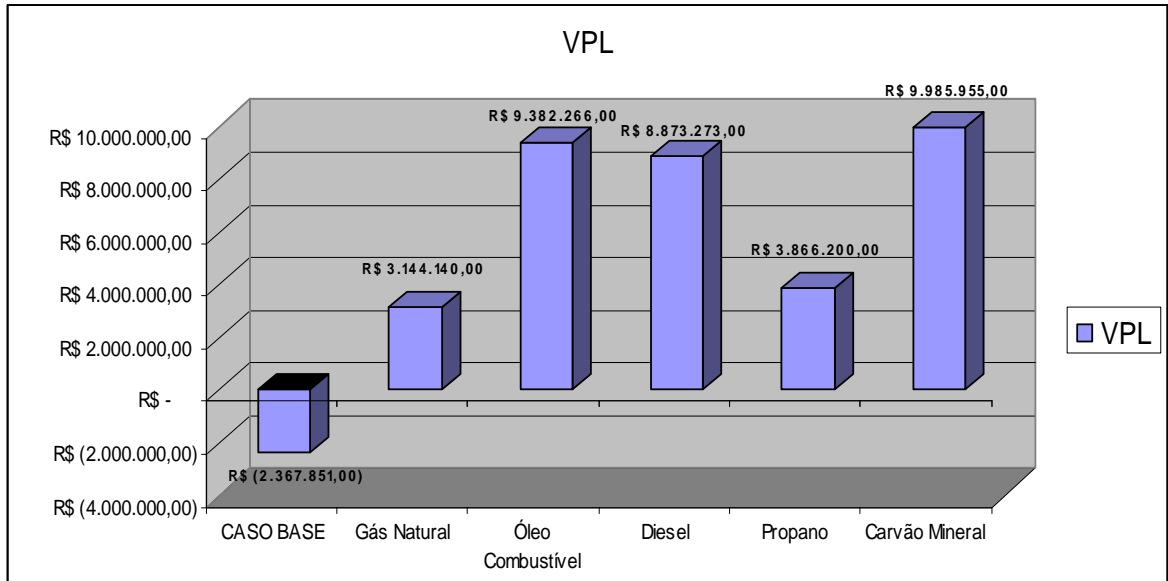


Figura 5.4 – Valor do VPL em relação ao combustível substituído

A **Figura 5.5** traz informações de como a variação Cambial do dólar em relação ao Real influencia o comportamento dos VPL da PCH CASO BASE nos cinco cenários diferentes da linha de base.

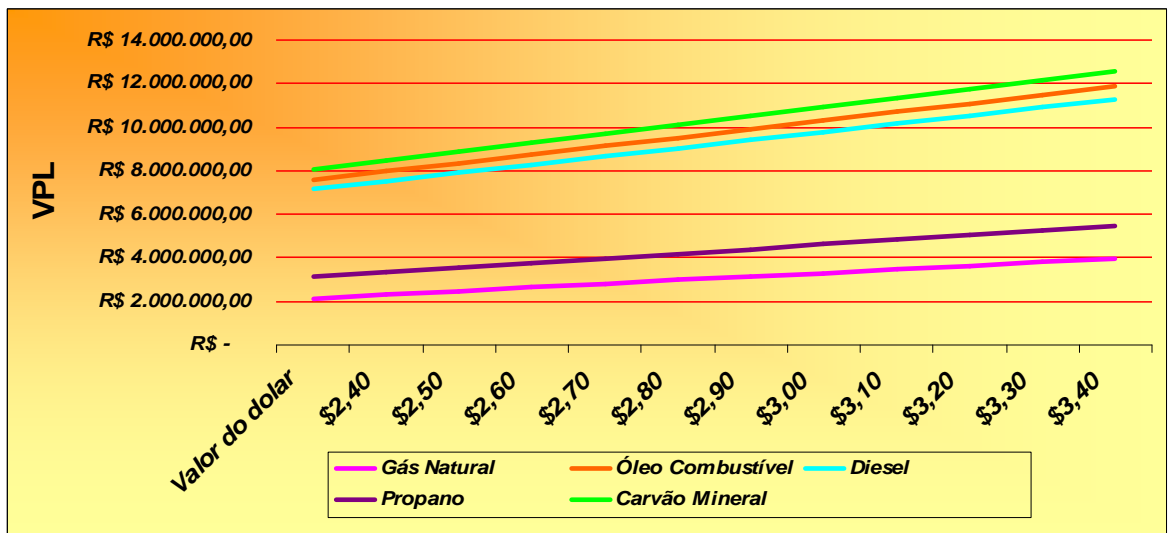


Figura 5.5 - Variação do VPL em relação ao valor do dólar

A **Figura 5.6** faz uma relação entre a variação do preço da tonelada de CO₂ com a alavancagem da Taxa Interna de Retorno do empreendimento

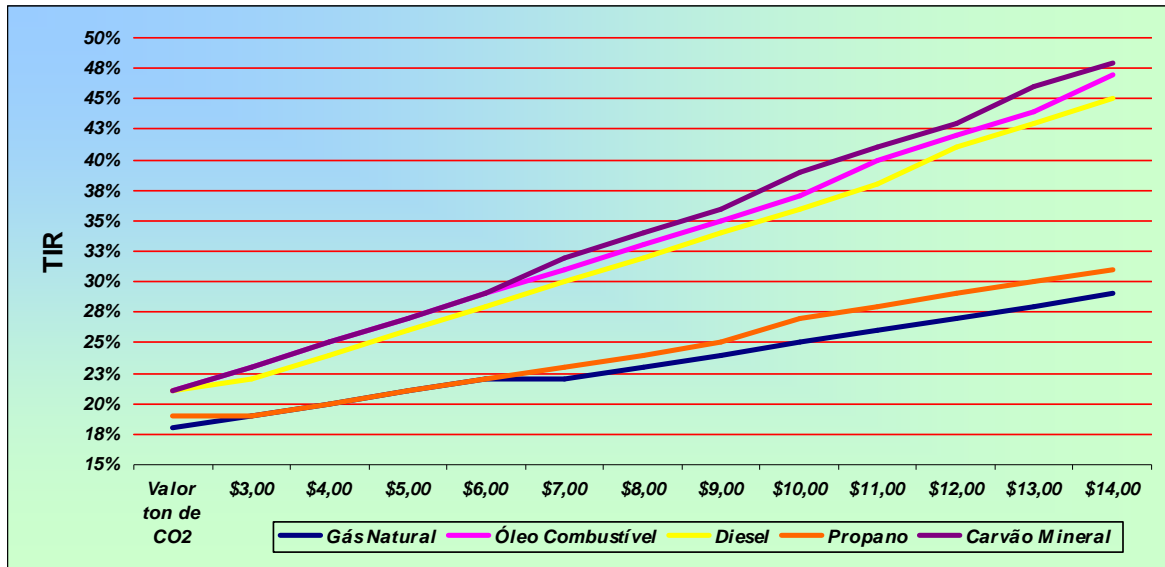


Figura 5.6 – Relação entre o valor da tonelada de CO₂ e a variação de TIR

Outra análise muito interessante que pode ser realizada é o ponto de equilíbrio entre a quantidade de energia gerada ou o fator de capacidade da PCH, em relação à PCH CASO BASE e os cinco cenários.

Isto significa que os valores apresentados na **Figura 5.7** são os valores mínimos para tornar a certificação do empreendimento viável em relação a cada combustível fóssil substituído, tanto no valor absoluto expresso em MWh gerado, quanto percentualmente em relação ao fator de capacidade da usina.

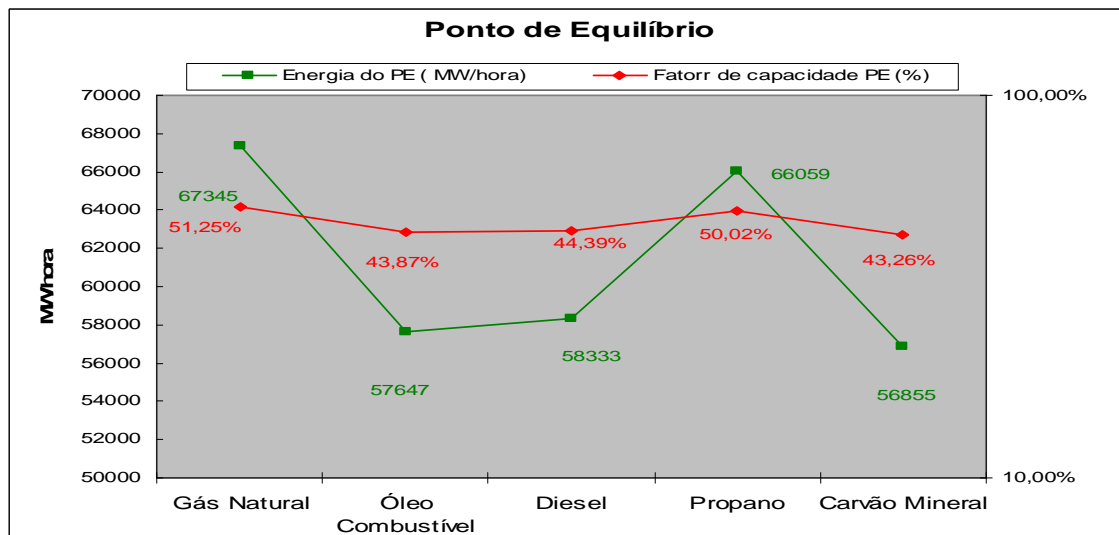


Figura 5.7 – Ponto de Equilíbrio para o projeto de carbono para a PCH CASO BASE

A grande importância destes números é o surgimento do valor mínimo de energia gerada por combustível e o Fator de Capacidade que este empreendimento necessita ter para a viabilidade do projeto de carbono em relação a cada tipo de derivado de petróleo estudado, nas condições de dólar a R\$ 3,00 e US\$ 6,00 a tonelada de CO₂.

5.5.1 Análise de risco utilizando a simulação de Monte Carlo

Foi utilizada a simulação de Monte Carlo para quantificar o risco percentual de investir na PCH CASO BASE e as alterações no risco do projeto com a entrada dos certificados de carbono nos cinco cenários diferentes.

Os resultados dos cenários serão demonstrados em forma de gráficos que apresentarão o risco do empreendimento num determinado cenário ocorrido aleatoriamente dentre as 2000 simulações realizadas:

O cenário CASO BASE, sem a certificação da PCH no MDL é representado pela *Figura 5.8*

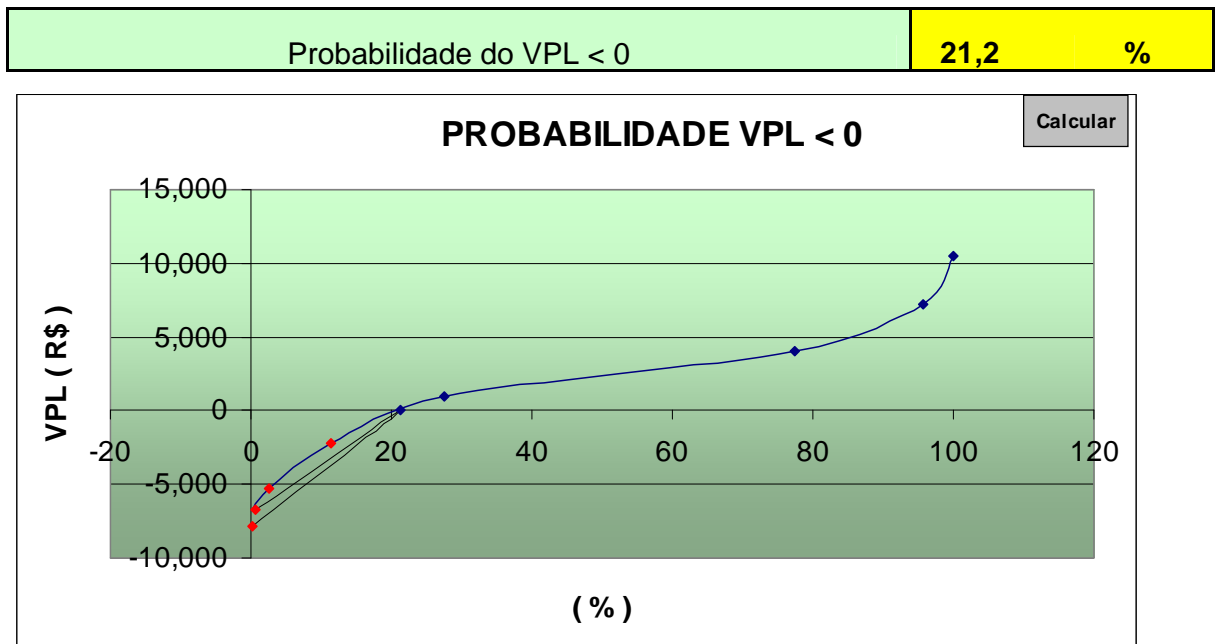


Figura 5.8 – Probabilidade de VPL ser menor que zero do CASO BASE sem projeto de carbono

O risco verificado do CASO BASE sem a presença do projeto de carbono varia de 20,1% a 28,3%

O segundo cenário que estará sendo estudado é a inclusão do projeto de carbono na PCH CASO BASE com a linha de base de substituição de gás natural; A **Figura 5.9** apresenta o gráfico da simulação.

A variação do risco neste cenário de substituição de uma termelétrica alimentada a gás natural ficou entre 3,9% a 7,2 % , bem melhor que o risco do cenário sem certificação.

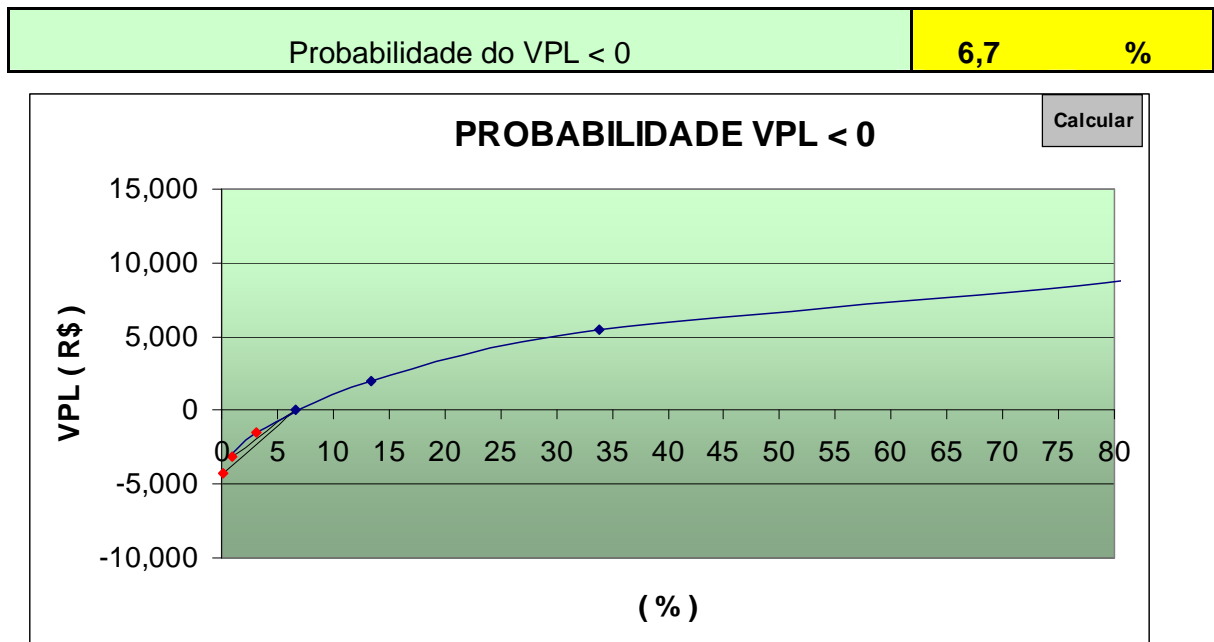


Figura 5.9 – Análise de risco do empreendimento, com CERs de gás natural.

A **Tabela 5.8** apresenta os níveis de risco do empreendimento com a inserção dos projetos de carbono com suas respectivas linhas de bases.

Linha de base do Projeto de Carbono	Faixa percentual de probabilidade do VPL < 0 verificada
CASO BASE	20,1% a 28,3%
Gás Natural	3,9% a 7,2%
Óleo Combustível	0,3% a 1,0%
Diesel	0,4% a 1,1%
Propano	3,5% a 5,8%
Carvão Mineral	0,2% a 0,9%

Tabela 5.8 – Probabilidade do empreendimento obter VPL < que zero, por tipo de combustível.

O que verifica se com o exercício realizado, é que além de tornar os empreendimentos mais viáveis do ponto vista econômico - financeiro, a certificação dos projetos para obtenção dos recursos oriundos da vendas dos CERs também têm a função de minimizar os riscos inerentes do investimento. Agregando assim, maior segurança para a realização da Pequena Central Hidrelétrica.

Outro aspecto interessante a ser analisado e o fato de que quando realizada a viabilidade econômica da PCH sem a inclusão do projeto de carbono, o mesmo se demonstrou inviável devido ao engessamento das variáveis, e após ter se realizado a simulação de Monte Carlo e assim ter se aberto um espectro de valores percentualmente ponderados para cada variável, mesmo sem a inserção do projeto de carbono a probabilidade deste projeto se tornar viável ficou entre 80 a 72 %.

Isto também demonstra que uma análise de investimento não pode ser tratada pontualmente; Há a necessidade de se verificar a elasticidade das variáveis dentro das suas probabilidades de ocorrências, e assim analisar melhor o risco do empreendimento obter um VPL menor que zero.

5.6 Considerações Finais

O processo de certificação de empreendimentos de energia renovável traz para este mercado uma entrada nova nos fluxos de caixa destes empreendimentos, isto torna o projeto mais robusto no tocante econômico financeiro, atuando diretamente em seus indicativos como TIR e VPL.

Esta nova ferramenta terá importância fundamental para o desenvolvimento do mercado de energia renovável no mundo, atuando como alavanca para o surgimento de uma matriz energética ambientalmente mais correta.

As energias renováveis terão papel importantíssimo para a sustentabilidade da vida em nosso planeta, as preocupações referentes ao aquecimento global e as mudanças climáticas demonstradas por cientistas do mundo inteiro pressionam a humanidade a buscar soluções para esta problemática.

Conferências mundiais organizadas há décadas para tratar deste assunto tiveram como seu principal tema a criação e ratificação do Protocolo de Quioto. Com sua entrada em vigor em fevereiro de 2005, os empreendedores e investidores interessados no desenvolvimento de uma matriz energética mais limpa para o mundo não podem fechar os olhos para o incremento econômico financeiro que projetos de Certificação possam agregar nos desenvolvimentos de negócios de energia renovável.

CAPÍTULO 6

6 Conclusões e recomendações

6.1 Considerações ao tema

Este trabalho teve como meta principal demonstrar como que o desenvolvimento de projetos de certificação de Pequenas Centrais Hidroelétricas junto ao Protocolo de Quioto no contexto do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, pode melhorar a sua viabilidade econômico-financeira e, assim, minimizar a probabilidade de não se tornar um empreendimento economicamente sustentável.

Para os países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo é o único mecanismo que pode trazer benefícios financeiros, tanto para o país quanto para os seus investidores.

O que o trabalho demonstra é que na fase de desenvolvimento dos estudos de viabilidade econômica de projetos de energias renováveis, os investidores devem considerar as entradas anuais decorrentes da venda dos Certificados de Emissões Reduzidas, e que este novo recurso não somente pode viabilizar projetos inviáveis economicamente, como também melhorar a rentabilidade de projetos que já tenham atingido o equilíbrio financeiro desejado pelos seus investidores.

Os resultados alcançados busca incentivar investidores públicos, mas principalmente os privados, a investirem em projetos de infra-estrutura, como por exemplo, neste caso geração elétrica, em países em desenvolvimento tão carentes de recursos para estes fins.

Com a entrada em vigor do Protocolo de Quioto, a meta de se diminuir as emissões de gases de efeito estufa foi lançada; O objetivo é diminuir os impactos das ações antrópicas nas mudanças climáticas e, assim, manter a hegemonia da humanidade na superfície da Terra.

Por mais incrível e aterrorizante que isso possa aparecer, o maior e mais temível predador da humanidade é o próprio homem que, com suas ações em busca do desenvolvimento, tem alterado o equilíbrio ecológico, ambiental e climático de nosso planeta.

Para combater todos estes desequilíbrios, atitudes drásticas terão que ser tomadas.

Neste trabalho, está sendo abordado o desequilíbrio climático que a atuação do homem (também chamadas de ação antrópica) tem ocasionado nos últimos séculos, principalmente após a Revolução Industrial.

Segundo estatísticas do IPCC (2005), os últimos anos estão sendo os mais quentes desde que existem registros; no verão de 2003, milhares de europeus morreram por causa do calor; Cada vez mais desastres climáticos, como tempestades, enchentes, ciclones e incêndios destroem cidades, deixando milhares de mortos e desabrigados.

No dia 16 de fevereiro de 2005, com a entrada em vigor do protocolo de Quioto, um importante meta foi alcançada para a mudança deste paradigma foi dado, trazendo um alento às gerações futuras.

A união de diversos países, para que juntos agreguem esforços com o objetivo de amenizar e diminuir as quantidades e as ações dos gases de efeito estufa na atmosfera, demonstra que a humanidade pode pelo menos manter as esperanças.

Com a meta de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 5% em relação aos dados de 1990, o Protocolo de Quioto apresenta uma série de mecanismos para que os países do Anexo I, considerados os que mais poluíram nas últimas décadas e, também, na maioria das vezes os mais ricos, possam cumprir as suas metas de redução.

Um destes mecanismos é o “Mecanismo de Desenvolvimento Limpo” e é através deste processo que o Brasil pode participar do mercado de carbono dentro do arcabouço legal do Protocolo de Quioto.

Para o Brasil, país carente de recursos para o desenvolvimento de empreendimento de infra-estrutura, este mercado poderá alavancar recursos para a construção de inúmeras plantas de geração de energia renovável.

A possibilidade de agregar os Certificados de Emissões Reduzidas aos projetos de energia renovável será, sem dúvida nenhuma, um propulsor para o desenvolvimento tecnológico dessas fontes de geração de energia elétrica.

Não podemos esquecer que a geração de energia elétrica é responsável pela a maior parte das emissões de dióxido de carbono na atmosfera, sendo este o principal gás causador do aquecimento global.

Com o avanço tecnológico destas fontes renováveis de geração e com a oportunidade de obter mais uma receita financeira dentro dos projetos deste tipo de geração, cada vez mais a viabilidade técnica e econômica destes empreendimentos serão factíveis.

O que não pode acontecer é que, por falta de experiência ou informação, investidores do setor elétrico que queiram desenvolver projetos na área das energias renováveis não utilizem os benefícios da certificação destes empreendimentos.

6.2 Resultados do Trabalho

Como se pôde observar durante o capítulo 5, a utilização dos créditos de carbono para viabilizar projetos de energias renováveis, ou simplesmente melhorar consideravelmente sua rentabilidade, é um incentivo legal e real mesmo tendo que levar em consideração a burocracia e o desembolso inicial necessário para a elaboração do projeto de certificação das usinas.

A certificação dessas plantas de geração trás para os investidores novas perspectivas deste mercado.

Com a venda dos certificados, projetos podem mudar do status de inviabilidade para viabilidade; Assim a rentabilidade do investimento toma novos rumos e o risco percebido pelo tomador de decisão diminui.

Desta forma, pode-se concluir que o objetivo deste trabalho, que se baseou em demonstrar como esta nova oportunidade de se adquirir uma receita adicional para projetos de energia renovável, foi alcançado, pois os resultados demonstraram que a utilização dos benefícios dos certificados de emissões reduzidas pode melhorar de maneira substancial a viabilidade de empreendimento de geração de energia renovável, no caso específico estudado, Pequenas Centrais Hidroelétricas.

Com a utilização da simulação de Monte Carlo também se pôde perceber que com a inclusão dos CERs no fluxo de caixa do empreendimento, a probabilidade de se desenvolver um projeto com VPL menor que zero diminuiu substancialmente, trazendo assim segurança financeira ao empreendedor.

A **Figura 6.1** compara as faixas de probabilidade de o empreendimento obter um VPL menor que zero, levando em consideração a inclusão dos certificados de carbono no projeto levando em consideração a substituição de usinas termoelétricas abastecidas por diferentes tipos de combustíveis fosseis analisados um a um.

Sendo o CASO BASE analisado sem a sua certificação e os outros cenários substituindo cada tipo de combustível.

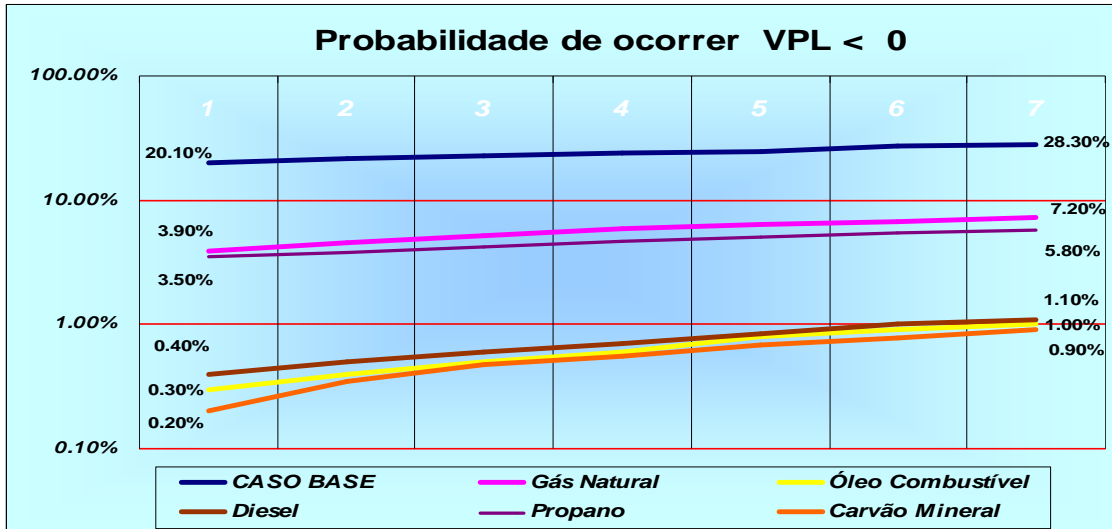


Figura 6.1 – Faixa de probabilidade de o empreendimento obter VPL < 0 por linha de base.

O que percebe se na Figura 6.1, é que cada tipo de combustível fóssil atua diferentemente nos resultados finais dos estudos de viabilidade econômica e financeira do projeto; Este fato é decorrente do quão emissor de dióxido de carbono cada combustível é responsável quando utilizado em termoelétricas para fins de geração elétrica.

6.3 Recomendações e Sugestões para trabalhos futuros

Durante o desenvolvimento, deste trabalho inúmeras suposições e proposições ocorreram; Entre tantas idéias, algumas seriam interessante ressaltar e propor neste item.

A criação de um fundo setorial dentro deste mercado, o mesmo poderia ser mundial, e administrado pela Nações Unidas, ou se fosse nacional, administrado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia, que taxasse em 5% todas as transações que ocorressem no âmbito do mercado de carbono. Este fundo teria como principal função financiar pesquisas que abordassem temas da área relacionado a mudanças climáticas. Desta forma, o mercado de carbono estaria não só trabalhando para atingir os objetivos de reduções de emissões, como também para o desenvolvimento tecnológico de áreas que no futuro façam com que esse objetivo seja atingido de maneira mais eficiente e econômica.

Como este assunto é um tema muito recente, existe uma grande perspectiva de novos trabalhos que possam agregar valor para o próprio desenvolvimento e consolidação do mercado de carbono. Seriam interessantes temas que abordassem:

- O passivo de emissões que o desenvolvimento dos equipamentos de geração de energia renovável traz durante a sua concepção, pois o desenvolvimento da maioria dos equipamentos de energia renovável é feito em países com matriz energética de base fóssil; Então estes equipamentos trazem estes passivos de emissões, que deveriam ser contabilizados.
- Trabalhos que tratem dos aspectos regulatórios deste mercado de Carbono.
- Um assunto que poderá despertar interesse na comunidade científica seria valorar de maneira diferente os certificados de emissões reduzidas em relação a sua origem; CERs oriundos de projetos que tragam outros benefícios, além somente que os ambientais, como por exemplo geração de empregos, erradicação da fome, melhoria da qualidade de vida das comunidades envolvidas, geração de renda; Assim os certificados trariam junto do benefício ambiental, um valor social agregado em seu preço.
- Outro tema que agregaria grande valor a este estudo, seria realizar a mesma análise de alavancagem econômica financeira em projetos de energias renováveis que estivessem situados dentro de Sistema Interligado Nacional. O desenvolvimento das linhas de base de cada submercado, teria fundamental importância para certificação de projetos localizados nestas regiões.

O assunto é novo, deixando assim uma vasta opção para novas pesquisas; Cabe aos pesquisadores brasileiros tomar frente neste tema e garantir ao país a vanguarda científica deste assunto, transformando, desta forma, a vocação brasileira de um dos maiores exportadores de Carbono em um dos principais agentes deste mercado.

6.4 Conclusões Finais

Com a entrada em vigor do Protocolo de Quioto, o mercado de carbono consolidou-se, obtendo seu reconhecimento mundial.

Como ações para a diminuição das emissões de gases de efeito estufa, o desenvolvimento de plantas de geração de energia renovável é uma das alternativas, o Brasil tem em seu território grandes oportunidades de implementação destas fontes de geração, e atualmente tem o maior programa do mundo de incentivo às fontes renováveis de energia, o PROINFA.

O potencial brasileiro eólico, hídrico, solar e de biomassa é imenso; Cabe aos investidores, governo, e pesquisadores, desenvolverem projetos que sejam sustentáveis, ambiental, social e economicamente.

Este trabalho demonstrou que os certificados de emissões reduzidas podem ajudar na viabilidade destes projetos; O que não pode ocorrer é a não utilização deste benefício pela falta de conhecimento ou tecnologia e assim projetos que poderiam estar sendo desenvolvidos ficarem somente no papel.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, C.A. **Geração de Energia no Brasil – Histórico e Perspectiva** – M. Sc. Teses – Dep. De Energia Nuclear. UFMG, 1998.

ANEEL, 2004. **Agência Nacional de Energia Elétrica**, 2004. Resolução ANEEL 285/04.

ANEEL, 2005. **Agência Nacional de Energia Elétrica**, 2005. Disponível na Internet via <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.asp> . Acesso em 2005

Balanco Energético Nacional – BEN. 2004. Brasil, Ministério de Minas Energia, Brasília 2004 169 pg. Ilustradas

BETTELLI, P; CARPENTER, C; CHURIE, A; RAJAMANI, L; SPENCE, C; VOINOV, J. **Summary of the Fifth Conference of the Parties to Framework Convention on Climate Change: 25 October – 5 November 1999**, Earth Negotiations Bulletin, 1999, Disponível em:<http://www.iisd.ca>. Acesso em 28 Janeiro 2004.

BEZERRA, Arnaldo Moura. **Aplicações Térmicas da Energia Solar**. 4^a Edição, João Pessoa. Editora: UFPB.

BISHOP V., **Catalyzing Climate-Friendly Investment through Structured Financing of Carbon Finance Transactions**, CFC Note, Washington DC, 2004.

BHANDARI, Pretty. **Historical Perspective on Negotiations** , In Climate Change: Post-Kyoto Perspectives from the South, pp. 49-60. New Delhi: Tata Energy Research Institute, 1998. Disponível em: <http://www.teriin.org/climate/cp-4/chp4.pdf>. Acesso em 1 maio. 2003.

BTM CONSULT APS. **Word Market Update**, 2000. Disponível na internet via <http://www.btm.dk>. Acesso em 2001

BRUNI, Adriano L.; FAMÁ Rubens; SIQUEIRA, José de O. Análise do risco na avaliação de projetos de investimento: uma aplicação de Monte Carlo. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v.1, n.6, 1998.

BONANNI, C. G. (2005). **Uso Combinado das Técnicas DOE e Simulação de Monte Carlo em um Processo de Soldagem MIG/MAG Pulsado**. Dissertação de Mestrado de Engenharia de Produção, UNIFEI. Julho de 2005.

CARPENTER, Chad. **A Summary of the First Session of the Ad Hoc Group of the Berlin Mandate of the UNFCCC**, Earth Negotiations Bulletin, 1995, Disponível em: <http://www.iisd.ca> Acesso em 28 janeiro de. 2004.

CASAROTTO, Nelson e KOPITTKE, Bruno H. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

CBEE - **Centro Brasileiro de Energia Eólica**, 1998. Disponível na internet via <http://www.eolica.com.br/energia.html> . Acesso em 2005.

CENAMO, M.C., 2004. **Mudanças Climáticas, o Protocolo de Quioto e Mercado de Carbono**. CEPEA. ESALQ, Piracicaba.

[CENBIO] Centro Nacional de Referência em Biomassa, Pg 10,

Coelho, Suani Teixeira ;Silva, Orlando Cristiano da; Consíglío, Marcelo; Pisetta,Marcelo; Monteiro, Maria Beatriz.

Panorama do Potencial de Biomassa no Brasil / Suani Teixeira Coelho. Brasília – Distrito Federal: Dupligrafia

Projeto BRA / 00/029 – Capacitação do Setor Elétrico Brasileiro em relação à mudança global do clima

1. Previsão Climática. 2.Biomassa. 3. Vegetação. 4. Cana-de-açúcar. 5. Óleos Vegetais.
6. Resíduos Agrícolas. 7. Resíduos Florestais. 8. Setor Elétrico. 9. Regiões Brasileiras: vegetação.

CORREIA, E. L. A **Viabilidade econômica do Gás Natural**. Florianópolis, 2002. Dissertação (Mestrado da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção)

Conservação de Energia - Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos, 2001.

CQNUMC, 2005, disponível na internet no site:

<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf> ., e em versão traduzida para o português no site do Ministério de Ciência e Tecnologia – MCT:

<http://www.mct.gov.br/clima/convencao/pdf/Convencao.PDF> . Acesso em 2005.

DALBELLO, L. A **relevância do uso do fluxo de caixa como ferramenta de gestão financeira para avaliação da liquidez e capacidade de financiamento de empresa**. Florianópolis, 1999. Dissertação (Mestrado da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção)

Energy and the challenge of sustainability, Editora: United nations development Programme Bureau for development policy One United Nations Plaza , New York, NY 10017. September 2000

Estação de Monitoramento de Mauna Loa, Hawaii, 1998. Disponível na Internet via <http://www.ufogenesis.com.br/astrologia/noticias.asp?astrologia=1743> . Acesso em 2005.

Eletrobrás / PROCEL 1998. **Comunicado Nacional Início do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília , D.F. 2004.

EVANS, James R., OLSON, David L. *Introduction to Simulation and Risk Analysis*. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1998.

Feldmann, F.; Birderman, R.; 2004. Fundamentos de uma política Nacional sobre Mudanças do Clima. São Paulo.

GAVIRA, M. O., **Simulação computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento**. Dissertação de Mestrado, UFSC, 2003.

Hamburg Messe und Congress Gmbh, 2002. MOSS, Hamilton de Souza, 2004. Disponível na internet via <http://www.cresesb.cepel.br/apresentacoes/maceio2004.pdf> . Acesso em 2005.

Holdren, J.P.; K. R. Smith. 2000. “**Energy the Environment, and Health**” in **World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability**. New York, NY: United National Development Programme.

GABETTA, J.H.S.C.; TIAGO, G.L.F.; Capítulo 3, **Fontes renováveis de energia no Brasil** / Mauricio Tiomno Tolmasquim (Organizador) – Rio de Janeiro: intercência: CINERGIA, 2003

GABETTA, J.H.S.C. **Monografia** CERPCH, 2001.

Barontini, G., 2004. **Congresso de Energia Limpa**. Editora: Caju. 2004; São Paulo SP.

GUTIÉRREZ, M.; LOHAN, D.; SCHIPPER, L.; SHERMAN, R.; WILKINS, H., **Summary of the Ninth Conference of the Parties to the UN Framework Convention on Climate Change**: 1-12 december 2003, Earth Negotiations Bulletin, 2003, Disponível em: <http://www.iisd.ca/linkages/climate/cop9/>. Acesso em 28 janeiro. 2004.

GOLDEMBERG, J. 1999. **Efeito Estufa e a Convenção Sobre Mudança do Clima**. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, Área de Planejamento. Assessoria Especial de Meio Ambiente. Ministério de Ciências e Tecnologia. Gabinete do Ministro. Coordenação de Pesquisas de Mudanças Globais, Brasília D.F.

GUSMÃO, Marcos Vinicius Nascimento. **Fontes renováveis de energia no Brasil** / Mauricio Tiomno Tolmasquim (Organizador) – Rio de Janeiro: intercência: CINERGIA, 2003

IEA [International Energy Agency]. 2001. **Energy Policies of IEA Countries – 2001 Review**. Paris, France: International Agency Energy.

[IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2000. **Methodological and Technological Issues in Technology Transfer**. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change.

[IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change, 2005. Disponível em: <http://www.geovivencia.com.br/ativ.asp?atividades=9,2005>. Acesso em 6 julho de 2005.

JACOBY, H. D.; SCHMALENSEE, R.; WING, I. S., **Toward a Useful Architecture for Climate Change Negotiations**, MIT Joint Program on Science and Policy of Global Change, 1999, Disponível em : <http://web.mit.edu/globalchange/www/>. Acesso em 5 fev. 2004.

Jefferson, M.. **“Energy Policies for Sustainable Development” Word Energy Assessment**, New York, 2000.

JOTZO, F; MICHAELOWA, A **Estimating the CDM market under the Marrakech Accords**, Paper for the 3rd CATEP workshop ‘Global Trading’, Kiel Institute for World Economics, September 30 – October 1, 2002 Disponível em <http://www.ucd.ie.pdf>. Acesso em 26 Junho 2004.

KIM, Chan-woo. **Negotiations on Climate Change: Debates on Commitments of Developing Countries and Possible Responses East Asian Review** Vol. 14, No. 1, 2002, pp. 45-60. Disponível em http://www.ieas.or.kr/vol14_1/14_1_3.pdf Acesso em 19 de Agosto de 2004.

KOPP, R. J.; PIZER, W.A. **Summary and Analysis of McCain-Lieberman – “Climate Stewardship Act of 2003” S.139**, introduced 01/09/03 Resources for The Future , 2003, disponível em www.frr.org. Acesso em 24 junho de 2004.

Krewitt, W., Heck, A. Trukenmuller, R. Friedrich. 1999. **Environmental Damage Costs from Fossil Electricity Generation in Germany and Europe** Energy Policy 27:173-183.

LECOCQ F., Capoor K., 2003. **State and Trends of the Carbon Market 2003**, PCFplus Research Report No.16

MARQUES MALERBA, E. P. (2003). **Desenvolvimento e Aplicação de uma Ferramenta computacional de apoio à decisão em análise de investimento sob condições de risco – uma automação do método de Monte Carlo**. Dissertação de Mestrado – Departamento de Produção, UNIFEI, Julho 2003.

Maxwell, J.C. (1872). **Theory of Heat**, D. Appleton and CO., New York.

MME, 2004, Informação disponível pela internet no site http://www.mme.gov.br/programs_display.do?chn=913 . Acesso em 2005.

Diário Oficial da União, 01 de abril de 2004. Resolução do Ministério de Minas e Energia n° 45/2004.

MONTEIRO, C. J. **O modelo de avaliação do fluxo de caixa líquido da empresa: o caso Eletrobrás**. São Paulo, 1997. Dissertação (Mestrado na Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, FCA/USP).

Nakicenovic, N.; Grubler, A. & Mcdonald, A. (eds.). **Global Energy Perspectives**. Cambridge, Cambridge University Press: 1998.

Nakicenovic, N.; 2000. **“Energy Scenarios” in World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability**. New York , NY: United National Development Programme.

Nakicenovic, N.; 1990 (*Leader of the Transitions to New Technologies Project at the International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), in Austria*) and Swart; R. (*Head of the Technical Support Unit of Working Group III on Mitigation of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), in the Netherlands*).

Natural Resources Canada, 2000. RETScreen International Renewable Energy Project Analysis Software, version 2000 - Release 2. Minister of Natural Resources 1997-2000.

NAYLOR, T. H. et al. *Técnicas de simulação em computadores*. Editora Vozes, São Paulo, 1971.

Nogueira, A.G. (2004). **Avaliação Econômico-financeira de PCHs – Análise de sensibilidade**. IV simpósio brasileiro sobre pequenas e médias centrais hidroelétricas, Porto de Galinhas – PE, 2004.

Nyong, A.; 2005. Disponível via Internet <http://www.uk.co.ke/?no=3266>. Acessos em 2005.

Observatório do Clima, 2004. Disponível via Internet <http://www.clima.org.br> . Acesso em 2004.

PAMPLONA, Edson de Oliveira. MONTEVECHI, José Arnaldo Barra. Engenharia Econômica I, EFEI, 2001.

[PCAST] President's Committee of Advisors on Science and Technology. 1997. Federal Energy Research and Development for the Challenges of the Twenty-First Century. Washington, D.C.: Executive Office of the President, President's Committee of Advisors on Science and Technology, Panel on Energy Research and Development,

.1999 Report to the President on the Federal Role in International Cooperation on Energy Innovation. Washington, D.C.: President's Committee of Advisors on Science and Technology.

PEREIRA, E.M.D.; MESQUITA, L; DUARTE, L.O.; ROCHA, J.M.G. **Energia Solar Aplicada – instalações Solares de Pequeno Porte**, PUC MINAS VIRTUAL, 2002.

PEW CENTER **Tenth Session of the Conference of the Parties (COP) to the U.N. Framework Convention on Climate Change**, December 6-17, 2004 Buenos Aires, Argentina. Disponível em:

http://www.pewclimate.org/what_s_being_done/in_the_world/cop10/summary.cfm Acesso em 2 de Janeiro 2005.

Protocolo de Quioto, 1997. Documento editado e traduzido pelo Ministério de Ciências e Tecnologia com o apoio do Ministério das Relações Exteriores da republica Federativa do

Brasil. Disponível na internet no site <http://www.mct.gov.br/clima/quioto/protocolo.htm>
Acesso em 2005.

ROSS, S. A. et al. WESTERFIELD, R. W., JORDAN, B. .D. **Princípios da Administração Financeira**, São Paulo: Atlas, 2000.

ROSS, S. A et al. WESTERFIELD, R. W., JAFFE, J. F. **Administração Financeira**. Editora Atlas. São Paulo, 1995.

SAMANES, C.P. (2002). **Matemática financeira: Aplicações à Análise de Investimentos** – São Paulo : Prentice Hall, 2002.

SANCHES, A.L. (2004); **Avaliação Econômica de um Projeto de Investimento em Condições de Incerteza Utilizando Números Triangulares Fuzzy, Uma Aplicação na área de Mineração**. Dissertação de Mestrado – Departamento de Produção, UNIFEI, Março 2004.

SANTOS, E. M.(2001); *Um Estudo Sobre a Teoria das Opções Reais Aplicada à Análise de Investimentos em Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (p&d)*, Dissertação de Mestrado – Departamento de Produção, UNIFEI, Novembro 2001.

SCOTT, B. (1991). **Phoronesis: Journal for Ancient Philosophy**, volume 36, number 2, 1991, pp. 117 – 140(24). Publishers Academic de Brill.

TETTI, L.; CARDOSO, P. H.. **Decisões do protocolo de Quioto em Vigor (MDL)**. Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro – R.J., 2004.

TIAGO, G.L.; GABETTA, J. H (2003). **Fontes Renováveis de Energia no Brasil**. Capítulo 3. Editora INTERCIÊNCIA – Rio de Janeiro – 2003.

TIAGO, G.L. (2004). **Estudo Para Determinação de Custos de Implantação de PCH no Brasil**. IV simpósio brasileiro sobre pequenas e médias centrais hidroelétricas. Porto de Galinha – PE, 2004.

TIAGO, G.L.; GABETTA, J. H.(2005). **Quantificação dos aspectos sócio-econômicos para viabilização de projetos de geração de energia elétrica a partir de tecnologia de Pequenas Centrais Hidroelétricas.** Projeto PNUD BRA/01/039. Reestruturação do Setor Elétrico.

TYLER, Stanley C. 2001. Disponível pela internet no site http://www.faculty.uci.edu/profile.cfm?faculty_id=4742 Acesso em setembro de 2005.

UDAETA, M.E.M.; GALVÃO, L.C.R.; GRIMONI, J.A.B. **Iniciação a Conceitos de Sistemas Energéticos para o Desenvolvimento Limpo** – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004. – (Acadêmico; 58)

UNFCCC,- **United Nations Framework Convention on Climate Change**, 1992.

Retirado do texto oficial da Convenção do Clima, disponível no website oficial da CQNUMC: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf> . ; e em versão traduzida para o português no site do Ministério de Ciência e Tecnologia – MCT: <http://www.mct.gov.br/clima/convencao/pdf/Convencao.PDF>. Acesso em 2005.

VIOLA, E; LEIS, H. R. **Governabilidade e Mudança Climática: Desafios e Impasses Globais e Brasileiros.** Idéias – Revista do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Campinas:Unicamp, ano 8 (2), p. 71-114, 2001.