

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
RECURSOS DA AMAZONIA - PPGENGRAM

DIAGNÓSTICO DAS EMISSÕES DE CO₂ NA GERAÇÃO
TERMELÉTRICA DE MANAUS E AS POSSIBILIDADES NO
MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO

LEONARDO CALDAS ROCHA

Manaus
2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
RECURSOS DA AMAZONIA-PPGENGRAM

LEONARDO CALDAS ROCHA

DIAGNÓSTICO DAS EMISSÕES DE CO₂ NA GERAÇÃO
TERMELÉTRICA DE MANAUS E AS POSSIBILIDADES NO
MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos da Amazônia, como requisito parcial do título de Mestre em Engenharia de Recursos da Amazônia, área de concentração Energia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Elizabeth Ferreira Cartaxo

Manaus
2012

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAM

R672d Rocha, Leonardo Caldas

Diagnóstico das emissões de CO₂ na geração termelétrica de Manaus e as possibilidades no mecanismo de desenvolvimento limpo / Leonardo Caldas Rocha. - Manaus, AM : UFAM, 2012.

126 f. : il. color. ; 30 cm

Inclui referências.

Dissertação (Mestre em Engenharia de Recursos da Amazônia. Área de concentração: Energia). Universidade Federal do Amazonas. Orientadora: Prof^ª Dr^ª Elizabeth Ferreira Cartaxo.

1. Termoeletricidade – Aspectos ambientais – Manaus (AM)
2. Desenvolvimento sustentável - Amazonas 3. Ar - Poluição – Amazonas
4. Efeito estufa (Atmosfera) – Amazonas I. Cartaxo, Elizabeth Ferreira (Orient.) II. Título

CDU (2007): 621.36(811.3)(043.3)

LEONARDO CALDAS ROCHA

DIAGNÓSTICO DAS EMISSÕES DE CO₂ NA GERAÇÃO TERMELÉTRICA
DE MANAUS E AS POSSIBILIDADES NO MECANISMO DE
DESENVOLVIMENTO LIMPO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos da Amazônia-PPGENGRAM da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Recursos da Amazônia, área de concentração Energia.

Aprovado em 14 Junho de 2012

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Elizabeth Ferreira Cartaxo
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Willamy Moreira Frota
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Jamal da Silva Chaar
Universidade Federal do Amazonas

AGRADECIMENTOS

Ao plano superior pela força invisível;

Aos meus familiares pelo apoio e incentivo ao meu aprendizado;

A minha orientadora Profa. Dra. Elizabeth Cartaxo pelo acompanhamento constante e orientação durante o desenvolvimento deste trabalho;

Ao Prof. Dr. Willamy Frota pelo companheirismo e acompanhamento durante a realização deste trabalho;

À Profa. Dra. Consuelo pela confiança e certeza de realização deste estudo;

Aos professores do PPG-ENGRAM pela contribuição acadêmica no decorrer do curso;

Ao Prof. Dr. Jamal da Silva Chaar, pela disposição e apoio acadêmico necessário;

À Prof. Dra. Tereza Cristina Souza de Oliveira membra da banca examinadora da qualificação por toda contribuição, pela disposição e apoio acadêmico necessário;

Ao colega de academia e de empresa, Whylker Moreira Frota pela ajuda motivadora e o companheirismo de irmão;

Aos colegas da instituição que auxiliaram na discussão da temática e contribuíram no delinear do caminho;

A Universidade Federal do Amazonas, pela oportunidade e concessão da bolsa de estudos;

Aos colegas da turma que incentivaram.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para realização desta dissertação.

AGRADEÇO

Bom mesmo é ir a luta com determinação, abraçar a vida com paixão, perder com classe e vencer com ousadia, pois o triunfo pertence a quem se atreve... A vida é muita para ser insignificante.

Charles Chaplin

RESUMO

O Sistema Manaus é o maior dentre os Sistemas Elétricos Isolados brasileiros, representando cerca de 60% do total do mercado. Este parque gerador, em 2012 é composto de unidades totalizando 1.667 MW de potência efetiva. Desse total são 250 MW de geração hidráulica da UHE Balbina, 384 MW de unidades a óleo, próprias da Eletrobrás Amazonas Energia, 470MW de unidades a óleo com contrato de aluguel, 254 MW de unidades próprias convertidas para gás natural (Aparecida bloco I, Aparecida bloco II e Mauá bloco III) e 305 MW contratados junto aos PIE, em fase final de conversão para gás natural. Esta pesquisa pretende efetuar um diagnóstico das emissões de CO₂ na geração termelétrica de Manaus e as possibilidades no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, realizando um comparativo das emissões, com a substituição dos combustíveis derivados do petróleo pelo gás natural. A literatura relata uma redução de 20% a 30% nas emissões de CO₂ com a substituição do combustível líquido pelo gás natural. Essa redução significativa gera uma oportunidade de negócio através do mecanismo de flexibilização do protocolo de Quioto, chamado de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL. Com a perspectiva real de redução podem ser elaborados projetos, para obtenção de recursos utilizando o mecanismo de flexibilização do protocolo de Quioto, MDL, e negociação dos créditos de carbonos tanto no mercado voluntário, quanto no mercado pago.

Palavras-chaves: Emissões, Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, Sistemas Isolados

ABSTRACT

System Manaus is the largest among Brazilian Isolates systems, representing about 60% of the total market. This generating capacity in 2012 is composed of units totaling 1667 MW power effectively. Of this total are 250 MW of hydro generation Balbina, 384 MW units in oil, Eletrobrás own Amazonas Energia, 470MW units with oil lease, own 254 MW units converted to natural gas (block I Aparecida, Aparecida block Maud Block II and III) and 305 MW contracted with the PIE in the final stages of conversion to natural gas. This research aims to identify a business opportunity from the diagnosis of CO₂ emissions in power generation in thermal power of Manaus, making a comparison of emissions, replacing the use of liquid fuel to natural gas in order to obtain funds through the Clean Development Mechanism. The literature reports a reduction of 20% to 30% in CO₂ emissions by replacing the liquid fuel to natural gas. This generates a significant reduction business opportunity through the flexibility mechanism of the Kyoto protocol, called the Clean Development Mechanism - CDM. Glimpsing these opportunities real reduction projects may be developed to obtain resources using the flexible mechanism of the Kyoto Protocol, CDM, and trading of carbon credits in both the voluntary market, the market paid. In addition to obtaining resources for emissions reductions firms also contribute to the sustainable development of the municipality.

Keywords: Emissions, Clean Development Mechanism, Isolated Systems

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquemático da radiação solar sobre a terra causando o efeito estufa.....	29
Figura 2 – Capacidade Instalada nos Sistemas Isolados em 31/12/2009.....	86
Figura 3 – Centrais termelétricas em operação no Brasil e potência instalada – novembro de 2008.	87

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Aumento da Temperatura da Superfície da Terra	27
Gráfico 3 – Número de Projetos Brasileiros por Escopo Setorial	62
Gráfico 4 – Levantamento dos projetos Brasileiros de Energia Alternativa no período de 2007 a 2011.	63
Gráfico 5 – Número de atividades de projeto no âmbito do MDL no mundo.....	64
Gráfico 6 – Número de Projetos Brasileiros por Escopo Setorial.....	64
Gráfico 7 – Cotação do Crédito de Carbono no período de Setembro de 2011 a Fevereiro de 2012.....	80
Gráfico 10 – Divisão da Matriz do Setor Elétrico Mundial	88
Gráfico 11 – Participação das fontes de produção em 2014 e em 2019.....	90
Gráfico 12 – Emissões de gases do efeito estufa para os diversos tipos de combustíveis.....	94
Gráfico 13 – Estrutura das Emissões de CO ₂ por Setor (milhões de tCO ₂)	95
Gráfico 14 – Participação setorial no total de emissões em três anos do horizonte decenal.....	96
Gráfico 15 – Evolução das Emissões de GEE no SISTEMA MANAUS no período de 2002 a 2008 (Gg COe)	97
Gráfico 16 – Emissões de GEE das Empresas Eletrobrás - ano base 2009 (tO ₂ e).....	98
Gráfico 17 – Número de Projetos Brasileiros por Escopo Setorial	103
Gráfico 18 – Emissões de CO ₂ em tCO ₂ das unidades termelétricas do Sistema Elétrica de Manaus	112
Gráfico 19 – Participação do Gás Natural na geração de energia Elétrica no Sistema Manaus em 2011.	114

Gráfico 21 – Comparação das emissões de CO ₂ per capita entre diversos países e o Brasil	117
Gráfico 22 – Emissão anual de CO ₂ em no Sistema Elétrico de Manaus no período de 2006 a 2011	118

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Contribuição dos Gases de Efeito Estufa na Atmosfera.....	31
Tabela 2 – Equivalência Potencial de aquecimento global (GWP) dos gases de Efeito Estufa.....	35
Tabela 3 – Potencial de aquecimento global (GWP) dos Gases de Efeito Estufa.....	36
Tabela 4 – Dez maiores emissores CO ₂ em 1990 para os fins do Artigo 25 do Protocolo de Kyoto.....	52
Tabela 5 – Gases de Efeito Estufa de Acordo com o Procolo de Quioto.....	54
Tabela 6 – Gases de Efeito Estufa e os Setores/Fontes de Atividades.....	58
Tabela 7 – Capacidade Instalada no SIN em 31/12/2009	81
Tabela 8 – Capacidade Instalada nos Sistemas Isolados em 31/12/2009	83
Tabela 9 – Parque Gerador Manaus – Capacidade Efetiva em 2011.....	84
Tabela 10 – Parcelas de volume do Gás Natural.....	91
Tabela 11– Consumo de Combustível no Sistema Manaus, no período de 2006 a 2011.....	109
Tabela 12 – Geração de Energia (MWh) no período de 2006 a 2011.....	109
Tabela 13– Poder Calorífico Inferior dos Combustíveis do Sistema Elétrico de Manaus.	110
Tabela 14– Poder calorífico para os combustíveis utilizados no Sistema Elétrico Manaus.....	110
Tabela 15– Coeficiente de Emissão e Fator de Emissão para os combustíveis utilizados nas Termelétricas de Manaus.....	111
Tabela 16– Emissões de CO ₂ das unidades termelétricas do Sistema Manaus de 2006 a 2011 (tCO ₂).....	111

Tabela 17– Fator de emissão e relação entre o fator de emissão do gás natural com os outros combustíveis.	115
Tabela 18 – Fator de Emissão do gás natural com os outros combustíveis.....	116
Tabela 19– Emissões anuais de CO ₂ das térmicas de Manaus e população no período de 2006 a 2011.....	116

LISTA DE SIGLAS

ACAG	Ação Contra Aquecimento Global
AND	Autoridade Nacional Designada
ANEXO I	Lista de países comprometidos com metas de redução de emissões de GEE – gases de efeito estufa
BM&F	Bolsa de Mercadorias & Futuros
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico
BOVESPA	Bolsa de Valores de São Paulo
CCX	<i>Chicago Climate Exchange</i>
CDCF	<i>Community Development Carbon Fund</i>
CDM	<i>Clean Development Mechanism</i>
CDM EB	<i>Clean Development Mechanism - Executive Board</i> (Conselho Executivo do MDL)
CER	<i>Certified Emission Reduction</i>
CERs	Certificados de Emissão Reduzida
CFI	<i>Carbon Financial Instrument</i>
CH₄	Metano
CIMGC	Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima
CO₂	Dióxido de Carbono
COP	<i>Conference of the Parts</i> (Conferências das Partes)
CQNUMC	Convenção Quatro das Nações Unidas sobre a Mudança de Clima
EOD	Entidade Operacional Designada
ERs	<i>Emission Reduction</i> (Emissões Reduzidas)
ERU	<i>Emission Reduction Unit</i>
ERUs	Unidades de Redução de Emissão
EU ETS	<i>European Union - Emissions Trading Scheme</i>
EUA	Estados Unidos

FEE	<i>Fédération des Experts Comptables Européens</i>
GEE	Gases de Efeito Estufa
GHG	<i>Greenhouse Gases</i> (Gases de Efeito Estufa)
GWP	<i>Global Warming Potential</i> (Potencial de Aquecimento Global)
HFCs	Hidrofluorcarbonos
IAS	<i>International Accounting Standard</i>
IASB	<i>International Accounting Standard Board</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
LULUCF	<i>Land Use, Land Use Change and Forestry</i> (Uso da Terra, Mudança de Uso da Terra e Florestas).
MBRE	Mercado Brasileiro de Redução de Emissões
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
N₂O	Óxido Nitroso
ONU	Organização das Nações Unidas
RC	Redução Certificada
RCE	Redução Certificada de Emissão
RCEs	Reduções Certificadas de Emissão
SF₆	Hexafluoreto de Enxofre
tCO_{2e}	Toneladas de Dióxido de Carbono Equivalente
UNFCCC	<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>
VER	<i>Verified Emission Reductions</i> (Emissões Reduzidas Verificadas).

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	18
1.1. CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO	18
1.2. OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO.....	22
1.2.1. OBJETIVO GERAL.....	23
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
1.3. JUSTIFICATIVAS.....	24
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO	25
2. MUDANÇAS CLIMÁTICAS E O AQUECIMENTO GLOBAL.....	26
2.1. O efeito estufa	28
2.1.1. Clorofluorcarbonos (CFC).....	31
2.1.2. Hidrofluorcarbono	32
2.1.3. Perfluorcarbono	32
2.1.4. Hexafluoreto de enxofre	32
2.1.5. Metano	33
2.1.6. Óxido nitroso	33
2.1.7. Dióxido de carbono.....	34
2.1.8. Equivalências de carbono dos principais gases de efeito estufa.....	35
3. ATOS NACIONAIS E INTERNACIONAIS NA BUSCA DE UMA SOLUÇÃO PARA AS QUESTÕES CLIMÁTICAS CAUSADAS PELOS GASES DO EFEITO ESTUFA	37
3.1. Painel Intergovernamental de Mudanças Climática - IPCC.....	38
3.2. Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre mudança do Clima (UNFCCC)	41
3.3. Conferência das Partes.....	43
3.4. Protocolo de Quioto.....	50
3.4.1. Implementação Conjunta	55
3.4.2. Comércio Internacional de Emissões.....	55
3.4.3. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo	56
4. O COMÉRCIO DAS EMISSÕES E O MERCADO DE CARBONO.....	65
4.1. PRINCIPAIS MERCADOS VOLUNTÁRIOS DE CARBONO.....	69
4.1.1. CHICAGO CLIMATE EXCHANGE	69
4.1.2. EUROPEAN UNION EMISSIONS TRADING SCHEME (EU ETS).....	72
4.1.3. NEW ZEALAND EMISSIONS TRADING SCHEME (NZ ETS).....	74
4.1.4. CALIFORNIA EMISSIONS TRADING SCHEME (CA ETS)	76
4.1.5. CLEAN ENERGY AND SECURITY ACT E CLEAN AIR ACT.....	77
4.1.6. ACORDOS BILATERAIS: INICIATIVA JAPÃO-CHINA.....	79
4.2. PREÇO DO CARBONO NO MERCADO	79
5. O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO E SUAS EMISSÕES DE DIOXIDO DE CARBONO (CO ₂)	80

5.1.	CONTEXTUALIZAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO.....	81
5.2.	EXPANSÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	88
5.3.	GÁS NATURAL COMO ENERGÉTICO NO SETOR ELÉTRICO DE MANAUS.....	90
5.4.	EMISSÕES DOS GEE'S PRODUZIDAS NA GERAÇÃO DE ENERGIA TERMELÉTRICA	92
5.5.	LEGISLAÇÃO AMBIENTAL APLICADA AO SETOR ELÉTRICO DEVIDO AS EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO.....	99
6.	O MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO E AS OPORTUNIDADES DE NEGÓCIO NO SETOR ELÉTRICO	102
6.1.	METODOLOGIA PARA QUANTIFICAÇÃO DAS EMISSÕES DE CO ₂ NO SETOR ELÉTRICO NO MUNICÍPIO DE MANAUS.....	104
7.	QUANTIFICAÇÃO DAS EMISSÕES DE CO ₂ NA GERAÇÃO TERMELÉTRICA DE MANAUS	108
8.	CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	119
9.	REFERÊNCIAS	122

1. INTRODUÇÃO

1.1. Caracterização do Estudo

O fenômeno das mudanças climáticas vem sendo considerado pela comunidade científica como a mais séria ameaça para todas as formas de vida no planeta, com impactos adversos sobre o meio ambiente, a saúde humana, a segurança alimentar e as atividades econômicas.

O aquecimento global se mostrou evidente pelas observações do aumento da temperatura média global da atmosfera e dos oceanos, da aceleração do derretimento da neve e do gelo, e da elevação do nível médio do mar, dentre outros tantos eventos pelo qual o clima da terra vem passando.

No Brasil, a vulnerabilidade climática pode se manifestar em diversas áreas: aumento da frequência e intensidade de enchentes e secas; perdas na agricultura e ameaças à biodiversidade; mudança do regime hidrológico, com impactos sobre a capacidade de geração hidrelétrica; expansão de vetores de doenças endêmicas. Além disso, a elevação do nível do mar pode afetar regiões da costa brasileira, em especial as metrópoles litorâneas (CGEE, 2008).

O tema da mudança do clima e suas consequências para a vida das pessoas, para as atividades econômicas e para o próprio equilíbrio dos recursos da biodiversidade ocupa um espaço cada vez maior nas preocupações das sociedades. Assim, trata-se de um dos problemas mais relevantes da agenda internacional, com impacto direto sobre a vida humana no planeta e sobre a exploração e aproveitamento dos recursos naturais, renováveis e finitos.

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) anunciou, no seu quarto Relatório de Avaliação (AR4) em 2007, que o aquecimento do sistema climático é inequívoco, como ficou evidente pelas observações dos aumentos das temperaturas médias globais da atmosfera e dos oceanos, da aceleração do derretimento da neve e do gelo, e da

elevação do nível médio do mar. O aumento da temperatura média global do planeta, em relação ao nível médio de temperatura anterior à Revolução Industrial, é apontado pelo IPCC como uma consequência do aumento da concentração de gases de efeito estufa (GEE) de origem antrópica na atmosfera. O IPCC também indica que o acréscimo global da concentração de dióxido de carbono se deve primeiramente ao uso de combustíveis fósseis e à mudança do uso da terra, enquanto que os acréscimos devidos ao metano e ao óxido nitroso são resultantes da agricultura.

Conforme os cientistas do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), da Organização das Nações Unidas (ONU), o século XX foi o mais quente dos últimos cinco anos, com aumento de temperatura média entre 0,3°C e 0,6°C. Esse aumento pode parecer insignificante, mas é suficiente para modificar todo clima de uma região e afetar profundamente a biodiversidade, desencadeando vários desastres ambientais.

Estudos do IPCC relacionam o aumento na temperatura global com as atividades desenvolvidas pelos seres humanos, especialmente em razão do uso de combustíveis fósseis cuja utilização se iniciou com a Revolução Industrial Limiro (2009).

Segundo o IPCC 2007, as concentrações atmosféricas de CO₂ (379 ppm) e CH₄ (1774 ppm) em 2005 excederam em muito o intervalo natural dos valores nos últimos 650.000 anos. Os aumentos das concentrações mundiais de CO₂ se devem principalmente a utilização de combustíveis de origem fóssil e, em parte menor, pelo uso da terra. É muito provável que o aumento observado das concentrações de CH₄ se deva predominantemente a agricultura e também a utilização de combustíveis de origem fósseis. Esse crescimento também tem sido percebido com os outros gases de efeito estufa (IPCC, 2007).

As emissões dos GEE's, por efeito da atividade humana, têm aumentado desde o período pré-industrial em 70%, quando comparado os dados de 1970 com os de 2004 (IPCC, 2007).

O setor produtivo brasileiro é um importante ator no processo de resposta da sociedade brasileira aos desafios das mudanças climáticas, atuando como promotor de projetos que geram reduções de emissões e contribuindo para mudanças nos padrões de consumo e produção.

A proteção do ambiente é um assunto que está relacionado com todos os países, haja vista que qualquer agressão a ele infligida não comprometerá somente ao território de um Estado e sim os territórios dos seus vizinhos.

Os gases do efeito estufa, gases que ocasionam o aquecimento global, quando emitidos em determinados níveis por um País, se concentram na atmosfera, gerando aquecimento de forma global.

Em razão dos efeitos das agressões ao ambiente serem sentidos de maneira globalizada, os Estados passaram a considerar mais seriamente a aplicação do dever de cooperação em suas políticas ambientais.

Atualmente intensos esforços estão sendo feitos a nível internacional, com a finalidade de diminuir a emissão dos gases estufa. Neste sentido diferentes metas de redução ou limitação de emissões de carbono foram estabelecidas politicamente por cada país. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) é um dos vários "mecanismos de flexibilidade" autorizados no Protocolo de Quioto e consiste na certificação de projetos que vissem a redução de emissões e sequestro de carbono em países em desenvolvimento e a posterior venda desses certificados para serem utilizados pelos países desenvolvidos como uma forma de atingir o cumprimento de suas metas.

Em nível mundial, as emissões de gases de efeito estufa abrangidos pelo Protocolo de Quioto aumentaram cerca de 70% (de 28,7 para 49,0 Gt CO₂-eq) no período 1970-2004 (24%, no período de 1990-2004), com o dióxido de carbono (CO₂) tendo o maior crescimento, cerca de 80% (IPCC, 2007).

Considerando que o setor elétrico no estado do Amazonas, no seu processo de geração de energia elétrica, possui como fonte básica os combustíveis derivados de petróleo, e ainda que o consumo de combustíveis fósseis para as diversas modalidades de transporte é significativo frente aos desmatamentos, depreende-se que as emissões de gases de efeito estufa decorrentes do setor energético no estado do Amazonas se tornam significativas.

A substituição de óleo combustível por gás natural na matriz elétrica em Manaus proporcionará essa redução de emissões, de acordo com a literatura e que será verificado por esta dissertação, o que possibilita uma oportunidade de negócios em MDL no setor elétrico de Manaus.

A quantificação das emissões de dióxido de carbono e a redução dessas emissões com a substituição do óleo combustível por gás natural se faz necessário para elaboração de projetos que possibilitem a busca de recursos financeiros, para amenizar os investimentos iniciais, além da redução das emissões que crescem a cada dia.

A cidade de Manaus tem seu sistema elétrico (geração, transmissão e distribuição), isolados do restante do Brasil, sendo responsável por todas as etapas do processo, desde a produção de energia elétrica até a entrega ao consumidor final. Seu sistema é predominantemente composto de usinas termelétricas, sendo 85% de sua geração de unidades térmicas, segundo dados da Eletrobrás, em seu “Relatório Plano Anual de Operação” (Eletrobras, 2012), diferentemente do Sistema Elétrico Nacional, que possui mais 71% de sua geração com recursos hidrelétricos de acordo com seu Plano Decenal de Expansão de energia 2020, parcela que representa somente 15 % no Sistema Manaus (Eletrobrás, 2012).

Segundo dados da Eletrobrás em seu relatório de “Plano de Operação 2012 Sistemas Isolados” de Janeiro de 2012, os Sistemas Isolados Brasileiros, predominantemente térmicos, ocupam uma área em torno de 30% do território nacional, contemplando 3,1% da população brasileira. O consumo de energia elétrica representa 1,6%, no ano de 2010, do consumo

nacional e a carga 2,3% da carga total do país. Destaca-se que 99,2% da carga dos sistemas isolados estão na região norte (Eletrobras, 2012).

Com a utilização do gás natural como energético nas unidades termelétricas do Sistema Manaus, espera-se uma redução dos níveis de emissões de CO₂ e conseqüentemente a oportunidade de negócios com a obtenção de créditos de carbono com as emissões evitadas, em consonância com o Protocolo de Kyoto em seu mecanismo de flexibilização denominado de “Mecanismo de Desenvolvimento Limpo-MDL”.

O MDL visa o alcance do desenvolvimento sustentável em países em desenvolvimento, a partir da implantação de tecnologias mais limpas, e a contribuição para que os países considerados poluidores pelo protocolo de Quioto possam “comprar” os créditos de carbono gerados a partir das emissões evitadas. Logo a substituição do consumo de óleo diesel e combustível nas principais unidades termelétricas do Sistema Manaus, além de se tornar um ganho ambiental para o município, bem como o planeta, já que o aquecimento local tem reflexos globais, propicia uma oportunidade de negócio com a obtenção de recursos financeiros.

1.2. Objetivos da Dissertação

Esta pesquisa visa realizar um diagnóstico das emissões de CO₂ no processo de geração de energia elétrica do Sistema Elétrico Isolado da cidade de Manaus – estado do Amazonas, em suas unidades termelétricas, visando à possibilidade de obtenção de recursos no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL.

1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo central deste trabalho é o diagnóstico das emissões de CO₂ emitidos no processo de geração nas usinas termelétricas do parque elétrico de Manaus, realizando um comparativo das emissões com a substituição dos combustíveis derivados de petróleo por gás natural, visando às possibilidades de obtenção de recursos através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL.

1.2.2. Objetivos Específicos

O estudo irá limitar-se a quantificação das emissões de CO₂ no município de Manaus, no período de 2006 a 2011, com a utilização de óleo combustível e gás natural na produção de energia elétrica, através de cálculos obtidos com metodologias já consolidadas para quantificação, verificando as possibilidades de obtenção de recursos através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL.

Para atendimento ao estabelecido neste projeto, foram atendidas as seguintes etapas:

1. Contextualizar as mudanças climáticas e o aquecimento global, relacionando tais fenômenos com o efeito estufa provocado por excesso de gases de efeito estufa na atmosfera;
2. Levantamento bibliográfico sobre os atos nacionais e internacionais na busca de uma solução para as questões climáticas, causadas pelos gases do efeito estufa;
3. Estudo teórico sobre o funcionamento do Comércio das emissões e o Mercado de Carbono;
4. Identificar na literatura especializada metodologias para quantificação das emissões de CO₂, Mecanismo de Desenvolvimento Limpo- MDL e medição de emissão de CO₂ em usinas térmicas;
5. Quantificação das emissões de CO₂ das usinas térmicas do Sistema Elétrico de Manaus utilizando combustíveis derivados do petróleo e gás natural a partir de metodologias consolidadas;

6. Análise da utilização do MDL e as possibilidades de negócios a partir das reduções das emissões observadas;
7. Conclusões e considerações finais sobre os valores encontrados e as oportunidades de negócios;

1.3. Justificativas

Manaus tem seus sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, eletricamente isolados do restante do Brasil, sendo portanto, responsável por todas as etapas do processo, desde a produção de energia elétrica até a entrega ao consumidor final.

O Sistema Manaus é predominantemente composto de usinas termelétricas, 85% de sua geração provem de unidades termelétricas, diferentemente do Sistema Elétrico Nacional, que possui mais 70% de sua geração com recursos hidrelétricos, parcela que representa somente 15 % no Sistema Manaus.

Segundo dados da Eletrobrás em seu relatório de “Plano de Operação 2012 Sistemas Isolados”, de Janeiro de 2012, os Sistemas Isolados Brasileiros, predominantemente térmicos, ocupam uma área em torno de 30% do território nacional, contemplando 3,1% da população brasileira. O consumo de energia elétrica representa 1,6%, no ano de 2010, do consumo nacional e a carga 2,3% da carga total do país. Destaca-se que 99,2% da carga dos sistemas isolados estão na região norte (Eletrobras, 2012).

Com a utilização do gás natural como energético nas unidades termelétricas do Sistema Manaus, espera-se uma redução dos níveis de emissões de CO₂ e conseqüentemente a oportunidade de negócios com a obtenção de créditos de carbono com as emissões evitadas, em consonância com o Protocolo de Kyoto em seu mecanismo de flexibilização denominado de “Mecanismo de Desenvolvimento Limpo-MDL”.

O MDL visa ao alcance do desenvolvimento sustentável em países em desenvolvimento, a partir da implantação de tecnologias mais limpas nestes países, e a contribuição para que os países considerados poluidores pelo protocolo de Kyoto possam “comprar” os créditos de carbono gerados a partir das emissões evitadas. Logo a substituição do consumo de óleo diesel e combustível nas principais unidades termelétricas do Sistema Manaus, além de se tornar um ganho ambiental para o município, bem como para todo o planeta, já que o aquecimento local tem reflexos globais, propicia uma oportunidade de negócio com a obtenção de recursos financeiros.

1.4. Estrutura do Trabalho

A dissertação está dividida em nove capítulos, incluindo esta introdução. No capítulo 2 são contextualizados o aspecto das mudanças climáticas e aquecimento global. Os principais atos nacionais e internacionais na busca de uma solução para as questões climáticas causadas pelos gases do efeito estufa são relatados no capítulo 3. O capítulo 4 apresenta o comércio das emissões e especificamente é tratado sobre o mercado de carbono. No capítulo 5 é apresentado a estruturação do setor elétrico brasileiro e suas emissões de dióxido de carbono. No capítulo 6 é abordado o mecanismo de desenvolvimento limpo e as oportunidades de negócio no setor elétrico. No capítulo 7 é feita a quantificação das emissões de dióxido de carbono na geração termelétrica de Manaus. As análises conclusivas serão apresentadas no capítulo 8, bem como as considerações finais e as recomendações para possíveis trabalhos futuros.

2. MUDANÇAS CLIMÁTICAS E O AQUECIMENTO GLOBAL

As mudanças climáticas são alterações que ocorrem no clima geral do planeta Terra e são verificadas através de registros científicos, apurados durante o passar dos anos. Essas mudanças têm sido consideradas pela comunidade científica como a mais séria ameaça a todas as formas de vida do planeta, com impactos adversos sobre o meio ambiente, a saúde humana, a segurança alimentar e as atividades econômicas.

O Clima tem uma profunda influência na vida na Terra. Está presente no cotidiano da humanidade e é essencial à saúde, produção de alimentos e bem estar. Muitas considerações em relação à interferência humana na mudança do clima são motivo de preocupação. As pesquisas científicas estão avançando pouco a pouco no entendimento do complexo sistema que determina o clima na Terra e os processos que levam à mudança climática.

A fonte de energia para o sistema climático é a radiação solar, energia na forma de radiação eletromagnética emitida pela superfície do Sol que atravessa nossa atmosfera e esquenta a superfície da Terra.

O Clima varia de lugar para lugar, dependendo da latitude, distância do mar, vegetação, presença ou ausência de montanhas, e outros fatores geográficos. O Clima varia ao longo do tempo, ano a ano, década a década ou em longas escalas de tempo, como a representada pela Idade do Gelo.

Significativas variações estatísticas do estado regular do clima, persistentes por décadas ou mais, são consideradas como mudança climática.

A mudança climática pode ser devida tanto a processos naturais como por mudanças antropogênicas persistentes na composição da atmosfera e por mudança no uso da terra (IPCC, 2001). Entretanto, a Convenção Quadro de Mudança do Clima em seu Artigo I, define mudança do clima como: “Uma mudança do clima que é direta ou indiretamente

atribuída à atividade humana, que altere a composição da atmosfera global e que seja adicional à variabilidade climática natural observada em períodos comparáveis de tempo”.

Segundo Limiro 2009, muitos pensam que o efeito estufa é o principal causador do aquecimento global, mas ele é uma ocorrência natural e benéfico para o planeta terra, o que prejudica o meio ambiente e ocasiona esse aquecimento é denominado de efeito estufa antrópico, oriundo das atividades desenvolvidas pelo ser humano, as quais emitem os gases de efeito estufa.

O aquecimento global é um fenômeno catastrófico que se da pela ocorrência de um agravamento do efeito estufa que desestabiliza o equilíbrio energético do planeta.

De acordo com o IPCC, em seu terceiro relatório de mudanças climáticas de 2001, a temperatura da superfície da Terra está aumentando a cada ano e aproximadamente a cada década, onde nos últimos 140 e 100 anos, a melhor estimativa é que a temperatura global média da superfície aumentou em $0,6 \pm 0,2 \text{ } ^\circ \text{C}$.

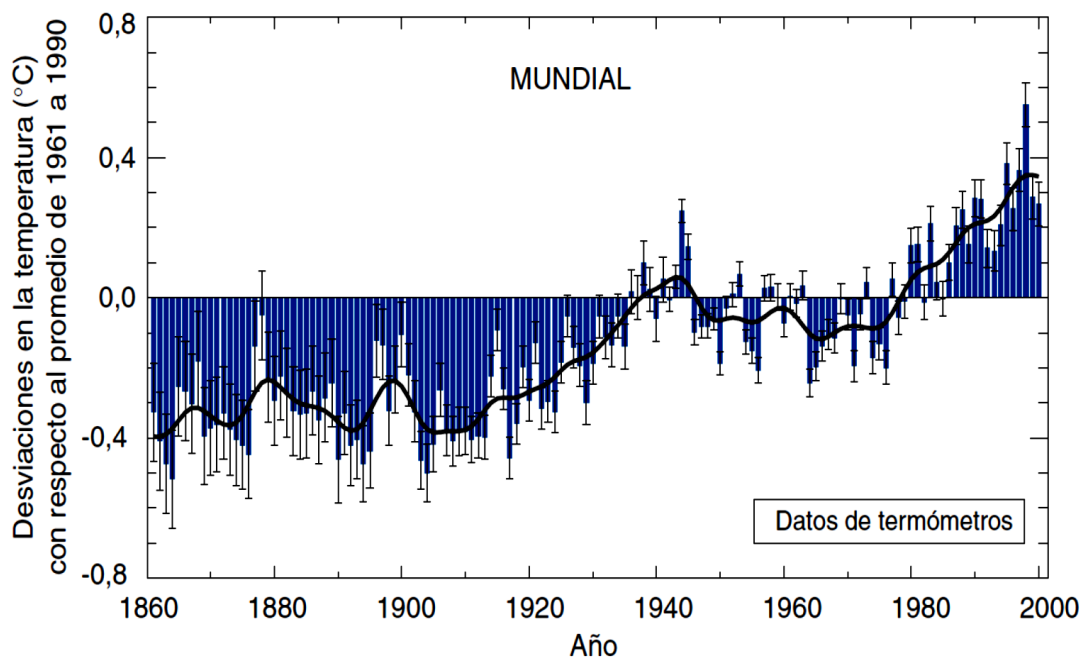


Gráfico 1– Aumento da Temperatura da Superfície da Terra
FONTE: IPCC, 2001

O Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas - IPCC (IPCC,2001) no seu relatório afirma que a maior parte deste aquecimento, observado durante os últimos 50 anos, se deve muito provavelmente a um aumento dos gases do efeito estufa.

Estudos do IPCC relacionam o aumento da temperatura global com as atividades envolvidas pelos seres humanos, especialmente em razão do uso de combustíveis fósseis, cuja utilização se iniciou com a Revolução Industrial.

A Revolução Industrial é um marco importante na intensificação de problemas ambientais, pois foi nesse período que ocorreu a substituição da força motriz animal pela mecânica. Destaca-se que a maior parte da energia utilizada para o funcionamento das máquinas era oriunda do carvão mineral, do petróleo e do gás natural, os quais são combustíveis fósseis que liberam gases de efeito estufa.

2.1. O efeito estufa

A energia do Sol entra na atmosfera sob a forma de ondas de luz, aquecendo a terra. Parte dessa energia é refletida e volta a irradiar-se no espaço, sob a forma de ondas infravermelhas. Em condições normais, uma parte dessa radiação infravermelha que volta para o espaço é, naturalmente, retida pela atmosfera e isso é bom, pois mantém a temperatura da terra dentro os limites confortáveis.

Atualmente a fina camada atmosférica está ficando mais espessa em consequência da enorme quantidade de gases-estufa produzidos pelo homem. A atmosfera agora mais densa, retém grande parte da radiação infravermelha que deveria escapar e se irradiar para o espaço. Como resultado, a temperatura da atmosfera terrestre – e também dos oceanos- está ficando perigosamente mais alta e transformando a terra em uma grande “estufa”.

O efeito estufa é um processo que ocorre quando uma parte da radiação solar refletida pela superfície terrestre é absorvida por determinados gases presentes na atmosfera. Como consequência disso, o calor fica retido, não sendo libertado para o espaço. Este efeito dentro de uma determinada faixa é de vital importância, pois, sem ele, a vida como conhecemos não poderia existir. O efeito estufa serve para manter o planeta aquecido, e assim, garantir a manutenção da vida.

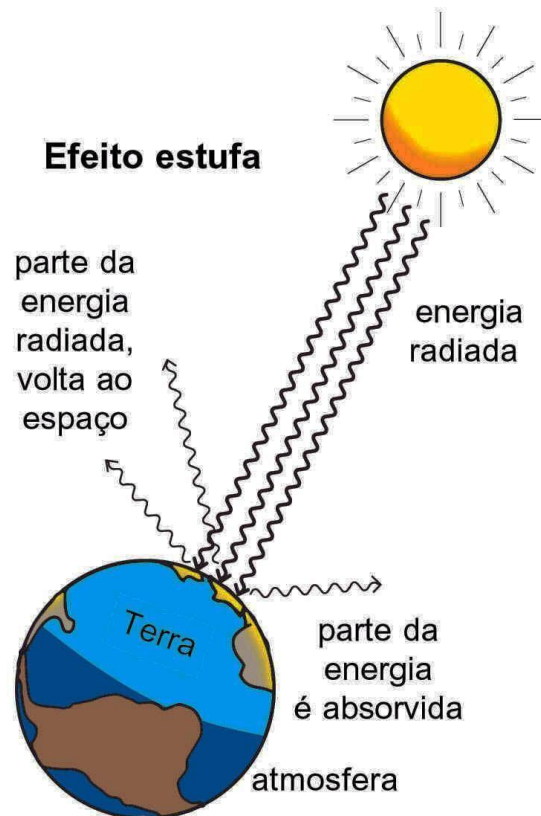


Figura 1– Esquemático da radiação solar sobre a terra causando o efeito estufa.
FONTE: Disponível em: < <http://www.afgconsultores.com.br/arquivo/22.htm> >, 2010.

Dos raios do Sol que chegam a Terra, 30% são refletidos de volta para o espaço, sem que atinjam a superfície. Os 70% restantes são responsáveis pelo clima e pelas demais condições físicas da Terra. A parte da radiação solar que chega à superfície da Terra é reemitida para o espaço através de ondas longas, enquanto as ondas curtas são refletidas pela camada de gases estufa de volta à superfície (GOLDEMBERG, 1989).

Segundo Limiro (2009), caso não houvesse o efeito estufa a terra seria 33°C mais fria. Atualmente, a sua temperatura média é de 15°C e o solo terrestre irradia energia na forma de radiação eletromagnética, na faixa do infravermelho, com distribuição especial próxima a de um corpo negro a -18°C, que seria a temperatura da atmosfera sem o efeito estufa.

Al Gore apud Limiro (2009) afirma que o CO₂, em geral, é considerado o principal culpado, pois responde por 80% do total das emissões de gases-estufa. Quando queimamos combustíveis fósseis (petróleo, gás natural e carvão), seja em casa, nos carros, fabricas ou usinas elétricas, quando cortamos ou queimamos florestas, ou ainda quando produzimos cimento, liberamos CO₂ na atmosfera. Quanto ao metano (CH₄) esse autor diz que atualmente 60% do metano na atmosfera produzido pelo homem é originado de aterros sanitários, fazendas de criação de animais, queimas de combustíveis fósseis, tratamento de água e esgoto e outras atividades.

O óxido nitroso (N₂O) também ocorre naturalmente, mas nós acrescentamos mais 17% desse gás na atmosfera apenas durante a era industrial, provindo de fertilizantes, de combustíveis fósseis da queima de florestas e de resíduos das plantações.

Limiro (2009) comenta que existem gases do efeito estufa que são produzidos exclusivamente pelas atividades humanas, como é o caso dos hidrofluorcarbonetos (HFCs), utilizados nos sistemas de refrigeração, dos perfluorcarbonos (PFCs) e do hexafluoreto de enxofre (SF₆), que são liberadas na atmosfera por atividades industriais, como a fundição de alumínio e a fabricação de semicondutores, bem como pela rede elétrica que trás iluminação às nossas cidades.

Os principais gases que constitui a atmosfera, e se encontram misturados, são: nitrogênio (N₂) e o oxigênio (O₂) que, juntos compõem cerca de 99% da atmosfera. Vários outros gases encontram-se presentes em pequenas quantidades, incluindo os conhecidos “gases do efeito estufa” (GEE), como o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido

nitroso (N_2O), hexafluoreto de enxofre (SF_6) e as famílias dos Perfluorcarbonos, compostos completamente fluorados, em especial tetrafluormetano (CF_4) e perfluormetano (C_2F_6) e dos hidrofluorcarbonos (HFCs), juntamente com o vapor d'água (H_2O).

GEE	Porcentagem
CO_2	55%
CFC	20%
CH_4	15%
N_2O e outros	10%
TOTAL	100%

Tabela 1– Contribuição dos Gases de Efeito Estufa na Atmosfera
FONTE: Goldemberg, 1989.

2.1.1. Clorofluorcarbonos (CFC)

É uma substância artificial que não ocorre naturalmente na atmosfera, que foi introduzida por atividades humanas. Criada pelo homem na década de 30 tem uma molécula de cloro que reage com o O_3 , destruindo suas moléculas e possibilitando a passagem de UVB, nocivo ao homem e às plantas.

Os CFCs são produtos de indústrias químicas, que nunca existiram na atmosfera até serem sintetizados há 60 anos. São utilizados em refrigeradores, condicionadores de ar, spray (aerossóis).

O Protocolo de Quioto não trata da redução de emissão dos gases CFC, pois estes já estão sob o âmbito do Protocolo de Montreal.

2.1.2. Hidrofluorcarbono

O hidrofluorcarbono (HFC) está pouco presente na atmosfera, mas é um dos três gases industriais controlados pelo Protocolo de Kyoto. Gás criado pelo homem como alternativa de substituição aos produtos químicos, mas que afetam a camada ozônio. O HFC é usado para refrigeração, sistemas de ar condicionado, aerossóis, solventes e produção de espuma.

Este gás, segundo IPCC (2001), tem uma vida longa na atmosfera, de modo que as maiorias das emissões que ocorreram nas duas décadas passadas podem estar acumuladas na atmosfera. Entre 1978 e 1995, HFC-23 aumentou aproximadamente de 3 ppt à 10 ppt, sendo que a quantidade na atmosfera continua crescendo (IPCC, 2001).

2.1.3. Perfluorcarbono

É um gás artificial criado pelo homem como alternativa aos produtos químicos, mas prejudiciais à camada de ozônio. É aplicado em refrigeração, solventes, propulsores, espuma e aerossóis. Assim como o clorofluorcarbono, é um dos gases industriais controlados pelo Protocolo de Kyoto pelo seu potencial de aquecimento global de acordo com relatórios do IPCC (2001).

2.1.4. Hexafluoreto de enxofre

Utilizado como isolante térmico, condutor de calor e agente refrigerante, o hexafluoreto de enxofre (SF_6) é um dos gases de efeito estufa controlados pelo Protocolo de Kyoto. Embora esteja presente na atmosfera em quantidade muito menor em relação ao CO_2 , (4,2 ppt), acredita-se que seu potencial de aquecimento global seja 22.200 vezes maior que o dióxido de carbono (IPCC, 2001).

2.1.5. Metano

O metano (CH_4) tem uma maior eficiência que o CO_2 como gás efeito estufa. Mostra ser um contribuinte importante para o efeito estufa, sendo produzido por vários processos naturais, como a fermentação em pântanos, aterros sanitários, processos movidos pelo homem, como a queima da biomassa vegetal, o plantio de arroz e a criação de bovino e ovino.

A concentração atmosférica global de metano aumentou de um valor pré-industrial de cerca de 715 ppb para 1732 ppb no início da década de 90, sendo de 1774 ppb em 2005. A concentração atmosférica de metano em 2005 ultrapassa em muito a faixa natural dos últimos 650.000 anos (320 a 790 ppb), como determinado com base em testemunhos de gelo. As taxas de aumento diminuíram desde o início da década de 90, de forma condizente com o total de emissões (soma das fontes antrópicas e naturais), ficando aproximadamente constantes durante esse período. É muito provável que o aumento observado da concentração de metano se deva às atividades antrópicas, predominantemente a agricultura e o uso de combustíveis fósseis, mas as contribuições relativas de diferentes tipos de fontes não estão bem determinadas (IPCC, 2007).

2.1.6. Óxido nitroso

De acordo com o IPCC (2001), o óxido nitroso (NO_2) é um dos gases estufa de importância. Por isso, encontra-se no âmbito do Protocolo de Kyoto.

É um gás produzido naturalmente pelos oceanos, pelas florestas tropicais e também por fontes antropogênicas, como a produção de nylon, ácido nítrico, atividades agrícolas, devido ao uso de fertilizantes que aumentou nos últimos 150 anos. Podem-se citar, também, os carros com três modos de conversão catalítica, queima de biomassa e a queima de combustíveis fósseis.

A concentração atmosférica global de óxido nitroso aumentou de um valor pré-industrial de cerca de 270 ppb para 319 ppb em 2005. A taxa de aumento foi aproximadamente constante desde 1980. Mais de um terço de todas as emissões de óxido nitroso é antrópica, devendo-se principalmente à agricultura, conforme IPCC (2007).

2.1.7. Dióxido de carbono

O dióxido de carbono, também conhecido como gás carbônico, é uma substância química formada por dois átomos de oxigênio e um de carbono. Sua fórmula química é CO_2 .

É um gás importante para o reino vegetal, pois é essencial na realização do processo de fotossíntese das plantas (processo pelo qual as plantas transformam a energia solar em energia química).

Este gás é liberado no processo de respiração (na expiração) dos seres humanos e também na queima dos combustíveis fósseis (gasolina, diesel, querosene, carvão mineral e vegetal). A grande quantidade de dióxido de carbono na atmosfera é prejudicial ao planeta, pois ocasiona o efeito estufa e, por consequência, o aquecimento global.

Este gás é usado comercialmente em algumas bebidas (carbonatadas) e também em extintores de incêndio. Se inalado, em grande quantidade, pode provocar irritações nas vias aéreas, vômitos, náuseas e até mesmo morte por asfixia (o que ocorre geralmente nos incêndios).

O CO_2 e traços de outros gases permitem a penetração da radiação solar na superfície da Terra, mas reabsorvem a radiação infravermelha emitida desta.

A concentração atmosférica global de dióxido de carbono aumentou de um valor pré-industrial de cerca de 280 ppm para 379 ppm³ em 2005. A concentração atmosférica de dióxido de carbono em 2005 ultrapassa em muito a faixa natural dos últimos 650.000 anos (180 a 300 ppm), como determinado a partir de testemunhos de gelo. A taxa de aumento da

concentração anual de dióxido de carbono foi mais elevada durante os últimos 10 anos (média de 1995 a 2005: 1,9 ppm por ano) do que desde o início das medições atmosféricas diretas contínuas (média de 1960 a 2005: 1,4 ppm por ano), embora haja variações de um ano a outro nas taxas de aumento (IPCC, 2007).

2.1.8. Equivalências de carbono dos principais gases de efeito estufa

A equivalência de carbono é à medida que foi definida em virtude do reconhecimento de que os gases de efeito estufa (GEE's) apresentam diferentes potenciais de contribuição para o aquecimento global. Ela é usada para comparar as emissões dos diversos GEEs, tendo como base a quantidade de dióxido de carbono (CO₂) que teria o mesmo potencial de aquecimento global (Global Warming Potencial-GWP), medindo em um período de tempo especificado, permitindo assim estimar o quanto do impacto ambiental foi gerado por uma mesma quantidade de diferentes espécies de gás. Torna-se como referência nesse processo um período de 100 anos.

O CO₂ equivalente é o resultado da multiplicação das toneladas emitidas de um determinado GEE pelo seu potencial de aquecimento global (GWP). Na Tabela 2 segue o potencial de aquecimento global dos principais GEE's.

Potencial de aquecimento global (GWP) dos gases de Efeito Estufa

GRUPO	NOME	EQUIVALÊNCIA
CO ₂	Dióxido de Carbono	1
CH ₄	Metano	21
N ₂ O	Óxido nitroso	310
HFC's	Hidrofluorcarbonetos	140 ≅ 11.700*
PFC's	Perflorcarbonetos	6500 ≅ 9.200*
SF ₆	Hexafluoreto de enxofre	23.900
* O potencial de aquecimento depende da espécie do gás e foi considerado para um horizonte de 100 anos		

Tabela 2– Equivalência Potencial de aquecimento global (GWP) dos gases de Efeito Estufa.
FONTE: Seiffert, 2009

Segundo Seiffert 2009 o GWP de determinado gás expressa quanto mais, ou quanto menos, o mesmo tem potencial de contribuir para o efeito estufa comparado com a mesma quantidade de CO₂ emitida no mesmo tempo.

Espécies	Fórmula química	Tempo de vida (anos)	Potencial de aquecimento global (horizonte de tempo)		
			20 anos	100 anos	500 anos
Dióxido de Carbono	CO ₂	Variável	1	1	1
Metano	CH ₄	12±3	56	21	6.5
Óxido Nitroso	N ₂ O	120	280	310	170
Ozônio	O ₃	0,1 - 0,3	n.d.	n.d	n.d.
HFC-23	CHF ₃	264	9.100	11.700	9.800
HFC-32	CH ₂ F ₂	5,6	2.100	650	200
HFC-41	CH ₃ F	3,7	490	150	45
HFC-43-10mee	C ₅ H ₂ F ₁₀	17,1	3.000	1.300	400
HFC-125	C ₂ HF ₅	32,6	4.600	2.800	920
HFC-134	C ₂ H ₂ F ₄	10,6	2.900	1.000	310
HFC-134 ^a	CH ₂ FCF ₃	14,6	3.400	1.300	420
HFC-152 ^a	C ₂ H ₄ F ₂	1,5	460	140	42
HFC-143	C ₂ H ₃ F ₃	3,8	1.000	300	94
HFC-143 ^a	C ₂ H ₃ F ₃	48,3	5.000	3.800	1.400
HFC-227ea	C ₃ HF ₇	36,5	4.300	2.900	950
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	209	5.100	6.300	4.700
HFC-145ca	C ₃ H ₃ F ₅	6,6	1.800	560	170
Hexafluorido de Enxofre	SF ₆	3200	16.300	23.900	34.900
Perfluorometano	CF ₄	50.000	4.400	6.500	10.000
Perfluoroetano	C ₂ F ₆	10.000	6.200	9.200	14.000
Perfluoropropano	C ₃ F ₈	2.600	4.800	7.000	10.100
Perfluorociclobutano	C ₄ F ₈	3.200	6.000	8.700	12.700
Perfluoropentano	C ₅ F ₁₂	4.100	5.100	7.500	11.000
Perfluorohexano	C ₆ F ₁₄	3.200	5.000	7.400	10.700

Tabela 3– Potencial de aquecimento global (GWP) dos Gases de Efeito Estufa

FONTE: Seiffert, 2009.

Do ponto de vista de impacto sobre o aquecimento global, os GEE's apresentam diferentes espécies, e cada uma dessas espécies apresenta fórmulas químicas e características, e em virtude disso o tempo de vida diferenciado, que é muito importante do ponto de vista de seu GWP.

É importante lembrar que os gases de efeito estufa mencionados acima têm diferentes potenciais de aquecimento global (GWP) como mostrado na Tabela 3.

Vale dizer que, apesar do GWP de todos os gases serem maior que o GWP do CO₂, este se apresenta em maior quantidade que os demais, tendo, portanto, maior representatividade no efeito estufa.

3. ATOS NACIONAIS E INTERNACIONAIS NA BUSCA DE UMA SOLUÇÃO PARA AS QUESTÕES CLIMÁTICAS CAUSADAS PELOS GASES DO EFEITO ESTUFA

Evidências científicas demonstram a correlação entre o aquecimento global e a concentração de gases causadores do efeito estufa emitidos pelo homem, na atmosfera. A mudança climática corresponde a um dos piores problemas da humanidade no século XXI, podendo acarretar efeitos negativos aos recursos naturais e a humanidade.

As questões ambientais têm tido bastante relevância nas discussões internacionais devido aos sérios problemas enfrentados pela humanidade decorrente dos efeitos do aquecimento global, e para tanto devem ser tomadas ações para conter as emissões antrópicas que, desde a Revolução Industrial são responsáveis pelo aumento gradativo da temperatura global.

A partir deste período houve significativo aumento na utilização dos recursos naturais e na atividade industrial, bem como desenvolvimento de outros setores como o dos transportes, agricultura, pecuária, energia, o que levou a um considerável incremento nas emissões de gases de efeito estufa, responsáveis pelo aquecimento global.

Governos e organizações, preocupados com as consequências do desenvolvimento insustentável, estão destinando maior atenção a assuntos como poluição atmosférica, chuva ácida riscos com o aquecimento global e destruição da camada de ozônio.

Na década de 1980, as evidências científicas relacionando as emissões de gases de efeito estufa provenientes das atividades humanas à mudança do clima global começaram a

despertar a preocupação pública. Inspiraram também uma série de conferências internacionais que apelavam para a urgência de um tratado mundial para enfrentar o problema.

As possibilidades de uma mudança climática em nosso planeta, evidências por estudos científicos, propulsionaram, em 1988, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e a Organização Meteorológica Mundial (OMM) a criarem o Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC) após a Conferência sobre as Mudanças Atmosféricas ocorrida em Toronto, no Canadá (Limiro, 2009).

A necessidade de formação desse Painel baseava-se no reconhecimento da enorme complexidade do sistema climático, do elevado risco trazido pela mudança climática e da necessidade de uma fonte objetiva de informação técnica, científica e sócio-econômica sobre causas e impactos da mudança climática, assim como sobre as possíveis medidas de resposta, incluindo a comparação dos custos e benefícios da ação contra os da inação.

Conhecido mundialmente pela sigla IPCC (do inglês Intergovernmental Panel on Climate Change), este painel é constituído por cientistas de diversos países e áreas de conhecimento e divide-se em três grupos com trabalho distintos e complementares - além de uma força tarefa sobre gases do efeito estufa.

Em 1990, a Assembleia Geral das Nações Unidas respondeu a esses apelos estabelecendo o Comitê Intergovernamental de Negociação para a Convenção-Quadro sobre Mudança do Clima (INC/FCCC).

3.1. Painel Intergovernamental de Mudanças Climática - IPCC

O Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima - IPCC, foi estabelecido em 1988 pela Organização Meteorológica Mundial - OMM e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA, composto por delegações de 130 governos, para avaliar as

informações científicas, técnicas e socioeconômica disponível no campo de mudança do clima.

O IPCC é um painel científico ligado às Nações Unidas que, segundo Marengo e Soares (2007), avalia o conhecimento existente no mundo sobre a mudança climática global. A missão do IPCC é de “*to assess the scientific, technical and socio-economic information relevant for the understanding of the risk of human-induced climate change*”, que traduzido seria “avaliar a informação científica, técnica e socioeconômica relevante para entender os riscos induzidos pela mudança climática na população humana”.

O IPCC está organizado em três grupos de trabalho: Grupo de Trabalho I, Grupo de Trabalho II e Grupo de Trabalho III. O primeiro grupo é responsável pelo primeiro capítulo, que reúne evidências científicas de que a mudança climática se deve à ação do homem, esse primeiro grupo ficou responsável por observar e projetar as mudanças climáticas. O grupo de trabalho II trata das consequências da mudança climática para o meio ambiente e para a saúde humana, ficando então encarregado de analisar a vulnerabilidade, os impactos e a adaptação relacionados às mudanças climáticas. O grupo de trabalho III estuda maneiras de combater a mudança climática e prover alternativas de adaptação das populações, ou seja, tem o objetivo de analisar opções para a mitigação de mudanças climáticas. Com o estudo dos três grupos forma-se o relatório do com três capítulos principais e depois um quarto capítulo sintetiza as conclusões dos anteriores.

Segundo Frondizi (2009) por meio de relatórios elaborados numa base compreensível, direta, aberta e transparente, o IPCC divulga suas informações, onde seus relatórios são uma compilação do estado da arte nas diversas áreas do conhecimento relativas à mudança global do clima.

Até o momento, já foram divulgados quatro Relatórios de Avaliação abrangendo a base científica, impactos, vulnerabilidade e adaptação e mitigação da mudança global do clima. O

IPCC também publica relatórios especiais que focam questões específicas – como os relatórios sobre captura e armazenagem de carbono; cenários de emissões; e uso da terra, mudança no uso da terra e florestas (da sigla em inglês LULUCF, *de land use, land use change and forestry*) – e relatórios metodológicos, como os guias para elaboração dos inventários de gases de efeito estufa.

O primeiro Relatório de Avaliação sobre o Meio Ambiente (Assessment Report, ou simplesmente AR) foi publicado em 1990 e reuniu argumentos em favor da criação da Convenção do Quadro das Nações Unidas para Mudanças do Clima (em inglês, UNFCCC), a instância em que os governos negociam políticas referentes à mudança climática.

O segundo relatório do IPCC foi publicado em 1995 e acrescentou ainda mais elementos às discussões que resultaram na adoção do Protocolo de Kyoto dois anos depois, graças ao trabalho da UNFCCC. O terceiro relatório do IPCC foi publicado em 2001 e em 2007, publicando seu quarto grande relatório.

Uma de suas funções é prover subsídios científicos aos tomadores de decisão e outros interessados na mudança global do clima, fornecendo informações objetivas acerca deste assunto. Isso é feito por meio da compilação e do fornecimento dos mais atuais e importantes dados científicos, técnicos e socioeconômicos relevantes para o entendimento do risco da mudança global do clima induzida pelo homem (antrópico), seus possíveis impactos e as opções de adaptação e mitigação.

Fronzizi (2009) destaca que o IPCC não conduz pesquisas, não monitora os dados relacionados à mudança global do clima e nem recomenda políticas. A sua função é levantar o estado da arte e compilar essas informações.

Ao longo de 2007, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas se tornou uma das referências mais citadas nas discussões sobre mudança climática. O órgão da

Organização das Nações Unidas (ONU) divulgou quatro capítulos que, juntos, formam um relatório completo sobre o aquecimento global hoje.

3.2. Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre mudança do Clima (UNFCCC)

O IPCC em seus estudos relaciona o aumento da temperatura global com as atividades desenvolvidas pelos seres humanos. Após dois anos de sua criação, o IPCC publicou seu primeiro relatório, denominado em inglês, First Assessment Report, onde alegou que as mudanças no clima significavam ameaças aos seres humanos. Nesta oportunidade, invocou os Estados para elaborarem e adotarem um tratado internacional sobre o assunto, que teve como resultado de uma decisão da Assembleia Geral das Nações Unidas a instituição do Comitê Intergovernamental de Negociação para a Convenção-Quadro sobre Mudança do Clima, ao qual foi encomendada a redação de uma convenção-quadro.

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima - CQNUMC - (do original em inglês United Nations Framework Convention on Climate Change), é um tratado internacional que foi resultado da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), informalmente conhecida como a Cúpula da Terra, realizada no Rio de Janeiro em 1992.

A UNFCCC, também denominada Convenção do Clima, teve seu texto adotado na Sede das Nações Unidas, em Nova York, no dia 09/05/1992. A Convenção esteve aberta a assinaturas no Rio de Janeiro, de 04 a 14/06/1992, durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento conhecida como Rio-92, e posteriormente, na Sede das Nações Unidas, em Nova York, de 20/06/1992 a 09/06/1993.

Em vigor desde 21.03.1994, verifica-se que, até junho de 2006, a Convenção-Quadro havia sido assinada por 189 “Partes” (países), que assumiram assim um compromisso

internacional com os termos da referida Convenção. Os Estados que não a assinaram, podem fazê-lo em qualquer momento.

O Brasil aderiu à Convenção-Quadro em 1992, que foi ratificada pelo Decreto Legislativo 1, de 03/02/1994, e promulgada pelo Decreto 2.652, de 01/07/1998.

A fim de articular as ações do governo brasileiro nessa área, foi criada a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima, por intermédio do Decreto de 07/07/1999, alterado pelo Decreto de 10/01/2006.

Este tratado foi firmado por quase todos os países do mundo e tem como objetivo a estabilização da concentração de gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera em níveis tais que evitem a interferência perigosa com o sistema climático. Esse nível de concentração segura para o clima ainda não é conhecido, mas a maior parte da comunidade científica considera que, se a emissão destes gases continuar crescendo no ritmo atual, advirão danos ao meio ambiente.

O tratado não fixou, inicialmente, limites obrigatórios para as emissões de GEE e não continha disposições coercitivas. Em vez disso, o Tratado incluía disposições para atualizações (chamados "protocolos"), que deveriam criar limites obrigatórios de emissões.

Segundo Limiro (2009), o objetivo principal da Convenção é estabilizar as concentrações dos gases de efeito estufa na atmosfera, num nível que impeça uma interferência antrópica perigosa no sistema climático, conforme preconizado no art. 2º de seu texto.

O autor comenta ainda que a convenção enfatiza que os países desenvolvidos são os principais responsáveis pelas emissões históricas e atuais, devendo tomar a iniciativa do combate à mudança clima; que a prioridade primeira de países em desenvolvimento deve ser o seu próprio desenvolvimento social e econômico, e que a sua parcela de emissões globais totais deve aumentar à medida que eles se industrializam; que estados economicamente

dependentes de carvão e petróleo enfrentarão dificuldades se a demanda de energia mudar; e que países com ecossistemas frágeis, como pequenos países insulares e de terreno árido, são especialmente vulneráveis aos impactos previstos na mudança do clima. Também se propõe a:

1. Mitigar os efeitos das emissões de gases do efeito estufa na atmosfera pelos Estados;
2. Estabilizar os níveis de gases de efeito estufa;
3. Criar a estrutura de políticas públicas interna aos Estados;
4. Levantar os inventários nacionais de gases do efeito estufa por setores de atividade;
5. Estabelecer metas de redução de gases de efeito estufa, de acordo com o princípio das “responsabilidades comuns, mas diferenciadas”.

Embora a Convenção-Quadro não defina a forma de atingir seu objetivo principal, ela estabelece mecanismos que darão continuidade ao processo de negociação em torno dos instrumentos necessários para que ele seja alcançado.

Para as tomadas de decisões necessárias, visando à promoção efetiva da implementação da UNFCCC, bem como para a revisão dessa implementação, foi instituída a Conferência das Partes (COPs), que é o órgão supremo da Convenção.

3.3. Conferência das Partes

Com a entrada em vigor da Convenção do Clima em 1994, representantes dos países signatários da UNFCCC passaram a se reunir anualmente para discutir a sua implementação. Estes encontros são chamados de Conferências das Partes (COPs). Neste caso, Parte é o mesmo que País e a COP constitui o órgão supremo da Convenção do Clima. Sua responsabilidade é monitorar e promover, revisar compromissos existentes periodicamente,

levando em conto os objetivos da Convenção, bem como divulgar achados científicos novos e verificar a efetividade dos programas de mudanças climáticas nacionais. Foram realizadas até 2010, 16 reuniões, abaixo segue breve histórico.

COP 1 – 1995: Inicia o processo de negociação de metas e prazos específicos para a redução de emissões de gases de efeito estufa para os países desenvolvidos. É sugerida a constituição de um Protocolo. A COP1 adotou 21 decisões, incluindo o Mandato de Berlim, em que restou convencionado que um Protocolo para a Convenção que estabelece a redução das emissões de gases do efeito estufa deveria ser negociada e que necessitaria de estar elaborado para aprovação até a 3ª Conferência das Partes.

COP 2 – 1996: Foi realizada em 08/06 a 19/06/1996, nas Nações Unidas em Genebra, na Suíça. Nessa oportunidade, assinou-se a Declaração de Genebra, contemplando o acordo para a criação de obrigações legais, tendo em vista a redução das emissões de CO₂. Esse acordo seria ainda celebrado na 3ª Conferência das Partes.

COP 3 – 1997: Realizou-se no período de 01/12/ a 10/12/1997, na cidade de Kyoto, no Japão, contando com representantes de 159 nações. Essa conferência culminou na adoção, por consenso, do Protocolo de Kyoto, um dos marcos mais importante desde a criação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima no combate à mudança do clima.

COP 4 – 1998: Foi realizada em 02/11 a 13/11/1998, em Buenos Aires, na Argentina. Com a perspectiva de entrada em vigor do Protocolo de Kyoto, foi elaborado o pacote de metas, que ficou conhecido como Plano de Ação de Buenos Aires a fim de que fossem decididas as seguintes questões:

1. Mecanismos de financiamento;
2. Desenvolvimento e transferência de tecnologias;
3. Atividades implementadas conjuntamente em fase piloto;

4. Programa de trabalho dos mecanismos do Protocolo de Kyoto.

COP 5 – 1999: Realizada em 25/10 a 05/11/1999, na cidade de Bonn, na Alemanha. Foram decididas questões relativas a implementação do Plano de Ação de Buenos Aires. Foram também abordados aspectos relativos às questões de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF) (em inglês, Land Use, Land Use Change and Forestry), capacitação dos países em desenvolvimento (Partes Não-Anexo I) e atividades implementadas conjuntamente em fase piloto.

COP 6 – 2000: No período de 20 a 24/11/2000 foi realizada a 6ª conferência das Partes, porém em razão de muitos conflitos e divergências não pode ser concluída. Durante a realização da COP6 diversas incertezas existiam quanto ao futuro do protocolo de Kyoto, havendo também a expectativa que essa seria a última Conferência das Partes realizada, pois foi nessa época que os Estados Unidos renunciaram ao Protocolo.

COP 6 ½ e COP 7 – 2001: A 7ª Conferência das Partes COP 7 realizou-se no período de 29/10 a 09/11 de 2001, em Marraqueche, em Marrocos. Foram definidas as regras operacionais, a fim de que fosse colocado em prática o Protocolo de Kyoto. Essas regras ficaram conhecidas como Acordos de Marraqueche, que, entre outras coisas, definem as regras operacionais para as questões de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF), mecanismos de flexibilização, inventários nacionais de emissões, informações adicionais à Convenção-Quadro derivadas do Protocolo e do processo de revisão das comunicações nacionais.

COP 8 – 2002: Realizada no período de 23/10 a 01/11 de 2002, na cidade de Nova Deli, na Índia, a 8ª contou com a participação de 167 países e 213 organizações não governamentais e intergovernamentais. Havia expectativa quanto à definição das modalidades e dos procedimentos para as atividades de florestamento e reflorestamento, no âmbito do

Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Porém nenhum resultado concreto foi obtido, restando acordado que tais questões seriam concluídas na COP 9.

COP 9 – 2003: Durante a 9ª Conferência das COP 9, realizada no período de 01/12 a 12/12 de 2003, na cidade de Milão, na Itália, a discussão foi enfática sobre as regras e os procedimentos para os projetos florestais no MDL. O grande avanço realizado foi o fechamento das regras que definem o modo como os projetos de florestamento e reflorestamento deverão ser conduzidos para reconhecimento junto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima e para obtenção de créditos de carbono, no escopo do MDL.

COP 10 – 2004: Na 10ª, realizada no período de 06 a 17 de dezembro de 2004, na cidade de Buenos Aires, na Argentina, a discussão circundou a elaboração de modalidades e procedimentos simplificados para atividades de projetos de pequena escala de florestamento e reflorestamento no âmbito do MDL. Esse documento era o que faltava para o projeto de MDL florestal, pois veio para reduzir os custos de elaboração dos projetos, podendo, assim, incluir nele pequenos e médios produtores de baixa renda.

COP 11/ MOP1 – 2005: 11ª Conferência das Partes e 1ª Reunião das Partes do Protocolo de Quioto (MOP1), realizadas em 28/11 a 09/12 de 2005, foram duas reuniões de extrema importância, uma vez que a COP 11 e a COP/MOP 1 foram as primeiras conferências realizadas após a entrada em vigor do Protocolo de Kyoto, em 16.02.2005. Essas Conferências não tinham como objetivo decidir sobre novas metas de redução das emissões de gases de efeito estufa, seja para países desenvolvidos, seja para países em desenvolvimento. Os países só precisavam concordar em iniciar o processo de discussão sobre o pós-2012 e como deveria ser essa discussão. Ficou decidida a iniciação de dois processos de discussão sobre o futuro, quais sejam, um processo para o estabelecimento de novas metas de redução pós-2012 das emissões de gases de efeito estufa para os países desenvolvidos no

Protocolo de Kyoto; e um diálogo no âmbito da Convenção para a troca de conhecimentos e análise estratégica de abordagens para ações de cooperação de longo prazo, no intuito de combater as mudanças climáticas.

COP 12/MOP2 – 2006: A 12ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima COP 12 e a 2ª Conferência das Partes, que serviu de Reunião das Partes do Protocolo de Kyoto (COP/MOP 2) realizadas em Nairobi, no Quênia, trataram sobre a prorrogação dos compromissos assumidos pelos países para um segundo período, que se inicia no ano de 2013 e se finda em 2017. Nesse momento, também foi discutida a revisão do texto do Protocolo de Kyoto, para que os países em desenvolvimento também assumam compromissos concretos de redução de emissões de gases de efeito estufa. Outro tema debatido na COP 12 e que merece destaque é a implantação do Fundo de Adaptação, o qual foi previsto pelo Protocolo e é constituído pelo valor correspondente a 2% dos créditos advindos de atividades no âmbito de MDL. Esses 2% destinam-se à prestação de assistência aos países em desenvolvimento, vulneráveis aos efeitos adversos da mudança do clima.

COP 13/MOP3 – 2007: No ano de 2007, entre os dias 03/12 e 15/12, foi realizada a 13ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima COP 13 e a 3ª Conferência das Partes, que serviu de Reunião das Partes do Protocolo de Kyoto (COP/MOP 3) em Bali, na Indonésia. O objetivo era traçar um "mapa" com as linhas gerais das metas e dos compromissos a serem estabelecidos para a segunda fase do Protocolo de Kyoto, isto é, a partir de 2012.

Todavia, essa Conferência não atingiu o seu propósito. A União Europeia não conseguiu a adesão necessária para sua proposta de reduzir de 25% a 40% dos níveis de 1990, até 2020, as emissões dos gases de efeito estufa nos países industrializados. O bloco liderado pelos Estados Unidos estava determinado a evitar qualquer comprometimento com as

reduções de suas emissões que não fosse voluntário. Uma grande parte dos países industrializados exigiu que os países em desenvolvimento, como China, Índia, Brasil e Coreia do Sul, que são os maiores emissores de gases de efeito estufa, assumam metas para que essas emissões sejam reduzidas. Apesar de vários percalços enfrentados na Conferência, cujo encerramento estava previsto para o dia 14/12 e que, porém, teve de ser adiado para o dia 15.12.2007, o "Mapa de Bali" foi produzido. Seu intuito é basicamente estabelecer parâmetros para as discussões que deverão estar concluídas na 14ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima COP 14.

COP 14/MOP4 – 2008: Realizada em dezembro de 2008 na Polônia a COP 14, apresentou alguns avanços significativos, mas decepcionou quem esperava resultados concretos.

A espera pela posição do novo presidente dos Estados Unidos, Barack Obama, em relação às mudanças climáticas foi o principal fator que impediu um maior comprometimento por parte dos países desenvolvidos.

O resultado positivo da COP 14 pode ser medido na mudança oficial de postura dos países em desenvolvimento. Entretanto, a divergência de posições políticas e econômicas entre as nações impediu que a conferência cumprisse o seu principal objetivo: elaborar o rascunho de um novo acordo climático global, com a definição cortes severo no total das emissões. A falta de consenso, alimentada pela crise financeira mundial, coloca em xeque o estabelecimento de um compromisso articulado pelo combate às mudanças climáticas até o final de 2009.

Enquanto países em desenvolvimento (Brasil, China, México e Peru), apresentaram propostas concretas de redução das emissões, poucas metas de real relevância eram assumidas pelas nações desenvolvidas. “Isso muda o eixo da negociação internacional sobre clima”,

avalia Paulo Moutinho, pesquisador do Instituto de Pesquisas da Amazônia (IPAM), veterano de participação em COP's.

COP15/MOP15 -2009: Realizada de 7 a 18 de dezembro de 2009, em Copenhague, na Dinamarca, a COP 15 tentou-se buscar consenso em torno do chamado Acordo de Copenhague (AC). Tal acordo, contudo, não foi aprovado pela totalidade dos 192 países membros da Convenção. Apesar de ser politicamente frágil, o AC representou um grande avanço no sentido de reconhecer a promoção de reduções de emissões resultantes de desmatamento e degradação florestal (REDD) como medida crucial para mitigar os efeitos das mudanças climáticas.

COP16/MOP16 – 2010: A COP 16 foi realizada em Cancun no México, entre 29 de Novembro e 10 de Dezembro de 2010, onde poucas foram às expectativas para a 16ª Conferência das Partes. Apesar disso, avanços ocorreram como, por exemplo: a criação do Green Climate Fund (Fundo Climático Verde) com o objetivo de ajudar os países em desenvolvimento a reduzirem suas emissões e se adaptarem aos efeitos adversos da mudança do clima e o apoio à implementação de elementos chaves para compensar os países por protegerem as suas florestas via mecanismo de REDD. Além disso, foi na COP16 que o Brasil lançou sua Comunicação Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa e anunciou a regulamentação da sua Política Nacional sobre Mudança do Clima através do Decreto nº 7390, assinado pelo presidente no dia 09 de dezembro de 2010. Isto torna o Brasil a primeira nação a assumir formalmente e se auto impor limites de reduções de emissões (no máximo 2,1 bilhões de CO₂ até 2020).

COP17-2011: A ser realizada na África do Sul, no final de novembro e início dezembro de 2011, a 17ª convenção climática tem a missão de obter um compromisso de 194 países na contenção dos gases do efeito estufa, em especial o dióxido de carbono (CO₂) proveniente de combustíveis fósseis, como o carvão e o petróleo. A ideia é que se tenha a

criação de um novo acordo para o clima, que já está sendo discutido desde a COP16 e em reuniões preliminares a COP 17. A segunda fase do protocolo de Kyoto é o tema crucial nesta Conferência do Clima. O tratado, que expira em 2012, primeiro período de compromisso, é o único acordo obrigatório sobre a redução das emissões. Ele exige que quase 40 países desenvolvidos reduzam suas emissões de gases do efeito estufa, em 5,2% entre 2008 e 2012. Após este período, ainda não foi estipulado nenhum substituto ao protocolo ou definido novas metas e períodos de compromissos.

3.4. Protocolo de Quioto

Em 1997, entre os dias 1 e 12 de dezembro, na cidade de Kyoto, no Japão, foi realizada a 3ª Conferência das Partes, conhecida como COP 3, que contou com a presença de 166 representantes de países, tendo em vista o cumprimento do Mandato de Berlim, adotado em 1995. O Protocolo de Quioto acabou se tornando muito mais conhecido do que a própria CQNUMC.

Esse mandato propõe que os países desenvolvidos assumissem o compromisso de reduzirem suas emissões de gases de efeito estufa para os níveis de 1990, até o ano 2000, porém as Partes decidiram que esse nível de redução era inadequado para se atingir o objetivo de longo prazo da Convenção. Foi durante a COP 3 que restou avançado o Protocolo de Quioto, que, no início, contou com o comprometimento de 39 países para a redução das emissões de gases de efeito estufa na atmosfera mediante metas e prazo estipulado.

O documento foi aberto para assinatura em 16/03/1998. Entretanto, para entrar em vigor, era necessária sua ratificação por pelo menos 55 Partes da Convenção, incluindo os países desenvolvidos que contabilizaram pelo menos 55% das emissões totais de dióxido de carbono em 1990 desse grupo de países industrializados.

Apesar da União Européia ter anunciado seu apoio ao Protocolo, o maior emissor de gases de efeito estufa do mundo, os Estados Unidos da América, negou-se a ratificá-lo. Os

Estados Unidos se retiraram do Protocolo de Kyoto em março de 2001, em razão dos seguintes argumentos: o custo do pacto era por demais elevado; injusta era a exclusão dos países em desenvolvimento; não havia provas que relacionassem o aquecimento global com a poluição industrial; as reduções nas emissões de gases de efeito estufa prejudicariam a economia do país, pois este é altamente dependente dos combustíveis fósseis.

Portanto, em vez de reduzir emissões, os EUA preferiram trilhar um caminho alternativo e apostar no desenvolvimento de tecnologias menos poluentes.

A saída dos Estados Unidos do Protocolo causou incertezas quanto ao seu futuro. Entretanto, o impasse teve seu fim em 2004, com a adesão da Rússia, que era o segundo maior poluidor, responsável por 17% das emissões. Logo, a cota foi atingida. Até então, apesar da adesão de 127 países, a soma de emissões era de apenas 44%, conforme mostrado na Tabela 4.

A Rússia decidiu ratificar o Protocolo por questões econômicas, haja vista haver descoberto que o pacto poderia servir de moeda de troca junto à União Europeia, a maior defensora do acordo, para seu ingresso na Organização Mundial do Comércio (OMC).

Após noventa dias da ratificação da Rússia, em 16/02/2005, o Protocolo de Kyoto entrou em vigor.

O Brasil ratificou o Protocolo de Quioto por intermédio do Decreto Legislativo 144, de 20/06/2002, publicado no Diário Oficial da União aos 21/06/2002. Logo, sendo considerado Kyoto-Compliance, ou seja, em acordo com o protocolo Kyoto, podendo realizar atividades no âmbito do Protocolo.

Para ser considerado Kyoto-Compliance, é necessário que o Estado, além de ser Parte da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Meio Ambiente, seja Parte também do Protocolo, o que se concretiza mediante sua ratificação.

Aqueles países, ainda que façam Parte da Convenção-Quadro e possuam legislações mais rígidas em relação aos padrões máximos permitidos para emissões de gases de efeito estufa que do Protocolo de Quioto, como é o caso dos Estados Unidos, são considerados Non-Kyoto-Compliance.

O Protocolo de Quioto determina que cada país tem uma meta a ser alcançada para a redução de gases de efeito estufa. Tal meta deve ser cumprida pelos países que historicamente mais emitiram gases de efeito estufa, que no caso são os países desenvolvidos. A Tabela 4 lista os 10 países mais emissores retirados do anexo I do Protocolo de Kyoto.

	Países	Emissões (Gg)	Porcentagem
1	Estados Unidos da América	4.957.022	36,108%
2	Federação Russa	2.388.720	17,400%
3	Japão	1.173.360	8,547%
4	Alemanha	1.012.443	7,375%
5	Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte	584.078	4,255%
6	Canadá	457.441	3,332%
7	Itália	428.941	3,125%
8	Polônia	414.930	3,022%
9	França	366.536	2,670%
10	Austrália	288.965	2,105%
		12.072.436,00	100%

Tabela 4– Dez maiores emissores CO₂ em 1990 para os fins do Artigo 25 do Protocolo de Kyoto

FONTE: Elaboração própria a partir de dados do Anexo I do Protocolo de Kyoto, retirado de <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/28821.html>>, 2011.

Os dez maiores emissores, de 1990, listados pelo anexo I representam 87,93% e um total de 12.072.436,00 Gg de CO₂. Os outros 24 países listados no Anexo I do Protocolo de Kyoto representam menos de 12,07% com emissões de menos de 2% por país e representam somente um total de 1.655.870,00 Gg de CO₂. Os dois maiores emissores listados na Tabela 4 acima representam mais de 53% das emissões registradas.

Estabelece o art. 3o, § 1", do Protocolo de Kyoto que:

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

As metas de redução de gases de efeito estufa são individualizadas, em consonância com o princípio "das responsabilidades comuns, mas diferenciadas", adotado pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.

Os países que têm metas a serem cumpridas estão relacionados no Anexo I da Convenção, sendo, conhecidos como "Parte Anexo I". São eles: Alemanha, Austrália, Áustria, Belarus, Bélgica, Bulgária, Canadá, Comunidade Europeia, Croácia, Dinamarca, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Estados Unidos da América, Estônia, Federação Russa, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Japão, Letônia, Liechtenstein, Lituânia, Luxemburgo, Mônaco, Noruega, Nova Zelândia, Países Baixos, Polônia, Portugal, Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte, República Tcheca, Romênia, Suécia, Suíça, Turquia, Ucrânia.

Há ainda países que ratificaram o Protocolo de Kyoto, sendo também Partes Kyoto-Compliance, porém não possuem metas de redução de gases de efeito estufa. São os países em desenvolvimento, como, por exemplo, Brasil, China, Índia, México, que, por não estarem listados no Anexo I da Convenção, são denominados "Partes Não-Anexo I".

Protocolo ainda é composto por dois anexos: o Anexo A e o Anexo B. No Anexo A estão relacionados os gases de efeito estufa, conforme mostrado na Tabela 5, bem como os setores e as categorias de fontes de emissão.

Gás	Simbologia
Dióxido de carbono	CO ₂
Metano	CH ₄
Óxido nitroso	N ₂ O
Hidrofluorcarbonos	HFCs
Perfluorcarbonos	PFCs
Hexafluoreto de enxofre	SF ₆

Tabela 5– Gases de Efeito Estufa de Acordo com o Procolo de Quioto

FONTE: Retirado do anexo B do Protocolo de Quioto disponível no site <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/28817.html>>, 2011.

Como complementação às medidas e políticas domésticas das Partes Anexo I, o Protocolo também estabeleceu mecanismos adicionais de implantação, os quais permitem a redução das emissões e/ou o aumento da remoção de gases de efeito estufa por essas Partes e podem ser obtidos além de suas fronteiras nacionais. Dispõe o art. 2º, § 3º, do Protocolo de Kyoto:

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

Para tanto, o Protocolo implementou três mecanismos de flexibilização para ajudar as Partes Anexo I a cumprirem suas metas de redução de gases de efeito estufa:

1. Implementação Conjunta;
2. Comércio de Emissões;
3. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

3.4.1. Implementação Conjunta

O mecanismo de Implementação Conjunta – IC (Art. 6 do Protocolo de Quioto) pode ser implementado unicamente pelos países relacionados no Anexo I da Convenção Quadro e consiste na possibilidade de uma Parte (país) do Anexo em financiar projetos em outras Partes também do Anexo I, como forma de comprimir seus compromissos de redução de emissões de gases de efeito estufa. Esses projetos realizados em ação conjunta geram Unidades de Redução de Emissões (UREs).

Segundo Lopes (2002) essas UREs são unidades expressas em toneladas de dióxido de carbono equivalente, sendo uma unidade igual a uma tonelada de gases de efeito estufa. Limiro (2009) destaca que essas Reduções Certificadas de Emissões - RCE's poderão ser utilizadas pelo país financiador para adicionar a quota de emissões, sendo deduzida das quotas de emissão do país beneficiado.

3.4.2. Comércio Internacional de Emissões

O Comércio das Emissões-CIE (Art. 17 do Protocolo de Quioto), assim como na implementação conjunta, apenas as Partes listadas no Anexo I do Protocolo de Quioto podem participar do Comercio de Emissões, o qual proporciona a essas partes, que além de cumprirem suas metas ultrapassaram-na, a possibilidade de vender o excedente de suas quotas de emissões para outros países denominados de “Parte”, listados no Anexo I que não conseguiram cumprir suas metas. A unidade aplicável a esse mecanismo é a Unidade de Quantidade Atribuída (UQA) que tem a mesma definição da URE de acordo com Lopes 2002.

3.4.3. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL tem suas definições inscritas no artigo 12 do Protocolo de Quioto.

O MDL é o único dos mecanismos de flexibilização que permite a participação de países não listados no Anexo I do Protocolo de Quioto, países sem metas de redução e em desenvolvimento que ratificaram o protocolo, em cooperação com países desenvolvidos com metas de redução das emissões listados no Anexo I do protocolo.

Esse mecanismo estabelece as atividades de projetos de redução das emissões de gases de efeito estufa e ou aumento de remoção de CO₂ que serão implementadas pelas Partes (países) do Anexo I nos territórios dos países que não estejam listados no Anexo I, que irão gerar Reduções Certificadas de Emissões (RCE's) e poderão ser utilizadas pelo país investidor como forma de cumprimento parcial de suas metas de redução de emissões de gases de efeito estufa.

Segundo Lopes 2002, o objetivo final de mitigação de gases de efeito estufa é atingido através da implementação de atividades de projeto nos países em desenvolvimento que resultem na redução da emissão de gases de efeito estufa ou no aumento da remoção de CO₂, mediante investimentos em tecnologias mais eficientes, substituição de fontes de energia fósseis por renováveis, racionalização do uso da energia, florestamento e reflorestamento, entre outras.

No caso específico do MDL, os países em desenvolvimento deverão desempenhar um papel significativo nesse mercado, sobretudo na oferta de reduções de emissões de gases de efeito estufa e/ou remoções de CO₂.

As atividades de projeto do MDL, bem como as reduções de emissões de gases de efeito estufa e/ou aumentam de remoção de CO₂ a estas atribuídas deverão ser submetidas a um processo de aferição e verificação por meio de instituições e procedimentos estabelecidos

na Sétima Conferência das Partes (COP-7). Dentre as instituições relacionadas ao MDL destacam-se aquelas a seguir indicadas:

1. Conselho Executivo do MDL
2. Autoridade Nacional Designada
3. Entidades Operacionais Designadas

Como as Partes Não Anexo I estão isentas do compromisso de redução de gases do efeito estufa durante o primeiro período de compromisso estabelecido pelo protocolo (2008-2012), cada tonelada de CO₂ equivalente que as atividades de projetos MDL deixarem de emitir ou removerem da atmosfera dará origem à Redução Certificada de Emissão (RCE), que poderá ser negociada no mercado mundial. Essas RCE's podem ser adquiridas pelas partes do Anexo I, com a finalidade de contribuírem para o cumprimento de parte das suas metas internas de redução, listadas no Anexo B do protocolo, conforme disposto no art. 12, § 3º, a e b do Protocolo de Quioto.

Segundo Limiro (2009), para serem consideradas atividades de projetos as reduções e/ou remoções das emissões devem contemplar os gases de efeito estufa listados no Anexo A do Protocolo de Quioto, a saber, CO₂ (gás carbônico ou dióxido de carbono); CH₄ (gás metano); N₂O (óxido nitroso), HFCs (hidro-fluorcarbonos); PFCs (perfluorcarbonos); SF₆ (Hexafluoreto de enxofre).

O autor comenta também que como são seis os gases de efeito estufa e que por consequência causam diferentes impactos no clima, foi proposto um parâmetro para compará-los entre si, denominado Potencial de Aquecimento Global (em inglês, Global Warming Potential – WGP). O WGP uniformiza as quantidades de gases de efeito estufa em toneladas métrica equivalente de CO₂ (dióxido de carbono), o que possibilita a somatória das reduções dos Gases de Efeito Estufa – GEE's, conforme disposto no art. 5º, § 3º, do Protocolo de Quioto.

Segundo Lopes 2002, para efeitos do MDL, entende-se por atividades de projeto as atividades integrantes de um empreendimento que tenham por objeto a redução de emissões de gases de efeito estufa e/ou a remoção de CO₂. As atividades de projeto devem estar exclusivamente relacionadas a determinados tipos de gases de efeito estufa e aos setores/fontes de atividades.

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 – HFCs – PFCs – SF ₆	CH ₄ – N ₂ O	CH ₄
Queima de Combustível <ul style="list-style-type: none"> • Setor energético • Indústria de transformação • Indústria de construção • Transporte • Outros setores Emissões Fugitivas de Combustíveis <ul style="list-style-type: none"> • Combustíveis sólidos • Petróleo e gás natural 	<ul style="list-style-type: none"> • Produtos minerais • Indústria química • Produção de metais • Produção e consumo de halocarbonos e hexafluoreto de enxofre • Uso de solventes • Outros 	<ul style="list-style-type: none"> • Fermentação entérica • Tratamento de dejetos • Cultivo de arroz • Solos agrícolas • Queimadas prescritas de cerrado • Queimadas de resíduos agrícolas 	<ul style="list-style-type: none"> • Disposição de resíduos sólidos • Tratamento de esgoto sanitário • Tratamento de efluentes líquidos • Incineração de resíduos
REMOÇÕES DE CO ₂ *			
Florestamento / Reflorestamento			
Remove: CO ₂ Libera: CH ₄ – N ₂ O – CO ₂			

Tabela 6 – Gases de Efeito Estufa e os Setores/Fontes de Atividades
 FONTE: Lopes, 2002.

Os projetos MDL podem ser de pequena escala ou de grande escala. Os projetos de grande escala são normalmente mais atrativos, em função da quantidade de RCEs gerada, o que reduz os custos de transação por unidade de emissões reduzidas. Sendo assim, para simplificar e facilitar o desenvolvimento de projetos de pequena escala, o Conselho Executivo sistematizou as metodologias e criou alguns procedimentos diferenciados.

Os projetos de grande escala, podem utilizar uma metodologia previamente aprovada pelo Conselho Executivo do MDL ou submeter uma nova metodologia, para consideração e aprovação, caso a atividade seja uma nova atividade de projeto. As metodologias já aprovadas são oriundas de atividades de projeto que já submeteram uma nova metodologia para análise e

aprovação, as metodologias já aprovadas podem ser encontradas no site do Ministério da Ciência e Tecnologia-MCT no endereço <http://www.mct.gov.br>.

Atualmente existem quatro tipos de atividades de projeto no âmbito do MDL, todas visando à obtenção de reduções de emissões de GEE, mas com certas peculiaridades entre elas.

O primeiro tipo de atividade de MDL é o chamado MDL de grande escala ou de larga escala. Esse tipo de atividade de projeto caracteriza-se pelo fato de não haver limites para sua extensão.

Outro aspecto importante é que as metodologias utilizadas nesse tipo de projeto devem ser submetidas pelo proponente, tornando-se públicas após sua aprovação. Caso não haja, entre as metodologias aprovadas, uma que se aplique a atividade de projeto proposta, o proponente pode optar por elaborar e submeter uma nova metodologia.

Um projeto de grande escala também pode ter seu limite fragmentado entre inúmeras atividades, unidas em um único projeto de MDL. Não há limites para o número ou tamanho das atividades produtivas que se pretende unir em uma única atividade de projeto de MDL.

A validação e a verificação de projetos no âmbito do MDL de grande escala devem, necessariamente, ser realizadas por Entidades Operacionais Designadas distintas, sem exceção.

Segundo o (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos -CGEE, 2008) as metodologias para atividades de MDL de grande escala são mais conservadoras e bastante restritivas. Aspectos como fugas, transporte de matéria-prima, emissões durante a fase de construção, emissões decorrentes da disposição de resíduos, calibração de equipamentos e registro de informações são tratados em maior detalhe.

O mesmo relatório do CGE esclarece que os projetos de MDL de pequena escala surgiram a partir da percepção de que os custos de procedimento envolvidos no

desenvolvimento de uma atividade de MDL de grande escala inviabilizariam sua aplicação em uma série de empresas de menor porte. Assim, visando reduzir os custos transacionais, alguns procedimentos foram simplificados, criando os seguintes tipos de projetos:

1. Atividades de projetos do tipo I: atividades de projetos de energia renovável com uma capacidade máxima de produção de 15 MW (ou um equivalente adequado);
2. Atividades de projetos do tipo II: atividades de projetos de melhoria da eficiência energética que reduzam o consumo de energia, no lado da oferta e/ou da demanda, em até o máximo de 60 GWh por ano (ou um equivalente adequado);
3. Atividades de projetos do tipo III: outras atividades de projetos que resultem em reduções de emissão inferiores ou equivalentes a 60 kt de equivalentes de CO₂ anualmente.

Conceitualmente, um projeto de MDL de pequena escala assemelha-se a um de grande escala, porém com limitação de tamanho estabelecida em sua metodologia e restrição quanto a subdivisão de uma atividade em várias de pequena escala. Além de maior facilidade na aplicação, essas metodologias são mais simples e flexíveis do que as metodologias de grande escala quanto aos aspectos anteriormente citados.

Outra categoria de projetos de MDL com especificidades próprias é o MDL florestal. Esse tipo de projeto diferencia-se do MDL tradicional ou convencional por envolver exclusivamente atividades de uso da terra, mudança no uso da terra e florestas (sumidouros de GEE). Assim, o MDL florestal restringe-se às atividades de florestamento e reflorestamento. Porém, não contempla nem o manejo florestal nem a regeneração de florestas como atividades no âmbito do MDL.

Conforme comentando anteriormente as metodologias estão divididas conforme os setores/fontes de atividades e o tamanho do projeto, em grupos de metodologias:

1. Metodologias de grande escala;
2. Metodologias de grande escala consolidadas;
3. Metodologias de pequena escala;
4. Metodologias de florestamento e reflorestamento (F/R).

Antes do desenvolvimento de qualquer atividade de projeto MDL, se torna extremamente importante a avaliação da disponibilidade de uma metodologia aprovada compatível com o projeto que se pretende desenvolver. Esse aspecto é extremamente relevante do ponto de vista dos custos e das dificuldades surgidas no desenvolvimento de novas metodologias e, conseqüentemente, pelo tempo investido no processo que pode ser consideravelmente dispendioso.

Segundo a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo – SMA (2011) citado por Souza *et al* (2011), o ciclo de vida de um projeto em MDL se dá basicamente em 8 fases. Para sua concepção, inicialmente, por meio de estudos, faz-se uma verificação do potencial do projeto e sua viabilidade, que são realizados pelos participantes do projeto, constituindo-se na fase 1 do projeto. Confirmada a sua contribuição para a redução e/ou captura dos GEE, deve-se proceder à elaboração do Documento de Concepção do Projeto DCP, que se constitui na proposta (fase 2), que para ter validade deve ser apreciada e validada pela Entidade Operacional Designada (EOD) (fase3). Após validação, o projeto segue para fase 4 que é a avaliação pela Autoridade Nacional Designada (AND), no Brasil representada pela Comissão Interministerial de Mudanças Globais do Clima (CIMGC) que tem o papel de avaliar a contribuição do projeto ao desenvolvimento sustentável. A partir disso, sendo aprovado, o projeto segue para fase 5 que é a de registro no Conselho Executivo do MDL CEMDL ligado

ao *United Nations Framework on Convention Climate Change (UNFCCC)*. A partir do registro, os participantes do projeto devem monitorar as atividades para a redução de GEEs, cujo desempenho é verificado pela EOD, que certifica as RCEs que o projeto tem direito, constituindo esse processo nas fases 6 e 7. Por fim, tendo o projeto sido certificado, o CEMDL/UNFCCC emite as RCEs permitindo que os créditos sejam comercializados no mercado de carbono regulado, caso não tenham sido ainda comercializados, e que as transações financeiras entre os negociadores possam ser efetivadas, sendo essa a fase 8.

Dados do Ministério de Ciência e Tecnologia apresentados no relatório “Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no mundo”, indicam que, em janeiro de 2011, a maior parte das atividades dos projetos brasileiros, (51,4%) está associada ao setor energia renovável, seguidos pela atividade de suinocultura (15,9%), de troca de combustível fóssil (9,6%) e de aterros sanitários (7,5%) dentre outros com percentuais menos relevantes.

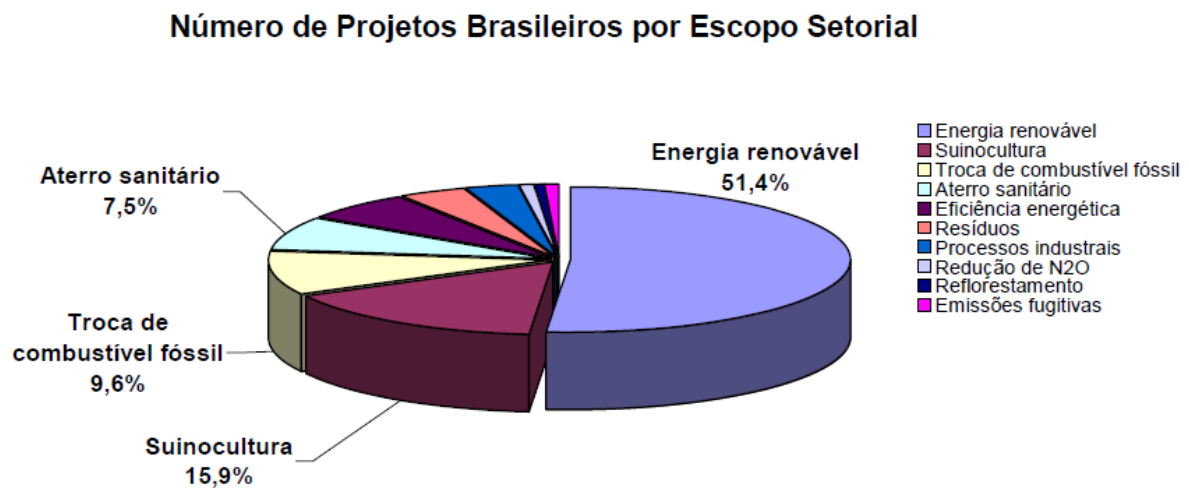


Gráfico 2 – Número de Projetos Brasileiros por Escopo Setorial
FONTE: MCT, 2011

De acordo com o levantamento feito os projetos o setor de energias alternativas, historicamente sempre vem sendo representativo no âmbito do MDL conforme mostrado nos relatórios do MCT no período de 2007 a 2011.

Percentual de Projetos de Energia Alternativas no MDL no Brasil: período de 2007 a 2011

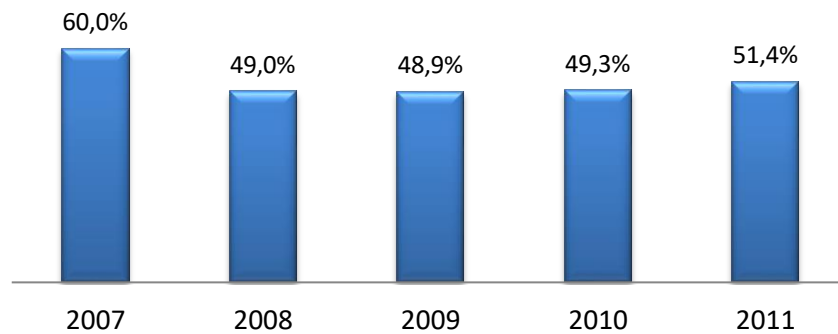


Gráfico 3 – Levantamento dos projetos Brasileiros de Energia Alternativa no período de 2007 a 2011.

FONTE: Elaboração própria a partir dos dados dos relatórios do MCT sobre o Status do MDL no Brasil e no Mundo nos relatórios de 2007 a 2011.

Esse indicador mostra os escopos setoriais que mais têm atraído o interesse dos participantes de projetos. A predominância das atividades como pode ser visto está no setor energético.

No mundo o Brasil possui uma representatividade importante se mantendo desde 2007, período em que tivemos acesso aos relatórios, na terceira posição no ranking com maior número de projetos no âmbito do MDL. O

Gráfico 4 mostra o número de atividades de projeto de MDL no mundo em 2011.

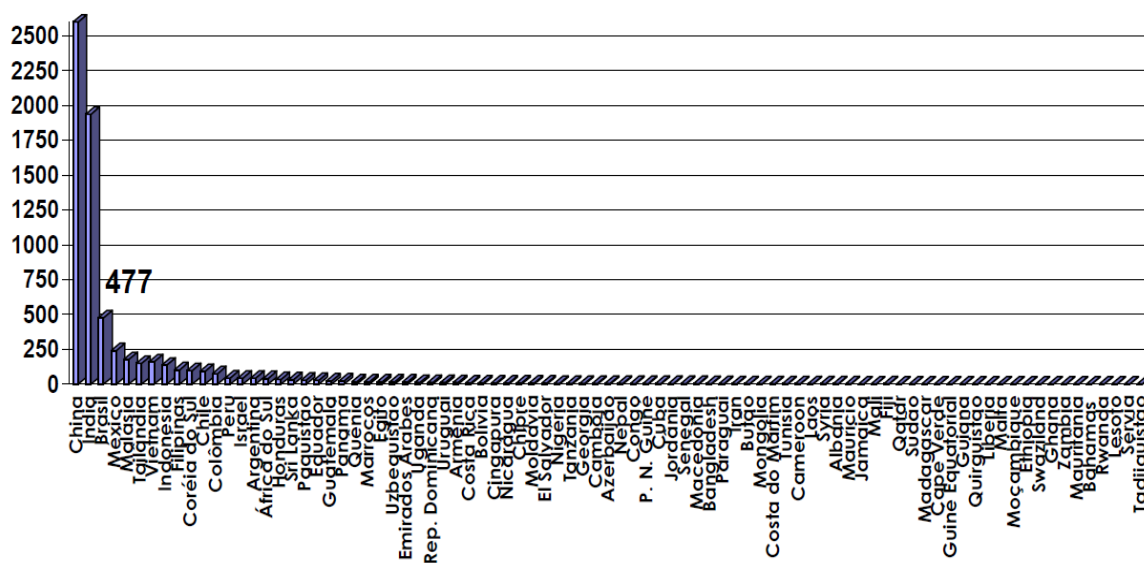


Gráfico 4 – Número de atividades de projeto no âmbito do MDL no mundo
 FONTE: MCT, 2011

Segundo dados do MCT em seus relatórios sobre o Status dos Projetos no âmbito do MDL no Brasil e no Mundo, em 2011, nosso país apresenta redução de CO₂, com percentual de 66% das atividades.

O Gráfico 5 mostra a distribuição desses projetos de redução dos gases de efeito estufa no Brasil.

Distribuição das atividades de projeto no Brasil por tipo de gás de efeito estufa reduzido

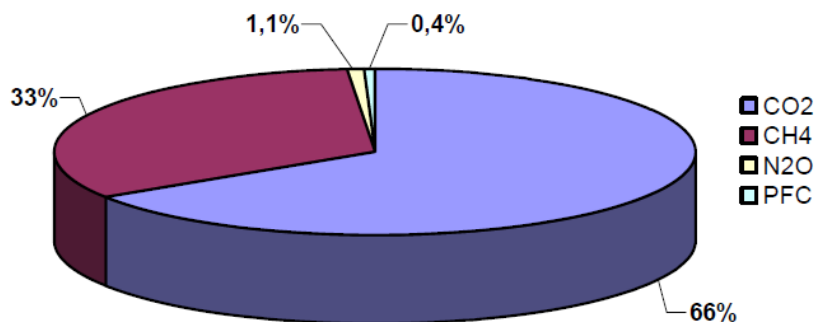


Gráfico 5 – Número de Projetos Brasileiros por Escopo Setorial
 FONTE: MCT, 2011 - Status do MDL no Brasil e no Mundo de 31/01/2011.

4. O COMÉRCIO DAS EMISSÕES E O MERCADO DE CARBONO

O “Mercado de Carbono” tem movimentado vários setores da economia mundial e envolvido empresas interessadas em promover o desenvolvimento através de atividades sustentáveis. Contudo, poucos sabem que no Brasil o “Mercado de Carbono” é um instrumento eficaz de combate às emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), principal causa do “aquecimento global” e das conseqüentes “mudanças climáticas” e, ainda, proporciona um retorno financeiro para o investidor.

Segundo Limiro (2009) o potencial brasileiro para a participação no mercado é grande, pois segundo o Banco Mundial, nosso país tem capacidade para conquistar cerca de 10% do mercado mundial de carbono. Isso pode ser retratado pelo fato de sermos pioneiros no registro do primeiro projeto de MDL no Conselho Executivo da Organização das Nações Unidas (ONU), em novembro de 2004, o Projeto NovaGerar, que objetiva a conversão de gases do aterro em energia.

Este mercado ficou conhecido após a entrada em vigor do Protocolo de Quioto, tratado internacional, que foi referendado no Congresso pelo Decreto Legislativo n.º 144, de 20 de Junho de 2002, ratificado pelo governo brasileiro em 23 de agosto de 2002 e pelo Presidente da República por meio do Decreto n.º 5.445, de 12 de maio de 2005.

Segundo Goularte e Alvin (2011) o comércio de emissões veio com o propósito de corrigir falhas de mercado geradas por externalidades. A poluição emitida por uma empresa, no seu processo produtivo, gera uma externalidade negativa à sociedade. Dessa forma, a sociedade incorre em um custo pela poluição gerada pelas empresas. A empresa, através de uma escolha tecnológica, pode reduzir seus níveis de emissão deixando o ar mais limpo para a sociedade, mas isto representa um custo marginal adicional ao seu processo produtivo.

Projetos MDL podem ser implementados nos setores energético, de transporte e florestal e estes projetos devem ser qualificados perante um sistema de registro público e rigoroso, que foi desenvolvido para assegurar que os projetos sejam reais, verificáveis, reportáveis e adicionais ao que ocorreria sem a existência do projeto.

Para serem considerados elegíveis, os projetos de MDL, devem primeiro ser aprovados pela Entidade Nacional Designada de cada país (DNA), que no caso do Brasil é a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima, composta por representantes de onze ministérios.

O Protocolo de Quioto, portanto, representa o “Mercado Regulado”, também chamado Compliance (significado em português é agir de acordo com uma regra), onde os países possuem metas de reduções a serem cumpridas de forma obrigatória.

Segundo Simoni (2009) citado por Souza *et al* (2011): Os Mercados regulados de carbono são quaisquer mercados de redução de Gases causadores do Efeito Estufa (GEE) nos quais os participantes estão submetidos a uma legislação local ou internacional que, de alguma forma, impõe restrições com relação à emissão desses gases.

Existe, por sua vez, um Mercado Voluntário, onde empresas, ONGs, instituições, governos, ou mesmo cidadãos, tomam a iniciativa de reduzir as emissões voluntariamente. Os créditos de carbono (VERs - Verified Emission Reduction) podem ser gerados em qualquer lugar do mundo e são auditados por uma entidade independente do sistema das Nações Unidas. Algumas características dos Mercados Voluntários são:

1. Créditos não valem como redução de metas dos países;
2. A operação possui menos burocracia;
3. Podem entrar projetos com estruturas não reconhecidas pelo mercado regulado, como a Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação florestal - REDD;

A motivação dos compradores inclui a preocupação com o gerenciamento de seus impactos em relação às mudanças do clima, imagem, reputação, interesses em inovações filantrópicas, relações públicas, necessidade de se prepararem para regulação futura e/ou planos de revenda de créditos lucrando com as comercializações.

Como o mercado voluntário é composto de projetos gerados fora do mercado regulamentado por Quioto, estes não podem ser utilizados para cumprirem as metas dos países.

Grupos e sectores que não precisam diminuir suas emissões de acordo com o Protocolo de Quioto ou empresas localizadas em países não signatários do Protocolo de Quioto tem a alternativa de comercializar reduções de emissões nos chamados nos mercados voluntários.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT em maio de 2011 publicou a primeira norma para a comercialização de crédito de carbono no mercado brasileiro. A norma, ABNT NBR 15948:2011 (Mercado voluntário de carbono — Princípios, requisitos e orientações para comercialização de reduções verificadas de emissões) especifica princípios, requisitos, e orientações para a comercialização de reduções verificadas de emissões (RVE) no mercado voluntário brasileiro. Ela inclui requisitos para elegibilidade, das reduções de emissões, transparência de informações, e registro de projetos e de comercialização de reduções verificadas de emissões.

Além destes dois tipos de mercado, outra forma de financiar projetos de redução de emissões ou de sequestro de carbono são os chamados Fundos Voluntários, cujas principais características são:

1. Não fazem parte do mecanismo de mercado (não geram crédito de carbono);
2. O valor da doação não pode ser descontado da meta de redução dos países doadores;

4. Podem entrar projetos com estruturas não reconhecidas pelo mercado regulado, como a Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação florestal - REDD;

De acordo com Simon (2009) citado por Souza, et al (2011), enquanto o mercado regulado é organizado por entidades com poder legislativo, o mercado voluntário é o resultado de uma “privatização” do processo de regulamentação. São os consumidores que determinam quais as regras a serem seguidas pelas fontes emissoras, e, portanto, os participantes do mercado voluntário também respondem a demandas existentes.

As Voluntarias ou Certificadas Reduções de Emissões (*Voluntary or Verified Emission Reduction – VERs*) do mercado voluntário são provenientes de projetos distintos, dentre os quais se destacam os seguintes tipos: florestais, energia renovável, gases industriais (IBRI, 2009).

Entre as iniciativas de comercialização das VERs não relacionadas ao Protocolo de Quioto, encontram-se a Bolsa do Clima de Chicago (*Chicago Climate Exchange*), mais conhecida por CCX.

O mercado voluntário surgiu de forma paralela ao mercado regulado. Simoni (2009) citado por Souza, et al (2011) afirmam que constitui-se em um arcabouço institucional no qual os projetos seguem os Padrões Internacionais (PI's) criados por instituições privadas que estabelecem critérios próprios para aprovação.

Os PI's foram “criados por diferentes atores (ONGs, setor privado, entre outros) com a preocupação em atestar qualidade” aos créditos oriundos de projetos do mercado voluntário de carbono (Simoni, 2009) citado por Souza, et al (Souza, 2011).

No tocante aos ciclos dos projetos de redução de GEE no mercado voluntário, normalmente, são menos burocrático e oneroso do que no mercado regulado pelo Protocolo de Quioto, seguindo seis fases mais flexíveis. A fase 1 se dá com a análise de viabilidade pelos

participantes do projeto, a fase 2 se dá com a elaboração e concepção do projeto pelos proponentes e consultores, a terceira fase com a validação do projeto pela Entidade Operacional Designada-EOD; a quarta fase com o registro do projeto pelos Padrões Internacionais, a quinta fase com o monitoramento pelo proponente e a verificação pela Entidade Operacional Designada e na fase 6 a emissão das *VERs* pelos Padrões Internacionais.

4.1. Principais Mercados Voluntários de Carbono

O mercado voluntário de carbono inclui todas as comercializações de créditos de carbono que não estão vinculadas às metas regulatórias do Protocolo de Quioto, conforme o Instituto Brasileiro de Relações com Investidores (IBRI, 2009).

Um exemplo de mercado voluntário é o Chicago Climate Exchange (Bolsa do Clima de Chicago -CCX). Os principais fundos voluntários são o “Forest Carbon Partnership Facility”, do Banco Mundial e o Fundo Amazônia, do governo brasileiro.

Apresentamos um breve resumo dos principais mercados voluntários que aparentaram ser relevantes durante as pesquisas bibliográficas:

4.1.1. Chicago Climate Exchange

Com o intuito de incentivar a redução de emissões de gases de efeito estufa, foi lançada, em 2003, a Chicago Climate Exchange (CCX), uma bolsa auto-regulável constituída sob as leis norte americanas e com sede na cidade de Chicago.

A bolsa CCX promove a redução das emissões de GEE de forma voluntária, porém regulada. Isto significa dizer que ainda que nenhuma das empresas participantes do sistema esteja obrigada a reduzir emissão por força normativa, ao aderirem à CCX, se comprometem a fazê-lo seguindo diretrizes e regras próprias.

Diferentemente do Protocolo de Quioto, que prevê compromisso de redução (sob pena de multa) e emissões tomando como referência o ano base de 1990, segundo a CCX as empresas que alcançarem a meta receberão créditos que podem ser negociados com outras empresas.

O sistema iniciou com a adesão de 13 membros e congrega hoje mais de 400 participantes de diversos setores da economia sediados em vários países, inclusive no Brasil. Responsáveis por qualquer atividade emissora podem se tornar membros e, portanto, assumir obrigações de redução.

As metas de redução dos GEE para os membros da CCX foram divididas em fases, da seguinte forma:

1. Fase I (2003/2006) – redução de 1% ao ano considerando a média das emissões entre os anos de 1998 e 2001;
2. Fase II (2007/2010) – as reduções Fase I foram estendidas até 2010, com o compromisso de uma redução adicional de 2% para os membros da Fase I e uma redução total de 6% para os novos membros que aderiram diretamente à Fase II.

Ao aderir ao sistema da CCX, o novo membro emissor recebe um número determinado de permissões, levando-se em consideração dois aspectos:

1. A sua linha de base de emissões (emissões em período determinado sem ação do projeto de redução das emissões)
2. As metas de redução estipuladas pela CCX.

Quando não utilizadas, no caso de uma redução superior à meta estipulada, as permissões podem ser comercializadas por seus detentores.

Dentro do sistema da CCX são elegíveis como atividades de projetos de compensação (período 2003-2010):

1. atividades agrícolas que possibilitem a captação e queima de gás metano;
2. atividades agrícolas que possibilitem o sequestro de GEE (contrato de manutenção por no mínimo de 5 anos);
3. atividades florestais (redução de desmatamento, reflorestamento, manejo florestal, dentre outros);
4. captação e queima de metano em aterros sanitários;
5. sistemas de energia renovável;
6. captação e queima de metano em minas de carvão;
7. atividades agrícolas que promovam sequestro e redução de emissão através de melhorias no gerenciamento dos campos de pastagem (contrato de manutenção de 5 anos);
8. atividades que comportem a eliminação dos gases responsáveis pela destruição da camada de ozônio (período 2007-2010);
9. atividades de captura e queima de gás metano proveniente da disposição de resíduos orgânicos;
10. atividades que comportem a substituição da queima de combustíveis fósseis por biogás.

A CCX também colocou à disposição do mercado uma plataforma para negociar contratos derivativos de carbono, a Chicago Climate Futures Exchange (CCFE).

Em 21 de outubro de 2010, a CCX anunciou o encerramento do programa de reduções de emissões ao final de sua Fase II. A verificação de conformidade dos membros com as metas assumidas foram conduzida em 2011 e os sistemas de registro, transação e negociação

para todos os membros da CCX (Fase I e Fase II) continuaram disponíveis até o meio do ano de 2011.

No lugar de um sistema cap-and-trade (sistema com limites de emissões), a CCX conduzirá um novo programa de registro de projetos para compensação, chamado CCX Offsets Registry Program, que deverá ser iniciado nos anos de 2011 e 2012. Esse novo sistema operará de forma independente ao antigo CCX e ainda não foi plenamente desenhado.

4.1.2. European Union Emissions Trading Scheme (EU ETS)

Pioneiro no estabelecimento de um sistema multinacional de comércio de GEEs, o European Union Emissions Trading Scheme (EU ETS) concentra o maior volume de negociação de créditos de carbono. Iniciado antes mesmo de o Protocolo de Quioto entrar em vigor, esse regime inclui atualmente 30 países, com realidades e situações completamente díspares.

Segundo o site Carbon350 (Carbon350 Ltd, 2008) o EU ETS abrange 10.000 instalações nos setores industriais e de energias, que, juntas, respondem por aproximadamente a metade das emissões de CO₂ da EU e, 40% da emissão total de gases do efeito estufa.

A EU ETS também trabalha com períodos chamados de Período de Comércio (Trading Period). O Primeiro Período de Comércio do EU ETS terminou em dezembro de 2007, ele controlou todas as emissões do EU ETS desde janeiro de 2005. Com o seu término, a Primeira Fase de concessões perdeu a validade. Desde Janeiro de 2008, o Segundo Período de Comércio está em vigor e durará até dezembro de 2012.

O EU ETS é o principal exemplo de sistema de cap-and-trade de GEEs atualmente existente. Através deste sistema, é imposto um limite absoluto para o total de emissões GEEs que devem ocorrer em um determinado período, sendo atribuídos direitos de emissão (chamado de European Allowances) para as principais fontes de emissão incluídas no sistema.

Ao final de cada ano, essas instituições estão obrigadas a provar que suas emissões foram compatíveis com os direitos que lhe foram conferidos. Para tanto, podem se valer de permissões de emissão não utilizadas por outras instalações (empresas de uma mesma companhia ou trocando com empresas diversas), ou obtê-las do mercado.

Após a edição da chamada linking directive, o EU ETS passou a admitir também que parte das obrigações possa ser atendida através de reduções de emissão ocorridas em países não participantes do regime europeu, desde que se enquadrem como mecanismos de flexibilidade definidos pelo Protocolo de Quioto, dentre os quais os Mecanismos de Desenvolvimento Limpo.

Durante a fase inicial de sua implementação (2005-2007), o EU ETS incluiu os maiores emissores no setor de energia (envolvendo processos de combustão acima de 20 MW, refinarias de óleo mineral e fornos de coque), a produção e o processamento de metais férreos, a indústria mineral (cimento clínquer, vidro e fornos de cerâmica) e a indústria de papel e celulose.

A segunda fase (2008- 2012) expandiu significativamente o escopo e especialmente a rigidez das reduções esperadas. A inclusão da indústria de aviação representou um passo significativo, além da permissão de uso de reduções de emissão realizadas fora do sistema (por exemplo, MDL), e ainda a inclusão de três países não pertencentes à comunidade europeia no sistema.

Para a terceira fase do regime, que se iniciará em 2013, a Comissão Europeia propôs uma série de modificações ao sistema, as quais incluem principalmente:

1. um regime centralizado de alocação de permissões, em substituição aos atuais planos nacionais de alocação que são preparados por cada país participante;
2. a atribuição de um valor às permissões, que deixarão gradativamente de ser alocadas gratuitamente para cada fonte de emissão;

3. a inclusão de outros gases inicialmente excluídos das fases iniciais, tais como o óxido nitroso e os perfluorcarbonos, e
4. a inclusão de outros setores, especialmente a indústria de transportes aéreos.

4.1.3. New Zealand Emissions Trading Scheme (NZ ETS)

Anunciado em 2007 e em fase de implementação a partir de 2008, o esquema terá escopo nacional, abrangendo todos os gases do efeito estufa e envolvendo todos os setores da economia, por meio do seguinte cronograma: setor florestal (a partir de 2008), combustíveis fósseis líquidos e transporte (2009), energia fixa e processos industriais (2010), agricultura, resíduos e demais setores (2013). As permissões serão medidas em Unidades da Nova Zelândia (NZUs, na sigla em inglês), que serão equiparáveis aos tipos de créditos de carbono existentes no mercado internacional.

Em novembro de 2009, o esquema de comércio de emissões da Nova Zelândia (New Zealand Emissions Trading Scheme (NZ ETS)) tornou-se mandatório para todas as atividades emissoras no país. Durante a fase de transição (2010-2012), em razão de a Nova Zelândia ter recebido Unidades de Quantidade Atribuídas (UQA) e Unidades de Remoção (URMs) no primeiro período de compromisso do Protocolo de Kyoto, de acordo com o artigo 17 do tratado, não serão fixados limites de emissões, sendo as permissões (denominadas New Zealand Units ou NZU) emitidas pelo governo de forma ilimitada e, para alguns setores, de forma onerosa.

A inclusão dos setores da economia NZ ETS se dará pouco a pouco até 2015. Durante a fase de transição, os setores de energia, indústria e combustíveis fósseis líquidos deverão entregar uma NZU para cada duas toneladas de emissões de GEE, ao custo fixo de NZ\$35. As indústrias intensivas em emissões, expostas ao comércio internacional, receberão permissões gratuitas, assim como as atividades agrícolas, que não serão incluídas no esquema até 2015.

Após a fase de transição, cada tonelada de emissões deverá ser coberta por uma NZU, com valor a ser definido pelo mercado.

As atividades florestais também participam do NZ ETS, sendo classificadas de acordo com a data em que foram plantadas. Proprietários de áreas plantadas após 1989 podem escolher entrar no esquema e receber NZU na medida em que a floresta cresce ou não receber alocações de NZUs por não terem obrigações mandatórias. Proprietários de áreas plantadas antes de 1990 possuem obrigação no âmbito do esquema caso suprimam a floresta e recebem NZUs para compensar a perda de flexibilidade do uso da terra.

Reduções Certificadas de Emissões (RCEs), Unidades de Redução de Emissões (UREs) e Unidades de Remoção (RMUs) são admitidos no NZ ETS. O mercado neozelandês está aberto para conexões com outros esquemas, como o EU ETS.

A Nova Zelândia instituiu um registro, o New Zealand Emission Unit Register (NZEUR) que contém informações sobre quem detém unidades de emissões e o número de unidades; sobre as transferências de unidades de emissões entre os detentores, no âmbito do NZEUR e entre sistemas de registro internacionais; e sobre as unidades entregues pelos participantes para cumprimento de suas obrigações no âmbito do NZ ETS.

O NZ ETS e o NZEUR são administrados pelo Ministério do Desenvolvimento Econômico, competindo ao órgão verificar se os participantes estão cumprindo com as regras do mercado.

Ao Ministério do Meio Ambiente, por sua vez, incumbe regulamentar e aplicar o Climate Change Response Act, exceto quanto às atividades florestais, sob jurisdição do Ministério de Agricultura e Florestas. O Ministério do Meio Ambiente é competente também para desenvolver os planos de alocação de unidades de emissões por fonte emissora.

4.1.4. California Emissions Trading Scheme (CA ETS)

A legislação do Estado da Califórnia estabeleceu metas ousadas para a redução de emissões. De acordo com a AB32 (Assembly bill 32) de agosto de 2006, as emissões no Estado deverão ser reduzidas cerca de 25% até 2020, e 80% abaixo dos níveis de 1990 até o ano de 2050.

O sistema de comércio de emissões do tipo Cap-and-trade previsto na legislação californiana encontra-se em formação. O esboço preliminar de seu regulamento, colocado em consulta pública no final de 2009, obedece à seguinte estratégia aprovada pelo Air Resources Board (ARB), órgão vinculado à Agência de Proteção Ambiental da Califórnia: exigir das fontes de GEE a realização de reduções de emissões que levem ao alcance da meta determinada pelo AB32 em 2020; iniciar o programa em 2012 com cerca das 600 indústrias mais emissoras (considerando fontes industriais primárias e geradores de eletricidade, incluindo importação de energia); incluir emissões geradas por combustíveis de transportes (exemplo: diesel, gasolina) e de fontes estacionárias (gás natural das residências e do comércio), contemplando seus fornecedores; exigir um número mínimo de permissões a ser leiloadas no início do programa; admitir uso limitado de compensações de alta qualidade geradas por setores não submetidos a limites de redução para cobrir uma porção das reduções de emissões; e estabelecer regras claras de comércio de emissões, monitoramento e cumprimento.

O AB32 determina que o ARB adote o regulamento do sistema de comércio de emissões até janeiro de 2011 e que ele esteja em funcionamento em 2012. A Califórnia busca parceiros na Western Climate Initiative (WCI), coalizão que reúne 7 estados, dentre eles Califórnia e quatro províncias canadenses na busca de soluções para a mitigação das emissões de GEE na região.

4.1.5. Clean Energy and Security Act e Clean Air Act

Considerado o maior emissor de GEE, tanto em termos históricos como em valores atuais per capita, os Estados Unidos são fundamentais para o estabelecimento de qualquer regime que pretenda equacionar o problema das mudanças climáticas.

Nesse sentido, o Clean Energy and Security Act, projeto de lei apresentado no 111 ° Congresso dos Estados Unidos e também conhecido como Lei Waxman-Markey, em tramitação perante o senado norte-americano é talvez uma das iniciativas mais relevantes para o mercado mundial de carbono. Representa um retorno dos Estados Unidos ao debate sobre mudanças climáticas e o potencial de criação de uma demanda específica e bastante expressiva por créditos de carbono.

O projeto estabelece meta de redução de emissões de 17% abaixo dos níveis de 2005 até o ano de 2020 e prevê a possibilidade de serem injetadas no sistema norte-americano aproximadamente 1 bilhão de toneladas de carbono equivalente por ano em projetos de compensação internacionais. Comparativamente, dados do Banco Mundial indicam que os projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo nunca responderam por um nível muito superior a 600 MtCO_{2e}, o que demonstra a magnitude do potencial impacto que esse projeto de lei possui no mercado de carbono atualmente existente.

No entanto, o cenário atual é de indefinição quanto à aprovação da Lei Waxman-Markey. A inércia legislativa aliada à pressão provocada pelo julgamento de um dos casos mais emblemáticos no direito americano (Massachusetts v. EPA) resultaram numa crescente pressão sobre a Environmental Protection Agency (EPA), para que essa passasse a regular os GEEs no âmbito do Clean Air Act. Como resultado, em 7 de dezembro de 2009, pouco antes do início da COP-15, a EPA emitiu duas normas regulamentando os GEE sob a seção 202 (a) do Clean Air Act.

A primeira delas, o “endangerment finding” ou decisão de periculosidade, estipula que as concentrações atuais e futuras de 6 GEE (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs e SF₆) são ameaças à saúde pública e bem-estar das presentes e futuras gerações.

A segunda delas, o “cause or contribute finding” ou decisão de causa ou de contribuição, estipula que as emissões combinadas desses mesmos GEEs por veículos automotores novos contribuem para a poluição por GEE e constituem ameaça à saúde e ao bem-estar público.

Como consequência, a EPA emitiu uma regulamentação específica limitando progressivamente as emissões provenientes de veículos automotores. Em paralelo, a EPA também estabeleceu uma regulamentação específica para as fontes fixas de emissão mais significativas, responsáveis pela maioria das emissões nacionais de GEE.

Em linhas gerais, essa norma exige que as fontes novas de emissão e fontes antigas que passem por reformulações substanciais adotem a melhor tecnologia disponível para controle de suas emissões, nos termos das exigências de autorizações específicas para fontes novas do Clean Air Act.

Embora exista muita expectativa para a inclusão de projetos de compensação internacionais nas regulamentações futuras, especialistas alertam que tais provisões não encontram equivalência nas normas do Clean Air Act, que possui provisões específicas para projetos de compensação dentro do país em regulamentações de outros gases que não de efeito estufa. No entanto, a maioria das leis estaduais de mudanças climáticas já estabeleceu claramente a intenção de admitir a inclusão de projetos de compensação internacionais para atendimento aos objetivos finais de redução de emissão esperados.

4.1.6. Acordos bilaterais: iniciativa Japão–China

A par do quadro regulatório multilateral, constata-se movimentação do Japão em busca de estabelecer mecanismos bilaterais de compensação de emissões para alcançar a sua meta de redução de 25% das emissões de 1990, até 2020. O governo japonês despendeu de aproximadamente seis bilhões de ienes nesses mecanismos no ano fiscal de 2011.

A China já esboçou interesse em assinar acordo com o Japão, para sediar projetos de redução de gases de efeito estufa fora do âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

O engajamento do Brasil em acordos bilaterais poderá gerar demanda por mercado local, caso assim seja definido pelos países envolvidos.

4.2. Preço do Carbono no mercado

No mercado regulado o preço das Reduções Certificadas de Emissão - RCE são maiores se comparado com as emissões sem certificados VERs do mercado voluntário de carbono.

Segundo Souza, *et al* (2011) enquanto os preços dos créditos provenientes de projetos de MDL variam entre €15 e €30 euros, no mercado voluntário os preços dos créditos oriundos dos projetos tende a uma variação de acordo com o padrão ao qual estão vinculados.

Se comparado o preço dos créditos MDL com os preços dos projetos que utilizam o padrão VCS, cujo preço varia entre €5 a €15, observa-se que o primeiro tem em média o preço duas vezes maior que o segundo. O autor citado afirma ainda que em relação ao padrão CCX, constitui o 3º maior em termos de projetos no mundo (12%) e 2º em termos de projeto no Brasil (10%), observou-se que este padrão apresenta os menores preços para os créditos de carbono, variando de €1 a €2 euros. No entanto, o padrão que apresentou a variação de preço mais próximo dos preços oriundos de projetos de MDL foi o Gold Standard, cujo preço varia entre €10 a €20 euros no mercado voluntário, estando em 4º colocado em termos de participação de projetos no mundo (7%) e no Brasil (3%).

Segundo a Forexprox, no site <http://www.forexpros.com.pt>, que traz informações sobre o mercado financeiro, o valor do crédito de carbono tem ficado em média, de setembro de 2011 a fevereiro de 2012, em €9.39 euros, valor do mercado voluntário.



Gráfico 6 – Cotação do Crédito de Carbono no período de Setembro de 2011 a Fevereiro de 2012.
FONTE: FOREXPROS, 2012.

5. O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO E SUAS EMISSÕES DE DIOXIDO DE CARBONO (CO₂)

A emissão de poluentes na atmosfera é, sem dúvida, o principal impacto ambiental da geração de eletricidade, principalmente a partir dos derivados do petróleo. Essa emissão de gases intensifica o efeito estufa, e pode estar sendo responsável pelo aquecimento global que provoca o derretimento das geleiras, a elevação do nível do mar e aumento de fenômenos naturais que causam grandes destruições, que constantemente tem sido mostrado nos meios de comunicações.

O aumento das emissões de dióxido de carbono, emitidos pelo setor elétrico no Brasil está diretamente relacionado, se considerarmos zero as emissões nos reservatórios das hidrelétricas, às emissões nas usinas termelétricas.

Para entendimento da contribuição das emissões de dióxido de carbono do setor elétrico, será feita uma contextualização deste setor, com inventário de projeções da evolução dessas emissões.

5.1. Contextualização do Setor Elétrico Brasileiro

O Sistema Interligado Nacional (SIN) é o sistema de coordenação e controle entre empresas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte, que congrega o sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil, com predominância de usinas hidrelétricas.

Os sistemas que não se encontram ligados ao SIN, são chamados de Sistemas isolados. Estes representam uma parcela pequena do sistema elétrico nacional.

Segundo dados da ANEEL, atualmente o país dispõe de uma relação de 71% de origem hidrelétrica em contrapartida de 12% de termelétricas, conforme sistematizado na Tabela 7.

Fonte	MW	Participação (%)
Hidráulica ^(a)	74.279	71,7
Térmica	13.302	12,8
Nuclear	2.007	1,9
Fontes Alternativas	7.645	7,4
Potência Instalada	97.233	93,9
Importação Contratada ^(b)	6.365	6,1
Potência Total com Importação	103.598	100,0

(a) Inclui a parte brasileira da UHE Itaipu (7.000 MW).

(b) Importação da UHE Brasileira não consumida pelo sistema elétrico Paraguai.

Tabela 7 – Capacidade Instalada no SIN em 31/12/2009

FONTE: Extraído do Plano Decenal de Expansão de Energia 2020-PDE, 2011.

O Brasil tem o maior mercado de energia da América do Sul, representando mais do dobro do consumo da Argentina, Bolívia, Chile e Uruguai juntos. Sua capacidade instalada é comparável ao da Itália e do Reino Unido, embora com um sistema de rede de transmissão muito maior. O país tem a maior capacidade de armazenamento de água do mundo, respondendo por mais de 70% de sua oferta de energia elétrica. No entanto, esta dependência da energia hidrelétrica torna também o Brasil vulnerável à escassez de oferta de energia em anos de seca, como ocorrido entre 2001-2002.

Os Sistemas Isolados são predominantemente abastecidos por usinas térmicas movidas a óleo diesel e óleo combustível – embora também abriguem Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH) e Termelétricas movidas a biomassa.

Estão localizados principalmente na região Norte: nos Estados de Amazonas, Roraima, Acre, Amapá e Rondônia e são assim denominados por não estarem interligados ao SIN e não permitirem o intercâmbio de energia elétrica com outras regiões. Segundo dados da Eletrobrás, em seu relatório “Plano de Operação 2011 Sistemas Isolados”, de Fevereiro de 2011, os sistemas isolados atendem a uma área de 45% do território brasileiro e a cerca de 2% da população nacional.

Destacam-se, pelo porte, os sistemas que atendem às capitais dos Estados do Amazonas, Amapá e Roraima, que ainda permanecem isoladas do SIN, e pela grande dificuldade de logística de abastecimento e elevado número de pequenas unidades geradoras, os sistemas localizados no interior dessa Região.

O total de carga própria dos sistemas isolados prevista no relatório do Grupo Técnico Operacional da Região Norte- GTON para 2011 era de 12.681 GWh (1.447,6 MW médio), representando um crescimento 10% em relação à carga própria verificada em 2010. Vale ressaltar que o sistema Manaus responde por cerca de 60% do total previsto para 2011, (GTON, 2011).

Capacidade Instalada em 31/12/2009 nos Sistemas Isolados (MW)					
UF	Hidráulica	Térmica	Total Instalado	Importação	Total Disponível
AC	0,0	31,8	31,8	-	31,8
AP	78,0	210,5	288,5	-	288,5
AM	250,0	1618,6	1.868,6	-	1868,6
PA	0,0	143,3	143,3	-	143,3
RO	96,0	78,6	174,6	-	174,6
RR	4,8	113,3	118,1	73,2 ^(a)	191,3
MT	16,2	15,6	31,8	-	31,8
PE	0,0	5,0	5,0	-	5,0
Total (MW)	445,0	2.216,7	2.661,7	73,2	2.734,9
Total (%)	16,0	81%	97%	3%	100%

^(a) Importação de energia proveniente da Venezuela previsto para o ano de 2010.

Tabela 8 – Capacidade Instalada nos Sistemas Isolados em 31/12/2009

FONTE: Retirado do Plano Decenal de Expansão de Energia, 2020.

A Eletrobras Amazonas Energia é a concessionária responsável pela geração, transmissão e distribuição de energia elétrica em todo o Estado do Amazonas.

Para realizar o atendimento ao sistema isolado de Manaus, a Eletrobras Amazonas Energia dispõe de geração hidráulica e térmica próprias, geração contratada dos PIE Breitener Tambaqui, Breitener Jaraqui, Manauara, Gera e Amazonas Energia, bem como geração de aluguel contratada de diversas empresas nas UTE Cidade Nova, Flores, São José, Mauá Bloco V, VI e VII, Distrito (Electron Expansão) e em Iranduba (GTON/Eletrobras, 2012).

O Sistema Manaus é suprido em quase 85% por geração térmica, ao contrário do Sistema Interligado Nacional, contando com apenas uma geração hidráulica de porte (UHE Balbina, 250 MW), sendo a maior parte da energia suprida pelos complexos termelétricos de Aparecida e Mauá, além dos produtores independentes de energia conectados em vários pontos do sistema.

De acordo com dados do Relatório “Plano Anual de Operação dos Sistemas Isolados 2012” o sistema Manaus, possui unidades geradoras totalizando 1.663 MW de potência efetiva, sendo 250 MW da UHE Balbina e os demais 1.413 MW compreendendo unidades geradoras térmicas próprias da Eletrobras Amazonas Energia, alugadas e dos PIEs.

Do total de 1.413 MW de potência efetiva térmica, 384 MW são de unidades geradoras a óleo, próprias da Eletrobras Amazonas Energia, 470MW de unidades a óleo com contrato de aluguel, 254 MW de unidades próprias convertidas para gás natural (Aparecida bloco I, UG 7 e 8; Aparecida bloco II e Mauá bloco III) e 305 MW contratados junto aos PIE, somente a UTE Cristiano Rocha do PIE RAESA, ainda está em fase de conversão para gás natural em 2012.

Usina	Propriedade	Combustível	Potência (MW)
UHE Balbina	Amazonas Energia S/A	----	250
UTE Aparecida I		Gás Natural/OC1A	70
		OC1A	22
UTE Aparecida II		Gás Natural/OC1A	80
UTE Mauá I		OC1A	132
UTE Mauá II		OC1A	Desativado
UTE Mauá III		Gás Natural/OC1A	104
UTE Mauá IV		PGE	150
UTE Elétron		OC1A	80
UTES Alugadas Diversos (UTE Flores, UTE Cidade Nova, UTE São José e UTE Iranduba)		Diesel	470
UTE Tambaquí (UTE Matos)	Breitener Tambaqui S/A	Gás Natural/OC1A	60
UTE Jaraquí (UTE Fran)	Breitener Jaraqui S/A	Gás Natural/OC1A	60
UTE Cristiano Rocha	Rio Amazonas Energia S/A (RAESA)	OC1A	65
UTE Manauara	Companhia Energética Manauara S/A	Gás Natural/OC1A	60
UTE Ponta Negra	Geradora de Energia do Amazonas S/A	Gás Natural/OC1A	60
TOTAL			1663

Tabela 9 – Parque Gerador Manaus – Capacidade Efetiva em 2011.

FONTE: GTON/Eletróbrás, 2011.

O sistema Manaus supre, além da capital, as cidades de Iranduba, Manacapuru e Presidente Figueiredo, no interior.

No sistema isolado de Manaus está previsto, para 2012, o consumo de gás natural na UTE Aparecida Bloco I (UG 7 e 8), UTE Aparecida Bloco II e Mauá Bloco III, da Eletrobrás Amazonas Energia, bem como nas UTE dos PIE BREITENER Tambaqui e Jaraqui, MANAUARA, GERA e RAESA, conforme mostrado na Tabela 9.

A interligação do sistema Manaus com o Sistema Elétrico Nacional – SIN está em andamento, com previsão de conclusão para o 1º semestre de 2013. A primeira torre da linha de transmissão que ligará a Usina Hidrelétrica Tucuruí às capitais Manaus e Macapá foi concluída a instalação em abril de 2001.

No final de 2009, iniciou-se a conversão, para gás natural, das unidades geradoras de parte do parque térmico de Manaus, estas unidades correspondem a cerca de 40% do parque térmico instalado em Manaus.

A substituição de geração de energia elétrica utilizando combustíveis derivados de petróleo para gás natural representará expressivo ganho ambiental para o País, pois irá reduzir significativamente a emissão de gases poluentes, em especial o dióxido de carbono (CO₂), contribuindo para a redução do efeito estufa.

Segundo a ANEEL (2008), em seu Atlas de Energia Elétrica do Brasil de 2008, as usinas abastecidas por óleo diesel estão instaladas principalmente na região Norte para atender os Sistemas Isolados ainda não conectados ao SIN.

Representação esquemática das interligações entre subsistemas

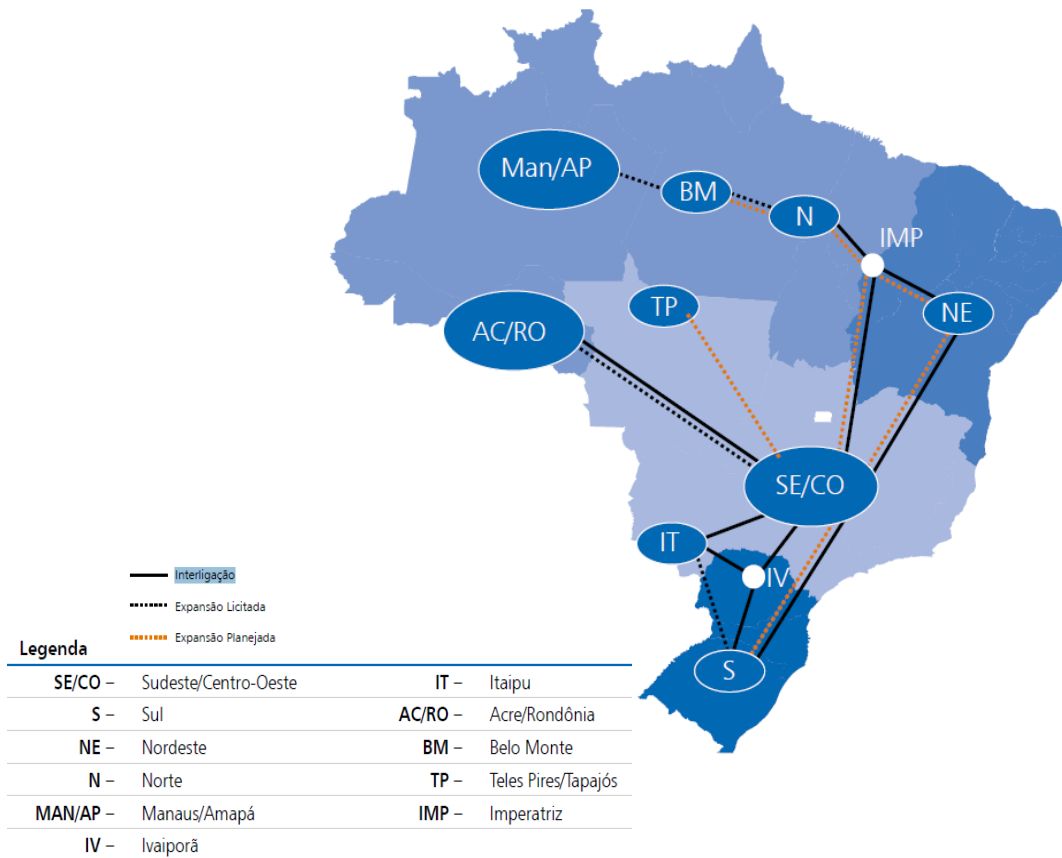


Figura 2 – Capacidade Instalada nos Sistemas Isolados em 31/12/2009.
FONTE: EPE/MME, 2010.

A Figura 3 mostra a localização das unidades termelétricas no território Brasileiro, onde se pode observar a grande concentração dessas unidades em determinadas localidades, como por exemplo, no estado do Amazonas, dentre outros.

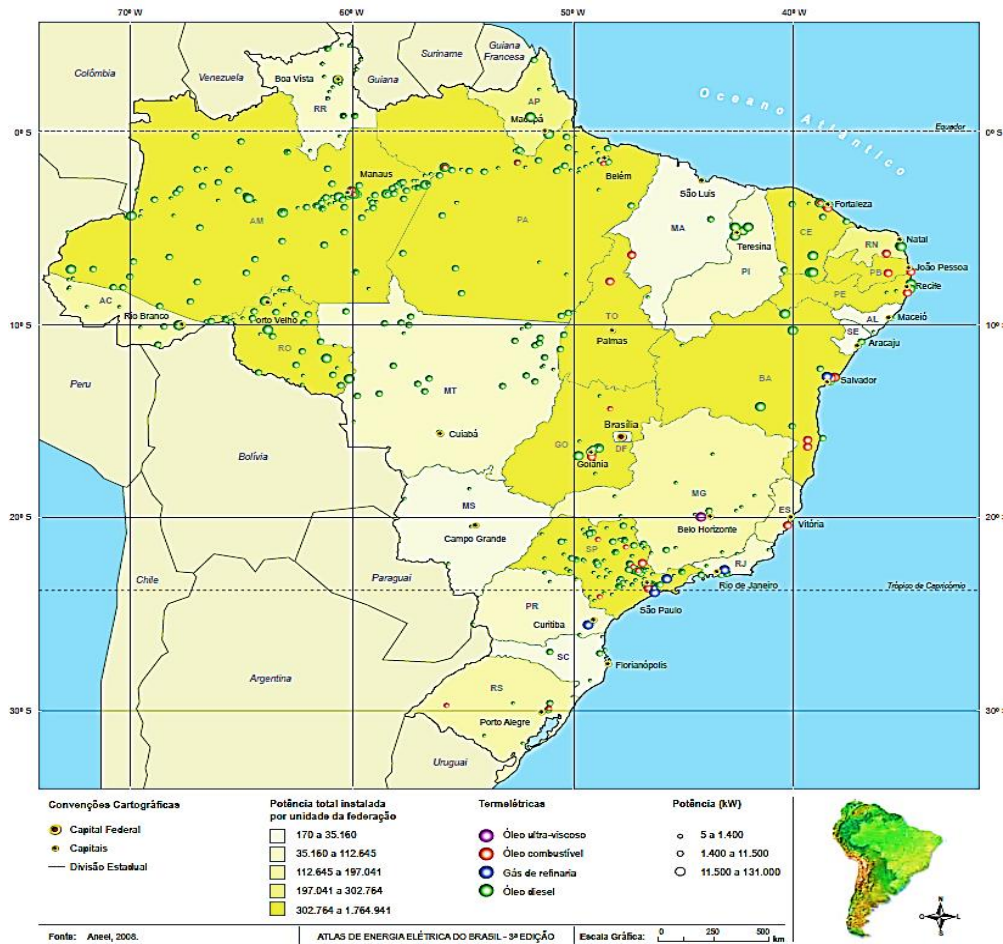


Figura 3 – Centrais termelétricas em operação no Brasil e potência instalada – novembro de 2008.
FONTE: ANEEL, 2008.

A matriz elétrica mundial, diferentemente da matriz elétrica Brasileira, tem sua composição maior formada por unidades utilizando como energético o carvão, com participação de 41%, conforme mostrado no Gráfico 7. Essa realidade está diretamente relacionada com a disponibilidade, quantidade, qualidade e confiabilidade do energético necessária para a produção.

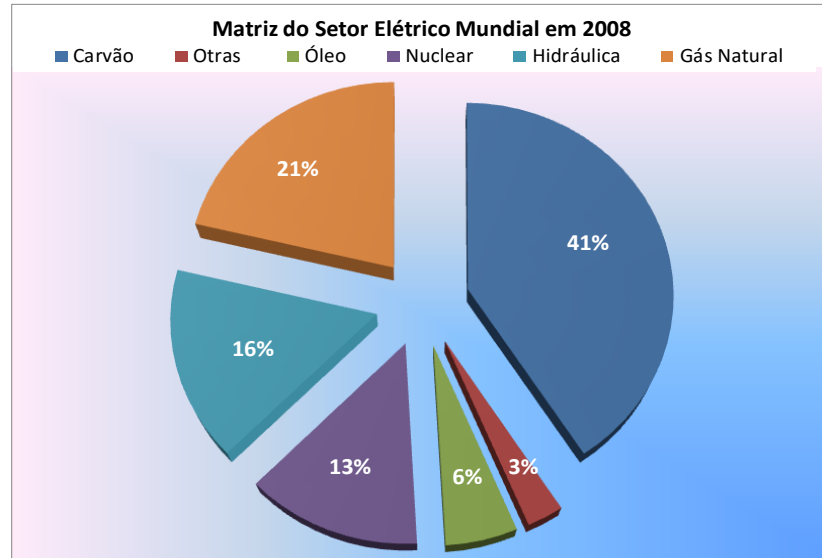


Gráfico 7 – Divisão da Matriz do Setor Elétrico Mundial

FONTE: Elaboração própria retirado de IEA Electricity Information, disponível em: <<http://www.world-nuclear.org/info/inf01.html>>, 2011.

5.2. Expansão da Geração de Energia Elétrica

O Setor Elétrico Brasileiro tem algumas peculiaridades que o distingue de outros países. A principal delas é concentração da matriz elétrica baseada no uso da energia hidrelétrica, com participação acima de 70%.

Segundo estudos do governo brasileiro, divulgados através do Plano Decenal de Expansão de Energia 2010-2019, o incremento anual médio do PIB brasileiro no decênio 2010-2019 é de 5,1%, e do consumo de energia de 5,9%. De acordo com o crescimento do consumo, associado às necessidades de energia dos diversos setores da economia e regiões do país, espera-se um incremento anual da carga da ordem de 3.300 MWmed para o decênio, esse atendimento se dará com a expansão da geração.

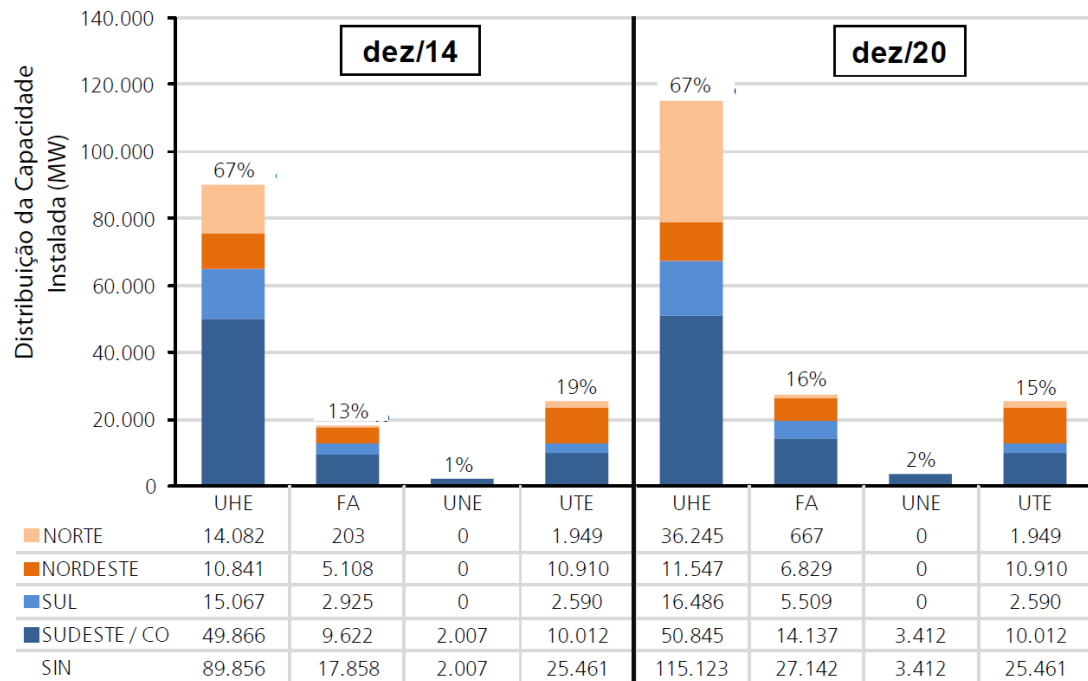
Os últimos cenários traçados para o setor elétrico Brasileiro não eram muito promissores, no que diz respeito a consumo de combustíveis fósseis na geração de energia elétrica, que geram grandes emissões de gases causadores do efeito estufa. O Plano Decenal de Energia Elétrica, sinalizava para 2008-2017, a necessidade de crescimento da capacidade instalada termelétrica do SIN, com um acréscimo da ordem de 104% na oferta de geração

termelétrica no período, totalizando cerca de 32 GW de capacidade instalada no SIN até o final de 2017.

Segundo o Plano Nacional de Energia 2030, a energia hidráulica segue mantendo a liderança entre as fontes de produção, porém, sua participação cai da elevada proporção atual (mais de 90% em 2005) para pouco mais de 70%. Em contrapartida, a geração térmica convencional (nuclear, gás natural e carvão mineral) praticamente duplica sua participação passando de 7% para cerca de 15%. As fontes renováveis (ou não convencionais) não-hidráulicas (biomassa da cana, centrais eólicas e resíduos urbanos) também experimentarão crescimento expressivo, passando a responder por mais de 4% da oferta interna de eletricidade.

Plano Decenal de Expansão de Energia 2020 altera completamente o cenário traçado pelo PDE 2017. A expansão das fontes alternativas – biomassa, PCH e eólica – faz a sua participação no parque de geração do SIN passar de 12%, em 2014, para 13%, em 2019, distribuídos basicamente entre as regiões Sudeste/Centro- Oeste, Nordeste e Sul. Também, se observa um aumento de 3% da capacidade instalada de usinas hidrelétricas de grande porte, em relação ao montante total, entre o início e final do horizonte de estudo. As usinas termelétricas perdem participação perante as demais fontes, caindo de 19%, no início do período de planejamento, para 15%, no final do horizonte. As usinas nucleares manterão sua representatividade de 2% do SIN, percentual assegurado com a entrada em operação da usina de Angra III, previsto para o ano de 2015.

O resumo da participação das fontes de produção de energia previstas no PDE-2020 nos anos de 2014 e 2019 é mostrado no Gráfico 8.



Legenda: UHE - Usina Hidrelétrica, UTE - Usina Termelétrica, FA – Fontes Alternativas, UNE – Usina Nuclear

Gráfico 8 – Participação das fontes de produção em 2014 e em 2019
 FONTE: EPE/MME, 2011.

5.3. Gás Natural como energético no setor elétrico de Manaus

Manaus já possui disponível para seu processo de geração de energia o gás natural, com a construção do gasoduto Coari – Manaus com aproximadamente 382 km de comprimento, 20 polegadas de diâmetro.

O gasoduto tem capacidade inicial para transportar 4,1 milhões de m³/dia. Com a instalação de duas estações de compressão intermediárias entre Urucu e Coari alcançará 5,5 milhões de m³/dia, a capacidade total contratada.

O Amazonas apresenta a segunda maior reserva do país, estimada em 52,8 bilhões de m³, atrás apenas do Rio de Janeiro (144,8 bilhões de m³). Até então, a produção era reinjetada por falta de infraestrutura de transporte para disponibilização do gás natural.

Assim como os demais gasodutos sob a responsabilidade operacional da TRANSPETRO, o Urucu-Coari-Manaus é operado de forma remota e automatizada pelo Centro Nacional de Controle Operacional (CNCO), com sede no Rio de Janeiro.

A inauguração do gasoduto Urucu-Coari-Manaus, foi realizado no dia 26 de Novembro de 2009. A primeira unidade a receber o gás natural foi a Refinaria Isaac Sabbá (Reman), da Petrobrás, com um consumo inicial de 77 mil m³/dia.

O gasoduto é um meio para uma mudança significativa na matriz energética do Estado do Amazonas ao permitir a substituição do óleo diesel e do óleo combustível pelo gás natural para geração de energia elétrica, principalmente.

As parcelas contratuais, por empresa, do volume de gás natural estão mostradas na tabela a seguir:

Empresa	Volume de Gás Natural em milhões m³/dia
Amazonas Energia (Capital)	2,8
Produtores Independente de Energia - PIEs	2,0
Cigás	0,5
Amazonas Energia (Interior)	0,2
Total	5,5

Tabela 10 – Parcelas de volume do Gás Natural

FONTE: Villar, 2009

Villar (2009) no livro “Alternativas do Gás Natural na Região Norte”, afirma que:

[...] mais de 80% do total do óleo consumido no estado do Amazonas foi destinado à geração de energia elétrica, ficando os demais 20% destinados a outros usos, dentre os quais a indústria e afirma ainda, de acordo com dados da ANP de 2008, que o consumo de combustível em Manaus representa cerca de 40% do consumo de toda a Região Norte.

Silva (2010) afirma que o gás natural tem uma grande vantagem com relação ao efeito estufa. Em substituição a outros combustíveis fósseis, o gás provoca uma grande diminuição nas emissões de CO₂. O gás natural emite cerca de 20 a 30% menos que o óleo combustível e 40 a 50% menos que combustíveis sólidos como o carvão.

No sistema Manaus é previsto o consumo de gás natural na UTE Aparecida Bloco I (UG 7 e 8), UTE Aparecida Bloco II e Mauá Bloco III, da Eletrobrás Amazonas Energia, bem como nas UTE dos PIE BREITENER Tambaqui e Jaraqui, MANAUARA, GERA e RAESA.

5.4. Emissões dos GEE's produzidas na Geração de Energia Termelétrica

A emissão de gases de efeito estufa torna-se, a cada dia, uma questão das mais relevante diante da crescente preocupação mundial com as mudanças globais do clima, especialmente o aquecimento do planeta.

Com uma matriz energética com forte participação de geração hidráulica (hidrelétricas) e com uso de biomassa (lenha, biocombustíveis), o setor de produção de energia no Brasil contribui pouco para as emissões de gases de efeito estufa do País - o oposto do que ocorre no resto do mundo, especialmente nos países mais industrializados.

Em dezembro de 2009, o Brasil ao participar da 15ª Conferência das Partes (COP-15), realizada em Copenhague, se comprometeu a reduzir, de forma voluntária, entre 36,1 e 38,9% as suas emissões totais de gases de efeito estufa projetadas até 2020. Esse compromisso foi formalizado pela Lei nº 12.187 de 2009 em seu artigo 12, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima, conforme vemos a seguir:

“(..) Art. 12. Para alcançar os objetivos da PNMC, o País adotará, como compromisso nacional voluntário, ações de mitigação das emissões de gases de efeito estufa, com vistas em reduzir entre 36,1% (trinta e seis inteiros e um décimo por cento) e 38,9% (trinta e oito inteiros e nove décimos por cento) suas emissões projetadas até 2020.”

As emissões antrópicas de gases de efeito estufa ocorrem em diversos setores de atividade e o registro das emissões é realizado através de inventários que obedecem a metodologias para quantificação das emissões. Estas metodologias geralmente seguem uma estrutura sugerida pelo Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC, cobrindo os

seguintes setores: Energia; Processos Industriais; Uso de Solventes e Outros Produtos; Agropecuária; Mudança do Uso da Terra e Florestas; e Tratamento de Resíduos.

Segundo dados do IBGE (2010), no Brasil a principal fonte de emissão de CO₂ é a destruição da vegetação natural, com destaque para o desmatamento na Amazônia e as queimadas no cerrado, englobadas na atividade “mudança no uso da terra e florestas”. Esta atividade responde por mais de 75% das emissões brasileiras de CO₂, sendo a responsável por colocar o Brasil entre os dez maiores emissores de gases de efeito estufa para a atmosfera, no que diz respeito ao desmatamento.

Assim como a Indonésia, e diferentemente da China e da Índia, por exemplo, a composição das emissões brasileiras é invertida em relação às globais. Enquanto, mundialmente, 80% das emissões de CO₂ decorrem da queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural), e os outros 20% advêm dos usos inadequados da terra (sobretudo o desmatamento e queima das florestas tropicais), no Brasil, segundo o inventário de emissões de 1994, 75% das emissões resultam do desmatamento (principalmente na Amazônia) e de outros usos inadequados da terra, de acordo com reportagem divulgada no site <http://www.mudancasclimaticas.andi.org.br/node/654?page=0,1>

e a padronização internacional asseguram ao inventário total transparência e permitem a comparação entre empreendimentos no Brasil e no exterior. As metodologias de cálculo são as preconizadas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC).

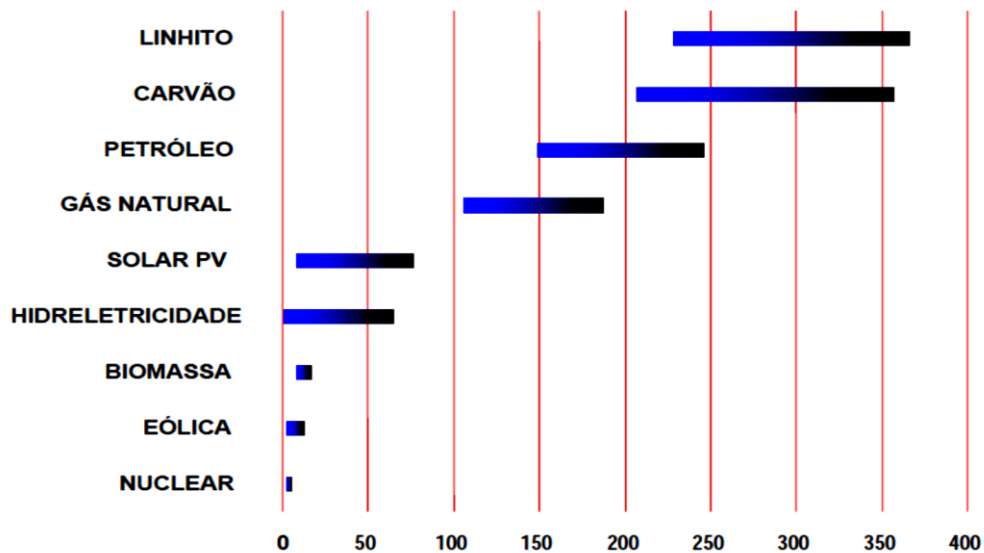
Esta dissertação tem foco principal nas emissões dos gases de efeito estufa de unidades termelétricas do sistema isolado de Manaus, porém se faz importante conhecer a contribuição dos outros setores produtivos para verificar a relevância do setor elétrico de Manaus frente ao contexto nacional e internacional.

As emissões dos gases de efeito estufa nas unidades termelétricas dependem diretamente do energético que está sendo utilizado no processo de combustão. Não estamos considerando neste estudo possíveis emissões do lago da hidrelétrica de Balbina.

Se considerarmos as emissões de gases causadores do efeito estufa em todo o ciclo de vida, desde a fabricação dos equipamentos até sua utilização no processo de geração, segundo Filho (2009), o petróleo é o terceiro maior poluente.

O Gráfico 9 exhibe os elementos mais emissores, em gramas de carbono equivalente por kWh.

EMISSIONES DE GASES DO EFEITO ESTUFA (gramas de Carbono equiv. / kWh¹)



¹ Considerando emissões em todo ciclo de vida, desde a fabricação dos equipamentos.

² Linhito é um tipo de carvão com elevado teor de carbono na sua constituição (65 a 75%).

Gráfico 9 – Emissões de gases do efeito estufa para os diversos tipos de combustíveis

FONTE: MME, 2004.

A evolução do perfil de consumo de energia primária implica em distintos ritmos de crescimento das emissões totais de CO₂.

Segundo o Plano Nacional de Energia 2030, a geração elétrica apresenta a maior taxa de crescimento de emissões no período (25 anos), cerca de 5% ao ano, fazendo com que a

participação desse segmento nas emissões aumente de 9% em 2005 para 14% em 2030. Assim, como se pode observar no Gráfico 10 a seguir.

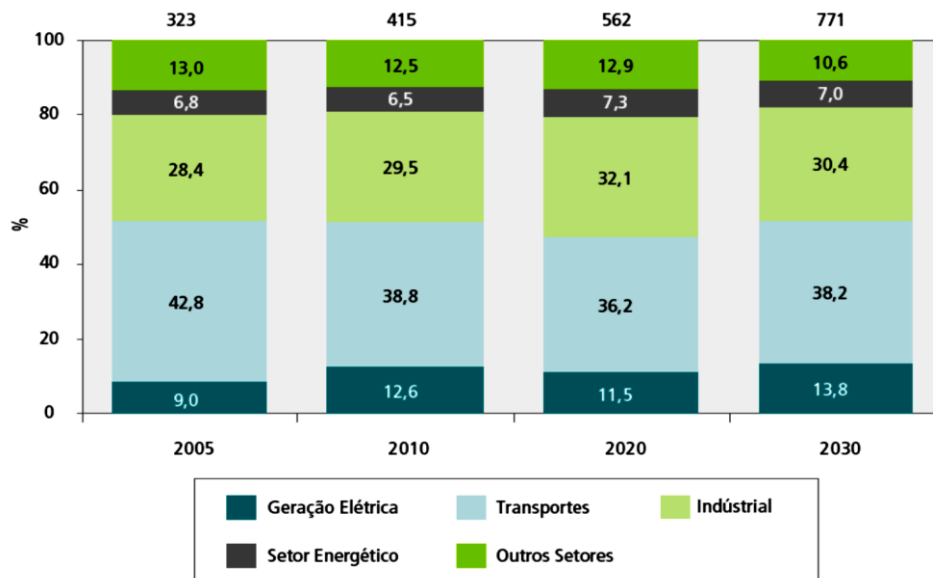


Gráfico 10 – Estrutura das Emissões de CO₂ por Setor (milhões de tCO₂)
FONTE: Plano Nacional de Energia 2030 – PNE, 2007.

Segundo Abbud e Tancredi (2010), apenas 1,5% das emissões de gases potencialmente causadores do fenômeno do aquecimento global, no caso brasileiro, provêm do setor elétrico, enquanto, no mundo, 24% provêm dessa atividade. Essa enorme desproporção em favor do Brasil se deve, sem dúvida alguma, ao tipo de composição apresentado pelas respectivas matrizes de geração.

No relatório PDE 2010-2019, elaborado pelo Ministério de Minas e Energia- MME e a Empresa de Pesquisa Energética – EPE, mostra a participação do setor elétrico não é a mais representativa, no que diz respeito às emissões dos gases do efeito estufa.

Participação setorial no total de emissões em três anos do horizonte decenal

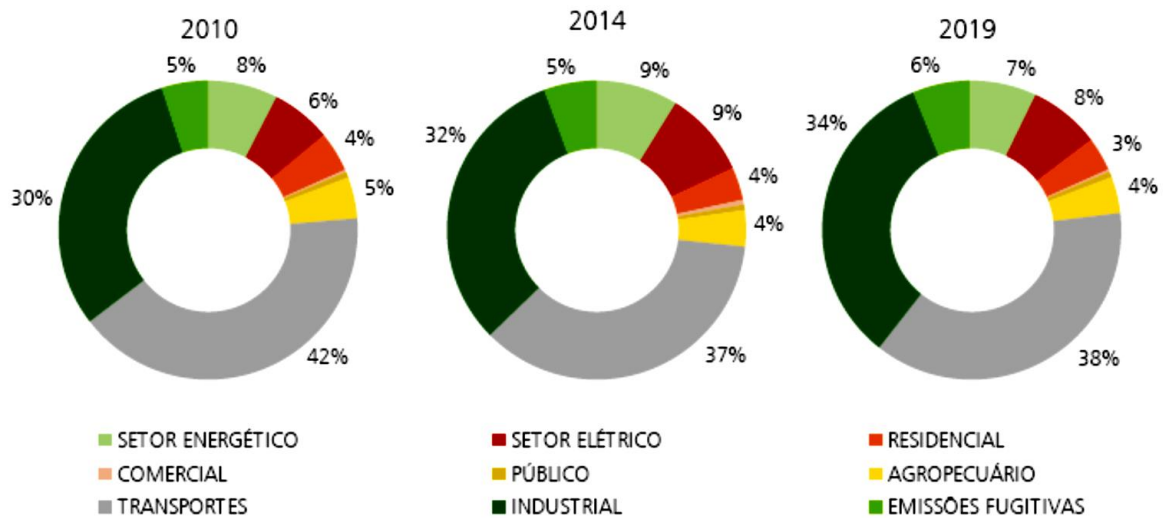


Gráfico 11 – Participação setorial no total de emissões em três anos do horizonte decenal.
FONTE: EPE/MME, 2010.

Abbud (2010) afirma ainda que as emissões de CO₂ geradas por usinas térmicas, no Brasil, aumentaram 122% no período entre 1994 e 2007, a partir de 2000. Elas cresceram de 10,8 milhões, em 1994, para 24,1 milhões de toneladas de CO₂, em 2007, de acordo com estimativa divulgada pelo Ministério do Meio Ambiente. Nesse período, a capacidade instalada de térmicas cresceu 202%, passando de 7.051 MW para 21.324 MW.

O PDE 2008-2017 previa, no que convencionou chamar de configuração de referência, que não haveria atrasos na licitação de hidrelétricas, e um aumento da emissão de GEE para um patamar de 39,3 Mt de CO₂ equivalente em 2017, decorrente da geração de 5.998 MWmed a partir de combustíveis fósseis. Esse número representa um aumento de cerca de 172% em relação às emissões de 2008, que alcançavam 14,43 Mt de CO₂ equivalente.

Vale ressaltar que de acordo com o PDE 2019 as emissões de CO₂ para o setor elétrico são bastante superiores ao que foi previsto no PNE 2030, sendo estimadas em 51 MtCO₂.

Neste estudo optou por estudar as emissões de carbono no setor elétrico devido a grande participação de usinas termelétricas no município de Manaus, se comparada com a relação entre usinas térmicas e hidráulicas do Sistema Interligado Nacional - SIN, bem como devido à mudança de combustível na matriz elétrica do estado.

Segundo o Primeiro Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Setor Elétrico do Estado do Amazonas, em 2010, houve um aumento de emissões de GEE's da ordem de 41,52% no período de 2002 a 2008, considerando-se somente a geração térmica.

Emissões de GEE no SISTEMA MANAUS no período de 2002 a 2008 (Gg COe)

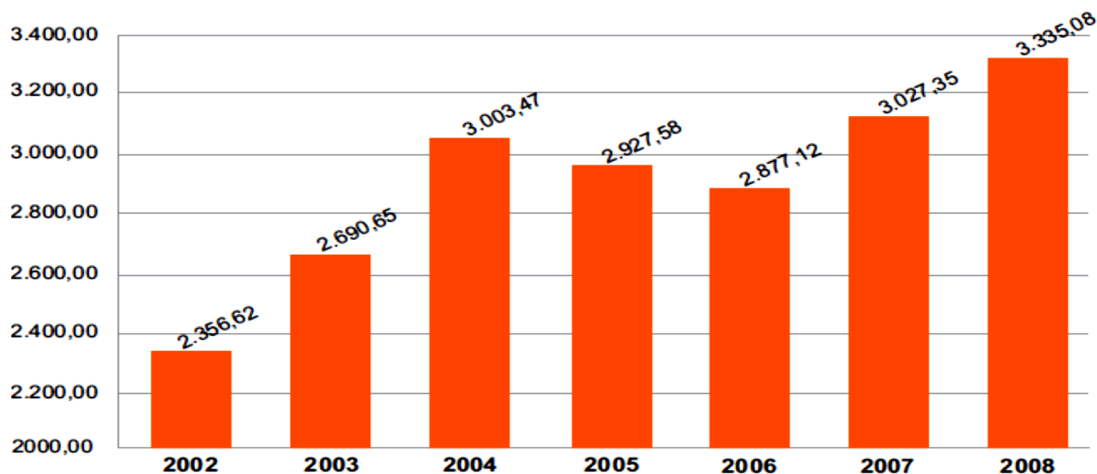


Gráfico 12 – Evolução das Emissões de GEE no SISTEMA MANAUS no período de 2002 a 2008 (Gg COe)
FONTE: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SDS, 2010.

A Eletrobrás em novembro de 2010 apresentou seu inventário sobre as emissões das empresas de energia das empresas do grupo da Eletrobrás, conforme Gráfico 13.

Emissões de GEE das Empresas Eletrobrás - ano base 2009 (tCO₂e)

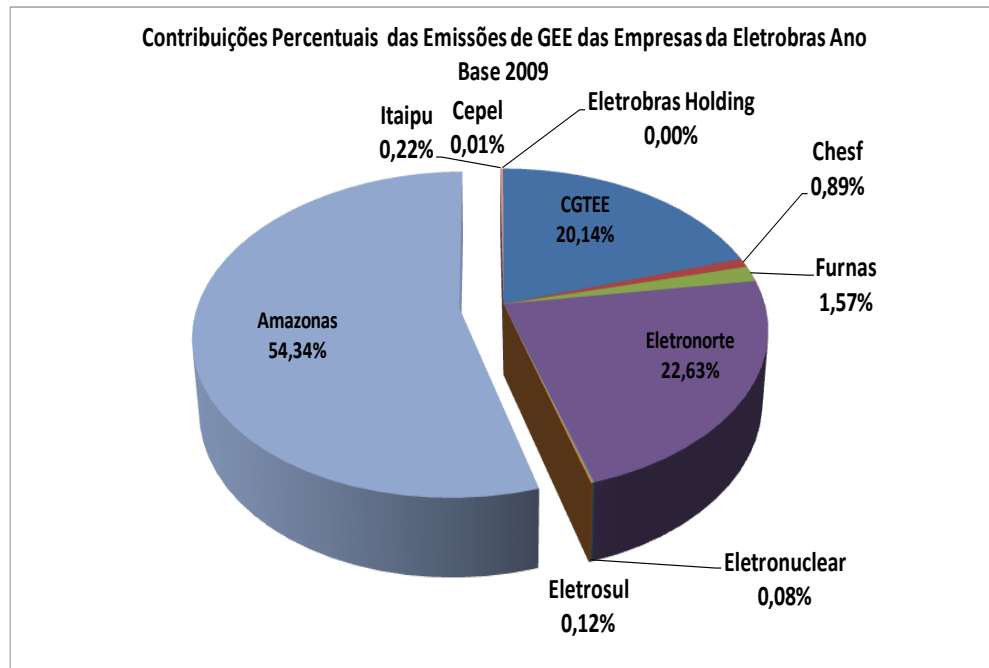


Gráfico 13 – Emissões de GEE das Empresas Eletrobrás - ano base 2009 (tO₂e)

FONTE: Elaboração própria a partir de dados do Inventário dos Gases do Efeito Estufa ano base 2009 da Eletrobrás, 2010.

Segundo o inventário da Eletrobrás, o valor total da emissão de GEE, correspondente ao somatório de todas as empresas, é igual a 7.367.259,48 tCO₂e (toneladas de CO₂ equivalente). Desse total, a maior parcela vem das fontes fixas (geração termelétrica de grande, médio e pequeno porte), a saber, 7.088.518,38 tCO₂e, o que corresponde a 96% das emissões totais. As outras fontes inventariadas, veículos (fontes móveis) e energia elétrica adquirida pelas empresas, embora produzam emissões não desprezíveis, representam juntas menos de 1% do total. O restante são emissões fugitivas de SF₆, provenientes dos equipamentos elétricos que utilizam este gás, que totalizam 3%.

Pelo inventário podemos perceber a contribuição da Amazonas Energia na contribuição percentual das emissões dos gases do efeito estufa, contribuindo com mais da metade das emissões, demonstrando a importância da necessidade de redução dessas emissões.

A tendência na mudança do combustível líquido pelo combustível gasoso na matriz elétrica de Manaus e, em 2013 a interligação com o SIN, podem irão trazer reduções significativas das emissões dos gases do efeito estufa produzido no processo de geração de energia.

O inventário das Eletrobrás mostra as emissões dos gases do efeito estufa da Amazonas Energia, do processo de geração, proveniente da queima de óleo combustível e diesel. Com a utilização do gás natural espera-se reduções significativas das emissões, de acordo com a literatura a redução das emissões poderá a chegar a 30%.

O Plano Nacional de Energia 2030 registra que o volume de CO₂ lançado na atmosfera com o uso de gás natural pode ser entre 20% e 23% inferior àquele produzido pela geração a partir do óleo combustível e entre 40% e 50% inferior aos casos de geração a partir de combustíveis sólidos, como o carvão (EPE, 2007).

5.5. Legislação Ambiental aplicada ao Setor Elétrico devido as Emissões de Dióxido de Carbono

O CO₂ é o principal efluente gasoso produzido no mundo, não só pela geração de energia elétrica, mas também pelos transportes, atividades industriais e residenciais.

A geração de energia termoelétricas é a segunda maior produtora dos gases efeito estufa (dióxido de carbono - CO₂, principalmente) e, portanto, de grande influência no aquecimento global, perdendo apenas para o setor de transporte.

Segundo a ANEEL (2008), os principais poluentes atmosféricos emitidos pelas usinas termelétricas a gás natural são dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrogênio (NOX) e, em menor escala, monóxido de carbono e alguns hidrocarbonetos de baixo peso molecular, inclusive metano.

Os países desenvolvidos são os maiores responsáveis pelas emissões devido a sua grande dependência da geração termelétrica.

O Protocolo de Kyoto estabelecer metas de redução de emissão de gases efeito estufa, permitindo entre outras ações a negociação de cotas de emissão, através de bônus associados a projetos redutores da produção destes gases ou sequestradores de CO₂.

O CO₂ é o principal efluente gasoso produzido no mundo, correspondendo a 66% das emissões mundiais de gases, dos quais 95% são provenientes do hemisfério norte, ou seja, dos países desenvolvidos.

A maioria das legislações ambientais não estipula os limites mínimos ou máximos de emissões para o dióxido de carbono (CO₂), fixando somente as emissões de materiais particulados, densidade colorimétrica e dióxido de enxofre (SO₂).

Em 2009 foi publicada a Instrução Normativa IBAMA n.º 07, determinando que no procedimento de licenciamento ambiental de termelétricas a carvão mineral e a óleo combustível, deverão ser adotadas medidas que visem à mitigação das emissões de dióxido de carbono (CO₂), harmonizando-o com os compromissos do País com a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima - CQNUMC.

Como forma de Mitigação das Emissões de Dióxido de Carbono (CO₂) esta normativa assevera que pelo menos 1/3 (um terço) das emissões de dióxido de carbono deverão ser mitigadas por meio de programa de recuperação florestal, e no máximo 2/3 (dois terços) das emissões de dióxido de carbono deverão ser mitigadas por meio de investimentos em geração de energia renovável, ou medidas que promovam eficiência energética.

Essa instrução normativa do IBAMA tem sido questionada pelos empresários e órgãos governamentais em diversos aspectos que vão desde a competência do IBAMA em legislar sobre as emissões dos gases de efeito estufa, a qual caberia à comissão interministerial, bem

como a forma de compensação que não garante a redução de concentração de gases de efeito estufa na atmosfera.

Segundo Zancan (2009) a instrução normativa n.º 7, faz com que os investimentos em fontes térmicas sejam acrescidos em cerca de 40% tornando-as não competitivas e, como está previsto uma expansão de térmicas a carvão para otimização do sistema hidrotérmico brasileiro, isso encarecerá a energia destas usinas em no mínimo 20%.

Não foi identificada nenhuma legislação que considere as emissões de CO₂, por fontes antrópicas, como um poluente que seja nocivo a saúde humana, ou seja, as normas não estabelecem os limites máximos de emissões. Nem mesmo a resolução CONAMA n.º 8, de 06 de dezembro de 1990, que trata sobre o estabelecimento de limites máximos de emissão de poluentes no ar para processos de combustão externa de fontes fixas de poluição, faz referência ao CO₂ bem como a nenhum gás do efeito estufa.

Segundo o site do Jornal Estadão, em reportagem de 18 de Abril de 2009, os Estados Unidos, através da Agência de Proteção Ambiental (EPA), admitiram que o CO₂ e mais cinco gases de efeito estufa – metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), os hidrofluorcarbonos (HFCs), os perfluorcarbonos (PFCs) e os hexafluoreto de enxofre (SF₆), todos listados pelo Protocolo de Kyoto, são perigosos "à saúde e ao bem-estar do público".

A EPA abriu um período de 60 dias para comentários antes de tornar a decisão oficial. A agência concluiu que é "convincente e avassaladora" a ciência que embasa o argumento de que a poluição gerada pela humanidade está entre os responsáveis pelo aquecimento global.

A tendência é que os gases causadores do efeito estufa sejam considerados como poluentes e danosos à saúde dos seres e do meio ambiente de forma que se determinem os limites máximos de emissões e as medidas mitigadoras para as emissões de dióxido de carbono, não só emitidos pelo setor elétrico, mas para todos os setores, incluindo o automotivo.

6. O MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO E AS OPORTUNIDADES DE NEGÓCIO NO SETOR ELÉTRICO

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL tem ser tornado um instrumento de incentivo ao desenvolvimento sustentável podendo ser utilizado pelo setor elétrico brasileiro para incentivar projetos de geração de energia elétrica a partir de fontes alternativas e renováveis e até mesmo de melhorias na eficiência dos equipamentos.

A substituição de combustíveis utilizados no processo de geração de energia por outros que emitam menos gases causadores do efeito estufa pode ser uma oportunidade de obtenção de recursos no âmbito do MDL.

Em 2011 Manaus começou a utilizar o gás natural como combustível primário em algumas unidades geradoras.

Segundo Silva (2010) o gás natural tem uma grande vantagem com relação ao efeito estufa. Em substituição a outros combustíveis fósseis, o gás provoca uma grande diminuição nas emissões de CO₂, pois emite cerca de 20% a 30% menos que o óleo combustível e 40 a 50% menos que combustíveis sólidos como o carvão.

Uma vez que os custos de geração por essas fontes são considerados muito altos, a venda de créditos de gases do efeito estufa (GEE) pode tornar tais projetos mais competitivos.

Observa-se, no entanto, que não só o Brasil compete com outros países em termos de potencial de abatimento de GEE, como também o setor de transporte e agricultura. Desta maneira, conforme discutido neste trabalho, o setor elétrico brasileiro representa apenas uma das fatias de possíveis investimentos em projetos que abatem GEE.

Número de Projetos Brasileiros por Escopo Setorial

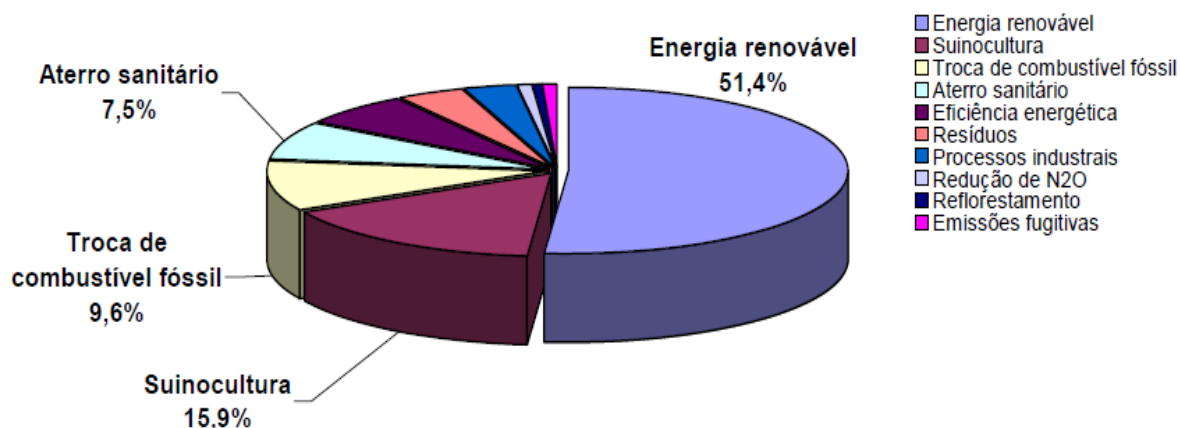


Gráfico 14 – Número de Projetos Brasileiros por Escopo Setorial
FONTE: MCT, 2011.

Instrumentos como o MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo) e as Resoluções da ANEEL, apresentam um grande potencial de fomento a geração elétrica a partir de fontes alternativas e renováveis, mesmo que por vias indiretas. Apesar de apenas a Conta de Consumo de Combustível (CCC) ter sido criada com o objetivo explícito de gerar o desenvolvimento econômico e social de regiões mais isoladas de nosso país, os outros instrumentos citados também são capazes de auxiliar na no alcance dessa meta. Além disso, estes instrumentos são muito importantes na questão do abatimento de gases de efeito estufa, especialmente o CO₂, seja pelo fornecimento da geração via fontes alternativas e renováveis, seja pela diminuição das necessidades de expansão do setor através de ganhos obtidos pela melhoria da eficiência energética.

6.1. Metodologia para quantificação das emissões de CO₂ no setor elétrico no município de Manaus

A metodologia utilizada para realização do proposto neste trabalho será basicamente para a quantificação das emissões de dióxido de carbono, emitidos pelas unidades termelétricas do município de Manaus no período de 2006 a 2011 visando à oportunidade de negócio a partir da venda de créditos de carbono através de projetos em MDL.

A ferramenta de quantificação utilizada foi a orientada pela metodologia da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC, ou com a sigla em inglês UNFCCC), denominada de “ACM0011: Metodologia de linha de base consolidada, para a substituição de carvão mineral e/ou combustíveis do petróleo por gás natural nas usinas já existentes para geração de eletricidade” e que está na sua revisão 2.2 de 02 de agosto de 2008 (UNFCCC, 2008). Tal metodologia é similar para a maioria das metodologias de troca de combustíveis.

Das metodologias aprovadas pela UNFCCC, a ACM0011 é a metodologia que se aplica para a quantificação das emissões produzida pela combustão de gás natural em substituição ao óleo combustível, como o próprio título da metodologia já expressa, em usinas já existentes. Para o caso de usina em que o processo de conversão, optou-se por instalar novas unidades a gás natural e permanecer com as unidades a óleo combustível a metodologia mais adequada seria a metodologia AM0029 “Metodologia para a geração de eletricidade conectada à rede com o uso de gás natural”.

A Eletrobrás está planejando, para 2013, uma nova usina para o sistema Manaus. Uma usina mais eficiente operando em ciclo combinado. Para o projeto de MDL desta usina foi identificada a metodologia AM0029 “Metodologia para a geração de eletricidade conectada à rede com o uso de gás natural”. Tal metodologia se aplica pelo fato de não haver a troca de combustível, mas a instalação de novas unidades consumido um combustível menos poluente

dos gases do efeito estufa. Sendo assim para cada caso terá que ser avaliado a aplicabilidade de uma metodologia mais apropriada dentro do contexto aplicado.

Como exemplo dos requisitos de aplicabilidade para utilização de uma metodologia, podem ser analisados os da metodologia, ACM0011 que é direcionada às atividades de projetos com a mudança do carvão e/ou combustíveis derivados do petróleo para o gás natural em uma usina já existente para a geração de eletricidade com um histórico de operação de pelo menos três anos, utilizando o carvão linha de base e/ou combustível de petróleo. Para a ACM0011 as seguintes condições se aplicam:

1. O projeto de fornecimento de eletricidade à rede de energia ou apenas a um consumidor cativo;
2. Projeto com atividade onde apenas o gás natural é usado, com exceção de consumo de combustível auxiliar para start-ups que não poderá exceder 1% do total do combustível consumido no projeto;
3. Antes da implementação da atividade do projeto não ter sido utilizado gás natural, apenas carvão e/ou combustíveis derivados do petróleo, para gerar energia elétrica;
4. Ter disponível no país ou região carvão ou outros combustíveis derivados de petróleo para geração de eletricidade;
5. Regulamentos e leis e programas que não coíbem o uso dos combustíveis fósseis utilizados antes de implementar a atividade do projeto, nem requerem o uso de gás natural ou combustível especificado para gerar eletricidade;
6. A rede de energia elétrica para quem a eletricidade gerada pelo projeto é vendida não possuir regulamentações e leis que obriguem a compra de eletricidade gerada a partir de tipo diferente de combustíveis, isto é, não é proibida a compra de eletricidade usando um combustível de maior emissão de GEE durante o período de crédito da atividade do projeto;

7. Projetos que não envolvem grandes modernizações e alterações na usina que não seja a troca de combustível, por exemplo, a remoção da tecnologia existente e instalação de nova tecnologia, tais como nova turbinas a gás, novo ciclo combinado de geração de energia a gás, etc.;
8. Projetos que não resultem em uma mudança significativa na capacidade de geração de energia elétrica, ou seja, não mais que $\pm 5\%$ da capacidade instalada de geração de energia antes da implementação do projeto;
9. Aplicável apenas se o cenário mais plausível for a continuação do uso de combustíveis de alta emissão de carbono como o carvão e/ou combustíveis derivados do petróleo para geração de energia elétrica no projeto;

Por outro lado a metodologia não se aplica à troca de combustível em projetos de cogeração de energia nem para projetos de eficiência;

Cada usina, cada caso, terá que ser avaliado quanto ao atendimento às requisitos de aplicabilidade descritos em cada metodologia.

A metodologia consolidada ACM0011 fornece uma ferramenta de cálculo, “Ferramenta para o cálculo do projeto ou fuga das emissões de CO₂ provenientes do processo de combustão de combustíveis fósseis”, que permite quantificar as emissões das usinas térmicas. Para quantificação das emissões de CO₂ serão calculadas através de dados consolidados, dados de consumo de combustível e geração de energia divulgados no final de cada mês com o consumo e geração executados pelas térmicas do Sistema Manaus. Essas informações são publicadas pelo Grupo Técnico Operacional da Região Norte-GTON e serão fundamentais para quantificação das emissões com base na ferramenta de cálculo descrita na metodologia ACM0011.

Os cálculos serão realizados tanto com óleo combustível quanto com gás natural para se verificar a redução das emissões com a utilização do gás natural em substituição ao óleo combustível.

Os fatores de emissão são determinados a partir equações básicas extraídas da metodologia da ferramenta de cálculo sugerida na metodologia ACM0011, sendo as mesmas definidas a seguir:

A linha de base de uma atividade de projeto do MDL é o cenário que representa, de forma razoável, as emissões antrópicas de GEE por fontes que ocorreriam na ausência da atividade de projeto proposta. Serve de base tanto para verificação da adicionalidade quanto para a quantificação das RCE da atividade de projeto MDL. As RCE serão calculadas pela diferença entre as emissões da linha de base e as emissões verificadas em decorrência das atividades de projeto do MDL.

$$PE_{FC,j,y} = \sum_i FC_{i,j,y} \times COEF_{i,y} \quad (1)$$

Sendo:

$PE_{FC,j,y}$: Emissões de CO₂ por combustíveis fósseis no processo de combustão j durante o ano y (tCO₂/Ano);

$FC_{i,j,y}$: Quantidade de combustível i no processo j durante o ano y (unidade de massa/ano);

$COEF_{i,y}$: Coeficiente de emissão de CO₂ por tipo de combustível i no ano y (tCO₂/massa ou unidade de volume);

Para cálculo do coeficiente de emissão será utilizada a Opção A da ferramenta metodológica pela disponibilidade dos dados de composição química dos combustíveis em estudo. Por tanto o Coeficiente de Emissão é dado por:

$$COEF_{i,y} = NCV_{i,y} \times EF_{CO_2,i,y} \quad (2)$$

Onde:

COEF: Coeficiente de emissão de CO₂ por tipo de combustível *i* no ano *y* (tCO₂/massa ou unidade de volume)

NCV: *É a média ponderada do poder calorífico do combustível tipo *i* no ano *y* (GJ/massa ou unidade de volume)*

EF_{CO₂}: *É a media ponderada do fator de emissão do CO₂ do combustível *i* no ano *y* (tCO₂/GJ)*

COEF_{*i,y*}: Coeficiente de emissão de CO₂ por tipo de combustível *i* no ano *y* (tCO₂/massa ou unidade de volume);

7. QUANTIFICAÇÃO DAS EMISSÕES DE CO₂ NA GERAÇÃO TERMELÉTRICA DE MANAUS

Para quantificação das emissões de CO₂ foi utilizado como entrada os dados de consumo de combustível e geração de energia. Com esses dados principais podemos aplicar nas equações propostas pela ferramenta metodológica para quantificação das emissões referenciada pela metodologia consolidada ACM0011.

As usinas termelétricas do Sistema Manaus utilizam vários tipos de combustíveis de dependendo da tecnologia utilizada em cada usina. Os combustíveis utilizados no sistema Manaus são: Óleo Diesel, Óleo Combustível para Turbina Elétrica- OCTE, antigo Óleo Leve para Turbina Elétrica-PTE, Óleo para Geração Elétrica-PGE, o Óleo Combustível tipo A1 – OC1A e recentemente o Gás Natural.

Para tratamento dos dados de consumo, dos diferentes combustíveis, se faz necessário à conversão para a mesma unidade, que no caso estudado foi à unidade toneladas. Na Tabela 11 segue os dados de consumo de combustível, tanto de óleo como gás natural, por mês, colocados na mesma unidade e somados, no Sistema Manaus no período de 2006 a 2011.

Consumo de Combustível no Sistema Manaus (toneladas)						
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
JAN	66.315,73	81.628,37	85.211,09	79.382,84	113.861,68	102.254,36
FEV	61.152,19	80.738,20	79.600,87	71.608,58	104.971,05	92.974,68
MAR	75.611,95	97.811,43	82.283,79	84.324,96	136.108,49	105.404,38
ABR	74.674,01	92.589,53	78.893,85	83.243,00	115.016,81	104.450,13
MAI	82.291,93	95.821,18	80.363,93	86.250,61	118.628,26	110.140,63
JUN	75.072,03	90.629,88	79.278,75	83.557,28	116.434,47	118.208,71
JUL	82.552,44	98.150,88	92.691,22	95.980,40	115.209,14	133.653,96
AGO	88.647,13	100.531,35	103.702,65	114.705,20	126.172,34	144.112,20
SET	85.697,72	97.611,99	104.203,65	122.433,21	135.368,65	137.094,20
OUT	92.738,33	104.484,46	105.310,24	127.336,75	133.909,11	135.516,53
NOV	86.272,24	98.618,14	96.318,46	128.282,70	120.318,92	131.302,83
DEZ	79.822,86	85.889,41	87.790,80	115.166,35	107.817,92	130.724,37
Total	950.848,56	1.124.504,82	1.075.649,30	1.192.271,88	1.443.816,84	1.445.836,98

Tabela 11 – Consumo de Combustível no Sistema Manaus, no período de 2006 a 2011.

FONTE: Elaboração própria a partir de dados dos relatórios de Acompanhamento da Operação de 2006 a 2011, do Grupo Técnico Operacional da Região Norte – GTON, 2006-2011.

Da mesma maneira que foram levantadas as informações de consumo de combustível foi realizado com os dados de geração de energia elétrica, extraída mês a mês, conforme mostrado na Tabela 12.

Geração de Energia Elétrica no Sistema Manaus (MWh)						
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
JAN	255.756,92	320.181,688	384.333,476	331.597,466	482.154,346	462.059,816
FEV	243.421,914	316.065,615	352.067,705	302.240,033	451.192,332	412.754,497
MAR	306.502,906	374.550,996	358.631,319	348.294,101	564.099,509	466.771,696
ABR	297.563,985	356.706,297	349.771,48	348.695,684	490.262,517	449.804,354
MAI	337.704,198	366.673,357	357.884,872	362.000,189	498.250,035	466.904,908
JUN	313.216,692	349.368,19	349.121,011	353.792,918	497.059,781	509.193,593
JUL	337.386,394	374.554,897	393.423,012	415.866,523	514.242,14	569.160,938
AGO	356.753,024	384.862,126	433.959,939	483.470,868	547.711,371	610.395,659
SET	350.973,851	372.883,026	436.829,427	515.300,729	570.506,604	576.876,778
OUT	384.328,702	397.525,693	446.282,122	539.999,509	576.160,97	578.523,491
NOV	354.165,857	379.831,135	415.135,818	532.911,301	544.551,959	561.064,857
DEZ	344.816,48	334.586,827	365.688,798	483.855,341	498.359,558	548.606,784
Total	3.537.774,44	3.993.203,02	4.277.440,18	4.534.169,32	5.736.191,56	5.663.510,59
Total de geração de energia (MWh)					27.742.289,11	

Tabela 12 – Geração de Energia (MWh) no período de 2006 a 2011.

FONTE: Elaboração própria a partir dos Relatórios do GTON de Acompanhamento da Operação, 2006 a 2011.

Outros dados relevantes e necessários para a quantificação das emissões variáveis de entrada estão disponíveis nos documentos técnicos do IPCC (2006), conforme mostrados nas tabelas Tabela 13, Tabela 13 e Tabela 14.

Tipo de Combustíveis	Conteúdo Carbono (kgC/ KJ)	Fator de Oxidação
OC1A	21,1	0,99
PGE	21,1	0,99
OCTE	21,1	0,99
Diesel	20,2	0,99
Gás Natural	15,3	0,995

Tabela 13 – Poder Calorífico Inferior dos Combustíveis do Sistema Elétrico de Manaus.
FONTE: Elaboração própria a partir de dados do Relatório das Diretrizes do IPCC, 2006.

O poder calorífico de cada combustível utilizado no sistema Elétrico de Manaus, no processo de geração de energia, foi extraído do artigo “O gás natural e a perspectiva de mercado”, Cartaxo (2006). A escolha desse parâmetro, em detrimento do estabelecido nos relatórios do IPCC, foi realizada por se tratar do valor específico para cada combustível utilizado na matriz energética do Sistema Elétrico de Manaus, conforme Tabela 14:

Tipo de Combustíveis	NCV Poder Calorífico Inferior (kJ/Kg)	NCV Poder Calorífico Inferior (TJ/10³ toneladas)
OC1A	39.919	39,92
PGE	39.919	39,92
OCTE	42.218	42,22
Diesel	42.944	42,94
Gás Natural	38.690	38,69

Tabela 14 – Poder calorífico para os combustíveis utilizados no Sistema Elétrico Manaus.
FONTE: Elaboração própria a partir do artigo “O gás natural e a perspectiva de mercado no estado”, Cartaxo, 2006.

Aplicando os dados do entre 2006 a 2011, nas variáveis de entrada nas equações (2), temos os valores de coeficiente de emissão e o fator de emissão para cada combustível.

Tipo de Combustíveis utilizados	COEF Coeficiente de Emissão do Combustível (tCO₂/ton)	EF Fator de Emissão (tCO₂/GJ)
OC1A	3,058	0,07659
PGE	3,058	0,07659
OCTE	3,234	0,07659
Diesel	3,149	0,07333
Gás Natural	2,160	0,05582

Tabela 15 – Coeficiente de Emissão e Fator de Emissão para os combustíveis utilizados nas Termelétricas de Manaus.

FONTE: Elaboração própria.

Aplicando os dados de coeficiente de emissão para cada combustível e o de consumo de combustível nas variáveis de entrada da equação (2), obtemos os valores de emissões de CO₂ para o período de 2006 a 2011, mostrado na Tabela 16.

	Emissões de CO₂ das unidades termelétricas do Sistema Manaus de 2006 a 2011 (tCO₂)					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
JAN	209.550,34	251.440,18	262.909,48	245.598,07	353.579,12	305.737,21
FEV	193.135,86	248.969,13	245.086,28	220.975,25	326.221,33	269.888,06
MAR	238.451,32	301.922,42	253.499,43	260.304,93	421.495,67	303.387,32
ABR	234.617,51	286.251,99	243.445,75	257.740,32	356.026,75	293.449,47
MAI	257.391,34	296.514,89	246.947,86	267.044,45	367.639,99	305.748,25
JUN	233.600,31	279.942,15	243.963,38	257.880,80	359.504,19	324.061,90
JUL	257.740,29	303.296,99	286.001,31	297.880,11	356.769,36	365.250,66
AGO	277.791,41	311.690,99	321.399,69	356.857,94	392.081,65	390.036,27
SET	268.207,18	303.021,93	323.148,10	380.735,53	420.550,23	368.868,73
OUT	290.162,67	324.567,01	326.194,09	396.055,38	411.186,21	368.370,07
NOV	267.898,72	305.451,71	298.482,18	398.651,38	368.135,38	359.526,55
DEZ	245.345,42	264.845,49	271.495,42	356.454,07	327.885,30	353.649,82
Total	2.973.892,37	3.477.914,88	3.322.572,97	3.696.178,23	4.461.075,18	4.007.974,31
Total emissões de 2006 a 2011 (tCO₂)				21.939.607,94		

Tabela 16 – Emissões de CO₂ das unidades termelétricas do Sistema Manaus de 2006 a 2011 (tCO₂)

FONTE: Elaboração própria.

A partir dos resultados obtidos, foi elaborado o Gráfico 15, que apresenta a evolução das emissões de CO₂ (em toneladas de CO₂) no decorrer de cada ano avaliado, conforme a seguir:

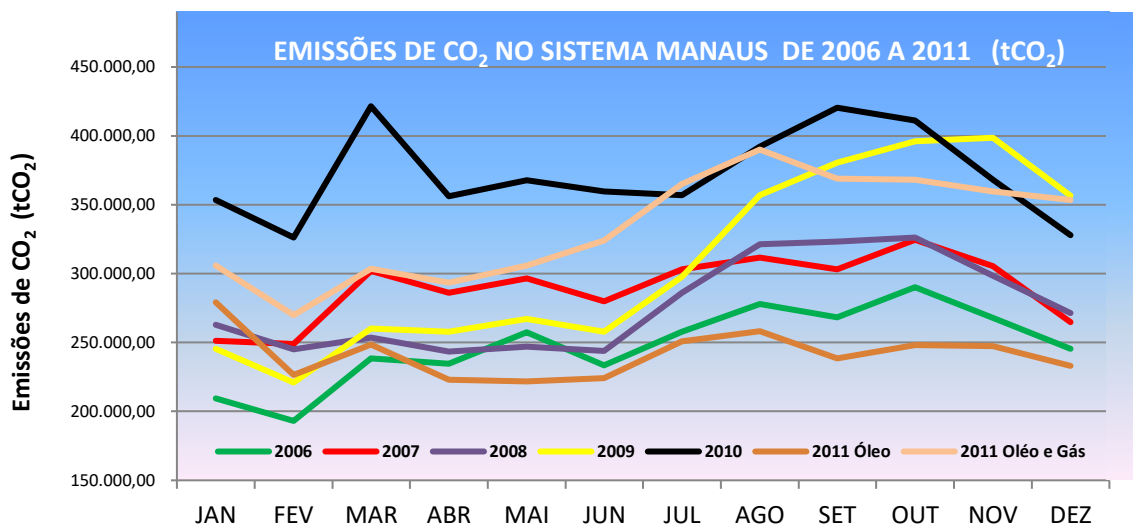


Gráfico 15 – Emissões de CO₂ em tCO₂ das unidades termelétricas do Sistema Elétrica de Manaus
FONTE: Elaboração própria.

Ao analisar o comportamento das curvas das emissões de CO₂, no Gráfico 15, observa-se um crescimento das emissões. O valor médio anual das emissões no período estudado, no Sistema Elétrico de Manaus, 'e de aproximadamente 3,65 milhões de toneladas de dióxido de carbono emitidos.

Para quantificação das reduções das emissões de CO₂ e posterior negociação dos créditos de carbono no mercado se faz necessário à aplicação, na integra, de um das metodologias disponibilizadas pela UNFCC para cada usina.

Cada usina é um caso específico que tem que ser avaliada de acordo com o seu processo de conversão de forma a determinar a Metodologia que se aplica para essa quantificação e se a mesma atende os requisitos de aplicabilidade exigidos pela metodologia escolhida.

A partir de 2010 houve contribuição do gás natural nas emissões no setor elétrico, com a operação do PIE BREITENER Tambaqui em fevereiro de 2010 com os testes preliminares e sua total operação em meados de setembro de 2010. A contribuição mais relevante de consumo do gás natural se deu em 2011 com a entrada dos demais PIE's e das unidades próprias da Amazonas Energia.

Com a utilização do gás natural na matriz elétrica de Manaus houve uma maior regime de operação das unidades, devido a diversos fatores. O primeiro e mais importante é a disponibilidade do energético, visto que o contrato de gás natural prevê um fornecimento contínuo, possibilitando a operação constante das unidades geradoras.

Com o óleo como energético são definidas cotas para operacionalização. Essas cotas são definidas em reuniões entre representantes das empresas e o GTON, onde são determinadas por uma previsão de consumo o que limitam o regime de operação quando de uma necessidade do sistema.

Outro aspecto relevante para um maior regime de operação das unidades com gás natural é o crescimento do mercado consumidor de Manaus, seja ele industrial, comercial ou residencial. Dados da empresa Amazonas Energia (2009) sobre o seu mercado consumidor, disponibilizado em seu site, apontam um crescimento de 8% no ano de 2009 em relação ao de 2008 e um crescimento médio de 6% para os próximos 10 anos, o que demonstra uma maior necessidade de operacionalização para atender a demanda de Manaus.

O aumento de consumo no Sistema Manaus está associado também pela possibilidade de uma maior operacionalização das unidades com “reserva quente”. Com uma maior disponibilidade do energético gás natural, a operacionalização das unidades pode ser mais flexibilizada permitindo operar por um tempo maior com “reserva quente” no sistema.

O conceito de “reserva quente” é de que a unidade em operação tenha capacidade de incremento instantâneo de geração para atendimento as demandas, ou seja, a unidade é

operada com potência reduzida, respeitando seus limites e legislação de consumo, podendo acrescer a potência rapidamente até sua potência máxima.

O Sistema Elétrico de Manaus teve somente algumas unidades convertidas para operação Bí- Combustível, podendo operar tanto com gás natural quanto com óleo, de acordo com a disponibilidade do energético contratado e com a viabilidade econômica do processo de conversão. Alguns produtores independentes optaram por instalar novas unidades operando somente a gás natural e permanecer com as unidades a óleo disponível.

O Gráfico 16 mostra a participação do gás natural na geração de energia no ano de 2011. Essa participação foi incrementando à medida que a conversão e ou instalação de novas unidades foram sendo disponibilizadas para operação comercial com gás natural.

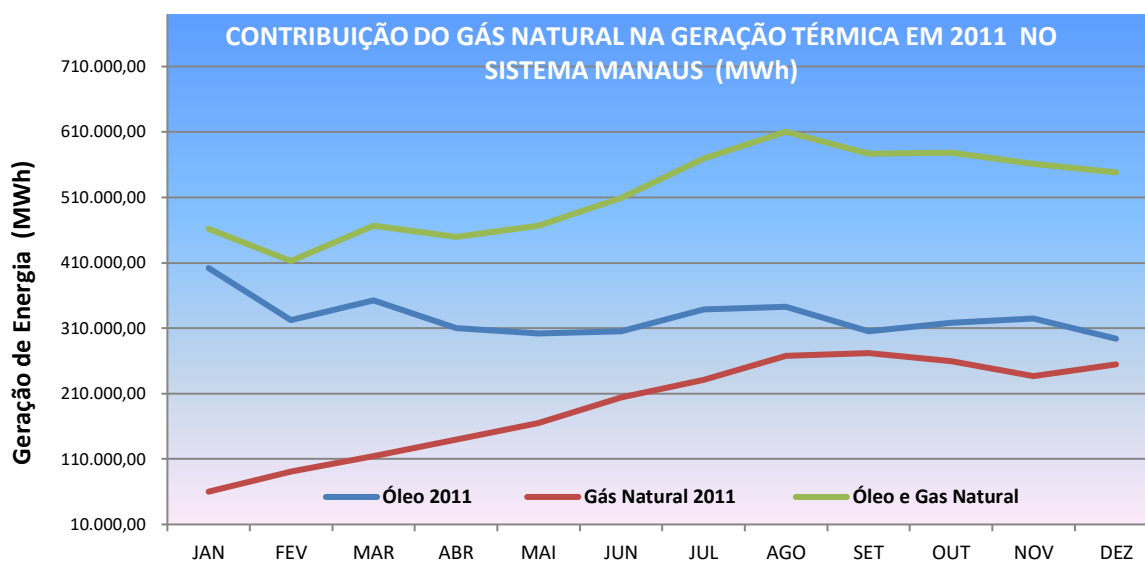


Gráfico 16 – Participação do Gás Natural na geração de energia Elétrica no Sistema Manaus em 2011.
FONTE: Elaboração própria.

Nas usinas onde a conversão das unidades não necessitou de modificações significativas, ou seja, as unidades que operavam com óleo estão operando com gás natural com pequenas modificações, poderá ser utilizada a Metodologia ACM0011 “Metodologia de linha de base consolidada para a substituição de carvão mineral e/ou combustíveis do petróleo por gás natural nas usinas já existentes para geração de eletricidade”.

Nas usinas que optaram por adquirir novas unidades e permanecer com as unidades existentes com óleo combustível, para quantificação das reduções das emissões de CO₂, poderá ser utilizada a Metodologia AM0029 “Metodologia para a geração de eletricidade conectada à rede com o uso de gás natural”.

Assim, cada usina terá que ser avaliada e identificada à metodologia mais apropriada para quantificação das reduções das emissões e até mesmo se a usina atende aos requisitos de aplicabilidade da metodologia escolhida.

De uma maneira geral foram identificadas praticamente duas metodologias, comentadas anteriormente, para a utilização do MDL no Sistema Manaus, que são a ACM0011 e a AM0029.

Pelos fatores de emissão calculados, mostrado na Tabela 17, podemos verificar a relação percentual entre o fator de emissão do gás natural com o fator de emissão dos outros combustíveis.

Tipo de Combustíveis utilizados	Fator de Emissão (tCO ₂ /GJ)	Relação entre o Fator de Emissão do Gás Natural e os outros Combustíveis
OC1A	0,07659	27,1%
PGE	0,07659	27,1%
OCTE	0,07659	27,1%
Diesel	0,07333	23,9%
Gás Natural	0,05582	---

Tabela 17 – Fator de emissão e relação entre o fator de emissão do gás natural com os outros combustíveis.

FONTE: Elaboração própria.

Pela equação (1) podemos concluir que as emissões de CO₂ só dependem do fator de emissão e da quantidade de combustível consumida.

Pelo exposto na Tabela 17 acima a redução de emissão do gás natural do Sistema Manaus pode variar de 23,9% a 27,1% dependendo somente do combustível. A quantidade de combustível consumida nas unidades geradoras depende principalmente da tecnologia de cada

unidade, ou seja, da sua eficiência. Espera-se que a redução das emissões fique em torno de 20% a 30% conforme referencial teórico comentado anteriormente.

De posse dos valores de geração e emissões de CO₂ e de geração pode-se determinar o fator de emissão para cada tipo de combustível utilizado no Sistema Manaus. Na Tabela 18 segue o fator de emissão calculado para cada combustível.

Tipo de combustível utilizado no Sistema Manaus	Fator de Emissão por tipo de combustível (tCO₂/MWh)
Diesel	0,75
PTE ou OCTE	0,89
PGE	0,61
OC1A	0,75
Gás Natural	0,48

Tabela 18 – Fator de Emissão do gás natural com os outros combustíveis.

FONTE: Elaboração própria.

Outra análise que pode ser feita, de posse das emissões anuais, é a relação perca pita. Na Tabela 19 segue os valores calculados para as emissões no período de 2006 a 2011 e a relação per capita.

Ano	Total de Emissões de CO₂ de 2006 a 2011 (tCO₂ x10³)	População de Manaus ¹	Emissões Perca pita (tCO₂/ hab.)
2006	2.973,89	1.542.554	1,93
2007	3.477,91	1.646.602	2,11
2008	3.322,57	1.709.010	1,94
2009	3.696,18	1.738.641	2,13
2010	4.461,08	1.802.014	2,48
2011	4.007,97	1.832.423	2,19
Total	21.939,61	----	

¹ Valores estimado pelo IBGE, 2010.

Tabela 19 – Emissões anuais de CO₂ das térmicas de Manaus e população no período de 2006 a 2011

FONTE: Elaboração própria com base em dados extraídos do site do IBGE, 2006 a 2011

No Gráfico 17, extraído do Plano Decenal de Expansão de Energia 2008-2017 em 2006, o Brasil apresentava uma relação de 0,08 tCO₂/hab. muito abaixo de países como Estados Unidos, maior emissor e também da China que emite 2 tCO₂/hab. na geração de eletricidade.

Comparação das emissões de CO₂ per capita entre diversos países e o Brasil

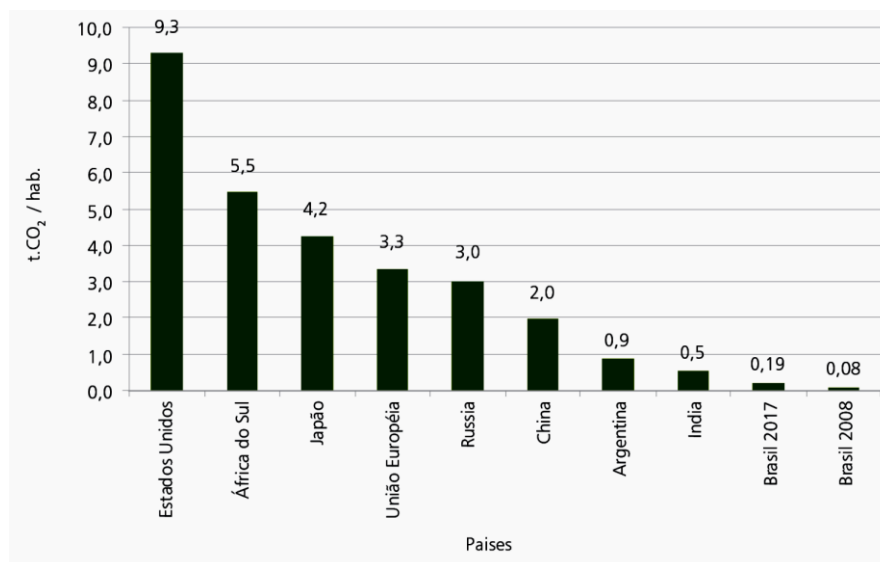


Gráfico 17 – Comparação das emissões de CO₂ per capita entre diversos países e o Brasil
FONTE: EPE/MME, 2008.

A previsão do estudo do relatório do decênio 2008-2010 é que somente em 2017 o valor per capita das emissões de CO₂ no Brasil aumenta, chegando a 0,19 tCO₂/hab. Esse valor de emissões per capita no Brasil está muito longe da realidade de Manaus que emite um valor médio de 2,13 tCO₂/hab. no período de 2006 a 2011 e no ano de 2011 emitiu 2,19 tCO₂/hab.

O Gráfico 18 mostra as emissões anuais do o Sistema Elétrico de Manaus com detalhe nos percentuais de acréscimo e decréscimo das emissões de CO₂, no processo de geração de energia, no período de 2006 a 2011.

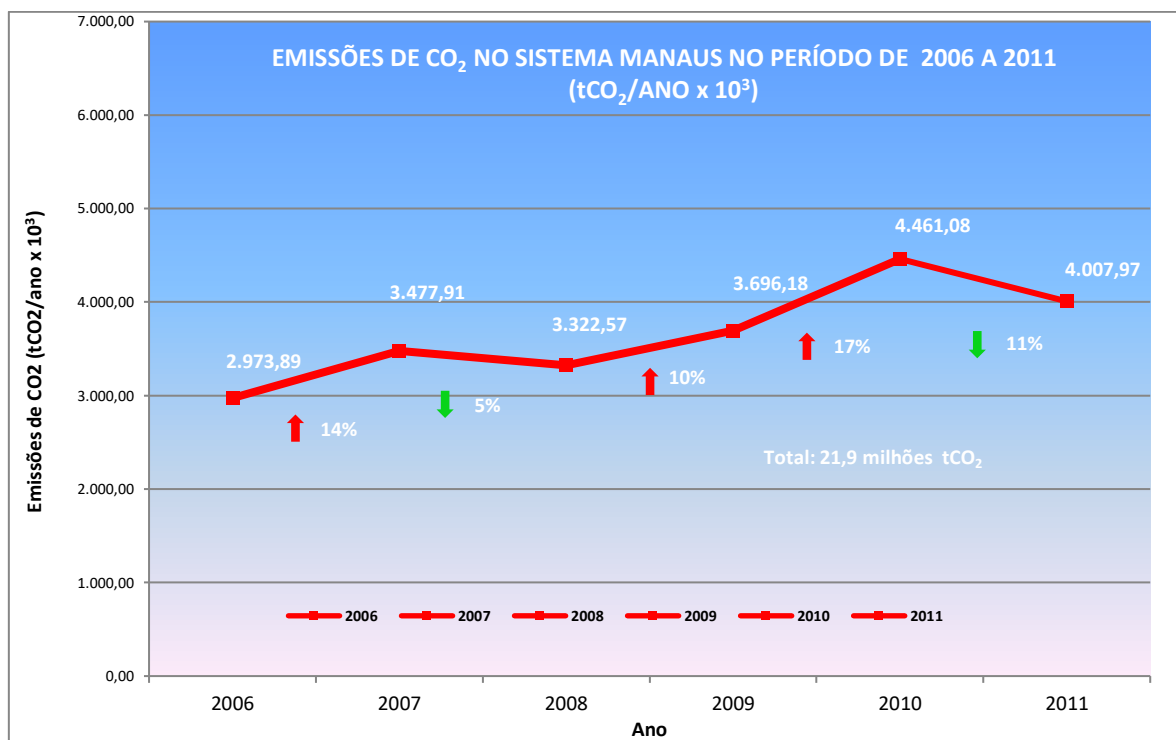


Gráfico 18 – Emissão anual de CO₂ em no Sistema Elétrico de Manaus no período de 2006 a 2011
FONTE: Elaboração própria.

O aumento acentuado das emissões do Sistema Manaus de 2006 a 2011 teve um acréscimo de 17% entre os anos de 2009 a 2010 e um decréscimo de 11% entre os anos de 2010 a 2011 com a operacionalização das unidades geradoras com gás natural, conforme mostrado no Gráfico 18.

8. CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O município de Manaus a cada ano tem crescido em termos econômicos e conseqüentemente aumentado à necessidade de energia elétrica que esta diretamente relacionada ao desenvolvimento.

O Sistema Manaus é o maior dentre os Sistemas Isolados brasileiros, representando cerca de 60% do total do mercado de energia elétrica desses sistemas. Para atendimento a sua carga o sistema Manaus é composto basicamente de usinas termelétricas que são responsáveis por maior parte da produção de energia.

A utilização do gás natural como energético já é uma realidade na produção de energia elétrica em Manaus.

Considerando os dados levantados e as análises apresentadas no estudo, é demonstrado que haverá uma redução, muito próximo do descrito na literatura, das emissões de CO₂ no processo de geração de energia elétrica na cidade Manaus com a substituição de óleos combustíveis derivados do petróleo pelo energético gás natural.

As emissões de CO₂ produzidas na geração de energia elétrica têm crescido a cada ano acompanhando o desenvolvimento do município conforme demonstrado na quantificação realizada. Pelos dados analisados, temos que as emissões de CO₂ no período de 2006 a 2011 foram 21,9 MtCO₂.

Quando feita a relação per capita foi obtida uma média de 2,13 tCO₂/hab., ultrapassando a china que emite 2 tCO₂/hab. E por isso é considerado um grande emissor.

Pela quantificação das emissões de CO₂ no Sistema Manaus ficou evidente a redução devido à utilização do gás natural como energético em substituição aos combustíveis líquidos. Essa redução proporcionou uma diminuição de 11% nas emissões de 2010, apesar de em 2010 ainda terem poucas unidades operando com gás natural, em relação a 2011, e evitou também

que o crescimento das emissões continuasse acima de 10% como vinha se mostrando nos anos anteriores.

De acordo com os fatores de emissão calculados dos combustíveis do Sistema Elétrico de Manaus verificou-se a redução das emissões entre 23,9% a 27,1%, dependendo do combustível utilizado e também da tecnologia de cada usina, ou seja, o esse valor calculado engloba varias usinas que utilizam tecnologias diferentes, mas utilizam o mesmo combustível.

O fator de emissão por tipo de combustível mostrou a relação entre as emissões produzidas de acordo com o combustível utilizado. O óleo combustível OCTE teve maior fator de emissão, ficando com 0,89 tCO₂ para cada MWh produzido no Sistema Manaus, quase uma tonelada para cada MWh emitido.

O Gás Natural teve um fator de emissão de 0,48 tCO₂ para cada MWh produzido, quase meia tonelada para cada MWh gerado e 36% menor que o OCTE .

Vislumbrando essas oportunidades real de redução podem ser elaborado projetos, para obtenção de recursos utilizando o mecanismo de flexibilização do protocolo de Quioto, MDL, e a negociação dos créditos de carbonos tanto no mercado voluntário, quanto no mercado pago.

A instalação de uma nova usina a gás natural nas proximidades da usina de Mauá corrobora com o estudo realizado de forma que obtenção de créditos de carbono é bem maior por se tratar de uma usina com tecnologia nova, em ciclo fechado e por ser uma nova instalação sem histórico de emissões com óleo combustível.

Para estudos futuros, aliadas a outras sugestões que poderão ser apresentadas, sugere-se a elaboração de outras abordagens associadas a estudos de casos para cada usina como um projeto específico, possibilitando a real redução das emissões e com isso a monetarização dessas reduções, além de: (i) a análise das emissões da nova usina e a obtenção de recursos com a emissão evitada;

(ii) a interligação do Sistema Manaus com o Sistema Interligado Nacional-SIN e as possibilidades de obtenção de recursos com as emissões evitadas, pela não utilização das usinas a óleos derivados do petróleo.

9. REFERÊNCIAS

A FOREXPROS. Sobre o Mercados Financeiros. **Site da Forexpros**, 2007. Disponível em: <<http://www.forexpros.com.pt>>. Acesso em: 15 Janeiro 2012.

ABBUD, O. A.; TANCREDI, M. **Transformações recentes da Matriz Brasileira de Geração de Energia Elétrica – Causas e Impactos Principais**. Brasília: Centro de Estudos da Consultoria do Senado, v. 69, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de energia elétrica do Brasil 3 edição**. Brasília : [s.n.]. 2008. p. 236.

AMAZONAS ENEGIA. Sobre o Mercado da Empresa Amazonas Energia. **site da Eletrobras Amazonas Distribuidora de Energia**, 2009. Disponível em: <<http://www.amazonasenergia.gov.br/cms/empresa/mercado-de-energia/>>. Acesso em: 10 Janeiro 2012.

CARBON350 LTD. Sobre a Empresa Carbon 350. **Site da Carbon 350 Ltd**, 2008. Disponível em: <<http://www.carbon350.co.uk/emissions-trading/what-has-been-achieved-so-far/eu-emissions-trading-scheme/?lang=pt>>. Acesso em: 26 Fevereiro 2012.

CARTAXO, F. et al. O gás natural e a perspectiva de mercado no estado. **Revista Brasileira de Energia**, v. 12 , n. 1, p. 7-20 , Vol. 12 | N o 1 2006.

CENTRO DE ESTUDOS EM SUSTENTABILIDADE DA FGV – GVCES. Sobre o Programa Brasileiro GHG Protocol. **Site do Programa Brasileiro GHG Protocol**. Disponível em: <<http://www.ghgprotocolbrasil.com.br>>. Acesso em: 05 Abril 2011.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS -CGEE. **Manual de Capacitação sobre Mudança do Clima e Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)**. Ministério de Ciência e Tecnologia. Brasília, p. 276. 2008. (ISBN - 978-85-60755-08-0).

ELETROBRAS. **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa ano base 2009**. Empresas Eletrobras. Rio de Janeiro, p. 75. 2010.

ELETROBRAS. Mapas de Acompanhamento de Geração - GTON. **Site da Eletrobras**, 2010. Disponível em: <<http://www.eletrobras.com/elb/data/Pages/LUMISF81A08D1PTBRIE.htm>>. Acesso em: 01 Janeiro 2012.

ELETROBRAS AMAZONAS DISTRIBUIDORA DE ENERGIA. Sobre a Eletrobras Amazonas Energia. **Site da Amazonas Distribuidora de Energia**. Disponível em: <<http://www.amazonasenergia.gov.br/>>. Acesso em: 14 Abril 2011.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Matriz Energética Nacional 2030**. Ministério de Minas e Energia. Brasília , p. 254. 2007.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Apresentação do Plano Decenal de Expansão de Energia 2008-2017**. Ministério de Minas e Energia. Brasília , p. 435. 2009.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Apresentação do Plano Decenal de Expansão de Energia 2010-2019**. Ministério de Minas e Energia. Brasília, p. 332. 2010.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Nacional de Energia 2030**. Ministério de Minas e Energia. Brasília , p. 324. 2007.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Nacional de Energia 2030: Projeções**. Ministério de Minas e Energia. Brasília, p. 372. 2007.

EUROPEAN COMMISSION CLIMATE ACTION. Bolsa de Valores da União Europeia. **Site da Bolsa de Valores da União Europeia**, 2005. Disponível em: <http://ec.europa.eu/clima/policies/brief/eu/index_en.htm>. Acesso em: 26 Fevereiro 2012.

FILHO, A. V. **Mudanças Climáticas e a Matriz Eneergetica Brasileira**. Ministério de Minas e Energia. Brasília , p. 55. 2009.

FRONDIZI, M. D. R. L. **O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo: Guia de Orientação** 2009. Rio de Janeiro: Imperial Novo Milênio, 2009.

GOLDEMBERG,. **S.O.S. Planeta Terra – O Efeito Estufa**. São Paulo: Brasiliense, 1989.

GORE, A.; LANDO], [I. M. **Uma verdade inconveniente: O que devemos saber (e fazer) sobre o aquecimento global**. São Paulo: Monoele, 2006.

GOULARTE, B. S.; ALVIM, A. M. A comercialização de créditos de carbono e seu impacto econômico e social. **Análise: Revista de Científica de Administração, Contabilidade e Economia**, Porto Alegre, v. 22, n. 1, p. 88, Junho 2011.

GRUPO ESTADO. Notícias: EUA incluem CO2 na lista de gases perigosos à saúde. **Site do Jornal Estadão**, 2009. Disponível em: <http://www.estadao.com.br/estadaodehoje/20090418/not_imp356769,0.php>. Acesso em: 19 maio 2011.

GRUPO TÉCNICO OPERACIONAL DA REGIÃO NORTE - GTON. **Relatório de Acompanhamento da Operação**. Eletrobras. Rio de Janeiro, p. 2. 2006.

GRUPO TÉCNICO OPERACIONAL DA REGIÃO NORTE - GTON. **Relatorio de Acompanhamento da Operação**. Eletrobras. Rio de Janeiro, p. 2. 2007.

GRUPO TÉCNICO OPERACIONAL DA REGIÃO NORTE - GTON. **Relatorio de Acompanhamento da Operação**. Eletrobras. Rio de Janeiro , p. 2. 2008.

GRUPO TÉCNICO OPERACIONAL DA REGIÃO NORTE - GTON. **Relatorio de Acompanhamento da Operação**. Eletrobras. Rio de Janeiro , p. 2. 2008.

GRUPO TÉCNICO OPERACIONAL DA REGIÃO NORTE - GTON. **Relatorio de Acompanhamento da Operação**. Eletrobras. Rio de janeiro, p. 3. 2009.

GRUPO TÉCNICO OPERACIONAL DA REGIÃO NORTE - GTON. **Relatorio de Acompanhamento da Operação**. Eletrobras. Rio de Janeiro , p. 3. 2010.

GRUPO TÉCNICO OPERACIONAL DA REGIÃO NORTE - GTON. **Relatório de Acompanhamento da Operação**. Eletrobras. Rio de Janeiro, p. 3. 2011.

GRUPO TÉCNICO OPERACIONAL DA REGIÃO NORTE - GTON. **Plano Anual de Operação dos Sistemas Isolados para 2012**. ELETROBRAS. Rio de Janeiro, p. 140. 2012.

GRUPO TÉCNICO OPERACIONAL DA REGIÃO NORTE – GTON. **Plano Anual de Operação dos Sistemas Isolados para 2012**. ELETROBRAS. Rio de Janeiro, p. 132. 2012.

HENRIQUES JÚNIOR, F.; VILLAR, D. C. **Alternativas para o Uso do Gás Natural na Região Norte**. Instituto Nacional de Tecnologia - INT. Rio de Janeiro , p. 336. 2009. (978-85-99465-04-2).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável Brasil 2010**. Estudos e pesquisas. Rio de Janeiro , p. 443. 2010. (ISBN 978-85-240-4134-1).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: Brasil 2010**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Rio de Janeiro, p. 443. 2010. (ISSN 1517-1450).

INSTITUTO BRASILEIRO DE RELAÇÕES COM INVESTIDORES – IBRI. Instituição Brasileira de Relações com Investidores. **Site da IBRI**, 2009. Disponível em: <http://www.ibri.com.br/download/publicacoes/IBRI_Caderno_1.pdf>. Acesso em: 19 Fevereiro 2012.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE-IPCC. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. **In: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. v.2-Energy, cap.3.** , v. 2, p. 1.1-1.29, 2006.

IPCC. **Tercer Informe de Evaluación: Cambio climático 2001 La base científica**. Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas. Suíça , p. 86. 2001.

IPCC. **Contribuição do Grupo de Trabalho I ao Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima**. IPCC. SUÍÇA, p. 25. 2007.

IPCC. **Contribuição do Grupo de Trabalho III ao Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima**. PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA. Suíça , p. 42. 2007.

IPCC, I. P. O. C. C. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Energy Volume 2 Chapter 1**. IPCC. [S.l.], p. 1.21. 2006.

JUNIOR, V. A. M. **CRÉDITOS DE CARBONO: Regulamentações, Tecnologia e Mercado**. São Paulo, p. 31. 2010.

LIMIRO, D. **Créditos de Carbono: Protocolo de Kyoto e Projetos de MDL**. 1. ed. Curitiba : Juruá Editora , 2009.

LOPES, I. V. **O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo: Guia de Orientação**. Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro, p. 90. 2002. (CDD - 363.7).

LOPES, R. J. **Setor elétrico lança plano para cortar CO2 no Brasil**. São Paulo: Folha de São Paulo, 2009.

MARENGO, J. ; SOARES, R. **Impacto das Mudanças Climáticas no Brasil e Possíveis Futuros Cenários Climáticos: Síntese do Terceiro Relatório do IPCC 2001**. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos-CPTEC/INPE. São Paulo, p. 29. 2007.

MCT. **Protocolo de Quioto**. [S.l.]: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/>>. Acesso em: 5 jun. 2010.

MCT. Protocolo de Quioto. **Site do Ministério da Ciência e Tecnologia**. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/>>. Acesso em: 5 jun. 2010.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Convenção sobre Mudança do Clima**. Ministério da Ciência e Tecnologia e Ministério das Relações Exteriores da República Federativa do Brasil. [S.l.], p. 27.

MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no Mundo: Última compilação do site da CQNUMC: 31 de janeiro de 2011**. Ministério de Ciência e Tecnologia. [S.l.], p. 12. 2011.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2019**. Ministério de Minas e Energia. Brasília, p. 323. 2010.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2020**. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília , p. 344. 2011.

MINISTRY OF ENVIRONMENT. **MDL Ilustrado**. Institute for Global Environmental Strategies. [S.l.], p. 101. 2009.

MOREIRA,. <http://www.meioambiente.biz/poluicao/efeito-estufa>. **Artigo apresentado no site da CMQV**, 2008. Disponível em: <<http://www.meioambiente.biz/poluicao/efeito-estufa>>. Acesso em: 20 nov. 2010.

MUDANÇAS CLIMÁTICAS. Sobre Mudanças Climáticas. **Site da Agência de Notícias dos Direitos da Infância**. Disponível em: <<http://www.mudancasclimaticas.andi.org.br/node/654?page=0,1>>. Acesso em: 05 Abril 2011.

MUSDUS CARBO. Sobre Serviços para Ingressa no Mercado de Carbono. **Site do Mundus Carbo**, 2009. Disponível em: <<http://www.munduscarbo.com/>>. Acesso em: 05 Abril 2011.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Setor Elétrico do Estado do Amazonas 2002-2008**. Centro Estadual de Mudanças Climáticas - CECLIMA. Manaus, p. 102. 2010. (CDU: 504.3.05).

SEIFFERT, M. E. B. **Mercado de Carbono e Protocolo de Quioto: oportunidades de negócio na busca de sustentabilidade**. São Paulo : Atlas S.A, 2009.

SILVA, I. M. D. Gás natural: a sua utilização na geração de energia elétrica no Brasil. **Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras/IF Fluminense**, Rio de Janeiro , v. 1, p. 426, Dezembro 2010. ISSN 2179-6971.

SOBRE as Metodologias de Base Aprovadas. **Site do Ministério da Ciência e Tecnologia**. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/22085.html>>. Acesso em: 10 Janeiro 2012.

SOBRE o Protocolo de Quioto. **Site do Ministério da Ciência e Tecnologia**. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/28821.html>>. Acesso em: 4 abr. 2011.

SOUZA, A. L. R. D. et al. O Mercado Global de Créditos de Carbono: Estudo Comparativo entre as Vertentes Reguladas e Voluntárias. **VII Congresso Nacional em Excelência em Gestão** , Rio de Janeiro , 12 Agosto 2011. 24.

UNFCC, U. N. F. C. O. C. C. **ACM0011: Consolidated baseline methodology for fuel switching from coal and/or petroleum fuels to natural gas in existing power plants for electricity**. UNFCC. [S.l.], p. 27. 2008. (EB41).

VILLELA, A. D. C.; ANTUNES, S.; SILVEIRA, L. **Impacto Ambiental de uma planta termelétrica: emissões de dióxido do carbono, óxidos de nitrogênio, material particulado e dióxido sulfúrico**. [S.l.], p. 18. 2007.

WIKIMEDIA FOUNDATION. Enciclopédia Eletrônica. **Site da Wikimedia Foundation**, 2012. Disponível em: <<http://commons.wikimedia.org/>>. Acesso em: 12 jan. 2012.

WORLD Nuclear Association. **World Nuclear Association**. Disponível em: <<http://www.world-nuclear.org/info/inf01.html>>. Acesso em: 24 Abril 2011.

ZANCAN, F. L. **Instrução normativa Ibama 07/09 proposta de resolução CONAMA implicações para sociedade brasileira**. Associação Brasileira do Carvão Mineral - ABCM. Rio de Janeiro, p. 27. 2009.