UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ANÁLISE DO BALANÇO ENERGÉTICO E DA MATRIZ DE EMISSÃO DE POLUENTES NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

por

THÁZIA VIVIANE SILVA DA SILVEIRA

BACHAREL EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, UFRN, 2004

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE

MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

NOVEMBRO, 2008

© 2008 THÁZIA VIVIANE SILVA DA SILVEIRA
TODOS DIREITOS RESERVADOS.

O autor aqui designado concede ao Programa de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Norte permissão para reproduzir, distribuir, comunicar ao público, em papel ou meio eletrônico, esta obra, no todo ou em parte, nos termos da Lei.

Assinatura do Autor: _____

APROVADO POR:

_____
Prof(a). Carlos Henrique Catunda Pinto, D.Sc. – Orientador, Presidente

_____
Prof(a). Nominando Andrade de Oliveira, D.Sc. – Membro Examinador

_____
Prof(a). Wyllys Abel Farkat Tabosa Dr. – Membro Examinador Externo

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

Catalogação da Publicação na Fonte. UFRN / SISBI / Biblioteca Setorial Especializada
Especializada do Centro de Ciências Exatas e da Terra – CCET.

Silveira, Tházia Viviane Silva da.

Análise do Balanço Energético e da Matriz de Emissões de Poluentes no Estado do Rio Grande do Norte / Tházia Viviane Silva da Silveira – Natal, 2008.

165 f. : il.

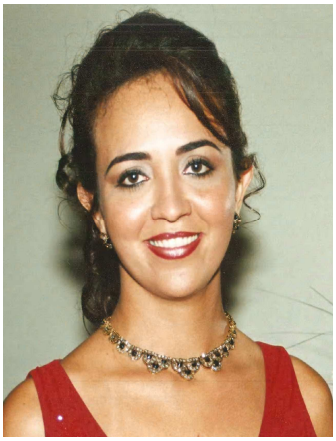
Orientador: Prof. Dr. Carlos Henrique Catunda Pinto.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção.

1. Matriz Energética - Dissertação. 2. Matriz de Emissões Poluentes - Dissertação. 3. Eficiência Energética - Dissertação. 4. Políticas Públicas. I. Pinto, Carlos Henrique Catunda. II Título.

RN/UF/BSE-CCET CDU: 620.91

CURRICULUM VITAE RESUMIDO



Tházia Viviane Silva da Silveira é Engenheira de Produção formada pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte no ano de 2004. Possui experiência profissional como Supervisora da Área de Produção do Núcleo de Pesquisa em Alimentos e Medicamentos – NUPLAM/UFRN, em 2007; Pesquisadora-bolsista do Centro de Tecnologia do Gás (CTGAS), no projeto Geração Distribuída a Gás Natural, entre agosto de 2005 e janeiro de 2007; Estágio Supervisionado na Petrobras Petróleo Brasileiro S.A. na área de Empreendimentos Especiais, entre 04/08/03 e 04/01/04; Monitora de disciplina do Projeto Engenharia Econômica e Projetos em 2003; Pesquisadora da Agência Nacional do Petróleo — ANP / UFRN, no período de 2001 a 2003. Possui formação especial em Mini-Curso de "Alternativas Tecnológicas para Utilização do Gás Natural", "Cimentação em Poços de Petróleo", 23 de Agosto de 2001 Natal RN; Curso de Geração e Cogeração de Energia a Gás, nov/2002, 28 horas, CTGAS, Natal; Curso Introdução ao Geoprocessamento – Uma Abordagem Prática, 18 a 31 de maio de 2005, laboratório de Geomática da UFRN.

PUBLICAÇÕES:

Silveira, Tházia V.S., Teixeira, Pedro H.G., energia: A Inserção da Indústria do Gás Natural na Economia do Rio Grande do Norte: um cenário desejável, XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba, outubro de 2002.

Silveira, Tházia V.S., Teixeira, Pedro H.G., RAMOS, Rubens E.B., energia: Identificação dos Obstáculos ao Desenvolvimento do Mercado de Gás Natural no Setor Cerâmico do Rio Grande do Norte, II Workshop dos Programas de Recursos Humanos da ANP/UFRN, Natal, outubro de 2002.

Silveira, Tházia V.S., Teixeira, Pedro H.G., energia: Energia e Desenvolvimento: Uma Análise a partir do Conceito de Racionalidade para o Brasil no Período 1984/2000, Associação Brasileira de Agência Reguladora – ABAR, Rio Grande do Sul, maio de 2003.

Dedico à Deus por ter me iluminado em todos os momentos da minha vida, a quem devo esta conquista;

À Francisca das Chagas Silva da Silveira, minha mãe, que sempre contribuiu com a realização dos meus sonhos; E meus irmãos Thamires, Thalles e Thasso pela paciência e compreensão durante a realização da pesquisa;

À João Gonçalves de Lima Filho, meu esposo, e à meu filho, Guilherme Adler Silveira de Lima. Seu amor, paciência e colaboração foram imprescindíveis ao meu sucesso.

AGRADECIMENTOS

À minha família como um todo pela torcida e colaboração;

Aos meus amigos Ederaldo, Rossana, Paulo, Janete, Andressa, Andréa, Albino, Marcelo pelo apoio e colaboração;

Aos meus colegas de mestrado com os quais tive o prazer de conviver alguns meses;

Ao prof. Pedro Hélio, pelas orientações ao longo da minha vida acadêmica, assim como pelos materiais cedidos;

Ao prof. Wyllys Abel Farkat Tabosa pela contribuição;

Aos profs. Luiz Guilherme e Karen Mattos pela disponibilidade em ajudar-me;

À Cleide e Vanessa pela colaboração prestada;

À Éverton pela contribuição;

Aos profs. Luiz Henrique Catunda Pinto e Nominando Andrade de Oliveira pela orientação deste trabalho;

À todos os professores do programa pela contribuição na minha formação profissional;

Á Universidade Federal do Rio Grande do Norte responsável pela minha formação profissional;

Ao programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção por ter me acolhido e confiado no meu potencial de trabalho;

Ao NUPLAN e CTGAS pela liberação para assistir as aulas;

Ao CEFET-RN pela contribuição durante a execução da pesquisa;

E a todos aqueles que não foram citados, mas que contribuíram de alguma forma para realização do trabalho.

RESUMO

A dissertação pretende apresentar o nível de emissões em que se encontra o Estado do Rio Grande do Norte, geradas com o consumo final de energéticos nos diversos setores da economia. Esta informação foi obtida a partir da matriz energética e de emissões poluentes do Estado, cujos dados foram extraídos do Balanço Energético Estadual e do Sistema de Informações Energéticas da Olade. O resultado poderá identificar os energéticos e os setores econômicos mais poluidores do RN, podendo auxiliar o planejamento energético, direcionando o desenvolvimento de políticas públicas que visam alteração gradativamente da matriz energética do RN com vistas à redução de emissões poluentes através da racionalização, eficiência e substituição energética, cujo objetivo é promover o desenvolvimento econômico, pautado no consumo de energia, de forma menos danosa ao meio ambiente, contribuindo também para o alcance de um desenvolvimento sustentável.

Palavras-Chaves: Matriz Energética. Matriz de Emissões de Poluentes. Racionalização Energética. Benefícios Ambientais.

ABSTRACT

This thesis intends to show the level of pollutant emissions in the State of Rio Grande do Norte, generated by the final consumption of energy in the many different sectors of the economy. This information was obtained from the energetic matrix and from the pollutant emissions of the State and the data was taken from the Balanço Energético Estadual and from the Sistema de Informações Energéticas da Olade. The result will permit to identify the energy and most polluting economic sectors in Rio Grande do Norte, contributing to energy planning, giving direction to the public policy development that aim at the change of the energy matrix of the State. Also with the objective of reducing pollutant emissions through rationalization, efficiency and energy substitution, which the main objective is to promote the economic development based on energy consumption of less harmful impact on the environment, contributing to establishment of sustainable development.

Key-Words: Energetic Matrix. Pollutant Emissions Matrix. Energetic Racionalizacion. Ambient Benefits.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Evolução do Consumo Energético Final por Fonte	86
Gráfico 2	Consumo Final de Energético no Ano 2000	87
Gráfico 3	Consumo Final de Energético no Ano de 2005	88
Gráfico 4	Consumo Energético por Setor Econômico em 2005	90
Gráfico 5	Emissões por Energéticos	91
Gráfico 6	Emissões no Rio Grande do Norte	93
Gráfico 7	Emissões de CO_2 por Setores	93
Gráfico 8	Participação dos Energéticos na Emissão de CO_2	94
Gráfico 9	Participação no Consumo do Setor de Transporte	95
Gráfico 10	Emissões do Setor de Transporte	96
Gráfico 11	Consumo Energético dos Segmentos do Setor de Transportes	97
Gráfico 12	Emissões dos Segmentos de Transporte	97
Gráfico 13	Participação no Consumo do Setor Residencial	98
Gráfico 14	Emissões do Setor Residencial	99
Gráfico 15	Participação no Consumo do Setor Energético	100
Gráfico 16	Emissões do Setor Energético	100
Gráfico 17	Participação no Consumo do Setor Industrial	101
Gráfico 18	Emissões do Setor Industrial	102
Gráfico 19	Consumo de Lenha no Setor Industrial	102
Gráfico 20	Emissões nos Segmentos Industriais	103
Gráfico 21	Participação no Consumo do Setor Comercial	104
Gráfico 22	Emissões do Setor Comercial	104
Gráfico 23	Participação no Consumo do Setor Público	105
Gráfico 24	Emissões do Setor Público	106
Gráfico 25	Participação no Consumo do Setor Agropecuário	107
Gráfico 26	Emissões do Setor Agropecuário	107

LISTA DE SIGLAS

ADENE	Agência para a Energia
AGN	Agência de Fomento do RN
ANP	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
BB	Banco do Brasil
BEN	Balanço Energético Nacional
BIRD	Banco Internacional para a Reconstrução e o Desenvolvimento
BNB	Banco do Nordeste do Brasil S.A
BNDS	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CEPEL	Centro de Pesquisa de Energia Elétrica
CHESF	Companhia Hidrelétrica do São Francisco
CNPE	Conselho Nacional de Petróleo
COSERN	Companhia Energética do RN
GEE	Gases do Efeito Estufa
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GN	Gás Natural
GNL	Gás Natural Liquefeito
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
IDEMA	Instituto de Defesa do Meio Ambiente do Rio Grande do Norte
Kcal	Quilocaloria
KWh	Quilowatt-Hora
MME	Ministério de Minas e Energia
OLADE	Organização Latino Americana de Desenvolvimento Energético
PIB	Produto Interno Bruto
POTIGAS	Empresa Potiguar de Gás
PPM	Partes por Milhão
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas
PRONAF	Programa Nacional da Agricultura Familiar
RN	Rio Grande do Norte
SIEE	Sistema de Informação Energética do Olade
Tep	Tonelada Equivalente de Petróleo
TRF	Taxa de Reposição Florestal

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 13
1 INTRODUÇÃO 13
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO 13
1.2 OBJETIVO 17
1.3 RELEVÂNCIA 18
1.3.1 Relevância Prática 18
1.3.1 Relevância Teórica 18
1.4 METODOLOGIA 18
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO 19
CAPÍTULO 2 20
2 REFERENCIAL TEÓRICO 20
2.1 ENERGIA 20
2.1.1 Matriz Energética do Rio Grande do Norte 21
2.1.1.1 Energia Elétrica 22
2.1.1.2 Petróleo e Derivados 23
2.1.1.3 Gás Natural 24
2.1.1.4 Biodiesel 25
2.1.1.5 Biomassa 26
2.1.1.6 Lenha e derivados do Carvão Vegetal 27
2.1.1.7 Energia Eólica 32
2.2 EMISSÕES 33
2.2.1 A Atmosfera 33
2.2.2 Fontes de Poluição do Ar 36
2.2.3 Tipos de Poluentes do Ar 38
2.2.3.1 Particulados 38
2.2.3.2 Gases 39
2.2.3.3 Líquidos 39
2.2.4 Classificação dos Poluentes 40
2.2.4.1 Compostos contendo enxofre 40
2.2.4.2 Compostos contendo carbono 42
2.2.4.3 Compostos contendo nitrogênio 44

2.2.4.4 Compostos contendo halogênio 45
2.2.4.5 Ozônio 46
2.2.5 Efeitos da Poluição do Ar 48
2.2.5.1 Saúde humana 48
2.2.5.2 Vegetação 50
2.2.5.3 Materiais 50
2.2.5.4 Condições Climáticas 51
2.2.6 Métodos de Controle da Poluição do Ar 52
2.3 MUDANÇAS CLIMÁTICAS 56
2.4 POLÍTICAS PÚBLICAS PARA O SETOR ENERGÉTICO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE 60
2.4.1 Energia Elétrica 61
2.4.2 Petróleo e Derivados 62
2.4.3 Gás Natural 65
2.4.4 Biodiesel 68
2.4.5 Biocombustíveis 69
2.4.6 Lenha e Derivados do Carvão Vegetal 71
2.4.7 Energia Eólica e Outras Fontes Alternativas 75
2.5 CONCLUSÃO 76
CAPÍTULO 3 77
3 METODOLOGIA DA PESQUISA 77
3.1 TIPOLOGIA 77
3.2 ÁREA DE ABRANGÊNCIA 78
3.3 ANÁLISE DOS DADOS 79
CAPÍTULO 4 82
4 RESULTADOS 82
4.1 CONSUMO ENERGÉTICO E EMISSÕES DE POLUENTES 82
4.1.1 Matriz de Consumo Energético do Rio Grande do Norte 82
4.1.2 Matriz de Emissões de Poluentes 83
4.1.3 Setor de Transportes 94
4.1.4 Setor Residencial 98
4.1.5 Setor Energético 99
4.1.6 Setor Industrial 101

4.1.7 Setor Comercial 103
4.1.8 Setor Público 105
4.1.9 Setor Agropecuário 106
4.2 CONCLUSÃO 108
CAPÍTULO 5 109
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 109
5.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA 109
5.2 METODOLOGIA DA PESQUISA 109
5.3 RESULTADOS DA PESQUISA 110
5.4 ANÁLISE CRÍTICA DO TRABALHO 111
5.5 LIMITAÇÕES DO TRABALHO 111
5.6 DIREÇÕES DE PESQUISA 111
5.7 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES 112
REFERÊNCIAS 116
ANEXOS 119
ANEXO A - COEFICIENTES DE EMISSÕES POLUENTES DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO ENERGÉTICA DA OLADE 119
ANEXO B - MATRIZ ENERGÉTICA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE 123
ANEXO C - EVOLUÇÃO DO CONSUMO NOS SETORES DE TRANSPORTES E INDÚSTRIAS 137
ANEXO D - CONSUMO ENERGÉTICO POR SETORES EM 2005 150
APÊNDICES 151

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo contém a apresentação do trabalho, contextualizando os relevantes tópicos abordados no mesmo. Inclui a temática energética com sua respectiva inclinação à eficiência e racionalização, adicionada às conseqüências ambientais com o uso da energia em termos de emissões poluidoras. Contempla também o objetivo, a relevância e a estrutura geral do trabalho.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

"A demanda mundial por alimentos dobrará e a produção industrial e o consumo de energia provavelmente duplicarão e sextuplicarão nos países em desenvolvimento, o que tornará a vida no planeta extremamente complicada". (BANCO MUNDIAL, 2002 apud CARRA, 2003, p. 4).

O crescimento da população mundial, associado à crescente necessidade de energia, de terras e outros recursos, exerce forte impacto sobre as emissões atmosféricas. A perspectiva de crescimento de mercado energético deve-se ao fato da energia ser um insumo indispensável ao desenvolvimento sócio-econômico.

O uso de energia que caracteriza as economias modernas é uma das principais causas da emissão antrópica do CO_2 na atmosfera (POOLE; HOLLANDA; TOLMASQUIN, 1998). E segundo Jannuzzi (2002), é responsável por mais de dois terços das emissões de gases de efeito estufa.

O sistema de transporte, as instalações industriais, as centrais de transformações energéticas, as instalações de aquecimento, as organizações empresariais, residências, dentre outras, são causadores da poluição atmosférica, uma vez que a energia é responsável pelo funcionamento de máquinas e equipamentos em processos produtivos e seu uso gera impactos

ambientais. As indústrias e os transportes, em particular, são significativos poluidores, em função da grande quantidade e diversidade de processos de combustão que precisam ser gerados para suprir as demandas da sociedade, caso contrário o funcionamento de todo o sistema seria paralisado.

Durante muitas décadas o petróleo foi o grande propulsor da economia mundial, chegando a representar aproximadamente 50% do consumo mundial de energia primária no início dos anos 70. Apesar da redução gradativa ao longo do tempo, sua participação na matriz energética mundial ainda é grande e deverá manter-se expressiva por algum tempo (RIO GRANDE DO NORTE, 2005). Sendo que o petróleo e seus derivados constituem significativos poluidores atmosféricos.

O mundo ainda se depara com um gigantesco consumo de combustíveis fósseis, que repercute graves conseqüências geopolíticas e ambientais. Os grandes conflitos mundiais, exemplificados pelos choques do petróleo, revelam para a humanidade que ela não pode continuar na dependência de fontes de energia não-renováveis. Adicionalmente as mudanças climáticas que vêm ocorrendo no mundo, com sérias implicações para o planeta, despertaram a atenção do mundo sobre a possibilidade de substituí-los por fontes alternativas. O desenvolvimento científico e tecnológico deve buscar novas fontes energéticas.

Sendo inevitável o uso de combustíveis fósseis, sua utilização eficiente e a redução de desperdícios são provavelmente a forma mais atraente de reduzir as emissões de CO_2. O uso racional de energia se constitui no principal exemplo de ação ambientalmente correta, quer dizer, seus benefícios econômicos e sociais são tão importantes que justificariam as emissões de poluentes. (POOLE; HOLLANDA; TOLMASQUIM, 1998).

De acordo com Rio Grande do Norte (2005), os países industrializados têm sido responsáveis pela maior parte das emissões globais de gases de efeito estufa. Nesse contexto, países em desenvolvimento têm função importante no processo, visto que, enquanto os países desenvolvidos devastaram suas matas para suprirem necessidade local, prejudicando assim o fenômeno natural da reciclagem do carbono e da co-geração da energia solar, os países em desenvolvimento podem apoiar seu crescimento adotando mecanismos menos poluentes.

A importância do comprometimento dos países em reduzir a emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa, em cumprimento das metas do protocolo de Kyoto[1], reside na dependência da sobrevivência das espécies à mudança climática global. O conceito de desenvolvimento sustentável considera, para a continuidade da vida, um equilíbrio entre os aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Limitar as emissões de poluentes no mundo é um grande problema, uma vez que são provenientes do consumo de energia, que está intimamente ligado com o modo de vida das pessoas e com o desenvolvimento econômico dos países. Diminuir a quantidade das emissões e substituir as fontes mais emissoras significa mudar hábitos de consumo de bilhões de pessoas e organizações. Além da busca e escolha de caminhos energéticos alternativos, assim como hábitos também alternativos para o desenvolvimento dos países pobres (NEILA; JAMILE; ANA PAULA, 2008).

Todavia, o ser humano está se voltando para a questão de como se desenvolver sem agredir ou predar, na velocidade e intensidade com que vem fazendo ao longo de décadas, o meio ambiente. Ressurge o estímulo natural do homem em busca de soluções que procure equacionar formas de alternativas energéticas, que viabilize o balanceamento global das emissões de gases poluentes, que satisfaçam o Protocolo de Kyoto (CARRA, 2003).

Com o aumento da conscientização ambiental no mundo torna-se indispensável atingir um desenvolvimento de forma mais sustentável que contribua para a qualidade de vida das

---

Protocolo de Kyoto é consequência de uma série de eventos iniciada com a *Toronto Conference on the Changing Atmosphere*, no Canadá (outubro de 1988), seguida pelo *IPCC's First Assessment Report* em Sundsvall, Suécia (agosto de 1990) e que culminou com a *Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática* (CQNUMC, ou UNFCCC em inglês) na ECO-92 no Rio de Janeiro, Brasil (junho de 1992). Também reforça seções da CQNUMC. Discutido e negociado em Kyoto no Japão em 1997, foi aberto para assinaturas em 16 de março de 1998 e ratificado em 15 de março de 1999. Sendo que para este entrar em vigor precisou que 55% dos países, que juntos, produzem 55% das emissões, o ratificassem, assim entrou em vigor em 16 de fevereiro de 2005, depois que a Rússia o ratificou em Novembro de 2004.Constitui-se no protocolo de um tratado internacional com compromissos mais rígidos para a redução da emissão dos gases que provocam o efeito estufa, considerados, de acordo com a maioria das investigações científicas, como causa do aquecimento global. Discutido e negociado em Kyoto no Japão em 1997, foi aberto para assinaturas em 16 de março de 1998 e ratificado em 15 de março de 1999. Sendo que para este entrar em vigor precisou que 55% dos países, que juntos, produzem 55% das emissões, o ratificassem, assim entrou em vigor em 16 de fevereiro de 2005, depois que a Rússia o ratificou em Novembro de 2004 (PROTOCOLO ..., 2008)

gerações futuras. Nos últimos anos, programas ambientais têm sido desenvolvidos com o objetivo de mitigar o alto nível de emissões poluentes lançados na atmosfera.

Nesse sentido, o planejamento energético e econômico funciona como uma maneira de mitigação dos impactos sobre o planeta terra. Para tanto, deve-se racionalizar o uso dos energéticos disponíveis de acordo com o desenvolvimento sustentável, ou seja, satisfazendo as necessidades energéticas sem comprometer o suprimento de gerações futuras, e desenvolver energias alternativas menos poluentes.

A emissão de CO_2 energético do Brasil é das mais baixas do mundo em relação à população, sobretudo quando comparada com a produção econômica. Esta posição, no entanto, está mudando e as emissões vêm crescendo nos últimos anos, com tendência a acelerar no futuro. Esta tendência pode ser alterada e, até mesmo revertida com ações de conservação de energia. Com efeito, existe um grande potencial de economia de energia no Brasil junto aos consumidores finais, seja empregando tecnologias mais eficientes nos carros, motores, eletrodomésticos, etc, seja indiretamente, com ações como a melhoria dos sistemas de transportes. Além disso, há um potencial importante de redução de desperdícios junto aos supridores de energia, nos processos de transformação da energia primária nas formas mais utilizadas pelos consumidores (POOLE; HOLLANDA; TOLMASQUIM, 1998).

De acordo com Rio Grande do Norte (2005), o Brasil apresenta um potencial científico e tecnológico para produzir conhecimento que o leve a explorar, de forma sustentável, o diversificado campo de energia gerada a partir de fontes renováveis e limpas, visto que tem a sua disposição grandes riquezas energéticas, possui grandes bacias fluviais, com potencial tanto para navegação quanto para transformação em força motriz e em energia elétrica, possui grandes florestas tropicais com áreas agricultáveis que, se exploradas de forma sustentável, poderão ser grandes produtoras de energia, potencial eólico promissor e é coberto por sol quase durante todo o ano, destacando-se a energia solar como grande fonte primária.

O CEPEL, Centro de Pesquisa de Energia Elétrica, com a publicação do Mapa do Potencial Eólico Brasileiro em 2001, revelou que o potencial eólico brasileiro está concentrado nas regiões litorâneas e particularmente no nordeste do país, aproximadamente 140 GigaWatts. Contudo o potencial elétrico gerado no país é inferior a 25 MW.

Segundo Rio Grande do Norte (2005), no Brasil o emprego de biomassa para gerar energia encontra-se focado, principalmente, no aproveitamento de resíduos industriais.

Espera-se que num futuro próximo a biomassa venha gradativamente substituir os combustíveis gerados de energias não renováveis.

O Estado é privilegiado em termos de geração de energia dada a sua potencialidade energética, onde destacamos as biomassas, a energia solar, a energia eólica, as forças das marés e os combustíveis fósseis, apesar da intensa devastação da caatinga, bioma típico do semi-árido, para satisfação das necessidades energéticas locais, pois apresenta uma forte dependência sócio-econômica dos recursos florestais (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

Em função da importância do consumo energético para o desenvolvimento econômico, propõe-se analisar a matriz de consumo energético e de emissões de poluentes do Estado do Rio Grande do Norte a fim de mitigar seus efeitos nocivos ao meio ambiente, possibilitando um desenvolvimento ambientalmente mais sustentável para a sociedade. Nesse contexto o uso criterioso e eficaz da energia possibilita a redução de impactos ambientais em processos produtivos ineficientes do ponto de vista energético.

1.2 OBJETIVO

O trabalho se propõe a analisar a matriz de consumo energético e de emissões poluentes que permite, dentro da perspectiva de planejamento econômico e energético, avaliar o comportamento das quantidades de energéticos consumidas e as respectivas emissões geradas com esse consumo, indicando os setores econômicos e os energéticos mais poluidores do Estado do Rio Grande do Norte. O trabalho pretende servir de instrumento para fomentar políticas públicas que estimulem o crescimento econômico de maneira menos ofensiva ao meio ambiente, pautado em programas de utilização racional de energia, de eficiência energética, de conservação e preservação ambiental.

Dessa forma o trabalho demonstra a importância das políticas públicas no que se refere à possibilidade de alteração gradativa da matriz energética estadual, do ponto de vista ambiental, pautada na quantidade de emissões que podem ser minimizadas ao longo do tempo.

1.3 RELEVÂNCIA

1.3.1 Relevância Teórica

O trabalho contribui com o meio acadêmico ao produzir informações sobre o nível de emissões geradas pelo consumo final de energéticos no Estado do Rio Grande do Norte.

1.3.2 Relevância Prática

Contribui com o setor público, do ponto de vista prático, podendo servir de instrumento orientador para elaboração de políticas públicas que permitam alteração gradativa na matriz energética estadual através da substituição de energéticos mais poluidores por aqueles menos impactantes ao meio ambiente, embasada na racionalização e eficiência energética.

1.4 METODOLOGIA

O trabalho adota a metodologia de pesquisa do tipo bibliográfica, cujos dados de análise foram extraídos do Balanço Energético do Estado do Rio Grande do Norte (2006), de onde foi gerada a matriz de consumo energético estadual, e do Instituto de Economia Energética (1996), de onde foram retirados os coeficientes de emissões de poluentes do Sistema de Informação Energética da Olade, versão 1992.

A matriz de consumo energético é apresentada a partir dos consumos finais de energéticos, em toneladas, que multiplicados pelos respectivos coeficientes de emissões de poluentes, ora classificados por setores e energéticos, cuja unidade está em quilograma de poluentes por tonelada de energético, obtém-se a matriz de emissões de poluentes lançados na atmosfera, tais como CO_2, CO, HC, SO_2, NO_X e particulados.

As informações obtidas da Matriz de Emissões Poluentes indicam os setores da economia e os energéticos mais poluidores do Estado e poderão ser usadas como instrumentos direcionadores para o desenvolvimento de políticas públicas no setor energético, cujo foco seja a minimização das emissões de poluentes, pautadas na eficiência e racionalização energética, capazes de fomentar inclusive a alteração gradativa na matriz energética estadual priorizando a substituição dos energéticos mais poluidores pelos menos poluidores.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O capítulo 01 contém uma apresentação introdutória do trabalho, com as abordagens temáticas a serem desenvolvidas ao longo do mesmo, assim como o objetivo, a relevância, a metodologia aplicada para obtenção dos resultados e a estrutura do trabalho.

O capítulo 02 expõe a pesquisa bibliográfica para contextualização do trabalho. Este capítulo discorre sobre assuntos relacionados à Energia, Matriz Energética do Rio Grande do Norte, Emissões Atmosféricas, Mudanças Climáticas, Efeito Estufa e Políticas Públicas para o Setor Energético do Rio Grande do Norte.

O capítulo 03 relata a metodologia adotada para o desenvolvimento do trabalho, incluindo a tipologia da pesquisa, a área de abrangência e a análise dos dados.

O capítulo 04 informa os resultados da pesquisa. Neste capítulo encontram-se os gráficos que ilustram os consumos energéticos pelos diversos setores da sociedade Norte-riograndense, assim como seus respectivos níveis de emissões poluentes.

O capítulo 05 apresenta a síntese geral do trabalho, assim como a conclusão e recomendações, análise crítica e limitações quanto ao objetivo, assim como o direcionamento para pesquisas futuras.

CAPÍTULO 2

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta o referencial teórico indispensável para elaboração do trabalho. Estão incluídos nesta parte teórica, assuntos como a importância do uso da energia para o desenvolvimento sócio e econômico de toda unidade federativa, a matriz energética do Rio Grande do Norte, as mudanças climáticas que podem ser ocasionadas com o uso da energia e o conseguinte efeito estufa, assim como um direcionamento para o estabelecimento de políticas públicas no setor energético do Estado do Rio Grande do Norte que visem reduzir a emissão de poluentes.

2.1 ENERGIA

A demanda da sociedade por energia inicia-se com uma demanda por serviços de energia que, por sua vez, geram as demandas pela energia secundária e primária. As escolhas ao longo desta cadeia podem ter um impacto importante no tipo de demanda de energia que finalmente irão influir no nível de emissões (POOLE; HOLLANDA; TOLMASQUIM, 1998).

A energia encontrada na natureza é denominada de energia primária, que pode ser renovável - as manifestações diretas ou indiretas da energia que chega do sol, quedas d’água, ventos marés, biomassa; ou não renovável como o carvão, petróleo e gás natural, por exemplo. Nas sociedades modernas a energia primária é pouca utilizada, precisam ser transformadas em formas úteis como eletricidade, álcool, óleo diesel, gasolina, por exemplo, para serem consumidas, sendo denominadas dessa forma de energia secundária (CARRA, 2003).

De acordo com Carra (2003), no processo de transformação parte da energia original é utilizada para transportar a energia e para fazer funcionar as refinarias e destilarias, tais energias desviadas para viabilizar a forma final de utilização constituem as perdas.

A energia secundária pode ser utilizada de forma direta – como o calor, o frio, o movimento, ou indireta quando se adquirem os bens e serviços das fábricas, comércio e entidades de serviços que usam energia nos processos produtivos que correspondem à real necessidade da economia. O uso final inclui automóveis, aquecedores, lâmpadas e motores elétricos usados pelos indivíduos para produzir a energia útil, os equipamentos das fábricas, do comércio e do setor de serviços. Nesta fase final de uso as perdas de energia são elevadas, tanto em função dos equipamentos utilizados como o modo de uso (CARRA, 2003).

Para Poole, Hollanda e Tolmasquim (1998), em usos finais, exemplos de perdas podem ser verificados em motores elétricos que podem ter, em geral, uma eficiência superior a 90%, e na prática operam com eficiência muito baixa (às vezes menos que 50%) porque são superdimensionados e/ou operados inadequadamente; Sistemas de transportes também geram grandes perdas de combustíveis com a congestão nas rodovias; Nas lâmpadas incandescentes e nos automóveis, as perdas são mais de 70%.

Segundo a termodinâmica não é possível eliminar completamente as transformações de energia, mas, em muitos casos, elas podem ser reduzidas e assim reduzir a poluição atmosférica que é ampliada pela ineficiência dos processos. Nesse contexto, a conservação de energia visa à redução de transformações de energia evitáveis sem afetar as necessidades de energia útil e o bem estar da sociedade (POOLE; HOLLANDA; TOLMASQUIM, 1998).

2.1.1 Matriz Energética do Rio Grande do Norte

De acordo com Rio Grande do Norte (2006), a produção das várias formas de energia no Estado, em 2005, foi da ordem de 5.703.354 Toe, entre petróleo (67,4%), gás natural (20,3%), lenha (8,7%), cana-de-açúcar (3,6%) e energia eólica (0,0...%). Da produção total, 897.838 Toe, (15,7%) foi consumida como energia primária, energia provida da natureza sem sofrer transformação. A exportação do petróleo, gás natural e gás liquefeito de petróleo correspondem a 78,3% da energia produzida e 68,4% da oferta total [produção (+) importação (–) variação de estoque].

Segundo Rio Grande do Norte (2006), dentre os energéticos importados pelo Estado destacam-se óleo diesel (4,8%) da oferta total, gasolina (2,3%) da oferta total, outros derivados do petróleo (1,3%) da oferta total, álcool (0,1%) da oferta total e eletricidade

(4,1%) da oferta total, cuja importação é realizada pela Companhia Energética do Rio Grande do Norte (COSERN).

Ainda segundo Rio Grande do Norte (2006), a destinação da oferta total de energéticos distribui-se nos setores de transporte (9%), industrial (5,1%), agropecuário (0,6%), residencial (6,6%), comercial/público (2,3%), exportados para uso energético (68,4%) e para usos não energéticos (0,3%), cujo fluxo energético está apresentado na Figura 1.

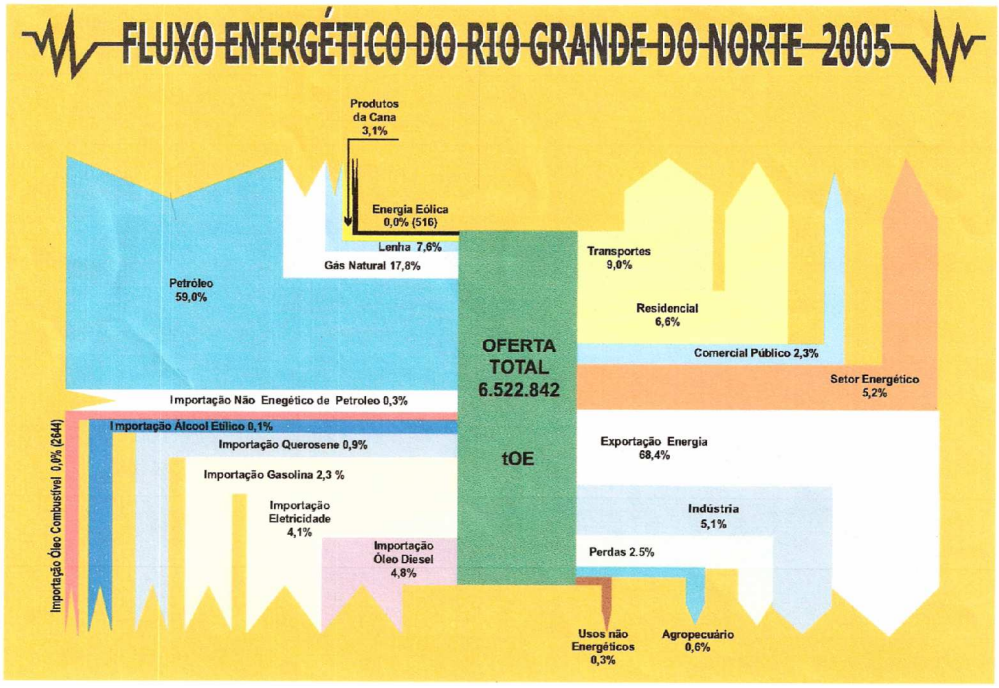


Figura 1 - Fluxo Energético do Rio Grande do Norte em 2005
Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

A seguir será apresentada uma contextualização sobre os diversos energéticos disponíveis para consumo no Estado do Rio Grande do Norte.

2.1.1.1 Energia Elétrica

De acordo com Rio Grande do Norte (2005), em função da escassez de investimento na área de infra-estrutura do setor elétrico, em 2001, ocorreu o problema do racionamento de energia elétrica. A geração de energia elétrica é essencialmente a partir de usinas hidrelétricas, onde os baixos níveis dos reservatórios geraram necessidade de contenção de consumo.

Encerrado o período de racionamento, quando os reservatórios alcançaram níveis adequados de operação, iniciou-se o processo de redução da dependência da geração da energia nacional das usinas hidrelétricas, que se refere à geração de energia de forma descentralizada, no próprio local de consumo ou o mais próximo possível do centro de carga, com economia nos custos de transmissão e distribuição, de forma a proporcionar uma solução energética economicamente otimizada para cada caso específico. Nesse contexto podem-se incluir usinas térmicas, energia eólica e solar, assim como dispositivos de armazenamento de energia e estratégias de gerenciamento de demanda, contribuindo para diversificação da matriz energética nacional e consequentemente a do Estado do Rio Grande do Norte.

Uma estimativa da demanda anual de energia elétrica do Rio Grande do Norte é da ordem de 530 MW, sendo abastecido, quase que em sua totalidade, pela energia elétrica gerada pela Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF), sendo, portanto, um importador de energia. No entanto, o Estado é promissor no que se refere à geração de energia elétrica, devido a sua potencialidade eólica, solar, dos recursos derivados do gás natural e da biomassa, o que poderá torná-lo exportador de energia, principalmente quando da operação da termoelétrica da empresa Termoaçu S.Ae com o apoio do Programa de Incentivo a Fontes Alternativas (PROINFA) (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

2.1.1.2 Petróleo e Derivados

Atualmente o Rio Grande do Norte processa cerca de 30% de sua produção de petróleo, percentual que deve aumentar com a instalação da mini refinaria prevista para o Estado. O início da produção de derivados desencadeou uma série de investimentos em Guamaré, o que tornou o Estado produtor de querosene de aviação e elevou a produção de diesel para nove mil barris por dia, em 2005 (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

O Rio Grande do Norte conta com uma unidade de refino de médio porte com uma produção diversificada de derivados de petróleo e gás natural. Atende suas necessidades em gás de cozinha, gás natural, querosene de aviação e de óleo diesel e exporta o excedente de sua produção para Estados vizinhos, como a Paraíba, Pernambuco e Ceará (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

2.1.1.3 Gás Natural

O gás natural é uma mistura de componentes inorgânicos e hidrocarbonetos saturados, com predominância do metano e, em menor quantidade, etano, propano dentre outros. Gera menos poluentes atmosféricos quando comparados com outros combustíveis fósseis, produz pouco dióxido de enxofre (SO_2), quase nenhum material particulado, os óxidos de nitrogênio e dióxido de carbono produzidos são inferiores a produção de outros combustíveis. Proporciona um bom rendimento e o custo de aproveitamento é relativamente baixo quando comparado com outros combustíveis. Por ser mais leve que o ar, se dissipa facilmente. No Estado é comercializado pela Empresa Potiguar de Gás (POTIGAS), que atende Natal, Macaíba, Ielmo Marinho, São Gonçalo, Goianinha, Mossoró, Parnamirim e Ceará Mirim (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

No aproveitamento do gás natural, os gases butano e propano são liquefeitos, gerando o gás liquefeito de petróleo (GLP) e o gás natural (GN). O GLP é armazenado em tanques pressurizados para serem transportados e distribuídos posteriormente. O GN pode ser estocado em sistema de gás natural liquefeito (GNL) para serem transportados, depois gaseificados para serem distribuídos e pode ser transportado em gasoduto para injeção pressurizada em poços de petróleo ou para serem distribuídos em rede para o setor consumidor industrial, automotivo, comercial, residencial, dentre outros (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

O GN é um combustível versátil que pode ser eficientemente queimado em fornos, fogões, aquecedores de água, secadores, caldeiras, incineradores, aparelhos de ar condicionado, refrigeradores, desumidificadores, dentre outras possibilidades de utilização. A sua crescente inserção na matriz energética deve-se a investimentos que são viáveis devido a sua competitividade frente aos energéticos substitutos (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

O Rio Grande do Norte é um Estado de significativa produção de gás natural no país, buscando o equilíbrio ambiental tendo como referência as metas definidas no Protocolo de Kyoto. O emprego do gás natural residual como opção para diversificação da matriz energética vem ganhando importância em face à política internacional com relação ao domínio das reservas de petróleo, assim como a preocupação com as emissões de gases causadores do efeito estufa (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

O gás natural produzido no Rio Grande Norte é, predominantemente, associado ao petróleo, isto é, está dissolvido no óleo ou sob a forma de capa de gás, cuja produção é determinada diretamente pela produção do óleo. Caso sua extração não seja viável, ocorre a reinjeção na jazida ou é queimado. Em geral, o Estado apresenta um elevado índice de aproveitamento do gás (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

A produção estadual é processada nas unidades de processamento de gás de Guamaré, separando as frações mais pesadas, tais como propano e butano (GLP), enquanto que o gás residual é transportado através de dutos a uma pressão de 100 $kgf.cm^{-2}$ e disponibilizado para distribuição pelos gasodutos GASFOR e NORDESTÃO, pela empresa consórcio Malhas Nordeste S.A, operacionalizados pela Petrobras Transportes S.A - TRANSPETRO, destinado ao próprio Estado, Paraíba, Pernambuco e Ceará (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

2.1.1.4 Biodiesel

Foi na Universidade Federal do Ceará, na década de 70, que se desenvolveram pesquisas que resultaram na descoberta de um novo combustível obtido de óleos vegetais, com propriedades semelhantes ao diesel mineral, o biodiesel (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

Devido a fatores econômicos e técnicos, o uso direto de óleos vegetais como combustíveis foi, ao longo dos anos, substituído pelos derivados de petróleo. Pois com o desenvolvimento da indústria petrolífera, a abundância e os baixos preços dos derivados de petróleo, os óleos vegetais ficaram em desvantagem e os motores diesel começaram a ser projetados e fabricados para utilização do óleo diesel. Todavia, as diversas crises econômicas provocadas pelos choques do petróleo, aliadas as fortes pressões ambientalistas que motivam a luta pela qualidade do meio ambiente e ainda com a introdução do conceito de “desenvolvimento sustentável” o interesse pelo uso de combustíveis biodegradáveis oriundos de fontes renováveis foi retomado. Nesse contexto, a produção de biodiesel aparece como prioridade na política de combustíveis dos governos comprometidos com a preservação ambiental (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

Em face da necessidade de reduzir níveis alarmantes de poluição provocada pelo uso excessivo de combustíveis fósseis, aliada aos altos preços do petróleo estão sendo realizadas

em diversas regiões do país novas pesquisas e testes para utilização do biodiesel, destacando-se a Universidade Federal do Paraná, Universidade Estadual de Santa Cruz, a Universidade Federal do Rio de Janeiro, assim como o Ceará, Piauí, Ribeirão Preto, dentre outras (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

O Biodiesel é uma denominação genérica para um combustível renovável, biodegradável, que pode ser misturado em diversas proporções ao óleo diesel mineral e até substituí-lo integralmente, como fonte de combustível para motores de ciclo diesel, sendo mais utilizado nos meios de transporte, máquinas agrícolas e no acionamento de geradores de energia elétrica. É um combustível formado por uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, resultantes da reação de transesterificação de qualquer glicerídeo com álcool de cadeia curta, metanol ou etanol. Através deste processo tecnológico, o biodiesel pode ser obtido de diversos óleos vegetais produzidos por oleaginosas como a mamona, o dendê, o babaçu, a soja, o algodão, o girassol e o amendoim, dentre outras. Também podem ser usadas como matéria-prima na produção do biodiesel as gorduras animais, óleos e gorduras residuais resultantes de processamentos domésticos, comerciais e industriais. No Rio Grande do Norte, a produção do biodiesel deverá ter como matéria-prima, inicialmente, a mamona (GRANDE DO NORTE, 2005).

A lei 11.097 autoriza a adição de 2% de biodiesel ao diesel de petróleo, a partir de 2008, tal porcentagem será elevada para 5% em 2013. A partir desta lei a ANP passou a ser chamada Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

Em 2004, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDS aprovou o Programa de Apoio Financeiro a Investimentos em Biodiesel. E a produção da matéria-prima pela agricultura familiar conta com linhas de financiamento do Programa Nacional da Agricultura Familiar - PRONAF (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

2.1.1.5 Biomassa

Biomassa é a matéria orgânica produzida pelas plantas através da fotossíntese, que é o processo que utiliza a radiação solar como fonte energética. A base primária são os vegetais que repassam a energia para os animais, diretamente para os herbívoros ou onívoros e destes

para os carnívoros primários e secundários. Portanto, planta, animais e seus derivados são biomassa e sua utilização como combustível pode ser feita na forma bruta ou através de seus derivados. Por exemplo, madeira, produtos agrícolas, resíduos florestais, excrementos animais, carvão vegetal, álcool, óleos animais, óleos vegetais, gás pobre, biogás são formas de biomassa utilizadas como combustível, assim como materiais orgânicos: biomassa arborícola (lenhas oriundas das podas das árvores e o carvão vegetal), sobra de madeira da indústria (serragem ou pó de serra), vegetal e frutas (cana-de-açúcar, beterraba, abacate, amendoim, soja, castanha do caju, milho e dendê), resíduos agrícolas (bagaço da cana, palha de milho, palha de arroz, casca de castanha, casca de coco), certos tipos de esgotos industriais e residenciais, e lixo de natureza orgânica ou não, principalmente o lixo doméstico, poderá se tornar matéria-prima no universo energético como papéis, vidros, metais, plásticos, madeiras e restos de alimentos, dentre outros, excluindo-se os pós de varrição, os restos de obras de construção e os líquidos que vão para o esgoto (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

A renovação da biomassa se dá através do chamado ciclo de carbono. A decomposição ou queima da matéria orgânica ou de seus derivados provoca a liberação de CO_2 na atmosfera. E as plantas, através da fotossíntese, transformam o CO_2 e água nos hidratos de carbono que compõe sua massa viva, liberando oxigênio. Desta forma a utilização da biomassa, desde que não seja predatória, não promove alteração significativa na composição média da atmosfera (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

A biomassa pode ser transformada em energia através dos processos de combustão, gaseificação, fermentação, ou produção de substâncias líquidas. A energia advinda da biomassa é considerada durável, desde que utilizado o manejo correto, observando a necessidade de reflorestamento ou replantio, há garantia do ciclo. A energia se não aproveitada pelo homem, retorna ao meio ambiente através da digestão e putrefação das plantas; ela é renovável, pois toda a energia deriva de processos biológicos que aproveitaram a energia solar (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

2.1.1.6 Lenha e derivados do Carvão Vegetal

Segundo dados do projeto PNUD/FAOIBAMA.BRA/87/007, 1990 apud Rio Grande do Norte (2005), no Estado do Rio Grande do Norte, em 1993, existiam 227.000 famílias dependentes das matas para obter combustíveis domésticos e 53.000 trabalhadores

empregados nas indústrias que consumiam combustíveis florestais como fonte de energia, que totalizam 3.100 unidades de produção.

A ocupação da mão-de-obra para atividades florestais contempla, duas finalidades principais: obtenção de produtos para sua venda (produção comercial) e obtenção de produtos que serão utilizados no próprio estabelecimento (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

O mercado por produtos florestais é caracterizado por desorganização, pouca transparência e não há tipificação de produtos nem unidades de medidas confiáveis. E a oferta provém principalmente dos desmatamentos com fins agropecuários, uma vez que o lucro da produção de lenha é baixo, então é interessante para os proprietários liberarem as áreas para agricultura e pastagens mediante desmatamento, já a exploração florestal pura é pouco freqüente. A atual oferta de lenha é igual ou um pouco maior que o consumo, mas a oferta potencial é bem maior que o consumo atual. Estima-se que se 75% da área explorável adotar um manejo sustentado, pode-se obter uma produção de 2,3 milhões de m^3/ano, que é o dobro do consumo atual (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

Não existe um estudo detalhado da organização florestal, a quantidade de produtores florestais é semelhante a quantidade de produtores agropecuários, que gera uma oferta espalhada. Certo grau de concentração ao nível de comerciantes e transportadores de lenha, carvão e estacas já é observável. Com áreas de atuação restritas a certas regiões, onde são conhecidos a disponibilidade dos produtos e que têm meios de transporte para levá-los até os locais consumidores. Quando a demanda é sustentada ou a oferta é fraca, formam-se as empreiteiras que contratam trabalhadores para a exploração da madeira e acordam com o proprietário da terra as compensações pelo uso do recurso (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

Os produtos florestais comerciais mais importantes são lenha, carvão vegetal, madeiras roliças para construções rurais (varas, estacas, mourões) e construção civil (linhas, vigas, caibros, ripas e escoras) e toras para serrarias. Existem ainda produtos florestais não madeireiros como a cera (carnaúba), frutas oleaginosas (oiticica) e comestíveis (imbu, cajá, pitomba, mangaba etc), cascas taníferas (angico, mangue), alimentos silvestres (carne de caça, mel, frutas), materiais para artesanato (palhas, folhas, fibras, frutas), produtos medicinais (cascas, folhas, frutas, raízes) e ornamentais (bromélias, cactáceas) (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

O consumo de produtos, em 1993, apontava para 1,4 milhões de m^3/ano para lenha e carvão, superava 0,15 milhões de m^3/ano de estacas, mourões e toras. O consumo familiar, com 227.000 famílias que utilizam lenha e carvão como combustível, totalizava 0,75 milhões de m^3/ano de madeira equivalente. O consumo de lenha e carvão vem sofrendo variações no setor industrial, desde o máximo de 1 milhão de m^3/ano em 1989 até o mínimo de 0,6 milhões de m^3/ano em 1992. Para o fornecimento de energia primária, em 1988, lenha e carvão participavam com 58,1% do consumo no setor industrial e 69,2% no setor domiciliar. Caso a lenha e o carvão não existissem disponíveis sua substituição por outras fontes de energia geraria uma demanda adicional de 26.000 t/ano de GLP no setor residencial e de 140.000 ton/ano de óleo combustível no setor industrial (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

Em geral, a formação do preço dos produtos florestais compõe apenas o custo da mão-de-obra, desconsiderando o valor da matéria. Nas fábricas incorpora os custos com carregamento, transporte e descarregamento. E no preço final acrescenta-se a TRF (Taxa de Reposição Florestal), que representa a única retribuição pelo recurso e deve ser recolhida junto ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais - IBAMA (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

As atividades consumidoras de produtos florestais são cerâmicas, caieiras, calcinadoras, beneficiadores caulim, renovadores de pneus, indústrias de alimentos e bebidas, torrefação de café, padarias, engenhos, casas de farinha, matadouros, fábrica de doces, sabão e óleo vegetais, dentre outras. Essas atividades podem ser divididas em setores formal e informal (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

O setor formal é constituído pelas unidades que consomem mais de 1.000 st/ano de lenha, estão incluídas nesta classificação os ramos de cerâmica vermelha, óleos vegetais, têxteis e outras indústrias. Composto por 298 estabelecimentos, este setor consome 69% dos energéticos florestais. No setor informal, as microunidades consomem até 1.000 st/ano de lenha e são voltadas para a produção de bens tradicionais, como olarias de tijolo e telha, caieiras, engenhos e casas de farinha. Em 1988, 100% das olarias, 96% das casas de farinha, 84% dos engenhos de rapadura e 40% das caieiras pertenciam ao setor informal, totalizando 1.780 estabelecimentos (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

Para produzir o carvão vegetal, duas técnicas são utilizadas com predominância: o carvoejamento em fornos de alvenaria, que rende 80 kg de carvão por metro estéreo de lenha e produz carvão limpo, seco e de alto teor de carbono fixo; e carvoejamento em caieiras ou

bacuraus (pilhas de lenhas em escavações de pouca profundidade coberta com terra solta), que rende 54 kg de carvão por metro estéreo de lenha e produz carvão sujo, mais ou menos úmido e de médio teor de carbono fixo; a segunda técnica é menos eficiente no uso da mão-de-obra, mas é preferida quando a quantidade de lenha é pouca, quando o transporte for difícil ou quando não dispõe de recursos para construção do forno de alvenaria (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

As tecnologias empregadas no uso final da lenha são, em geral, rudimentares e de baixa eficiência. Referem-se a um processo de combustão e transferência de calor incompleto, com grandes perdas de energia, o que é inevitável nos processos descontínuos, característico das pequenas unidades de produção, cujo ritmo de operação sofre várias interrupções. Nas unidades maiores, nas cerâmicas industriais, a continuidade da produção possibilita utilização de técnicas mais eficientes (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

Nas indústrias cimenteiras e siderúrgicas a eficiência do uso final do carvão vegetal é bastante satisfatória, mas nos segmentos comercial e domiciliar é baixa, devido à inadequação dos equipamentos utilizados na cocção. Igualmente baixa é a eficiência do uso da lenha nos fogões domésticos (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

Estima-se que o valor agregado da produção florestal é 7,4% do correspondente ao setor pecuário que teve uma participação decrescente no PIB estadual (de 14% em 1984 até 10% em 1987). Portanto, o setor florestal deve participar com menos de 1% no PIB do Rio Grande do Norte (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

Os recursos energéticos florestais tiveram uma participação indireta de 6% do PIB (Produto Interno Bruto) em 1984, no período de 1986-1989 esse impacto deve ter aumentado em virtude das indústrias cimenteiras, de porcelana e siderúrgica que funcionaram a base de carvão vegetal, mas no período de 1990-1992 não consumiram mais estes recursos energéticos (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

No cálculo da participação das atividades florestais no PIB são contabilizados os produtos comerciais, sendo desconsiderados os não comercializados. Então, seu impacto no meu rural deve ser mais importante do que o indicado no PIB, uma vez que essas atividades são realizadas por pessoas de baixa renda (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

Os recursos florestais são indispensáveis à produção de pecuária extensiva, principalmente nos períodos de seca. Fornecem também outros produtos, comerciais ou não,

essenciais ao suprimento das necessidades básicas da população e tem significativa participação no Balanço Energético estadual (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

Os energéticos florestais substituíram outras fontes de energia até a década de 1974, aumentando sua participação na matriz energética até o final dos anos 80. Nos últimos anos, observa-se um processo de substituição inversa em alguns segmentos específicos, como cerâmica, alimentos e bebidas, embora muitas empresas de elevado consumo energético continuem totalmente dependentes da lenha, pois a substituição por outro energético ainda é economicamente inviável (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

Os energéticos florestais tiveram uma importante participação no Balanço Energético do Rio Grande do Norte, em 1988 eram as maiores fontes de energia primária do Estado (31,4% da energia consumida) e representavam 69,2% do consumo domiciliar e 58,1% do consumo industrial. A redução da população rural provoca a gradual diminuição do consumo domiciliar, uma vez que a urbanização acarreta a substituição de lenha e carvão vegetal por gás liquefeito de petróleo. A estagnação da produção industrial, especialmente a de materiais para construção (cerâmicas, cal, gesso, cimento) tem levado a redução no consumo de recursos florestais. (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

De acordo com Rio Grande do Norte (2006), em 2005 a lenha participava com 22,2% da energia consumida no Estado, permanecendo, portanto, com a maior participação no consumo energético.

As formações florestais da região litorânea, mata atlântica e formações associadas já foram componentes principais da paisagem primitiva do RN e ainda constituem uma parte importante, pois grande parte dos ecossistemas do Estado são florestais. O nível de conservação da cobertura florestal reflete o grau de alteração em que esses ecossistemas foram atingidos. As áreas remanescentes apresentam-se isoladas, resultando numa baixa cobertura vegetal, insuficiente para conservar a alta diversidade biológica original. A caatinga constitui uma das áreas mais críticas, que está constituída por uma vegetação secundária, variando a composição da fauna (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

Atualmente, tais recursos ainda são disponíveis no Estado, com exceção da região de Natal, onde a cobertura vegetal já foi bastante reduzida e os remanescentes constituem área de preservação (manguezais, matas de dunas e matas ciliares). Nas outras microrregiões a cobertura, com exceção das áreas de preservação, é de 51% (2,5 milhões de hectares). Há nessa área um volume total de 116 milhões de m^3 de madeira, distribuídos em 8,5 milhões

para serraria, 28 milhões para mourões, estacas e varas, e 80 milhões para lenha e outros usos. As plantações florestais são de pouca extensão, cerca de 10.000 ha de algaroba e 600 ha de eucalipto, sua produtividade madeireira é baixa na maior parte do Estado e seu custo de implantação é maior que os retornos obtidos, exceto no caso de alguns plantios forrageiros com algaroba (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

O desenvolvimento do setor florestal no Rio Grande do Norte está limitado por dois fatores: a natureza dos recursos florestais que produz pequenas quantidades de madeiras industrializadas e escassa área apta para silvicultura comercial de alto rendimento (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

2.1.1.7 Energia Eólica

De acordo com o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (2001) apud Rio Grande do Norte (2005), a distribuição do potencial eólico encontra-se na Costa do Nordeste, nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Destacando a uniformidade nas direções e velocidades dos ventos durante o ano e uma turbulência relativamente baixa.

A zona litorânea Norte-Nordeste é definida como a faixa costeira com cerca de 100 km de largura, que se estende desde o extremo norte da costa do Amapá até o Cabo de São Roque no Rio Grande do Norte. Nesta região os ventos são controlados pelos alísios do leste e brisas terrestres e marinhas. A combinação das brisas diurnas com os alísios do leste resulta em ventos médios anuais entre 5 m/s e 7 m/s na parte norte dessa região (litorais do Amapá e Pará) e entre 6 m/s a 9 m/s em sua parte Sul, que engloba os litorais do Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte. As maiores velocidades médias anuais de vento ao longo dessa região localizam-se ao norte do Cabo de São Roque, incluindo os litorais do RN e Ceará, onde a circulação de brisas marinhas é intensa e alinhada com os ventos alísios do leste-sudeste. O vento médio anual decresce à medida que se desloca para o interior, embora alguns locais do interior possuam ventos com velocidades favoráveis ao uso da energia eólica (ATLAS DO POTENCIAL EÓLICO BRASILEIRO, 2001 apud RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

O interesse pela energia eólica é crescente, mas os custos de geradores eólicos ainda têm um preço elevado. Quando comparada a outras fontes de energia, a eólica apresenta menor impacto ambiental, uma vez que sua sustentabilidade é a própria natureza. O potencial

eólico do Estado dispõe de mais de 2.400 MW (RIO GRANDE DO NORTE, 2005). No Rio Grande do Norte já existe um aproveitamento do vento como energético, por meio de aerogeradores.

Outras alternativas podem ser viáveis no mercado de energia como a Energia Solar, que consiste no aproveitamento da energia gerada pelo sol (RIO GRANDE DO NORTE, 2005). O Rio Grande do Norte já dispõe da utilização dessa modalidade energética, seja através de coletores solares, piscina solar ou outros mecanismos de aproveitamento da energia solar.

2.2 EMISSÕES

2.2.1 A Atmosfera

A camada de ar que envolve a Terra possui cerca de 800 quilômetros de espessura. A força gravitacional atrai aproximadamente 6 quatrilhões de ar para a Terra. Aproximadamente metade desse ar que é atraído se concentra nos primeiros 6 quilômetros do espaço terrestre e mais de 99% de todo o ar se localiza numa faixa de 40 quilômetros. Os 760 quilômetros restantes são formados por uma atmosfera extremamente rarefeita. O ar é invisível, sem odor e sem gosto. É uma mistura de nitrogênio (78,1%), oxigênio (20,9%), variando as quantidades de vapor de água, uma pequena quantidade de dióxido de carbono (0,03%) e outros gases residuais. Na primeira camada desse grande cobertor de ar, vive o homem. O ser humano é dependente desse ar e cada indivíduo respira cerca de 22 mil vezes por dia. Se esse cobertor de ar fosse removido, o homem não sobreviveria mais do que cinco minutos (GAVÃO FILHO, 1989).

Segundo Seinfeld (1984) apud Maiole e Nascimento (2005), o termo atmosfera padrão é utilizado para definir a atmosfera sob condições normais de temperatura e pressão compostas por substâncias em concentrações médias encontradas na atmosfera limpa, ou seja, na atmosfera que não sofreu alterações antropogênicas. Os valores médios para as substâncias comuns encontradas no nível do mar para o ar seco são apresentados no quadro 1, que contém a composição do ar limpo. Esta composição representa a concentração média dos gases

presentes no ar sem que eles tenham sofrido alteração através de fontes antropogênicas e naturais.

Quadro 1 - Composição Média do Ar Seco no Nível do Mar

Substâncias	Concentração em ppm	Concentração em µg/m^3
Nitrogênio (N_2)	780 840.00	8.95×10^8
Oxigênio (O_2)	209 460.00	2.74×10^8
Argônio (Ar)	9 340.00	1.52×10^7
Dióxido de Carbono (CO_2)	315.00	5.67×10^5
Neônio (Ne)	18.00	1.49×10^4
Hélio (He)	5.20	8.50×10^2
Metano (CH_4)	1.20	7.87×10^2
Criptônio (Kr)	1.10	3.43×10^3
Óxido de Nitrogênio (N_2O)	0.50	9.00×10^2
Hidrogênio (H_2)	0.50	4.13×10^1
Xenônio (Xe)	0.08	4.29×10^2

Fonte: Seinfeld (1984) apud Maiole e Nascimento (2005).

O homem pode fazer uso do ar para descartar a maioria dos seus resíduos ou contaminantes. Quando os contaminantes provocarem conseqüências negativas, tais como a redução da saúde humana, a redução da visibilidade, danos às plantas e materiais, esses resíduos são denominados de poluentes. Ou seja, a poluição do ar consiste na presença ou lançamento de matéria e energia no ar, pode ser identificada com a presença de um ou mais contaminantes na natureza ou em atividades humanas, em quantidades que podem causar dano ao homem, animais, plantas ou propriedades. A poluição atmosférica pode ocasionar um dano ainda maior a outros ambientes e não aquele imediato, uma vez que alguns poluentes podem percorrer centenas de quilômetros da sua emissão original e interagir com outros poluentes nesse caminho. A atmosfera não tem capacidade de efetuar uma dispersão imediata do poluente, próximo ao seu lançamento. Somente depois de decorrido algum tempo, e em função das condições meteorológicas, é que estarão mais ou menos distribuídos

uniformemente na atmosfera (GALVÃO FILHO, 1989). Para Loren (2002) apud Maiole e Nascimento (2005) o quadro 2 apresenta comparação entre um ar limpo e um ar contaminado.

Quadro 2 Concentração de Poluentes em Ar Limpo e em Ar Contaminado

POLUENTE	CONCENTRAÇÃO (ppb)	
	AR LIMPO	AR CONTAMINADO
SO_2	1 – 10	20-200
CO	120	1000-10.000
NO	0,01 – 0,05	50-750
NO_2	0,1-0,5	50-250
O_3	20-80	100-500

Fonte: Lora (2002) apud Maiole e Nascimento (2005).

Nos primórdios da história da humanidade, a natureza conseguia controlar suas próprias poluições naturais, tal como a erupção de um vulcão ou a queima de uma floresta. Havia ventos suficientes, chuvas e correntes de ar para dispersar tais poluentes. Entretanto, como o homem aumentou o volume dos seus poluentes, esta auto recuperação natural do ar não pôde se manter e a poluição aumentou aos níveis atuais (GALVÃO FILHO, 1989).

O termo dispersão atmosférica refere-se ao espalhamento de poluentes gasosos, que ocorrem em função dos efeitos convectivos e turbulentos do escoamento atmosférico. A dispersão resulta de mecanismos de transporte rápidos e irregulares, em que os contaminantes introduzidos no ar são transportados pelo vento e simultaneamente se misturam na atmosfera. Durante a dispersão, os contaminantes podem sofrer reações químicas que os transformam de contaminantes primários (procedentes diretamente das fontes de emissão) em contaminantes secundários (originados por reações químicas entre os contaminantes primários e os componentes normais presentes na atmosfera) ou podem ser depositados no solo por via seca ou úmida (MAIOLE; NASCIMENTO, 2005).

2.2.2 Fontes de Poluição do Ar

As emissões gasosas ocorrem desde o surgimento da industrialização, que primeiramente foi alimentada pelo carvão e em seguida pelo petróleo. Isso têm provocado uma maior retenção de calor pela atmosfera, o que pode ser denominado de efeito estufa, de acordo com levantamentos feitos pelo Nasa Giss (2008). Segundo o mesmo, a concentração de dióxido de carbono está de 20% a 25% superior a do início da industrialização, e que mais da metade desse crescimento ocorreu nos últimos 30 anos.

As emissões oriundas da queima de carvão, combustíveis fósseis, dentre outros, adicionadas ao desmatamento e aquecimento dos oceanos tem liberado para atmosfera grande quantidade de carbono. Tal fato desequilibra o ciclo de carbono, uma vez que a capacidade de absorção dos sumidouros, os oceanos por exemplo, é inferior a velocidade de liberação de carbono.

As fontes de emissão de poluentes atmosféricos podem ser classificadas em dois grupos conforme Quadro 3: (MAIOLE; NASCIMENTO, 2005).

- Fontes de emissão naturais: vulcões, aerossóis marinhos, decomposição biológica marinha, decomposição biológica e outros;
- Fontes de emissão antropogênicos: motores de combustão interna, fornos industriais, geração de energia elétrica, caldeiras, refinarias de petróleo e outros. As fontes antropogênicas podem ainda ser classificadas como móveis, como exemplo os automóveis, e estacionárias ou fixas, como exemplo as chaminés.

Quadro 3 - Fontes dos Poluentes

Modalidades de Fontes		Tipos de Fontes		Poluentes
Antropogênicas	FIXAS	Processos Industriais		MP, SOx, NOx, CO, HC
		Caldeiras, Fornos e Aquecedores		MP, SOx, NOx, CO, HC
		Construção Civil		MP
		Queima ao Ar Livre e Queimadas		MP, SOx, NOx, CO, HC, Fumaça
		Exploração, Beneficiamento, Movimentação e Estocagem de Materiais Fragmentados		MP
	MÓVEIS	Tipo de Veículo/Fonte	Tipo de Combustível	Poluentes
		Avião	Gasolina de aviação e/ou querosene	NOx, HC, MP
		Navios e Barcos	Diesel / Óleo Combustível	MP, SOx, NOx, CO, HC
		Caminhão e Ônibus	Diesel	MP, SOx, NOx, CO, HC
		Automóveis e Motocicletas	Gasolina / Álcool	MP, NOx, CO, HC, Aldeidos
Naturais	Tipos de Fontes			Poluentes
	Oceânica			MP
	Decomposição Biológica			SOx, H_2S, HC, Compostos de Enxofre
	Praias e Dunas			MP
	Queimadas			MP, SOx, NOx, CO, HC
	Erosão Eólica do Solo e Superfícies			MP

SO_x: Óxidos de Enxofre;
NO_x: Óxidos de Nitrogênio;
CO: Monóxido de Carbono;
HC: Hidrocarbonetos;
MP: Material Particulado;
H_2S: Ácido Sulfídrico.

Fonte: Maiole e Nascimento (2005).

2.2.3 Tipos de Poluentes do Ar

Os poluentes do ar produzidos na natureza podem ser dos tipos particulados, gases e líquidos, por exemplo pólens, poros, bactérias, poeiras do chão, sal marinho, gases e material sólido resultante da erupção vulcânica e fumaça de queima de florestas (GALVÃO FILHO, 1989).

2.2.3.1 Particulados

Particulados são os poluentes suspensos no ar oriundos de substâncias sólidas ou líquidas, conhecidos por partículas e aerosóis. As partículas referem-se somente às substâncias sólidas, enquanto que os aerosóis podem ser tanto líquidos como substâncias sólidas suspensas no ar. Alguns exemplos de particulados são fuligens, partículas do solo, gotas oleaginosas, poeiras, névoas ácidas, fumaça, fumos e neblina. Os particulados podem ser produzidos com a queima incompleta, moagem, corte, purificação, dentre outras (GALVÃO FILHO, 1989).

Na atmosfera, os particulados ocorrem com vários tamanhos e formas. São classificados em particulados finos, aqueles com diâmetro menor que 2,5 unidades, cuja importância deriva da possibilidade serem inalados pelo homem e animais e penetrarem nos pulmões, assim como provocarem redução na visibilidade. Os particulados finos são formados primeiramente pela combustão incompleta e/ou reações químicas de poluentes primários na atmosfera. Eles são leves em peso e podem persistir na atmosfera por dias. Os particulados grosseiros, que se encontram entre 2,5 a 15 unidades em diâmetro, são formados primeiramente pela resuspensão de poeiras do solo, processos de moagem e brisa marítima. Eles causam menos problemas que os particulados finos, uma vez que a gravidade fará sua deposição no solo em poucas horas. Entretanto, sob o ponto de vista da saúde humana geram problemas respiratórios, principalmente para aqueles que respiram pela boca. Para pessoas que respiram normalmente pelo nariz, esses particulados não causam problema, uma vez que são bloqueados na passagem nasal, salvo se o poluente for a base de chumbo ou outro material pesado (GALVÃO FILHO, 1989).

Existem particulados que reduzem a visibilidade, assim como a absorção e dispersão da luz. É o caso do nevoeiro em muitas áreas urbanas que pode causar redução de luz do sol. No caso da dispersão de luz, em função dos particulados, pode produzir um céu avermelhado que algumas vezes é visto no nascer ou pôr do sol (GALVÃO FILHO, 1989).

2.2.3.2 Gases

Somente uma quantidade relativamente pequena de gases na atmosfera é poluente, alguns são liberados pelo de processo de combustão, outros por processo de vaporização (mudança de um líquido para um estado gasoso), ou são formados por reações químicas na atmosfera (GALVÃO FILHO, 1989).

2.2.3.3 Líquidos

A chuva ácida ou a precipitação ácida tem recentemente recebido muita atenção devido ao impacto ambiental que pode causar em áreas bastante extensas. Em decorrência da combustão de enorme quantidade de combustíveis fósseis tais como carvão e óleo, no Brasil, são descarregadas anualmente na atmosfera milhões de toneladas de compostos de enxofre e óxido de nitrogênio. Através de uma série complexa de reações químicas estes poluentes podem ser convertidos para ácidos os quais podem retornar a terra como componentes de uma chuva (GALVÃO FILHO, 1989).

A acidez é medida em unidades de pH. O símbolo pH representa a concentração de íons hidrogênio carregados eletricamente em uma solução. A chuva caindo através de uma atmosfera limpa tem pH de 5,6 a 7 unidades de pH. A chuva ácida tem um pH abaixo de 5,6. Em geral, quanto mais baixo o pH, mais poluída e mais corrosiva a chuva se tornará (GALVÃO FILHO, 1989).

2.2.4 Classificação de Poluentes

De acordo com Maiole e Nascimento 2005, os poluentes atmosféricos também pode ser classificados utilizando os seguintes critérios: estabilidade química do poluente e grupo de compostos químicos a que o contaminante pertence.

Classificação do poluente quanto ao grupo químico:

As substâncias usualmente consideradas poluentes do ar podem ser classificadas da seguinte forma (STERN, 1978 apud MAIOLE; NASCIMENTO, 2005).

- Compostos de enxofre (SO_2, SO_3, H_2S, sulfatos);
- Compostos de nitrogênio (NO, NO_2, NH_3, HNO_3, nitratos);
- Compostos orgânicos de carbono (hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos orgânicos);
- Monóxido e dióxido de carbono;
- Compostos halogenados (HCl, HF, cloretos e fluoretos);
- Material particulado (substâncias no estado sólido ou líquido).

Ocorrido o lançamento do contaminante na atmosfera, durante sua dispersão, podem ocorrer reações químicas que transformarão os compostos quimicamente instáveis lançados em outros compostos químicos. Entre essas reações destaca-se o ciclo envolvendo NO e NO_2 na presença de luz do sol que leva a formação de um contaminante secundário (ozônio) devido à fotólise do NO_2 (MAIOLE;NASCIMENTO, 2005).

2.2.4.1 Compostos contendo enxofre

Na atmosfera o enxofre encontra-se nas seguintes formas (STERN, 1978 apud MAIOLE; NASCIMENTO, 2005):

- COS;

- CS_2;
- $(CH_3)_2S$, CH_3SH, $(CH_3)_2S_2$ (compostos reduzidos de enxofre);
- H_2S;
- SO_2;
- SO_3;
- SO_4^{2-}.

As fontes naturais de compostos de enxofre são a degradação biológica, as emissões vulcânicas e os oceanos. Solos ricos em enxofre constituem também uma fonte natural de H_2S. As fontes antropogênicas mais importantes na geração do SO_2 são a queima de combustíveis fósseis, a oxidação de minerais sulfurosos, para obtenção de Cu, Pb e Zn e os processos de refino de petróleo, indústria de celulose, estações de tratamento de esgoto. As fontes naturais de H_2S são a desintegração biológica anaeróbia, os vulcões e atividade geotérmica. É o mais importante dos gases odorantes. É um gás tóxico e corrosivo. Chamado de ácido sulfídrico ou sulfeto de hidrogênio, é quimicamente reativo e altamente oxidado, sendo, portanto um composto redutor. Compostos reduzidos de enxofre (Mercaptanas, metil-mercaptanas e dimetilsulfeto dentre outros compostos orgânicos contendo enxofre), são altamente odorantes, sensíveis em concentrações menores que 1 ppb, sendo identificado pelo olfato humano (MAIOLE; NASCIMENTO, 2005).

O principal poluente contendo enxofre é o dióxido de enxofre (SO_2). Quando os combustíveis contendo enxofre são queimados, o enxofre tira o oxigênio do ar e produz dióxido de enxofre, o qual, em altas concentrações, é um gás irritante. O dióxido de enxofre reage como os materiais na atmosfera para formar partículas de ácido sulfúrico e partículas de sais de sulfato. O ácido sulfúrico é perigoso e é um poluente altamente corrosivo. É comum, em períodos de estagnação do ar, a formação de dióxido de enxofre e ácido sulfúrico em altas concentrações, produzindo sérios problemas pulmonares. Os outros poluentes do ar contendo enxofre são mercaptanas (carbono, enxofre e composto de hidrogênio) e sulfato de hidrogênio (H_2S) os quais podem ser produzidos pela decomposição de matéria orgânica. As mercaptanas e o sulfato de hidrogênio não são poluentes comuns, mas quando eles estão presentes, podem ser distinguidos pelo seu odor característico de repolho e ovo podre (GALVÃO FILHO, 1989).

Hexafluoreto de Enxofre é um gás sintético, utilizado principalmente pela indústria elétrica, como meio isolante e extintor de arco elétrico, tanto em disjuntores, como em uma subestação blindada. Possui grande eletronegatividade, portanto extingue arcos elétricos. É quimicamente inerte, porém é 23.000 vezes mais nocivo para o efeito estufa que o dióxido de carbono. Entretanto, representa menos de 1% de colaboração no aquecimento global. Ao ser inalado, ele torna a voz mais grossa, efeito contrário ao do gás hélio. Isso ocorre porque é um gás 5 vezes mais denso que o ar, o que reduz a velocidade e a frequência das ondas sonoras. Não é um gás tóxico, entretanto por ser mais denso que o ar, em ambientes fechados e de pouco espaço, expulsa o oxigênio, causando asfixia (MAIOLE; NASCIMENTO, 2005).

2.2.4.2 Compostos contendo carbono

Na atmosfera o carbono encontra-se nas seguintes formas (STERN, 1978 apud MAIOLE; NASCIMENTO, 2005):

- CO;
- CO_2;
- COVs;
- Hidrocarbonetos;
- Aldeídos;
- Cetonas;
- Solventes clorados;
- Substâncias refrigerantes.

Os gases contendo carbono são os poluentes do tipo monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos, hidrocarbonetos oxigenados. Monóxido de carbono é tóxico, sem cor, sem odor e é resultante da combustão incompleta de combustíveis. Os hidrocarbonetos são uma classe de compostos formados pela combustão incompleta e pela evaporação da gasolina, óleo combustível e solvente. Eles são compostos de carbono e hidrogênio em várias proporções.

Os hidrocarbonetos oxigenados são compostos que contém oxigênio em adição ou carbono e hidrogênio. Alguns deles são formados pela combustão enquanto outros são poluentes secundários, formados de reações químicas entre hidrocarbonetos e oxigênio na presença da luz solar. Muitos dos hidrocarbonetos e hidrocarbonetos oxigenados são carcinogênicos. Um exemplo de hidrocarboneto carcinogênico é o benzeno, existentes em refinarias e petroquímicas (GALVÃO FILHO, 1989).

O metano é um gás inodoro e incolor, de pouca solubilidade na água e, quando adicionado ao ar se transforma em mistura de alto teor explosivo. É o mais simples dos hidrocarbonetos (MAIOLE; NASCIMENTO, 2005).

Hidrofluorcarbonetos (HFC) foram criados como alternativa aos clorofluorcarbonetos (CFC), e são gases de refrigeração contendo hidrogênio, fluor e carbono. Por não conterem cloro como os clorofluorcarbonetos, não são destrutivos à camada de ozônio da atmosfera, pois o fluor em si não é prejudicial ao ozônio. Apenas componentes contendo cloro e bromo são prejudiciais a camada de ozônio. Embora contribuam para o aquecimento global, seu potencial é menor que o dos HCFCs. Dois grupos de haloalcanos fazem parte da lista de gases do efeito estufa: hidrofluorcarbonetos e perfluorcarbonetos (PFC) (MAIOLE; NASCIMENTO, 2005).

O monóxido de carbono é um gás incolor e inodoro. Tem origem, principalmente, na combustão do petróleo e do carvão. Algumas medidas seriam eficientes, para a minimização do problema, a regulagem de motores e, principalmente, a diminuição do número de automóveis circulantes (MAIOLE; NASCIMENTO, 2005).

O dióxido de carbono é um gás ligeiramente tóxico, inodoro, incolor e de sabor ácido. O CO_2 não é combustível nem alimenta a combustão; É 1,4 vezes mais pesado que o ar; evapora a pressão atmosférica e -78°C; pode interagir de forma violenta com bases fortes, especialmente em altas temperaturas (MAIOLE; NASCIMENTO, 2005).

As principais fontes naturais de compostos de carbono são as florestas e pastagens. Já as principais fontes antropogênicas dos compostos de carbono incluem os veículos, indústria de petróleo, solventes, produção de gás natural e o carvão (Centrais termoelétricas e indústria).

2.2.4.3 Compostos contendo nitrogênio

Na atmosfera o nitrogênio encontra-se nas seguintes formas (STERN, 1978 apud MAIOLE; NASCIMENTO, 2005):

NO_x

- NO;
- NO_2.

NO_y

- N_2O;
- N_2O_3, N_2O_4, NO_3, N_2O_5;
- PAN ($CH_3COOONO_2$).

Outros

- NH_3;
- Sais de NO_3^-, NO_2^-, NH_4^+ ;
- (metil-amina, etilamina).

Os Compostos de Nitrogênio (metil-amina, etilamina) são compostos com odor pútrico, como peixe morto, por exemplo, além de odor amoniacal. Assim como a amônia também tem propriedades básicas e podem ser neutralizadas por ácidos. Seus limites de detecção e reconhecimento são maiores dentre os compostos odorantes (MAIOLE; NASCIMENTO, 2005).

Os óxidos de nitrogênio são produzidos por fontes naturais, como os relâmpagos, a atividade microbiana no solo, a oxidação da amônia (para compostos de N em estado de oxidação elevado) e processos fotolíticos ou biológicos nos oceanos. A isto acrescentam-se fontes antropogênicas como a queima de combustíveis fósseis e de biomassa, processos químicos industriais, estações de tratamento de esgoto. Ao mesmo tempo a fim de manter um

balanço global, existem sumidouros de NO_x como as precipitações e a deposição seca (MAIOLE; NASCIMENTO, 2005).

Os gases contendo hidrogênio são poluentes que incluem o óxido nítrico e o dióxido de nitrogênio. O óxido nítrico é sem cor, relativamente não perigoso e é produto da queima de combustível a altas temperaturas. Mas ele pode reagir com átomos de oxigênio para formar o dióxido de nitrogênio. O dióxido de nitrogênio tem odor ligeiramente doce e cor marrom amarelada. Em concentrações altas, pode parecer marrom. As duas maiores fontes de geração de óxido de nitrogênio são combustão em fontes estacionárias na indústria, na geração de energia, no aquecimento de ambientes e também provenientes dos veículos automotores (GALVÃO FILHO, 1989).

Além do óxido nítrico e do dióxido de nitrogênio, existem alguns compostos orgânicos hidrogenados. Um exemplo é o nitrato de peroxi acetila, comumente conhecido como PAN, é um fitóxido, isto é, causa danos às plantas (GALVÃO FILHO, 1989).

O óxido nitroso ou protóxido de nitrogênio se apresenta na forma de um gás incolor, composto de duas partes de nitrogênio e uma de oxigênio, cuja fórmula química é N_2O. Durante algum tempo foi conhecido como gás hilariante ou gás do riso, pela capacidade que possui de provocar contrações musculares involuntárias na face das pessoas, dando a impressão de que elas estavam rindo. O Óxido Nitroso é sempre usado na forma gasosa e normalmente manuseado na forma líquida em cilindros de alta pressão ou tanques criogênicos, porém vaporiza facilmente a baixas pressões. (MAIOLE; NASCIMENTO, 2005).

2.2.4.4 Compostos contendo halogênio

- Halocarbonos;
- Clorofluorcarbonos (CFCs);
- Hidroclorofluorcarbonos (HCFCs);
- Hidrofluorcarbonos (HFCs);
- Perhalocarbonos;
- Halons.

O Pentacloro fenol e o hexacloro cicloexano são compostos halogenados voláteis que migram para a estratosfera. Os superfluorocarbonados (FC's) possuem mais de 2 átomos de flúor na molécula. Tem caráter inseticida. São usados como solventes industriais, aditivos, inseticidas, fungicidas (MAIOLE; NASCIMENTO, 2005).

Os CFC's são compostos halogenados de Carbono, Cloro, Bromo de Flúor. São artificiais, e nos países industrializados no verão, o consumo de freons é maior, devido a suas propriedades refrigerantes. São usados pois o flúor tem uma tensão de vapor alta que é aproveitada pela industria para fazer freons que são os geradores das baixas temperaturas dos sistemas de ar condicionado e máquinas lavado a seco. É utilizado também, como gás propelente para elaborar desodorantes, condicionadores de cabelos e outros sprays.

Entre as empresas que usam este elemento químico, estão os fabricantes de espuma rígida, aerossóis, geladeiras, ar condicionado e as empresas que fazem lavado a seco, entre outras (CASTRO, 1998 apud MAIOLE; NASCIMENTO, 2005).

Característica:

- Em geral, se referem a compostos orgânicos;
- Possuem propriedades refrigerantes, propelentes e solventes;
- São compostos altamente estáveis;
- Em 1995, cerca de 85% de suas fontes eram antropogênicas;
- Destroem a camada de ozônio (especialmente CFCs).

2.2.4.5 Ozônio

O ozônio é um gás composto de três átomos de oxigênio, enquanto o oxigênio que utilizamos para nossa respiração contém dois átomos de oxigênio. O ozônio é um gás sem cor com um característico cheiro de ar fresco, em geral, percebido durante as trovoadas com tempestades (GALVÃO FILHO, 1989).

Existem três fontes naturais de ozônio. A principal delas está na estratosfera, onde a produção de ozônio ocorre com a reação fotoquímica da luz ultravioleta com oxigênio. O

ozônio estratosférico é freqüentemente trazido da superfície da Terra, por corrente de ar, e pode constituir em uma grande quantidade de ozônio, observado ao nível do solo. O ozônio é também produzido por relâmpago, mas como uma fonte menor. Há uma terceira maneira de produção de ozônio: por reações fotoquímicas envolvendo óxido de nitrogênio e hidrocarbonetos naturalmente emitidos pela vegetação. Exemplos de hidrocarbonetos naturais são os terpenos que são compostos químicos produzidos pelas árvores coníferas. Essas áreas possuem um odor associado a elas. Em média, o ozônio produzido naturalmente representa mais da metade das concentrações de ozônio medidas. Durante os meses de verão, quando a luz solar é mais forte, o ozônio produzido pelas reações fotoquímicas pode ser significativamente maior do que aquele produzido por fontes naturais (GALVÃO FILHO, 1989).

O ozônio (O_3) é um gás instável na temperatura ambiente e coloração azul-pálida, devido à intensa absorção de luz vermelha, atingindo coloração azul-escura quando transita para o estado líquido, situação em que adquire propriedades explosivas. O ozônio é um agente oxidante extremamente poderoso, reagindo muito mais rapidamente que o O_2 e sua alta reatividade o transforma em elemento tóxico capaz de atacar proteínas (destruindo microorganismos) e prejudicar o crescimento dos vegetais (MAIOLE; NASCIMENTO, 2005).

O ozônio é gerado quando uma corrente alternada de alta voltagem é descarregada na presença de oxigênio. O maior exemplo é o que ocorre na natureza, quando em dias de tempestade há grande produção de ozônio na atmosfera devido às elevadas descargas elétricas provenientes dos relâmpagos. O ozônio é o mais poderoso oxidante (1,5 vezes mais forte do que o cloro) (MAIOLE; NASCIMENTO, 2005).

- É 3.000 vezes mais rápido do que o cloro na inativação de bactérias;
- Não produz toxinas;
- É gerado no local de utilização: transporte, manuseio e estoque não são necessários;
- Decompõe-se em oxigênio;
- Gás instável, incolor nas condições atmosféricas, com odor característico mesmo a baixas concentrações;
- Fórmula química: O_3 (Forma triatômica do oxigênio);

- Massa molecular: 48,0;
- Ponto de ebulição a 1 atm: - 111,9 ºC;
- Ponto de fusão a 1 atm: - 192,5 ºC;
- Massa específica do gás: 2,14 g/litro;
- Meia-vida em água a 20 ºC: 20 minutos.

2.2.5 Efeitos da Poluição do Ar

O ar é um dos elementos do ecossistema que têm sofrido grandes ataques de poluentes oriundos das atividades do homem, principalmente nas aglomerações urbanas, onde a ocorrência é mais intensa. Assim, enormes conflitos contra a natureza têm se verificado ao longo dos últimos anos, atingindo fortemente o ar que respiramos.

A seguir serão apresentados os efeitos da poluição do ar na saúde humana, vegetação, materiais, condições climáticas.

2.2.5.1 Saúde humana

Quando a concentração dos poluentes do ar aumenta, sem adequada dispersão devido à meteorologia, topografia, dentre outros fatores, sérios problemas de saúde podem ocorrer. Ocorrendo inversão térmica[2], esta pode segurar os poluentes próximos da superfície da terra

---

[2]**Inversão Térmica:** A inversão térmica é um fenômeno meteorológico que ocorre principalmente em metrópoles e principais centros urbanos. As radiações solares aquecem o solo e o calor que fica retido no mesmo irradia-se, aquecendo as camadas mais baixas da atmosfera. Essas camadas, que já estão quentes, ficam menos densas e tendem a subir, formando correntes de convecção do ar. Os poluentes, por serem mais quentes que o ar (portanto, menos densos) sobem e irão dispersar-se nas camadas mais altas da atmosfera (AMBIENTE BRASIL, 2008)

causando mais morbidade e mortalidade do que o normal, especialmente, entre os mais velhos e naqueles já possuidores de condições cardiológicas e pulmonares deficitárias (GALVÃO FILHO, 1989).

O trato respiratório é afetado pela poluição do ar. A cilia do nariz e das superfícies internas que levam até os pulmões pode coletar as partículas maiores dos poluentes; entretanto, as partículas menores e os gases são capazes de entrar nos pulmões. Quando respiramos, os alvéolos transformam o oxigênio em dióxido de carbono. A poluição pode causar em alguns desses alvéolos o aumento de seu volume, alterando sua resiliência, de forma que a respiração fica mais difícil. Os poluentes do ar podem também diminuir ou até parar a ação das cílias, que normalmente carregam muco e os poluentes no trato respiratório. O muco pode engrossar ou aumentar e as vias respiratórias podem ficar entupidas. Os problemas respiratórios podem surgir devido à ocorrência de uma ou mais dessas reações (GALVÃO FILHO, 1989).

A poluição do ar tem sido associada com doenças respiratórias crônicas. Os poluentes do ar podem causar ataques de asma brônquica. Durante tais ataques, ocorre o estreitamento temporário das vias áreas menores (bronquíolos), produzido por um espasmo do músculo, um aumento das secreções de mucos, ou encolhimento da membrana mucosa. Os poluentes do ar agravam tanto a bronquite crônica como o enfisema pulmonar. Na bronquite crônica, uma quantidade anormal de muco é produzida no brônquio, resultado de tosses contínuas. O enfisema pulmonar é caracterizado pela quebra das paredes do alvéolo. Durante essa doença, um dano irreversível aos tecidos poderá ocorrer. O alvéolo aumenta, perde a sua resiliência e se desintegra. Respiração curta é sintoma dessa doença. No câncer do pulmão, existe um crescimento anormal de células originando a membrana mucosa do brônquio. Embora improvável que o câncer do pulmão seja produzido por uma só causa, os poluentes do ar podem paralisar a cília e permitir que substâncias carcinogênicas permaneçam em contato com as células do brônquio mais tempo que o normal (GALVÃO FILHO, 1989).

Alguns poluentes do ar têm sido identificados como substâncias capazes de causar câncer, como hidrocarbonetos aromáticos (benzeno, benzopireno). Existe uma associação próxima entre o sistema respiratório e circulatório. Se o sistema respiratório é afetado por uma doença e não pode trocar os gases no sangue completamente, o coração precisa trabalhar mais intensamente para bombear sangue suficiente para repor as perdas de oxigênio. Como resultado, o coração e os vasos sanguíneos estarão sob “stress” e poderão surgir algumas mudanças como aumento do tamanho do coração. Em virtude da possibilidade do monóxido

de carbono reduzir o conteúdo de oxigênio no sangue, este poluente pode exigir uma carga maior para pessoas com anemia ou doenças cardio respiratórias (GALVÃO FILHO, 1989).

Os poluentes do ar podem ter outros efeitos que incluem: ardimento e lacrimejamento dos olhos, visão embaçada, tontura, dor de cabeça, irritação na garganta, espirros alérgicos e tosse e diminuição de desempenho corporal. Os poluentes naturais que causam efeitos sobre a saúde humana são os aéroalérgicos, que incluem polens, bactérias, mofos, póros, poeira de casa, fibras vegetais etc, cujo principal efeito sobre a saúde consiste na rinite alérgica e/ou asma brônquica com alteração do tecido reversível. Estes poluentes naturais, através de complicações infecciosas, podem agravar os efeitos sobre a saúde, causados pelos poluentes gerados pelo homem. Acima de 10% da população exposta é afetada por aeroalérgicos (GALVÃO FILHO, 1989).

2.2.5.2 Vegetação

Algumas plantas são sensitivas aos poluentes do ar, são utilizadas como indicadores de poluentes, visto que demonstram um tipo característico de dano para um poluente específico. Os poluentes do ar entram nas folhas das plantas principalmente através dos seus poros ou estômatos. A extensão dos danos varia devido a vários fatores: as características dos poluentes (concentração, duração, propriedades físicas e químicas etc), condições climáticas (temperatura, intensidade de luz, precipitação etc); condições do solo (umidade, nutrientes etc) e fatores biológicos (estágio de desenvolvimento, composição genética, insetos, doenças etc). Os poluentes do ar afetam vários tipos de vegetação, incluindo as plantações na agricultura. Eles também afetam a agricultura através da diminuição do valor do produto (a qualidade pode ser afetada e a época de venda pode ser adiantada ou atrasada), ou aumenta o custo da produção (decréscimo do valor da plantação, pela necessidade de uso de fertilizantes e irrigação etc) (GALVÃO FILHO, 1989).

2.2.5.3 Materiais

Os poluentes do ar podem corroer e escurecer metais; quebrar a borracha; sujar roupas, móveis, prédios etc; erodir prédios, monumentos etc; descolorir vários tipos de materiais;

enfraquecer algodão, lã e fibra de seda e destruir o naylon. Os gases reativos, tais como o ozônio e o dióxido de enxofre, assim como os ácidos, tais como nítrico e sulfúrico, são principalmente responsáveis por danificar tecidos, descolorir tingimentos, escurecer metais, enfraquecer a borracha, e erodir prédios. O material particulado é o principal responsável pela sujeira do nosso meio ambiente (GALVÃO FILHO, 1989).

2.2.5.4 Condições Climáticas

A poluição do ar pode reduzir visibilidade e criar danos para o transporte. Se os poluentes ou as coisas naturais não existissem, o alcance visual ao nível do mar seria limitado somente pela topografia ou pela dispersão de luz ou gases e neblina que ocorre naturalmente. A poluição do ar pode também causar a descoloração da atmosfera (GALVÃO FILHO, 1989).

As fontes móveis estacionárias emitem material particulado, em geral muito pequeno que permite dispersão da luz. Também, sob certas condições, o dióxido de enxofre e hidrocarbonetos e o dióxido de nitrogênio emitidos destas fontes podem promover reações químicas na presença da luz e produzirem muito mais particulados. Isto leva a formação de grandes áreas com centenas de quilômetros totalmente encobertas por névoa. Para complicar o cenário, o processo de remoção destes particulados da atmosfera é extremamente lento na ausência de chuva. Eles podem viajar centenas de quilômetros das suas fontes e afetar outras áreas incluindo áreas rurais com poucas fontes de poluentes. Existem, entretanto, vários outros efeitos potencialmente mais sérios: (GALVÃO FILHO, 1989).

a) Aumento da formação de neblina: normalmente, a neblina ocorre quando a umidade relativa alcança 100%. Entretanto, certos particulados tais como sulfatos e nitratos atraem água e podem formar neblina com umidade relativa levemente abaixo de 100%;

b) Aumento na precipitação: A maioria dos particulados de pequeno tamanho serve como um excelente núcleo na formação de nuvens de gotas. Conseqüentemente isto pode causar o aumento na precipitação à jusante de grandes fontes de material particulado;

c) Alteração da temperatura global da Terra: existem dois fatores opostos para serem considerados: primeiro, as concentrações de dióxido de carbono (CO_2) vem aumentando constantemente nas últimas décadas. O dióxido de carbono é emitido por todos os processos de combustão; entretanto, não é considerado um poluente do ar. Uma vez que o CO_2 dificulta

a passagem do aquecimento solar na baixa atmosfera, o aumento de CO_2 pode induzir ao aumento da temperatura global da Terra. Alguns cientistas acham que isto poderia levar a um derretimento parcial da calota polar o que causaria um aumento no nível dos oceanos com ocorrência de enchentes em certas cidades costeiras. O segundo fator para ser considerado é o efeito dos particulados de pequeno tamanho que interceptam parte da energia do sol impedindo-a de alcançar a superfície da Terra. Isto poderia promover uma diminuição da temperatura da superfície terrestre. Essas teses ainda não foram confirmadas. Entretanto como as emissões aumentam, existe uma grande probabilidade de que alguns destes efeitos se confirmem rapidamente;

d) Esgotamento do ozônio na atmosfera: 25 quilômetros acima da superfície da terra na estratosfera existe uma camada natural de ozônio. Esta camada de ozônio é extremamente importante para a vida, porque ela absorve a maioria da radiação ultravioleta do sol. A maior parte da vida na Terra pereceria se essa camada fosse eliminada. Os gases de exaustão das aeronaves que voam na estratosfera, os aviões super sônicos e os flúor carbonos são principalmente responsáveis pela diminuição do ozônio. O flúor carbono tem vários usos tais como o sistema de ar condicionado e de refrigeração, usos industriais e latas de aerossóis. Estes produtos químicos são extremamente inertes e não destruídos facilmente pelos processos naturais, exceto pela radiação ultravioleta. Conseqüentemente, como os flúor carbonos são liberados na atmosfera, eles se acumulam. Esses flúor carbonos eventualmente migram para a camada de ozônio. Não é conhecido quanto de ozônio será destruído por este processo, mais alguns cientistas pensam que isso resultará em um aumento do câncer de pele. Conseqüentemente os flúor carbonos estão sendo proibidos em muitos dos seus usos. A seguir será apresentada uma caracterização por poluente dos efeitos da poluição do ar.

2.2.6 Métodos de Controle da Poluição do Ar

O aumento do desenvolvimento industrial, urbanização e aumento do uso automotivo, dentre outros, tem elevado significativamente o nível de poluição atmosférica, cujo controle é necessário para prevenir a ocorrência de danos à saúde. A humanidade é responsável por manter o ar mais limpo possível, uma vez que são contribuidores da poluição e está exposta à atmosfera o tempo todo. Para tanto são adotadas legislações e regulamentos locais, estaduais e federais a fim de limitar a quantidade de poluentes no ar. Conseguintemente, medidas de

controle são adotadas para manter as emissões de poluentes dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente (GALVÃO FILHO, 1989).

O monitoramento da poluição do ar é realizado por agências de controle da poluição e firmas privadas para determinar a eficácia destas medidas de controle.

De acordo Galvão Filho (1989), a poluição do ar pode ser controlada de várias formas:

a) Prevenindo a formação de poluentes de ar:

- Alterando ou substituindo o combustível ou uso da matéria-prima, por exemplo com a troca de combustível de alto conteúdo de enxofre para um de baixo conteúdo de enxofre; com o uso de gás natural ou combustível dessulfurizado ao invés de carvão ou combustível com alto conteúdo de enxofre; com a alteração da forma de um produto a fim de obter uma produção menos poluente;
- Alterando o processo de fabricação, por exemplo, com a redução do excesso de ar na queima com combustíveis fósseis com o intuito de reduzir a formação e emissão de óxido de nitrogênio;
- Mudança do equipamento, por exemplo, na troca de um forno velho por um outro projetado para uma combustão mais completa;
- Melhoria nos procedimentos de operação e manutenção, por exemplo, manter os veículos automotores adequadamente regulados e os fornos e os incineradores adequadamente ajustados; operar a caldeira de acordo com as especificações do seu fabricante:
- Enclausuramento de uma operação com o uso de tetos flutuantes ao invés de tetos fixos em tanques de armazenamentos de óleos combustíveis e outras substâncias voláteis em refinarias, por exemplo.

b) Aumento da dispersão dos poluentes, diminuindo as concentrações dos mesmos no ar.

- Selecionando um lugar que tenha boa ventilação considerando, por exemplo, as condições do tempo tais como velocidade do vento e altura da camada de inversão. Sendo assim, antes de uma indústria ser construída, a sua localização deve ser escolhida de modo a se obter uma boa ventilação, fortes ventos, e uma pequena ocorrência de inversões térmicas;

- Construir chaminés mais altas para proporcionar diluição dos poluentes do ar pela dispersão sobre uma área maior, embora a quantidade total de poluente do ar a ser emitida continue a mesma. Este método foi muito empregado no passado, entretanto não está mais sendo utilizado, pois foi descoberto que em muitos casos essa prática aumentou as concentrações de poluentes a muitos quilômetros a jusante da fonte.

Segundo Galvão Filho (1989), o controle dos poluentes do ar antes deles atingirem a atmosfera pode ser realizado através de vários equipamentos de controle instalados para eliminar, coletar ou alterar os poluentes do ar:

- As câmaras de sedimentação podem remover os particulados menores que ficam suspensos, estes passam rapidamente através de um duto estreito e entram em uma câmara de sedimentação maior onde a gravidade promoverá a sua queda ao fundo do equipamento. Porém, os particulados menores devem ser removidos por equipamentos de controle da poluição do ar mais efetivos como coletores inerciais. Nos coletores ciclônicos, por exemplo, o fluxo de poluentes suspensos no ar é introduzido em uma câmara cilíndrica girando a alta velocidade. Isto forçaria muitos desses particulados contra a parede da câmara cilíndrica fazendo-os cair e serem coletados;

- Os filtros de manga também removem os particulados, funcionam basicamente como grandes aspiradores de pó. Os poluentes suspensos no ar passam através do filtro de tecido que segura o particulado na sua fibra;

- O método mais efetivo e também mais caro para o controle dos particulados é fazendo uso do precipitador eletrostático, no qual em situações reais, pode remover 99,9% de todos os particulados que entram em contato com ele. Como os poluentes do ar suspensos passam através do precipitador eletrostático, os particulados recebem uma carga elétrica. Assim, eles serão atraídos através de tubos ou placas coletoras onde são neutralizados e depositados em um coletor de particulados;

- Os lavadores são também conhecidos como coletores de particulados de pequeno tamanho. Entretanto, eles podem criar problemas de poluição nas águas quando o líquido residual contaminado tiver sido disposto. Existem vários tipos de lavadores envolvendo várias técnicas que usam o líquido para lavar ou dissolver os poluentes;

- Os poluentes gasosos são removidos por absorção, incineração ou oxidação e condensação. Na absorção, os poluentes gasosos são removidos através de passagem por

um líquido que reage com ele quimicamente. A absorção remove certos poluentes gasosos no ponto da sua passagem através de um sólido poroso tal como o carvão ativado. O gás é atraído e acaba aderindo a esse sólido. Na incineração ou oxidação, os hidrocarbonetos não queimados são convertidos para dióxido de carbono e água. O processo de incineração produz combustão completa pelo uso de equipamentos chamados pósqueimadores que destroem hidrocarbonetos a altas temperaturas com o adequado tempo de retenção e de mistura. Outros equipamentos de oxidação são chamados conversores catalíticos, onde os hidrocarbonetos e monóxido de carbono passam sobre um material catalítico sólido que causará sua reação com o oxigênio para formar dióxido de carbono e água. No processo de condensação, os poluentes gasosos são resfriados até sua condensação na forma líquida, quando então são removidos.

Segundo Maiole e Nascimento (2005), os contaminantes do ar podem ser removidos da atmosfera por três mecanismos de acordo com:

- Deposição úmida: Para as partículas o processo de deposição úmida consiste na colisão e posterior adesão das partículas com as gotas da precipitação pluviométrica. No caso dos gases, a taxa de transferência de moléculas do gás à superfície de uma gota deve ser estimada conhecendo-se a pressão de vapor do gás e a composição química do gás e da gota;
- Deposição seca: Para partículas a deposição do contaminante ocorre devido à aceleração da gravidade. Assim como para gases com massa específica superior a do ar;
- Reação química de partículas ou gases: É o mecanismo por meio do qual ocorre a transformação das substâncias inicialmente presentes (reagentes da reação), em novas substâncias (produtos da reação).

Mecanismo de redução das emissões de gases do efeito estufa (GEE) como o sequestro de carbono estão sendo feitos no contexto do mercado de carbono, conforme estabelecido no Protocolo de Quioto (MAIOLE; NASCIMENTO, 2005).

2.3 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A ação do homem no que se refere ao consumo de energéticos, indispensável ao desenvolvimento econômico, tem impactos ambientais que contribuem para as mudanças climáticas que vem atingindo o planeta.

De acordo com a Organização das Nações Unidas (1988), o termo "mudança climática" diz respeito a mudanças de temperatura, precipitação, nebulosidade e outros fenômenos climáticos em relação às médias históricas provocados pelo homem. Já o aquecimento global consiste no aumento da temperatura média dos oceanos e do ar perto da superfície da Terra.

A principal evidência do aquecimento global vem das medidas de temperatura nas estações meteorológicas. E as evidências secundárias são obtidas através da observação das variações da cobertura de neve das montanhas e de áreas geladas, do aumento do nível global das mares, do aumento das precipitações, da cobertura de nuvens, do El Niño e outros eventos extremos de mau tempo durante o século XX. Os sinais evidentes do aquecimento global já são sentidos em todas as regiões do mundo, com verões cada vez mais quentes e invernos cada vez mais curtos e menos frios. Segundo estudos divulgados por Mattos (2001) apud Carra (2003) o aumento da temperatura média do planeta será entre 1° C e 3,5° C até o ano de 2100, em relação ao ano de 1990, caso nada seja feito para reduzir as emissões, devido ao aumento de concentração dos gases do efeito estufa na atmosfera; o nível do mar pode elevar-se de 15cm a 95cm até o ano de 2100, comparado a partir de 1990; Previsões aquecimentos regionais e mudanças sazonais; projeções indicam que regiões internas dos países irão aquecer mais rapidamente que os oceanos e as regiões costeiras; espera-se que a precipitação total aumente; nos solos mais úmidos, de altas altitudes, resultam mais chuvas e neve, mas nas altas temperaturas os solos são mais secos; a possibilidade de mudança na frequencia e intensidade de eventos climáticos extremos, como tempestades e furacões; mudanças rápidas e inesperadas do clima em algumas regiões; mudança na composição das florestas, seus limites geográficos, produtividade e saúde; erosão em áreas costeiras das praias, inundações e custos adicionais para proteção de comunidades; possibilidade de algumas espécies da fauna perderem seus habitats e outras entrarem em processo de extinção.

O relatório da Organização das Nações Unidas (1988) diz que grande parte do aquecimento observado durante os últimos 50 anos se deve muito provavelmente a um aumento do efeito estufa, ilustrado na figura 2, causado pelo aumento nas concentrações de gases estufa de origem antropogênica (incluindo, para além do aumento de gases estufa, outras alterações devido a um maior uso de águas subterrâneas e de solo para a agricultura industrial e a um maior consumo energético e poluição).

Figura 2 - Efeito Estufa
Fonte: Maiole e Nascimento (2005).

Em função dos efeitos potenciais sobre a saúde humana, economia e meio ambiente o aquecimento global tem sido fonte de grande preocupação, visto que importantes mudanças ambientais têm sido observadas e estão ligadas ao aquecimento global (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1988).

O aumento no número de mortos, desabrigados e perdas econômicas previstas devido ao clima severo atribuído ao aquecimento global pode ser piorado pelas densidades crescentes de população em áreas afetadas. Um sumário dos prováveis efeitos e conhecimentos atuais

pode ser encontrado no “Terceiro Relatório de Balanço do IPCC (2001)”, e no resumo do “Quarto Relatório de Balanço do IPCC”, que informa as evidências observadas de um aumento no número de ciclones tropicais no Atlântico Norte desde cerca de 1970, em relação com o aumento da temperatura da superfície do mar. Efeitos adicionais incluem aumento do nível do mar de 110 a 770 milímetros entre 1990 e 2100, repercussões na agricultura, possível desaceleração da circulação termoalina, reduções na camada de ozônio, aumento na intensidade e freqüência de furacões, baixa do pH do oceano e propagação de doenças como malária e dengue. Existe uma previsão de que 18% a 35% de 1.103 espécies de plantas e animais serão extintas até 2050, baseado nas projeções do clima no futuro. (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1988).

Outra preocupação é o aumento do nível médio das águas do mar. O nível dos mares está aumentando em 0,01 a 0.025 metros por década o que pode fazer com que no futuro algumas ilhas de países insulares no Oceano Pacífico fiquem debaixo de água. O aquecimento global provoca subida dos mares principalmente por causa da expansão térmica da água dos oceanos. O segundo fator mais importante é o derretimento de calotas polares e camadas de gelo sobre as montanhas, que não se espera que contribuam significativamente para o aumento do nível do mar nas próximas décadas, por estarem em climas frios, com baixas taxas de precipitação e derretimento. Alguns cientistas estão preocupados que no futuro, a camada de gelo polar e os glaciares derretam significativamente. Caso isso aconteça, pode haver um aumento do nível das águas, em muitos metros (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1988).

O aumento das descobertas científicas sobre o aquecimento global tem resultado em debates políticos e econômicos. Regiões pobres, em particular a África, têm grandes chances de sofrerem a maior parte dos efeitos do aquecimento global, enquanto suas emissões são desprezíveis em relação às emissões dos países desenvolvidos (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1988).

A preocupação com o aumento do efeito estufa, provocado pelo aumento da concentração de certos gases devido à atividade humana, cuja principal controvérsia, que se tornou mais política do que científica, advém das causas do aquecimento global acelerado, que a maioria dos pesquisadores imputa às emissões de gases estufa na atmosfera devido a ações humanas. Um grupo menor de cientistas, embora concorde que está ocorrendo de fato o aquecimento global, afirma que as causas principais são de ordem natural, principalmente

astronômica, isto é, o aumento da radiação solar por causas não completamente conhecida (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1988).

A disputa a nível político e público deve priorizar ações, em termos de custo/benefício, para tentar reduzir ou reverter o aquecimento futuro, ou para lidar com as suas esperadas consequências (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1988).

O aquecimento global somente entrou na pauta política nos anos 1980, que culminou com a conferência internacional conhecida por Rio 92, realizada no Rio de Janeiro em 1992. Nesta conferência foi adotada a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima, em uma das decisões de consenso foi adotar um Protocolo segundo o qual os países industrializados reduziriam suas emissões combinadas de gases de efeito estufa em pelo menos 5% em relação aos níveis de 1990 até o período entre 2008 e 2012. O Protocolo de Kyoto, como ficou conhecido, foi ratificado por mais de 60% dos países emissores (ratificação da Rússia, responsável por 17% das emissões, em 2004), passando então a ter validade. O protocolo conta com mais de 160 países e mais de 55% da emissão de gases do efeito estufa. Constitui-se no protocolo de um tratado internacional com compromissos mais rígidos para a redução da emissão dos gases que provocam o efeito estufa, considerados, de acordo com a maioria das investigações científicas, como causa do aquecimento global.

Segundo a Organização das Nações Unidas (1988), a redução das emissões deverá acontecer em várias atividades econômicas. O protocolo estimula os países signatários a cooperarem entre si, através de algumas ações básicas:

- Reformar os setores de energia e transportes;
- Promover o uso de fontes energéticas renováveis;
- Eliminar mecanismos financeiros e de mercado inapropriados aos fins da Convenção;
- Limitar as emissões de metano no gerenciamento de resíduos e dos sistemas energéticos;
- Proteger florestas e outros sumidouros de carbono.

Se o Protocolo de Kyoto for implementado com sucesso, estima-se que deva reduzir a temperatura global entre 1,4ºC e 5,8ºC até 2100 (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1988).

Cientistas climáticos afirmam que as temperaturas globais continuarão aumentando, e isto tem levado nações, Estados, empresas e cidadãos a implementar ações para tentar reduzir o aquecimento global ou ajustar-se a ele. Muitos grupos ambientais encorajam ações contra o aquecimento global, freqüentemente por parte dos consumidores, incluem também comunidade e organizações. Adicionalmente têm ocorrido negócios econômicos na mudança climática, incluindo esforços no aumento da eficiência de energia e uso de fontes alternativas, apesar de ser de forma ainda insipiente. Uma importante inovação é o desenvolvimento de um comércio de emissões dos gases do efeito estufa. Empresas, em conjunto com os governos, concordam em limitar suas emissões ou comprar créditos daqueles que emitiram menos do que é permitido. Este tratado expira em 2012, e debates internacionais iniciaram-se em maio de 2007 sobre um novo tratado para suceder o vigente (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1988).

2.4 POLÍTICAS PÚBLICAS PARA O SETOR ENERGÉTICO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

O trabalho busca fornecer informações sobre a poluição atmosférica gerada pelo consumo de energia no Estado do Rio Grande do Norte, proporcionando um ambiente para elaboração de Políticas Públicas que gerem benefícios ao Estado no âmbito econômico, focalizando os problemas energéticos-ambientais. Trata-se de auxiliar no estabelecimento das diretrizes para fomentar e subsidiar a diversificação da matriz energética do Estado. Tendo em vista que, em geral os recursos energéticos do RN, notadamente o petróleo e o gás natural, são bastante expressivos quando comparados aos valores das reservas e da produção nacional. E ainda dispõe de um potencial energético de fontes primárias para produção de energia elétrica, tais como eólica, solar, hidráulica (pequenas centrais), biomassa, em diversos níveis de aproveitamento. Por traz de todo esse potencial há uma complexa rede produtiva que precisa de alavancagem para se desenvolver. Todavia a matriz energética do Estado ainda se encontra dependente da importação da energia elétrica (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

Nesse contexto, para se obter o desenvolvimento do setor energético faz-se necessárias ações governamentais no sentido de programar e induzir obras de infra-estrutura para que venham projetar o Rio Grande do Norte rumo à auto-suficiência, sustentabilidade e eficiência energética. Assim estabelecer políticas para viabilizar impasses do ponto de vista energético e ambiental trazendo melhorias ao Estado (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

A seguir serão apresentadas algumas sugestões para subsidiar o desenvolvimento de políticas públicas para cada energético específico com finalidade de promover o desenvolvimento econômico do Estado associado a mecanismos menos poluentes, conforme Rio Grande do Norte (2005).

2.4.1 Energia Elétrica

A questão ambiental está envolvida em todos os ramos de atividade, assim o setor elétrico deve buscar uma convivência harmoniosa com o meio ambiente, escolhendo caminhos que tenham impactos negativos menores: como menor agressão ambiental na construção de usinas geradoras e subestações, visto que quanto menor o espaço físico menor será a agressão ambiental; menor faixa de servidão na construção de linhas de transmissão; minimização da contaminação do ar proveniente da filtragem das impurezas existentes nas fumaças eliminadas pelas unidades termelétricas; concepção de fontes menos poluentes de energia, tais como energia eólica, solar, de biomassa, dentre outras. Espera-se dos órgãos de controle ambiental uma fiscalização adequada quanto ao cumprimento à legislação vigente, assim como uma maior agilidade no que se refere às licenças ambientais para execução de obras elétricas e um estímulo à conscientização dos fabricantes para produzirem seus equipamentos que minimizem o impacto ao meio ambiente quando de sua utilização.

Sugere-se algumas medidas como a adoção de geração de energia descentralizada por meio de energia eólica ou solar, incluir gerenciamento de demanda, dentre outras. Para tanto, deve-se buscar mecanismos técnicos para geração e escoamento de energia, pois para assegurar o completo escoamento da energia gerada deve-se contar com uma rede de distribuição e transmissão capazes de fornecerem energia dentro dos padrões de qualidade, com valores de tensão e freqüência próximos aos nominais.

A alavancagem de recursos para investimentos no setor elétrico pode ser obtida junto às instituições de financiamento, tais como as linhas de financiamento do Banco do Nordeste do Brasil S.A - BNB, Agência para a Energia - ADENE, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDS, Banco Internacional para a Reconstrução e o Desenvolvimento - BIRD, Banco Mundial - WORD BANK, Centrais Elétricas Brasileira S.A - ELETROBRAS e outros órgãos que queiram contribuir para o desenvolvimento nacional.

Seguem algumas propostas de soluções para problemas gerais do setor elétrico: Analisar a matriz energética do Estado; Estimular o mercado de geração distribuída regionalizada, com desenvolvimento sócio-econômico, gerando emprego e renda para o município e Estado, além da geração de outros impostos; Incentivar a implementação das energias alternativas em zonas rurais e ainda não eletrificadas.

2.4.2 Petróleo e Derivados

Com relação ao petróleo e seus derivados, embasando-se na evolução da demanda e da produção de combustíveis, verifica-se seu relevante papel na matriz energética brasileira. As condições de oferta aliadas ao seu potencial exploratório apontam para um crescimento da produção, que agregada aos aportes de vizinhos viabilizam a suficiência no atendimento das necessidades. Tais energéticos são supridores preponderantes do segmento de transporte, mais incrementa também sua contribuição aos setores residencial, industrial e energético. É de grande importância que o governo fique atento as oportunidades de investimentos, colocando-se como parceiros para possibilitar a viabilidade técnica e econômica de novos empreendimentos.

O contexto previsível para a indústria de petróleo para as próximas décadas pode ser considerado positivo e equilibrado quanto à expansão da estrutura de produção, processamento e refino, transporte, distribuição e revenda.

No Rio Grane do Norte, a capacidade instalada de Guamaré representa um importante atrativo para implantação de novas instalações industriais, desde que sejam contemplados os indicadores econômicos e com infra-estrutura de escoamento da produção.

A baixa produtividade dos poços e a água associada ao petróleo na Bacia Potiguar não tem estimulado investimentos das grandes companhias de petróleo. Tais características

geológicas exigem grandes estruturas para separação, escoamento e tratamento dos fluidos, onerando os custos de produção.

Para compensar os fatores adversos, é importante a presença do governo do Estado para evitar a desativação de campos ou a postergação de projetos cuja produção seja de baixa rentabilidade. Os impostos gerados pela prestação de serviços especiais, o pagamento de royalties e taxas aos proprietários poderão compensar eventuais perdas de receita, ocasionadas pelo estímulo ao investimento ou para evitar o fechamento de poços produtores.

A adoção de infra-estrutura de transporte poderia ser decisiva para a instalação de novas empresas na região: A malha rodoviária onde há maior concentração das atividades de exploração e produção de petróleo requer manutenção sistemática e estudo adequado, tendo em vista que o escoamento dos produtos processados aliado à possibilidade de outras instalações industriais ocorrerem por meio dela. Portanto, faz-se necessário um estudo de tráfego da rodovia federal BR-406, que liga Macau a Natal, para deixá-la em condições de suportar o transporte seguro; A reativação da ferrovia Macau-Natal também poderia ser relevante para instalação de novas plantas industriais no Pólo de Guamaré, podendo se transformar em um diferencial competitivo para indústrias de tintas, solventes ou de outros produtos, assim como facilitar o escoamento da produção de gás de cozinha, óleo diesel e sal produzido em Macau; O estímulo à ampliação de Guamaré pode viabilizar um terminal marítimo para exportação de derivados, constituindo-se um diferencial estratégico para o desenvolvimento da indústria petroleira no Estado.

A indústria do petróleo submete-se a uma legislação específica para a atividade, assim como às leis ambientais nas esferas federal, estadual e municipal. A regulação, a contratação e a fiscalização das atividades econômicas realizadas pela indústria do petróleo são responsabilidades da Agência Nacional do Petróleo (ANP). Os órgãos gestores do meio ambiente são o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, no âmbito federal e o Instituto de Defesa do Meio Ambiente do Rio Grande do Norte – IDEMA, no âmbito estadual.

A escassez de empresas locais especializadas para prestação de serviços na área ambiental, assim como a complexidade dos processos e a morosidade na emissão de licenças tem dificultado a atuação de empresas que pretendem investir no Estado.

A geração de resíduos também consiste em uma característica da indústria do petróleo. O aperfeiçoamento da legislação ambiental vem obrigando as empresas a promoverem o

tratamento e uma destinação final adequada de seus resíduos. Isto tem elevado os custos operacionais e a dificuldade maior é encontrar soluções para, por exemplo, reciclar tais resíduos. Como a maior parte dos resíduos é composta por solos, que grande parte está contaminada por óleo ou produtos químicos, uma solução seria encontrar alternativas para seu uso.

Com relação às perspectivas de mercado, a qualificação profissional é uma das principais exigências da indústria do petróleo, o que favorece a formação de mão-de-obra especializada. As atividades mais especializadas, voltadas para a área de exploração, produção, transporte de petróleo, processamento, segurança industrial e ambiental, construção e montagem industrial tem grande procura por empresas operadoras e prestadoras de serviços. Logo, projetos com o objetivo de qualificação profissional podem ser importantes vetores para o desenvolvimento de uma política para geração de trabalho e renda. Pesquisas junto às empresas podem orientar um plano de capacitação focado para as necessidades de maior demanda.

Os recursos para investimento no setor de petróleo e derivados poderão ser obtidos junto às diversas instituições de financiamento, tais linhas de financiamento do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDS, Banco Internacional para a Reconstrução e o Desenvolvimento - BIRD, Banco Mundial - WORD BANK, Ministério de Minas e Energia - MME e outros órgãos que desejem contribuir com o desenvolvimento estadual.

Seguem algumas propostas de soluções para problemas gerais da área de petróleo e derivados: Acelerar o processo de licenciamento ambiental das obras; Estimular à capacitação de empresas em consultoria e gestão ambiental; Estruturar órgãos de gestão ambiental para atender as demandas; Elaborar parceria em busca de soluções para o tratamento dos resíduos; Estimular à capacitação de empresas para o tratamento e disposição de resíduos; Fomentar o desenvolvimento de tecnologias voltadas para a reciclagem de resíduos; Efetuar pesquisas junto às empresas operadoras e prestadoras de serviços para conhecer as atividades de maior demanda; Estruturar cursos de formação voltados à tecnologia do petróleo e derivados; Articular formação de uma rede de empresas para oferta de estágios; Credenciar instituições para certificação de profissionais; Adaptar grades curriculares das escolas técnicas e universidades para atender a demanda de mercado de trabalho; Realizar zoneamento para diferenciar as taxas ambientais conforme o potencial de cada área; Estimular a criação de empresas especializadas em tratamento de efluentes e resíduos; Estimular a atuação de

empresas locais a atuarem na atividade de perfuração, produção, construção e montagem, geologia do petróleo, meio ambiente e segurança industrial; Adequar as malhas rodoviárias federal e estadual às demandas atuais e futuras da atividade; Reativar ramal ferroviário Macau-Natal, para promover o escoamento da produção de Guamaré; Incentivar a construção de terminal marítimo em Guamaré para possibilitar o embarque e recebimento de derivados.

2.4.3 Gás Natural

A utilização do gás natural - GN como combustível inibe o corte precoce das árvores em regiões fornecedoras de lenha para queima direta ou para produzir carvão, que contribui com o processo de desertificação. Ao substituir a lenha, por exemplo, o gás reduz o desmatamento com grandes benefícios para o clima e meio ambiente. O solo destituído de uma cobertura vegetal não consegue reter adequadamente a água da chuva. Assim, a maior parte dela pode escoar superficialmente, formando enxurradas e provocando a redução de água subterrânea, comprometendo os lençóis freáticos e acarretando a secagem dos córregos e riachos vizinhos, que passam a exibir águas turvas com muita matéria em suspensão. As enxurradas podem gerar também a erosão do solo com a remoção das camadas superficiais férteis, acelerando o processo de esterilização da terra. As queimadas destroem o humo e a população microbiana do solo, afetado sua fertilidade. No Rio Grande do Norte, especificamente na região do seridó, o desmatamento está provocando a desertificação da área. Concretizar esta utilização depende de fatores de ordem econômica referente ao transporte e comercialização, que inviabilizam a composição dos custos de produção das empresas usuárias de lenha ou carvão vegetal, como as cerâmicas, caieiras, panificadoras, dentre outras. Um outro problema para esta concretização, corresponde à existência de equipamentos do um parque industrial projetado para uso de lenha como combustível, caracterizados por uma tecnologia de baixa capacidade de aproveitamento energético. Espera-se que a disponibilidade gás propicie o desenvolvimento humano principalmente nas regiões menos favorecidas.

O preço do gás é um importante sinalizador para os agentes econômicos nas decisões de produção, importação e consumo, devendo ser coerente com o custo de oportunidade do produtor e do consumidor. Tendo em vista que para uso veicular, a viabilidade financeira depende do preço da gasolina e do álcool hidratado.

Nos lugares onde não existem tubulações, o gás natural produzido como sub-produto da extração do petróleo é lançado no ar ou queimado no próprio local, adicionando na atmosfera uma maior quantidade de gases indutores do efeito estufa. Por este motivo, deve-se avaliar a viabilidade de aproveitamento deste gás.

O gás natural comprimido, usado como combustível automotivo, apresenta vantagens quando comparado à gasolina. Para os veículos automotores, o uso do GNV aliviaria substancialmente a carga poluidora emitida pelos mesmos, sendo considerado vantajoso quando comparado à gasolina. Visto que o gás comprimido apresenta uma combustão eficiente, cuja maior parcela é de metano, não tendo qualquer cadeia carbônica, particulados orgânicos ou hidrocarbonetos reativos sendo emitidos ao ar em quantidades significativas, através dos gases de combustão, embora haja possibilidade de emissão em pequena quantidade de cada um desses compostos. Assim, a qualidade do ar é melhorada, quando o gás natural for usado em substituição à gasolina e ao óleo diesel, que devido a sua pureza produz uma queima uniforme, sem a presença de fuligem ou outras substâncias que possam interagir com o meio ambiente. Todavia, a liberação do gás metano das tubulações durante o transporte do gás ou do escape dos veículos pode contribuir para o aumento do aquecimento global, uma vez que o metano gasoso é um potente indutor do efeito estufa. Adicionalmente seu uso deve atender os requisitos de sustentabilidade, sem comprometer o suprimento das necessidades futuras.

A legislação vigente estabelece os princípios e objetivos da política energética e cria o Conselho Nacional de Petróleo – CNPE, para promover o aproveitamento racional dos recursos energéticos, garantir o fornecimento em todo o território nacional, avaliar as matrizes energéticas regionais, estabelecer as diretrizes para programas específicos e para importação e exportação de petróleo e gás.

Na indústria do gás natural existem atividades concorrentes e monopólicas, mas interdependentes, sejam elas: exploração e produção (E&P), processamento, transporte, comercialização e distribuição.

É possível existir concorrência nas atividades de exploração, produção e comercialização, mas o mercado competitivo nas atividades de transporte e distribuição é economicamente inviável, em face dos altos custos para construção das redes físicas, em que se aplica o monopólio para viabilizar a realização de tais atividades. Desde 1988, a

distribuição ficou a cargo dos Estados Federativos, embora a Petrobras tenha participação em diversas empresas estaduais distribuidoras de gás.

Os agentes da indústria do gás natural procuram inserir nas diversas atividades da cadeia do gás e do petróleo, e em alguns casos tem participação na indústria da energia elétrica. Todavia, algumas restrições podem afetar a expansão do mercado do gás, tais como o preço do energético e a garantia de suprimento.

São boas as perspectivas de mercado para os segmentos comercial, automotivo e industrial: No segmento comercial, a utilização do gás canalizado fornece ao setor um abastecimento contínuo de energia; as instalações são, em geral, simples e de fácil adaptação a outras instalações já existentes, o que pode implicar redução de custos para o consumidor. Os estabelecimentos podem utilizar o gás em fogões, fornos caldeiras, ar condicionado, aquecedores de água, dentre outras formas; No segmento automotivo, o GNV representa uma economia de cerca de 70% para o consumidor. Para fazer uso é necessário fazer uma adaptação dos motores com um kit de controle que torna o gás um opcional sem impossibilitar o uso do combustível convencional. O GNV tem preço inferior quando comparado aos combustíveis convencionais para motores de veículos e ainda apresentam algumas vantagens, tais como redução de paradas para manutenção, troca de óleo, diminuição da corrosão nos escapamentos, dentre outras. Contudo o custo para conversão do motor a gasolina para gás combustível é restrito aos táxis e aos transportes de cargas comerciais, embora ainda atinja certos consumidores particulares, visto que o custo da conversão é recuperado em longo prazo com o menor custo do gás; No segmento industrial, o uso do gás é ainda insipiente, embora o gasoduto que transporta gás até Pernambuco passa por toda extensão do RN, o que propiciaria um desenvolvimento industrial mais intenso nas imediações do gasoduto utilizando o gás como fonte de energia nos processos de transformação.

A queima do gás natural oferece algumas vantagens quando comparado a outros energéticos, tais como redução nos custos de manutenção, melhor rendimento nos processos de queima do combustível, aumento da precisão da regulagem de chama devido à estabilidade da composição do gás natural, redução das intervenções de manutenção, de limpeza nas áreas de queima, de fácil manipulação, redução do custo operacional. Ressalta-se que o uso do gás natural em qualquer dos segmentos, reduz consideravelmente a pressão sobre o meio ambiente, contribuindo tanto para a redução de emissão de gases poluentes como para a diminuição do desmatamento, que vem afetando as reservas florestais.

Os principais agentes financiadores oficiais são o Banco Nacional de Desenvolvimento econômico e Social - BNDS, o Banco do Nordeste do Brasil S.A - BNB e o Banco do Brasil - BB.

De acordo com Rio Grande do Norte (2005) sugere-se capacitar empresas de consultoria e gestão ambiental, estruturar os órgãos de gestão ambiental, formar parcerias para encontrar soluções efetivas para o tratamento de resíduos, estimular a capacitação das empresas para tratamento e disposição de efluentes e resíduos, efetuar pesquisas junto as empresas operadoras e prestadoras de serviços para conhecer as atividades de maior demanda, estruturar cursos de formação na área de tecnologia de produção, processamento e uso do gás natural, articular a formação de uma rede de empresas para oferta de estágios, credenciar instituições para certificação de profissionais, adaptar os currículos das escolas técnicas e universidades para atender a demanda do gás natural, estimular as empresas locais para participarem de concorrências em atividades de suas competências, estimular a adaptação de empresas para prestação de serviços especializados nas áreas de engenharia de perfuração, produção, construção e montagem, geologia do petróleo, meio ambiente e segurança industrial, adequar a malha rodoviária estadual e federal às demandas atuais e futuras da atividade, reativar o ramal ferroviário Macau-Natal para promover o escoamento da produção de Guamaré.

2.4.4 Biodiesel

A fabricação do biodiesel, por ser derivada de fontes renováveis pode significar geração de emprego e renda, principalmente nas áreas rurais, locais de produção das matérias-primas. É uma fonte de energia biodegradável, que não contém enxofre e não é corrosivo, o que implica redução significativa na emissão de poluentes atmosféricos, contribuindo com a amenização ao aquecimento global, notadamente o efeito estufa.

Devido às condições naturais de clima e solo do RN, que o torna potencial produtor de oleaginosas como mamona, girassol, dentre outras. Assim a produção do biodiesel a partir destas fontes pode significar independência energética do Estado, assim como um forte indutor de emprego e renda.

A mamoneira (*Ricinus communis L.*), oleaginosa de relevante importância econômica e social, tem várias aplicações industriais. Suas sementes depois de industrializadas, originam a torta e ao óleo de mamona que, entre as diversas utilidades, pode ser empregado na indústria de plástico, siderurgia, saboaria, perfumaria, curtume, tintas e vernizes, além de ser excelente lubrificante para motores de alta rotação e carburante de motores a diesel. Pode ser utilizado também para a fabricação de cosméticos, próteses para ossos humanos, lubrificantes e aditivos de combustíveis aeroespaciais. Seu uso na composição de biodiesel para automóveis pode ser uma alternativa para redução da emissão de poluentes na atmosfera.

Com amparo legal, a criação da demanda para óleo de mamona pode resultar no aumento de áreas agrícolas destinadas a esta cultura, gerando inúmeros postos de trabalho diretos e indiretos.

Como agentes financiadores têm-se Banco do Brasil - BB, Banco do Nordeste de Brasil S.A - BN, Agência de Fomento do Rio Grande do Norte S.A - AGN, linhas de crédito do Programa Nacional de Agricultura familiar - PRONAF.

Sugestões propostas por Rio Grande do Norte (2005): realização de eventos com participação de especialistas e sociedade para debater sobre o biodiesel/mamona; elaboração de estudos voltados para oleaginosas e para solos e relevos do RN, objetivando a revisão das áreas de plantio, visto que foi constatado que somente 23 municípios estão dentro do zoneamento; criação de uma política estadual que contemple assistência técnica, organização, planejamento, orientação para o biodiesel; estabelecimento de política de garantias para os agricultores familiares que plantarem a mamona; elaboração de estudo de mercado para a mamona e os derivados resultantes do processo de produção do biodiesel; criação de política de estímulo a novos parceiros; implementação do banco de sementes; implementação do programa de capacitação para técnicos e agricultores familiares para a cadeia produtiva; garantia dos meios para os agricultores familiares participarem do processo de produção até o esmagamento da mamona.

2.4.5 Biocombustíveis

A bioenergia pode contribuir para a redução do dióxido de carbono na atmosfera, e consequentemente minimizar os impactos negativos do efeito estufa. A destinação correta do

lixo, por exemplo, auxilia sobremaneira seu aproveitamento como recurso energético. Além de possibilitar o aproveitamento dos gases gerados, produção de adubos (*compostagem*), considerando a proteção do solo e tratamento do chorume (caldo orgânico gerado da decomposição, que é um grande poluidor dos espaços hídricos).

O setor de energia elétrica no Estado poderá ser beneficiado com a injeção de energia oriunda das usinas de álcool e açúcar, gerada a partir do bagaço e palha da cana.

Seguindo as técnicas de conversão, a bioenergia pode ser transformada em eletricidade, calor e combustível através da combustão, gaseificação, fermentação e produção de substâncias líquidas.

A combustão libera calor da biomassa por meio da co produção de eletricidade em usinas de carvão ou turfa, em que o Rio Grande do Norte detém uma das maiores jazidas do Brasil, combustão de resto de madeira para geração simultânea de eletricidade e calor que podem ser aproveitados nas indústrias de madeira, a combustão também pode ser usada nas siderúrgicas, cerâmicas, dentre outras.

Na gaseificação a biomassa é convertida para o estado gasoso, em que os principais produtos são hidrogênio e monóxido de carbono, que podem ser usados tanto para gerar energia quanto na indústria química. Na fermentação ocorre a desintegração da biomassa por bactérias anaeróbicas para formar uma mistura de metano e dióxido de carbono, esse biogás é usado para geração de eletricidade e são úteis também para indústrias que usam o lixo e o esgoto da fermentação, em seus processos produtivos, para purificação. Pode ser ainda que esse gás atinja a qualidade do gás natural, ampliando ainda mais suas utilidades.

A produção de substâncias líquidas a partir de matéria vegetal pode ser por: Conversão Biológica – açúcares de cana-de-açúcar e de beterraba são convertidos em etanol pela ação de bactérias; Extração – pressionando as sementes pode-se obter produtos com energia, como o biodiesel; Conversão Térmica – o material vegetal é decomposto na ausência de oxigênio e a alta temperatura. Dependendo das condições do processo, uma mistura de combustíveis líquidos e gasosos é produzida. Processo utilizado no Brasil, inclusive no RN onde existem várias usinas para produção de álcool combustível.

O Rio Grande do Norte apresenta uma demanda ainda insipiente, sem disponibilidade de assistência técnica. Com matérias-primas bastante diversificada, a produtividade deve ser avaliada. Todavia, com o avanço tecnológico, usinas de biomassa com alto rendimento e geração de energia e gás poderão existir.

No Rio Grande do Norte a bioenergia pode ser economicamente viável, devido à disponibilidade de matérias-primas, podendo tornar-se praticável com o apoio do governo em parceria com as universidades e empresas privadas. As linhas de financiamento podem ser obtidas junto ao Banco do Brasil - BB, Banco do Nordeste Brasileiro S.A – BNB, Agência de Fomento do Rio Grande do Norte S.A - AGN e programas governamentais.

2.4.6 Lenha e Derivados do Carvão Vegetal

As variações da cobertura vegetal são fortemente impactadas pela dinâmica das fronteiras agropecuárias, que são determinadas pelas políticas de crédito e incentivos agropecuários, pelas condições do mercado e pelas variações da população rural. O desmatamento é mais intensificado com o consumo dos produtos florestais, mas esta não é sua causa direta.

O potencial produtivo das florestas não é aproveitado, visto que a produção ocorre com os desmatamentos destinados à agricultura ou pecuária. Todavia, com o manejo florestal adequado às necessidades atuais de madeira seriam atendidas, com a conservação dos recursos. Para tanto, a capacitação de técnicos para a preparação e condução dos planos de manejo florestal e aplicação de recursos financeiros para facilitar a extensão.

Os produtos florestais apresentam baixos preços em virtude da deficiência no sistema de comercialização e, consequentemente, a baixa remuneração dos produtores, o que pode desmotivá-los para a conservação. Os preços dos recursos florestais permitem somente a retribuição mínima ao capital e trabalho empregados. Não existe retribuição aos recursos florestais para formar uma base econômica para conservação e reconstituição, cujo único valor atribuído a recomposição das florestas, a Taxa de Reposição Florestal, é sonegada e destinada a outro fim.

O setor florestal, se utilizado de forma eficiente, pode contribuir para a economia do Estado. Todavia, a carência de políticas e instituições exclusivamente dedicadas ao setor representam a baixa prioridade que lhe é dada, expressando o desconhecimento da sua importância para a economia do Estado.

A importância econômica e social do setor não fica bem expressa pelo valor comercial da produção (US$ 8.000.000,00 de dólares, em 1992) nem pela sua participação no Produto

Interno Bruto - PIB (0,7% no ano de 1987), mas é significativa na geração de empregos (15% da renda monetária).

É preciso avaliar e controlar os impactos ambientais, através da capacitação do pessoal, organização do monitoramento e elaboração de uma política de desenvolvimento florestal.

O que se observa na atualidade é o abandono que se encontra a pesquisa e extensão florestal. A fiscalização, manejo e desenvolvimento dos recursos florestais são da responsabilidade do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, que pela sua limitada capilaridade e escassa dotação técnica pode não cobrir todo o Estado, os órgãos estaduais com melhor capacidade de penetração territorial poderiam complementar o seu trabalho. Mas é preciso definir as competências para evitar superposição de responsabilidades.

A degradação ambiental no Estado está associada ao desmatamento, sobrepastoreio, agriculturas em terras não aptas, erosão, desapropriação da fauna e mudanças microclimáticas. A intensificação destes processos provocou a desertificação, entendida como um estado de degradação irreversível.

A recuperação da fertilidade dos solos afetados pela incidência do impacto das florestas na maior parte do semi-árido é a rotação das terras agrícolas e de pastos, que inclui um repouso florestal no ciclo agropecuário.

A cobertura florestal reduz a quantidade de água escoada pelos cursos superficiais e aumento do volume de água acumulada nos reservatórios de superfície, assim como promove a absorção e acumulação de CO_2 da atmosfera, preservação da biodiversidade, controle da erosão e proteção dos recursos hídricos.

A fauna nativa do semi-árido é de relevada importância social, pois participa como principal proteína animal das populações sertanejas. Na agricultura extensiva, a recuperação da fertilidade, da matéria orgânica e da estrutura dos solos depende da participação das florestas. Delas provém forragem para os animais de trabalho, o produtor obtém a energia e materiais de construção para uso domiciliar, elas constituem recursos contingenciais para produção comercial (lenha, carvão, estacas) quando não houver ocupação remunerável na agricultura.

O setor florestal não tem programas de financiamento à conservação e controle do meio ambiente. No Nordeste o Banco do Nordeste Brasileiro S.A - BNB é a única instituição que disponibiliza créditos para a atividade através do Programa de Financiamento de Conservação e Controle do Meio Ambiente - FNE VERDE, cujo objetivo é financiar atividades ambientais produtivas e itens de controle e proteção do maio ambiente que contemple manejo florestal sustentável, reciclagem de lixo, resíduos industriais e domiciliares, energia renovável (solar, eólica e biomassa), agricultura orgânica, indústria farmacêutica natural e outras atividades ambientais produtivas e itens relacionados à conservação e controle do meio ambiente.

Os hábitos de manejo aplicáveis a maior parte das florestas são conhecidos e não demandam investimentos vultosos, e existem também alternativas viáveis de reflorestamento em áreas restritas ou para finalidades especiais. Os problemas, em grande parte, derivam do baixo valor que os produtos florestais obtêm do mercado local, que não permitem adequada remuneração aos fatores de produção. Assim, as ações devem focalizar a valorização desses produtos e a organização do mercado e da produção.

As ações no sentido de conservação e desenvolvimento florestal no Estado são isoladas e não existe uma política definida com estratégias destinadas ao setor florestal.

O inventário florestal realizado pelo Projeto PNUD/FAO/IBAMA/GOVERNO DO RIO GRANDE DO NORTE (1993) apud Rio Grande do Norte (2005), revela que o semi-árido tem potencialidade para produção de energia e para obtenção de matéria-prima para serraria (6 milhões de m^3, que corresponde a 6% do estoque), para produção de mourões, estacas, varas e outros produtos (14 milhões de m^3, que corresponde a 14% do volume total) com valor de mercado superior ao da lenha. Com a introdução de tecnologias simples de manejo da mata nativa e melhoria nas tecnologias de fabricação de carvão e utilização de lenha, é possível aumentar em 30 a 40% a produtividade da mata e reduzir em 30% o volume da madeira usada como combustível. O papel do sistema agrossilvopastoril tradicional é fundamental para a sobrevivência das populações rurais no semi-árido do Estado.

Segundo o Projeto PNUD/FAO/IBAMA (1993) apud Rio Grande do Norte (2005), em torno de 300 estabelecimentos consumiam 70% da lenha e carvão. Os consumidores são responsáveis pelo pagamento da Taxa de Reposição Florestal e por fornecerem aos transportadores a documentação que legaliza o transporte quando esta não for emitida pelo responsável pelo desmatamento.

A concentração da demanda aliada a dispersão da oferta permite ao consumidor poder de barganha sobre os produtores.

As regras de manejo florestal do semi-árido, do ponto de vista empresarial ficaram restritas aos especialistas, fora do alcance do pequeno produtor.

O governo, através da isenção do pagamento da Taxa de Reflorestamento e a redução do Imposto Territorial Rural, tem procurado estimular o manejo florestal.

Um exemplo da importância dos recursos florestais para produção comercial, pode ser apresentado na informação a seguir: A lenha para uso industrial, incluindo as operações de corte, carga e transporte, requeria 0,6 dias.homem/estéreo (d.h/st), totalizando 1.038.000 dh no ano de 1992, o que equivale a 4.150 empregos permanentes. O carvão para uso residencial/comercial, incluindo as operações de corte da lenha, transporte primário, carvoejamento e transporte final, requeria 9,25 dias.homem/tonelada de carvão vegetal (dh/tcv), totalizando 440.000 dh no ano de 1992, o que equivale a 1.800 empregos permanentes. As estacas e mourões para cercas, com consumo estimado de 6.400.000 unidades/ano, com consumo de 0,02 dh/u, totalizaram 128.000 dh/ano, equivalente a 500 empregos permanentes.

A mão-de-obra empregada na produção florestal comercial, ao nível de consumo de 1992, foi de 1.606.000 dh/ano, o equivalente a 6.450 empregos permanentes.

Com relação à degradação ambiental, a situação mais grave encontra-se nas regiões do litoral e seridó, onde as florestas estão se reduzindo, a fauna está desaparecendo e certos ecossistemas estão sendo afetados pela ação humana. Nas demais regiões, as degradações estão concentradas em pequenas propriedades e nas terras mais intensamente utilizadas.

O Estado é carente de unidades de conservação dos recursos faunísticos e diversidade em geral, o estabelecimento de novas unidades e acompanhamento efetivo das já criadas, através de monitoramento, licenciamento, fiscalização e educação ambiental contribuiriam para uma conservação efetiva.

O manejo florestal evita a degradação ambiental, aumentando as áreas protegidas da erosão, reduzindo o escoamento superficial e conservando a biodiversidade.

Verifica-se um mercado desestruturado, escassez de informações, de capacitação específica na área florestal, falta de sensibilidade para as questões florestais no setor público e

nos níveis de decisão política, baixa eficiência tecnológica na obtenção e uso final dos produtos florestais.

O potencial de desenvolvimento florestal no RN é limitado, devido à escassa área apta para silvicultura comercial de alto rendimento, o que impossibilita o surgimento de indústrias florestais de vulto, e a natureza dos recursos florestais, principalmente na caatinga, mesmo com aceitável potencial para produção de energéticos e uso pecuário, não possuem potencial para produzir madeiras industriais.

É importante a dotação de recursos para manter a cobertura florestal, visto que não há usos alternativos para as terras florestais com níveis de rentabilidade atraentes, e as áreas de bom potencial para agricultura ou pecuária já estão ocupadas em sua maior parte. É interessante desenvolver formas de uso produtivo rentável e conservacionista. Assim como implementar uma política de valorização, uso racional e conservação, pois é grande seu valor social.

O recurso florestal contribui para a economia da região, sendo a principal fonte de energia para a população rural do Nordeste, assim como para o setor industrial e comercial da região. São os recursos que o produtor pode usar como capital, produzindo lenha, carvão, varas, estacas, mourões, material para construção de moradias etc. Dada tal importância, faz-se necessária uma política de valorização dos recursos florestais baseada na aplicação consistente da Taxa de Reposição Florestal, na fiscalização efetiva dos consumidores, na pesquisa e desenvolvimento de mercados de produtos não-madeireiros e na implementação generalizada dos planos de manejo para uma produção sustentada.

2.4.7 Energia Eólica e Outras Fontes Alternativas

O desenvolvimento das energias renováveis fortalece a segurança energética, na geração de emprego e renda e na promoção da inclusão social. Ações do governo brasileiro visam ampliar o uso eficiente e sustentável das energias renováveis na matriz brasileira com o Programa Luz para Todos, o de COMBUSTÍVEL VERDE, o do ETANOL, o das HIDRELÉTRICAS e o do PROINFA - Programa de Incentivo as Fontes Alternativas visa agregar a maior diversificação energética.

As linhas de financiamento para programas de financiamentos para programas de expansão e melhoramento do setor elétrico podem ser obtidas de financiamentos do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA (Ministério de Minas e Energia - MME), Agência para Energia - ADENE, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDS, banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento - BIRD, Banco Mundial - WORK BANK, Centrais Elétricas Brasileira S.A - ELETROBRAS.

2.5 CONCLUSÃO

Diante do exposto neste capítulo, as mudanças climáticas que vêm ocorrendo no mundo, intensificada pelas emissões atmosféricas, é foco de grande preocupação ambiental. Nesse contexto, de desenvolvimento econômico pautado no consumo de energia, foi apresentada a matriz energética do Estado do Rio Grande do Norte com seu respectivo direcionamento para estabelecimento de políticas públicas que promovam seu desenvolvimento econômico de forma menos danosa ao meio ambiente. Será apresentado a seguir o nível de poluição do Estado, indicando os energéticos e os setores econômicos mais poluidores como norte para alteração gradativa na matriz energética do Rio Grande do Norte com objetivo de minimizar a poluição, favorecida com ações públicas apropriadas.

CAPÍTULO 3

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Este capítulo apresenta a descrição e justificativa da metodologia utilizada para a obtenção dos resultados, pautada no método de pesquisa bibliográfica, descrevendo tipologia, área de abrangência e análise dos resultados.

3.1 TIPOLOGIA

A metodologia utilizada no trabalho utiliza a pesquisa do tipo bibliográfica, cujos dados foram extraídos do Balanço Energético do Estado do Rio Grande do Norte (2006) e do Sistema de Informação Energética da Olade, versão 1992, apud Fundación Bariloche (1996).

A pesquisa bibliográfica contemplou a leitura exploratória de livros, teses, dissertações, artigos e periódicos nacionais e estrangeiros, ensaios e anais de congressos, legislações e normas vigentes verificando em que medida o material interessava a pesquisa, colaborando com a identificação/quantificação da poluição atmosférica gerada pelo consumo energético; a leitura seletiva, com aprofundamento nos assuntos de interesse, em áreas ambiental e energética, alinhados ao objetivo da pesquisa, cujos resultados visam servir instrumentos de análise para o desenvolvimento de políticas públicas apropriadas para o setor energético, a fim de reduzir os poluentes lançados na atmosfera com a queima dos combustíveis; leitura analítica, analisando integralmente os textos, identificando as idéias chaves, hierarquizando e sintetizando as idéias; e a leitura interpretativa, relacionando os assuntos abordados nos materiais pesquisados com o que se propõe analisar, que consiste na matriz de consumo energético e de emissões de poluentes.

3.2 ÁREA DE ABRANGÊNCIA

Definiu-se como abrangência geográfica para análise dos dados, o Estado do Rio Grande do Norte, conforme Figura 3, localizado no nordeste do Brasil.

Figura 3 - Mapa do Brasil
Fonte: GUIAGEO (2008).

3.3 ANÁLISE DOS DADOS

O Balanço Energético do Estado do Rio Grande do Norte (2006) foi adotado como instrumento básico para as análises, uma vez que fornece uma retrospectiva da dinâmica e das transformações sofridas pela matriz energética, o que permite análises que favoreçam o desenvolvimento sustentável e técnico-econômico dessa unidade da federação, ao menor custo ambiental para a sociedade. O documento apresenta, segundo a metodologia desenvolvida pela OLADE (Organização Latino Americana de Desenvolvimento Energético), os principais dados e informações sobre a produção e a oferta de energia primária, suas transformações para as múltiplas formas de energia secundária e, finalmente, identifica o consumo final, tanto de energia primária quanto de secundária pelos setores da sociedade.

Na metodologia adotada pelo Balanço Energético do Estado do Rio Grande do Norte (2006), o consumo total de cada fonte de energia primária e de energia secundária é representado pela soma da energia transformada com a energia que foi para o consumo final. Este se divide em consumo não energético que é apresentado no Balanço de forma agregada devido à dificuldade de sua identificação setorial, e em consumo energético cujos setores da economia que ele abrange são o próprio setor energético, o residencial, o comercial, o público, o agropecuário, o de transportes e o industrial. Por sua vez, o setor de transporte é dividido em rodoviário, ferroviário, aéreo e hidroviário, e o setor industrial em indústrias de cimento, ferro-gusa e aço, ferro-liga, mineração/pelotização, não ferrosos, química, alimentos e bebidas, têxtil, papel e celulose, cerâmica e outras indústrias.

Assim, estão apresentados no Balanço Energético do Estado do Rio Grande do Norte o setor transformação – em que são discriminados os dados de entrada em energia primaria e secundária para os centros de transformação – e o setor de consumo final, que é o abordado neste trabalho, conforme anexo B. Os sub-setores de consumo final de energia serão expostos em seis grandes módulos homogêneos de demanda: residencial, transporte, comercial, industrial, público e agropecuário, visando simplificar e facilitar a análise dos usos finais.

Para efeito de contabilização das grandezas energéticas e os respectivos fluxos, constantes do balanço energético, foi escolhida a unidade internacionalmente conhecida como Toe (Tonelada Equivalente de petróleo) numericamente equivalente a dez milhões de Kcal. Sua escolha deve-se unicamente para tornar amigável o cotejamento dos resultados do

Balanço com os resultados do Balanço Energético Nacional (BEN) e com dados internacionais. Para a eletricidade foi adotado o critério de equivalência física da primeira lei da termodinâmica, ou seja, 860 kcal/kWh (RIO GRANDE DO NORTE, 2006).

O consumo final de energia abordado no trabalho consiste, de acordo com o Balanço Energético Estadual, na somatória do consumo final primário com o consumo final secundário, considerando apenas o consumo final energético, uma vez que este corresponde a 98,8% do consumo do Estado.

Os dados sobre os coeficientes de emissões poluentes, especificados por fontes energéticas nos distintos setores de consumo, foram extraídos do Sistema de Informação Energética da OLADE, versão março de 1992, citado pelo Instituto de Economia Energética associado à Fundação Bariloche (IDEE/FB), no XXVI Curso Latino Americano de Pós-Graduação em Economia e Planejamento Energético, conforme Anexo A. Sua metodologia de cálculo incorpora dados de consumo em milhões de Toe de cada fonte energética (petróleo, gás natural, carvão mineral, lenha, bagaço da cana, resíduos de biomassa, biogás, gás de gasogeno, gás liquefeito de petróleo, gasolina, álcool, querosene, óleo diesel, óleo combustível, carvão vegetal e coque), desconsiderando os consumos de eletricidade, de acordo com os setores de consumo (não aproveitado, carvoarias, destilarias, gasogenos, centrais elétricas, consumo próprio, indústria, doméstico, serviço, comercial, público, transporte e produção rural), calculando as emissões em toneladas de cada contaminante (CO_2, CO, SO_2, HC e NO_X e particulados). A metodologia de cálculo utilizada para encontrar os coeficientes de emissão pelo Sistema de Informação Energética da Olade (SIEE) foi realizada estabelecendo uma estrutura porcentual de participação dos contaminantes sobre o total e a responsabilidade de cada fonte sobre o total emitido. Em seguida, calculou-se a participação percentual dos diversos setores de consumo sobre a emissão total, assim como a emissão específica do sistema energético analisado.

A seleção das emissões poluentes no trabalho baseou-se na relevância das mesmas para o avanço acelerado do aquecimento global, com conseqüência danosa para o efeito estufa, são os chamados gases estufa (CO_2, CO, SO_2, HC e NO_X), assim como os materiais particulados.

A matriz de emissões de poluentes, resultante do trabalho em questão, elaborada pela autora, conforme apêndices, foi gerada multiplicando-se os coeficientes de emissões, extraídos do Sistema de Informação Energética (SIEE) da OLADE, versão março de 1992, ao

consumo final energético do Estado do Rio Grande do Norte obtido junto ao Balanço Energético do Rio Grande do Norte (2006). Ou seja, a quantificação do nível de emissões poluentes no Estado foi obtida do cruzamento de dados da matriz energética, cujos consumos energéticos em toneladas foram multiplicados pelos respectivos coeficientes de emissões, em quilogramas de poluentes por tonelada do energético utilizado, gerando a matriz de emissões poluentes, em toneladas de contaminantes, nos diversos setores da economia.

Utilizando a Matriz de Consumo Energético e de Emissões Poluentes, avaliou-se o comportamento das emissões por classe de energéticos (residencial, industrial, comercial, transporte, de serviços, dentre outras), identificando os setores e os energéticos mais críticos no que se refere à quantidade de poluentes emitidos na atmosfera. Estes resultados poderão orientar a substituição de energéticos mais poluidores pelos menos poluidores, pautada em políticas públicas bem estruturadas.

CAPÍTULO 4

4 RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados da pesquisa de cuja análise e tratamento dos dados foram geradas as matrizes de consumo energético e de emissões poluentes do Estado, que possibilita um norte às ações públicas no sentido de alteração na matriz energética estadual com vistas à redução da emissão de poluentes.

4.1 CONSUMO ENERGÉTICO E EMISSÕES DE POLUENTES

A seguir será apresentada a matriz de consumo energético e de emissões de poluentes do Estado do Rio Grande do Norte:

4.1.1 Matriz de Consumo Energético do Rio Grande do Norte

O consumo final energético, em 2005, pelos diversos setores da sociedade foi de 1.898.579 Toe; O consumo final não energético, representado pelos solventes derivados de petróleo, foi de 22.659 Toe (RIO GRANDE DO NORTE, 2006).

O maior consumidor de energia do Estado é o setor de transporte, com 587.279 Toe. Neste setor o segmento rodoviário apresenta maior representatividade, com 89,2% do total, cujos principais combustíveis consumidos são óleo diesel (269.435 Toe), gasolina (148.880 Toe), querosene (61.404 Toe), gás natural (58.015 Toe) e álcool etílico (47.931 Toe). O segmento aéreo representou 10,5% do consumo, utilizando querosene de aviação e gasolina. E o setor hidroviário representou 0,3% de consumo, usando óleo combustível e diesel. A participação do segmento ferroviário tem representação insignificante no setor de transporte; Na segunda posição do ranking de consumo energético no Estado encontra-se o setor residencial com 431.939 Toe, em 2005. Neste setor, o energético mais consumido é a lenha,

dada sua utilização pouco eficiente, com 53,4% do consumo, seguido pelo GLP com 22,7%, a eletricidade com 19,5% e os demais com 4,4%; A terceira posição é ocupada pelo setor energético, cujo principal energético consumido foi o gás natural (71,5%), seguido pelo bagaço da cana (13,8%), eletricidade (8,4%) e diesel (6,3%); O setor industrial ocupa a quarta posição, com 330.668 Toe. Neste setor, a lenha (47,5%), o bagaço da cana (23,9%) e o gás natural (15,7%) foram os energéticos mais utilizados, sendo seguidos pela eletricidade (11,2%) e os demais energéticos (1,7%); O setor comercial ocupa a quinta posição, com 102.135 Toe de consumo. Sendo a eletricidade responsável por 49% do suprimento de energia e os outros energéticos participam com (33,3%) lenha, (12%) carvão vegetal, (3,8%) GLP e outros; No setor público, sexto maior consumidor de energéticos do Estado com 48.834 Toe, predomina também o uso da eletricidade com 86% do consumo energético, seguido pelo óleo diesel (12%) e outros; A agropecuária consumiu 39.027 Toe, somente a eletricidade participando com 76,5% (29.842), o óleo diesel representou 22,8% (8.904 Toe) e os demais energéticos com 0,7% (RIO GRANDE DO NORTE, 2006).

4.1.2 Matriz de Emissões de Poluentes

A matriz de emissões de poluentes do Rio Grande do Norte está associada ao consumo energético do Estado. Este consumo final de energia incorpora a energia primária e secundária disponíveis para serem utilizadas por todos os setores de consumo do Estado, incluindo o consumo final energético e o consumo final não energético, entretanto o tratamento dos dados abordou somente o consumo final energético, visto que este é responsável por 98% do consumo total do Estado, que engloba os setores energético, residencial, comercial, público, agropecuário, transportes, industrial e consumo não identificado, aquele que não pode ser classificado em algum setor antes mencionado.

Verifica-se que o maior consumo energético no Estado do Rio Grande do Norte encontra-se no sub-total de derivados de petróleo com 34,2%, que contempla a somatória dos consumos finais de óleo diesel, óleo combustível, gasolina, GLP, nafta, querosene, gás canalizado, outras fontes secundárias do petróleo e produtos não energéticos de petróleo, cuja evolução setorial de consumo está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição Setorial do Consumo Total de Derivados de Petróleo

Unidade (%)

IDENTIFICAÇÃO	2000	2001	2002	2003	2004	2005
TOTAL (Toe)	*602.788*	*629.599*	*619.816*	*590.541*	*650.502*	*652.143*
CONSUMO NA TRANSFORMAÇÃO	*0,3*	*0,7*	*0,7*	*0,3*	*1,1*	*0,3*
CENTRAIS ELET. SERV. PÚBLICO	*0*	*0*	*0,4*	*0*	*0*	*0*
CENTRAIS ELET. AUTOPRODUTORAS	*0,3*	*0,7*	*0,3*	*0,3*	*1,1*	*0,3*
CONSUMO FINAL ENERGÉTICO	*96,7*	*95,2*	*95,5*	*97,3*	*95,7*	*96,2*
SETOR ENERGÉTICO	*1,1*	*2*	*1,8*	*3,4*	*3,4*	*3,3*
RESIDENCIAL	*18,7*	*18,1*	*16,8*	*15,6*	*15*	*15,1*
COMERCIAL	*0,6*	*0,7*	*0,5*	*0,6*	*0,7*	*0,7*
PÚBLICO	*0,2*	*0,3*	*0,2*	*0,2*	*0,2*	*1*
AGROPECUÁRIO	*1,6*	*1,4*	*1,5*	*1,6*	*1,5*	*1,4*
TRANSPORTES	*71,6*	*71,2*	*73,7*	*75*	*74*	*73,8*
INDUSTRIAL	*2,9*	*1,5*	*1*	*0,9*	*0,9*	*0,9*
CONSUMO NÃO ENERGÉTICO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
CONSUMO FINAL NÃO ENERGÉTICO	*3,1*	*4,1*	*3,7*	*2,5*	*3,3*	*3,5*

Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

A lenha, com 22,2% do total do consumo, é o energético mais consumido no Estado, seguido pelo gás natural com 18,5%, o óleo diesel 16,2%, eletricidade com 14,3%, gasolina com 7,9%, bagaço da cana com 6,6%, GLP com 5,6%, querosene com 3,3%, álcool etílico com 2,5%, carvão vegetal com 1,6%, conforme Gráfico 1 e Tabela 2, que apresentam o perfil de consumo energético do Estado entre os anos 2000 e 2005.

Tabela 2 - Evolução do Consumo Final de Energético por Fonte

Unidade (%)

IDENTIFICAÇÃO	*2000*	*2001*	*2002*	*2003*	*2004*	*2005*
SUBTOTAL DERIVADOS DE PETRÓLEO	*34,1*	*36,1*	*35,2*	*33,3*	*34,1*	*34,2*
LENHA	*24,1*	*24,7*	*24,3*	*23,9*	*22,3*	*22,2*
GÁS NATURAL	*15,8*	*14,6*	*14,9*	*17*	*17,5*	*18,5*
ÓLEO DIESEL	*16,1*	*17,6*	*17,5*	*17*	*16,7*	*16,2*
ELETRICIDADE	*13,5*	*12,9*	*13,3*	*14,4*	*13,9*	*14,3*
GASOLINA	*7,5*	*7,6*	*7,7*	*7,3*	*7,6*	*7,9*
BAGAÇO DA CANA	*8,1*	*7,8*	*8,2*	*7,7*	*8,2*	*6,6*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*6,6*	*6,9*	*6,2*	*5,4*	*5,5*	*5,6*
QUEROSENE	*2,1*	*2,2*	*2,4*	*2,6*	*3,1*	*3,3*
ÁLCOOL ETÍLICO	*2,6*	*2,2*	*2,3*	*2,1*	*2,4*	*2,5*
CARVÃO VEGETAL	*1,7*	*1,7*	*1,7*	*1,7*	*1,6*	*1,6*
PRODUTOS NÃO-ENEG. DE PETRÓLEO	*1,1*	*1,5*	*1,3*	*0,8*	*1,1*	*1,2*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*0,8*	*0,2*	*0,1*	*0,1*	*0,1*	*0,1*
ENERGIA EÓLICA	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
GÁS DE COQUEIRA	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
COQUE DE CARVÃO MINERAL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
OUTRAS SECUNDÁRIAS - ALCATRÃO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
NAFTA	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
GÁS CANALIZADO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
CARVÃO MINERAL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
OUTRAS SECUNDÁRIAS DE PETRÓLEO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL	*134,1*	*136*	*135,1*	*133,3*	*134,1*	*134,2*

Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

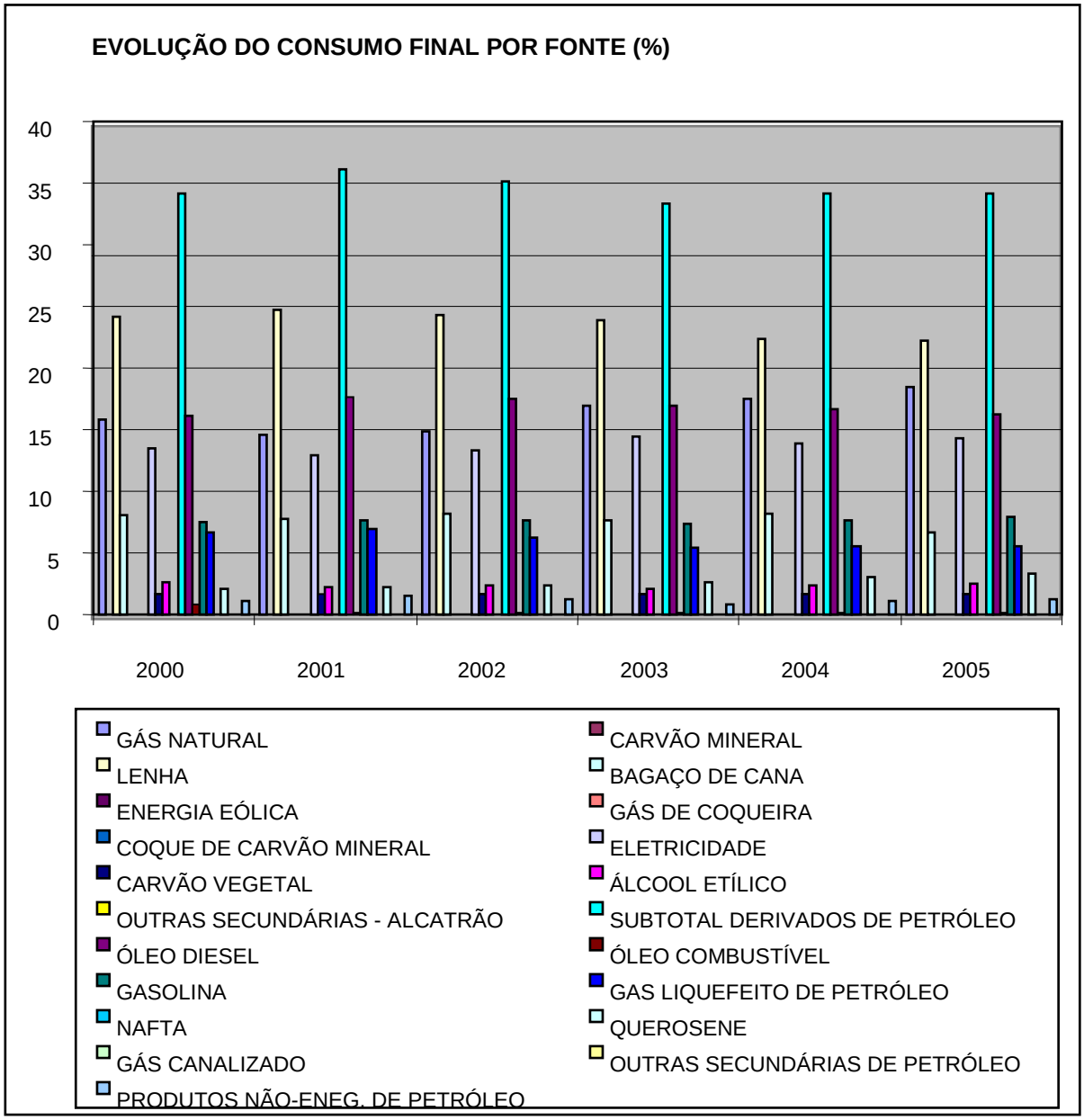


Gráfico 1 - Evolução do Consumo Energético Final por Fonte
Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

Verifica-se que não houve grandes mudanças nos níveis de consumo entre os anos 2000 e 2005. Conforme o Gráfico 2 e o Gráfico 3, houve uma redução no consumo da lenha e do bagaço da cana, na ordem de 2% aproximadamente, com um incremento na mesma ordem no consumo de gás natural. Com a entrada em operação da termoelétrica instalada no município de Alto do Rodrigues e a tendência de ampliação no uso de energias renováveis, eólica e solar, a matriz energética do Estado deverá apresentar alterações significativas com

maior utilização de gás natural e biomassa, o que poderá provocar uma ligeira redução na dependência externa de energia.

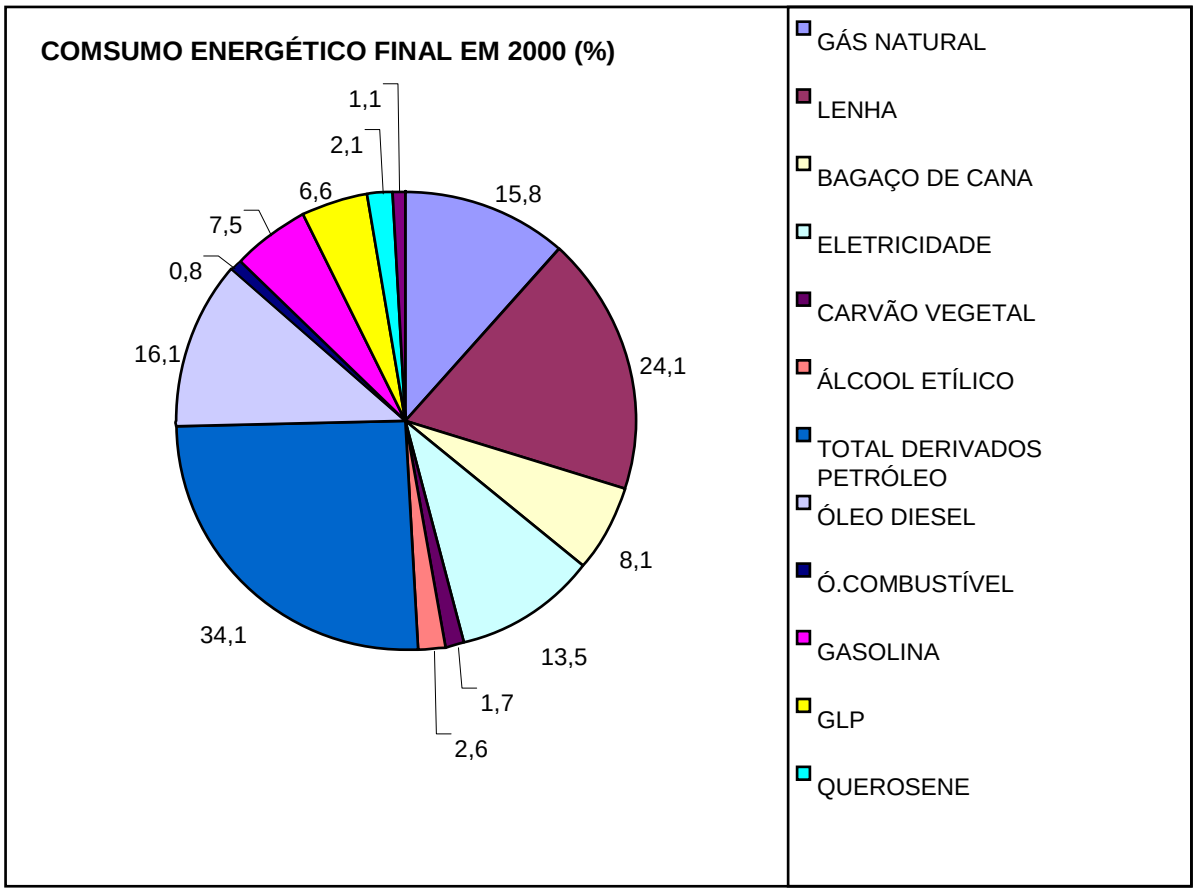


Gráfico 2 - Consumo Final de Energético no Ano 2000
Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

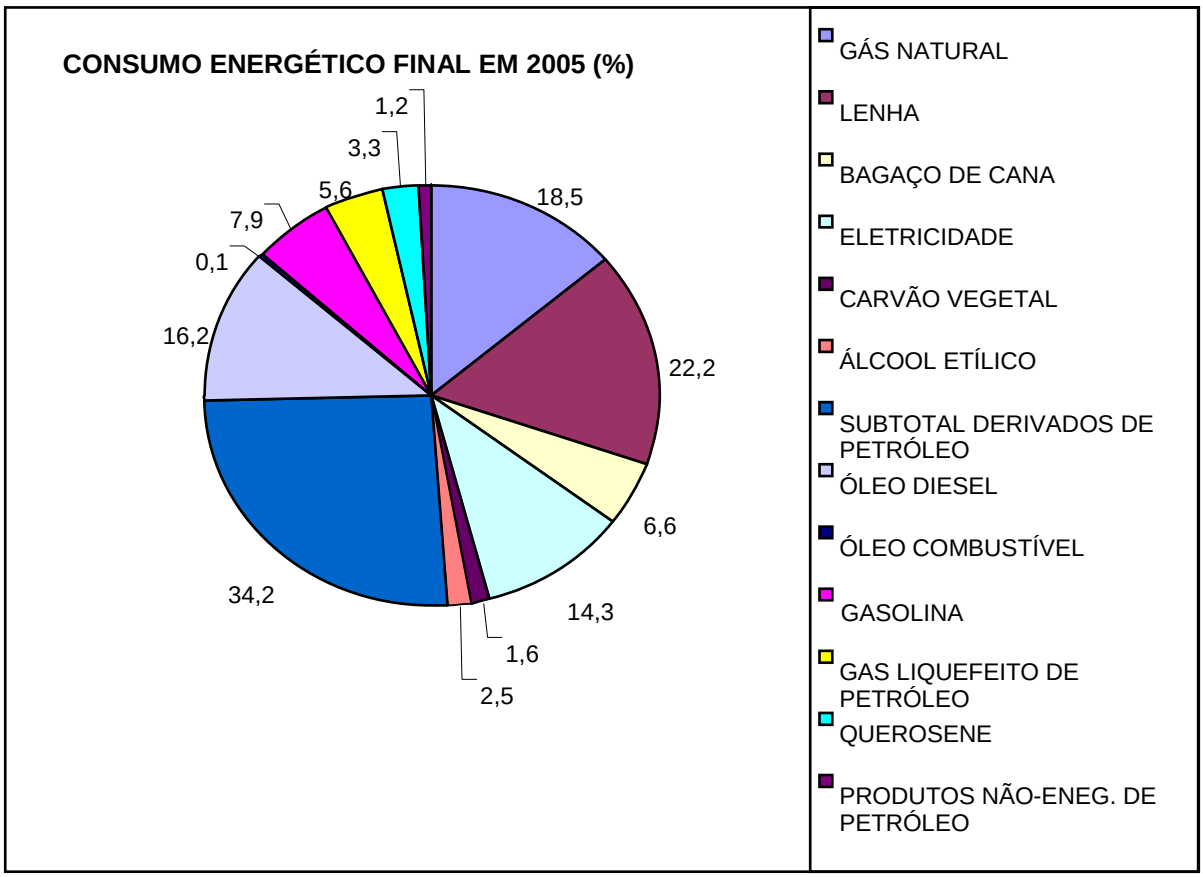


Gráfico 3 - Consumo Final de Energético no Ano de 2005
Fonte: Rio Grande do Norte (2006)

A participação setorial de consumo dos energéticos está apresentada na Tabela 3, quando em 2005, do total de derivados de petróleo consumidos no Estado, 652.143 toe incluindo os líquidos de gás natural, 73,8% é utilizado pelo setor de transporte, 15,1% pelo setor residencial, 3,3% pelo setor energético e 7,3% nos demais setores; do total de lenha consumida no Estado, 421.699 toe, 54,7% é utilizada pelo setor residencial e 37,2 % pelas indústrias; Do total de gás natural, 350.451 toe, 68,5% é aplicado no setor energético; a gasolina é consumida totalmente pelo setor de transporte do Estado; de todo bagaço da cana consumido no RN, 149.079 toe, 63% é utilizada pelo setor industrial e 37% pelo setor energético; o GLP, 150574 toe, é quase que totalmente consumido pelo setor residencial, 92,8%, e o restante sendo consumido pelos setores comercial, industrial e público; o querosene, 61.844 toe, também é quase que totalmente consumido pelo setor de transporte (99,3%); o álcool, 47,931 toe, é totalmente consumido pelo setor de transporte; do total de carvão vegetal consumido no Estado, 31.232 toe, 60% atende o setor residencial e 40% o setor comercial.

Tabela 3 - Participação dos Energéticos nos Setores Econômicos

Unidade (%)

ENERGÉTICOS	LENHA	GN	ÓLEO DIESEL	GASOLINA	BAGAÇO DA CANA	GLP	QUEROSENE	ÁLCOOL	CARVÃO VEGETAL
SETOR ENERGÉTICO	*0,0*	*68,5*	*6,9*	*0,0*	*37,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*
SETOR COMERCIAL	*8,1*	*0,2*	*0,3*	*0,0*	*0,0*	*3,7*	*0,0*	*0,0*	*40,0*
SETOR PÚBLICO	*0,0*	*0,0*	*1,9*	*0,0*	*0,0*	*0,7*	*0,0*	*0,0*	*0,0*
SETOR RESIDENCIAL	*54,7*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*92,8*	*0,7*	*0,0*	*60,0*
SETOR AGROPECUÁRIO	*0,0*	*0,0*	*2,9*	*0,0*	*0,0*	*0,3*	*0,0*	*0,0*	*0,0*
SETOR TRANSPORTE	*0,0*	*16,6*	*87,4*	*100,0*	*0,0*	*0,0*	*99,3*	*100,0*	*0,0*
SETOR INDUSTRIAL	*37,2*	*14,8*	*0,6*	*0,0*	*63,0*	*2,6*	*0,0*	*0,0*	*0,0*

Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

O setor que mais consome energia, em 2005, é o de transportes, conforme gráfico 4, que inclui os modais rodoviário, ferroviário, aéreo e hidroviário. Sendo seguido pelos setores residencial, energético, industrial, comercial, público e agropecuário respectivamente.

Os setores comercial, público e agropecuário consomem relativamente pouca energia. A energia elétrica domina estes setores, suprindo 49,30% do setor comercial, 86,5% do setor público e 76% do setor agropecuário.

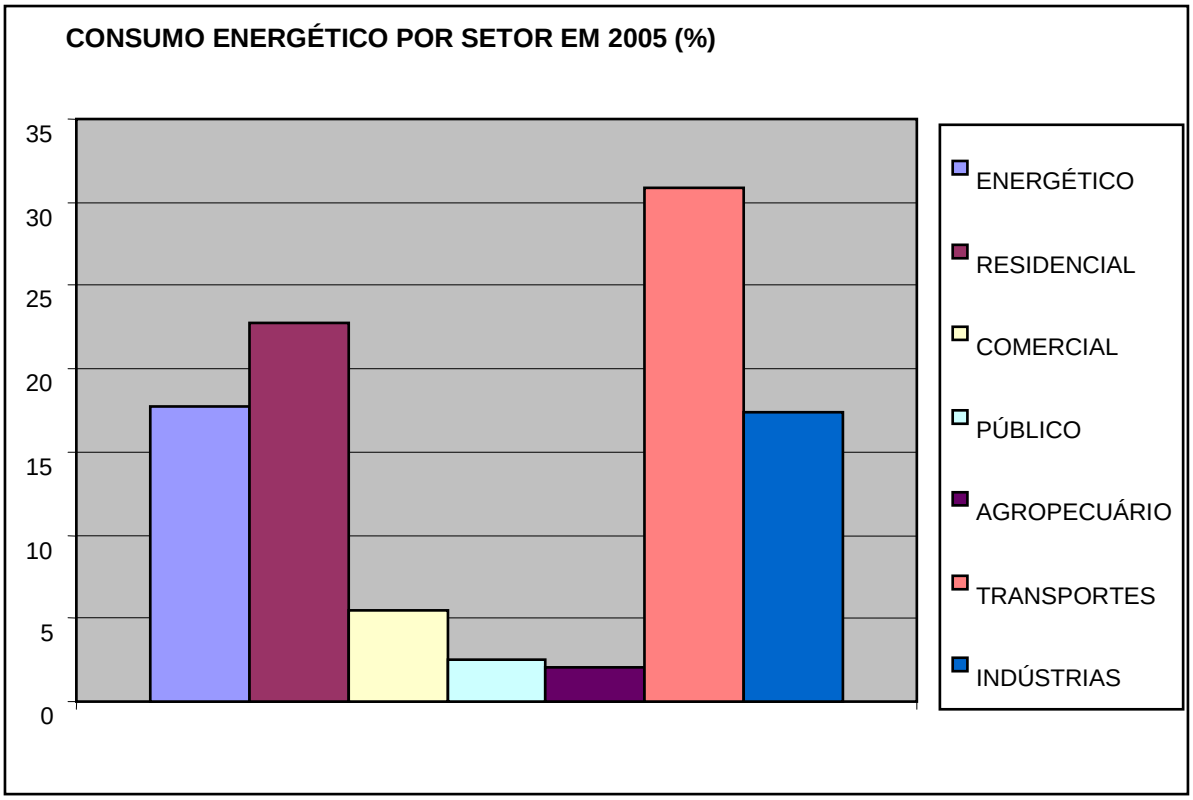


Gráfico 4 - Consumo Energético por Setor Econômico em 2005
Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

O Estado do Rio Grande do Norte apresenta a lenha o maior emissor de poluente, seguido pelo óleo diesel, gás natural, bagaço da cana, gasolina, GLP, carvão vegetal, querosene e álcool, conforme gráfico 5.

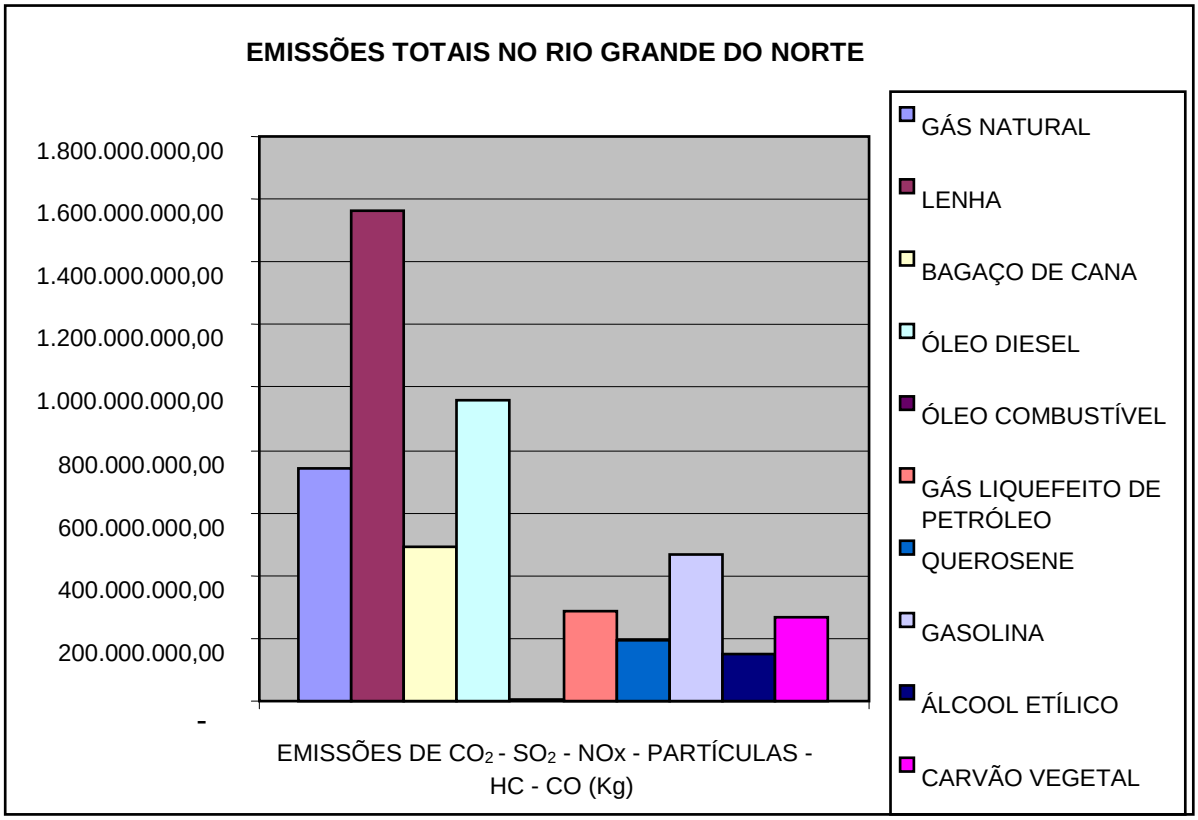


Gráfico 5 - Emissões por Energéticos
Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

O nível das emissões poluentes geradas no Rio Grande do Norte caracteriza-se por uma relação de proporcionalidade com o nível de consumo energético, uma vez que a matriz de emissões de poluentes é produzida a partir dele. Portanto, a lenha que é o energético mais consumido no Estado apresenta-se como maior poluidor. Todavia, verifica-se uma mudança na proporcionalidade existente entre matriz de consumo energético e de emissões poluentes quando nos referimos aos outros energéticos: o gás natural, que ocupa o segundo lugar no ranking do consumo classifica-se em terceiro lugar no ranking de emissões ficando abaixo do nível das emissões do óleo diesel, terceiro energético mais consumido no Estado; as emissões geradas com o uso do bagaço da cana, que é menos consumido que a gasolina, emite mais poluentes do que esta e o carvão vegetal, que é menos consumido que o álcool e o querosene, polui mais do que estes, conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Classificação de Consumo Energético e de Emissões Poluentes

Energéticos	Ranking de Consumo Energético	Ranking de Emissões Poluentes
Lenha	1º	1º
Gás Natural	2º	3º
Óleo Diesel	3º	2º
Gasolina	4º	5º
Bagaço de Cana	5º	4º
GLP	6º	6º
Querosene	7º	8º
Álcool Etílico	8º	9º
Carvão Vegetal	9º	7º

Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

Cerca de 98% dos poluentes emitidos no Rio Grande do Norte concentra-se no dióxido de carbono, conforme Gráfico 6, cujos maiores emissores, em ordem decrescente, são os setores de transportes, residencial, industrial e energético de acordo com o Gráfico 7. O Gráfico 8 apresenta a participação dos energéticos na emissão de CO_2, destacando a lenha como principal responsável, seguida por óleo diesel, gás natural, bagaço da cana, gasolina, GLP, carvão vegetal, querosene e álcool etílico. É importante focalizar atenção nos setores e energéticos mais poluidores, com vistas a viabilizar a redução do nível de emissões poluentes do Estado.

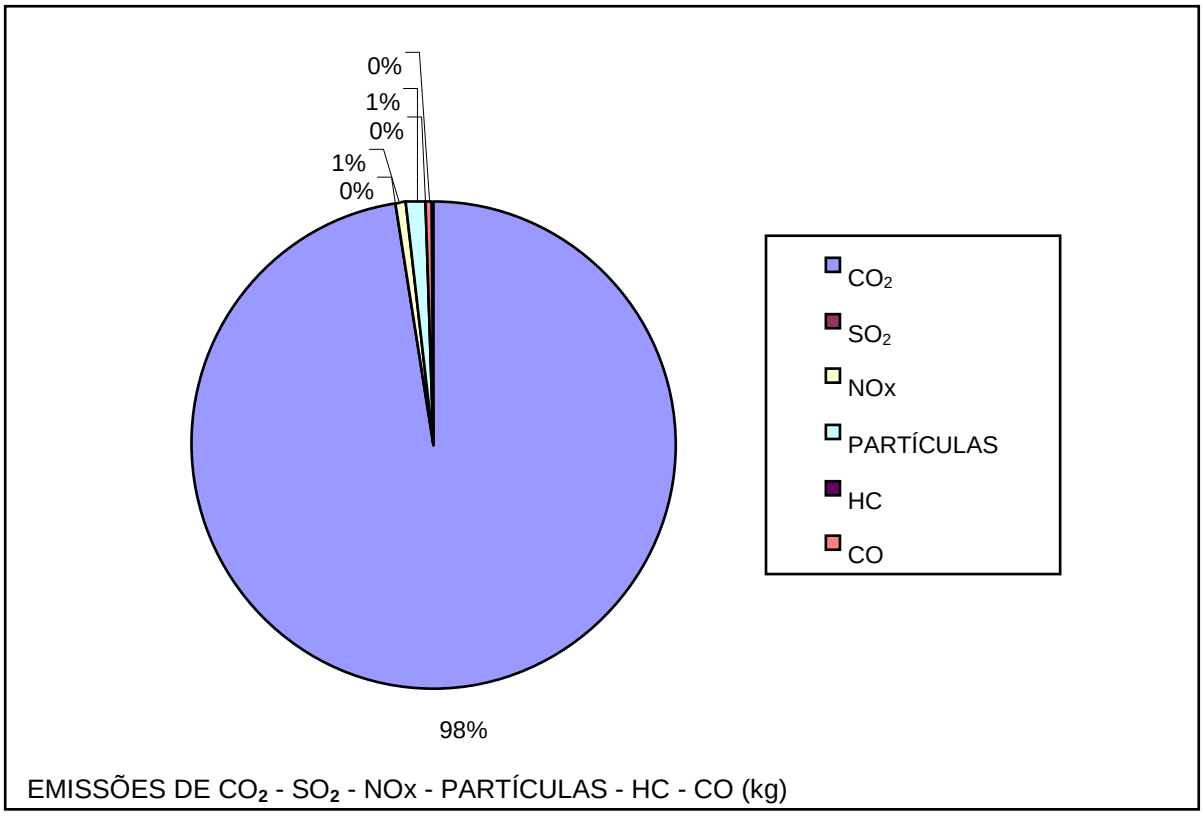


Gráfico 6 - Emissões no Rio Grande do Norte
Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

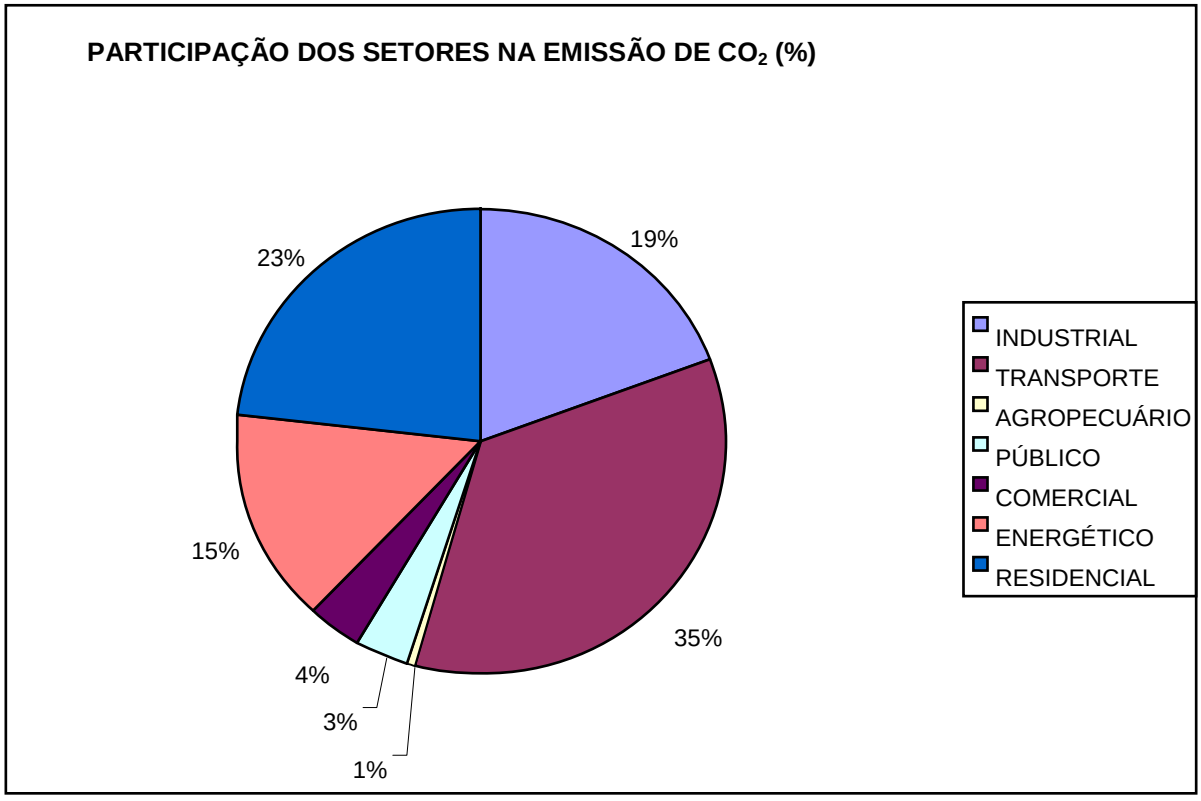


Gráfico 7 - Emissões de CO_2 por Setores
Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

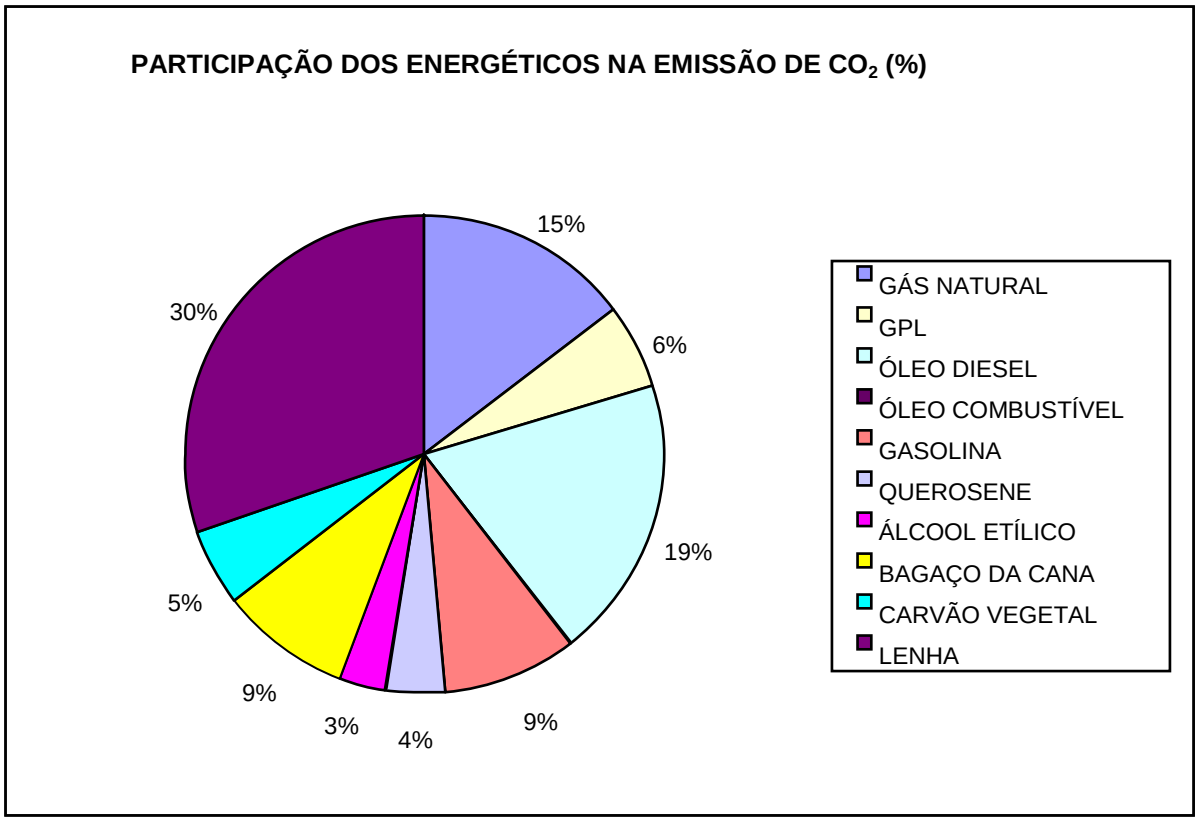


Gráfico 8 - Participação dos Energéticos na Emissão de CO_2
Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

4.1.3 Setor de Transportes

O óleo diesel é o energético mais consumido pelo setor de transportes, seguido pela gasolina automotiva, querosene, gás natural e álcool respectivamente, de acordo com o Gráfico 9. Observando a evolução do consumo no setor de transportes entre os anos 2000 e 2005, verifica-se que houve um aumento considerável no consumo de gás natural. Mas a ampliação da oferta de carros bicombustíveis deverá alterar a participação do álcool na matriz energética estadual.

O óleo diesel é o maior emissor de poluentes do setor de transportes, sendo o SO_2 o poluente mais emitido com o uso do energético, embora emite menos hidrocarbonetos que a gasolina automotiva e o álcool etílico, conforme o Gráfico 10 e apêndices. Seguindo uma ordem decrescente do nível de emissão tem-se a gasolina automotiva, álcool etílico e querosene. Sendo o gás natural o energético menos impactante, em termos de emissões poluentes.

Observa-se uma relação diretamente proporcional entre o consumo energético e as emissões geradas pelo setor de transportes com o uso do óleo diesel e da gasolina, visto que são os energéticos mais consumidos e os mais poluidores do setor. Mas esta relação não se verifica com o consumo de querosene, gás natural e álcool, uma vez que o álcool, embora seja menos consumido que o querosene e gás natural polui mais do que estes.

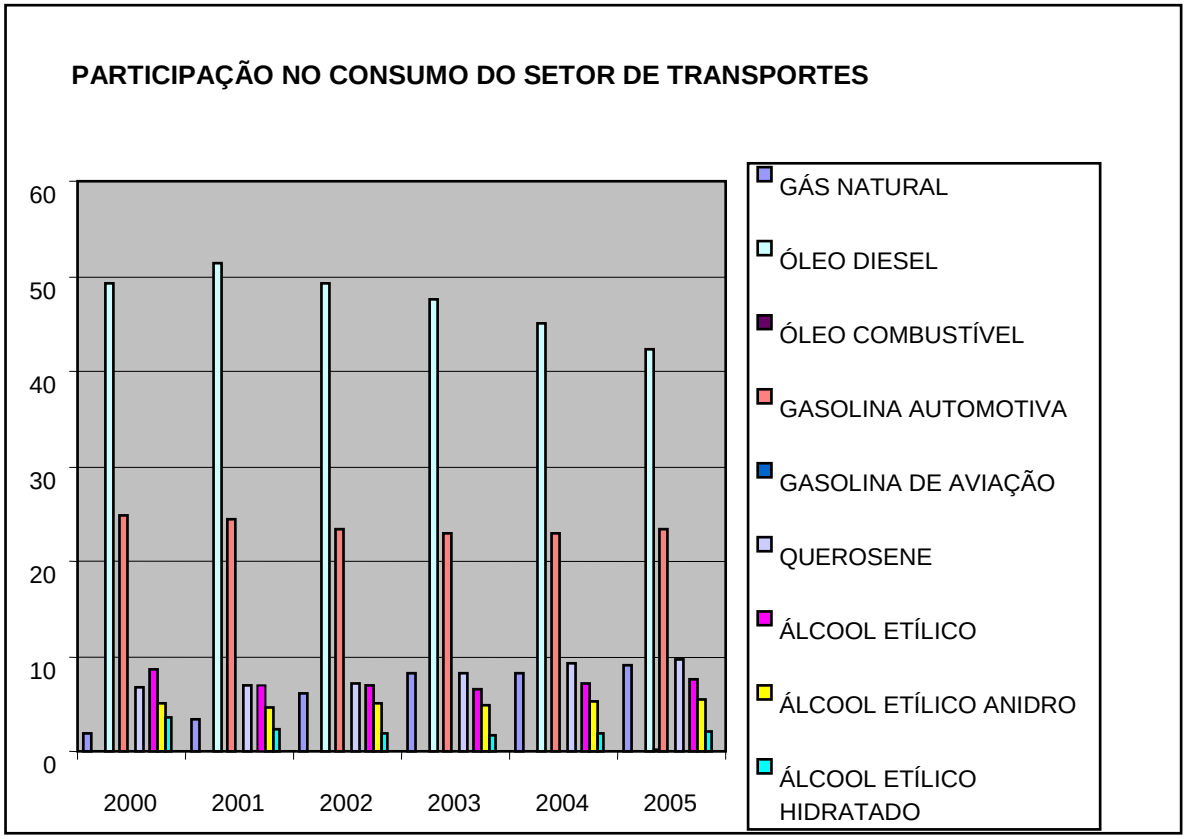


Gráfico 9 - Participação no Consumo do Setor de Transporte
Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

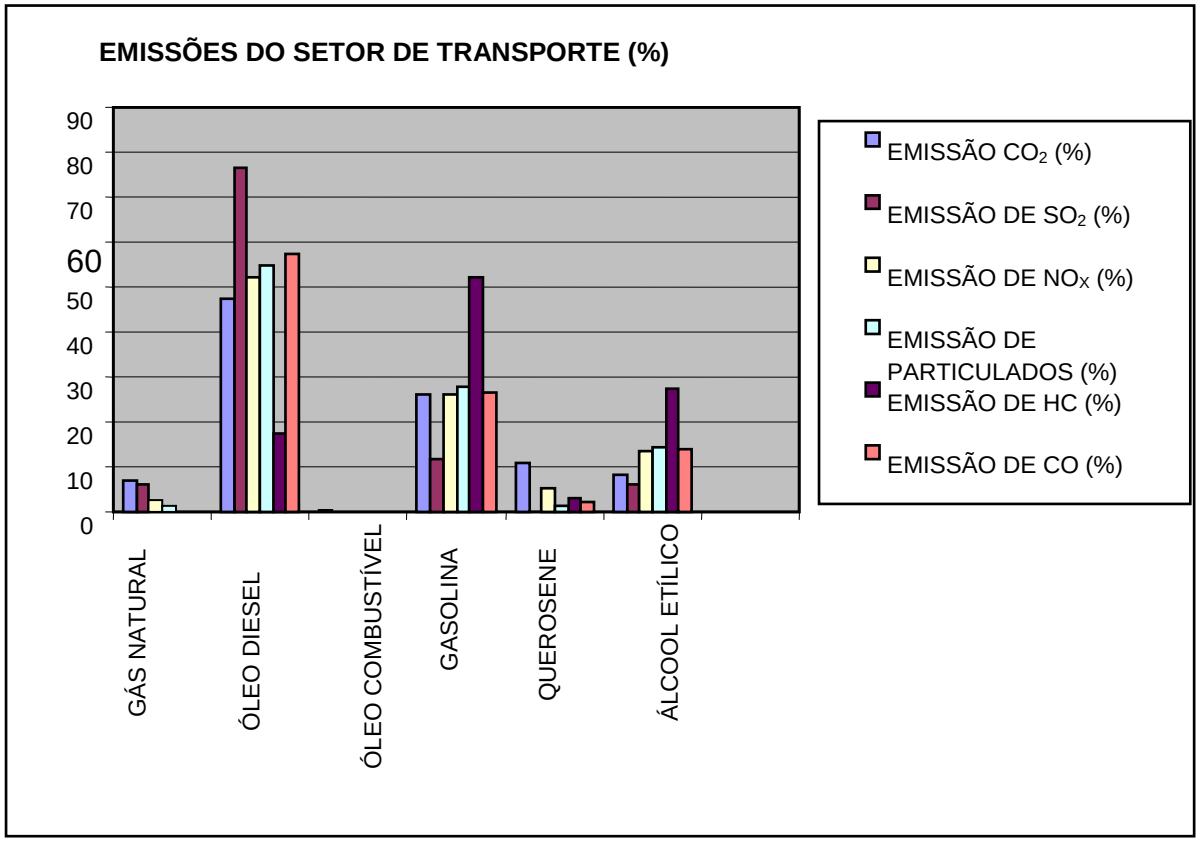


Gráfico 10 - Emissões do Setor de Transporte
Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

O setor de transportes é o maior consumidor de combustíveis fósseis. Nele o modal rodoviário é dominante em termos de consumo, representando aproximadamente 90% do consumo total do setor em 2005 conforme Gráfico 11, e de emissões poluentes, sobretudo de CO_2, de acordo com o Gráfico 12 e apêndices.

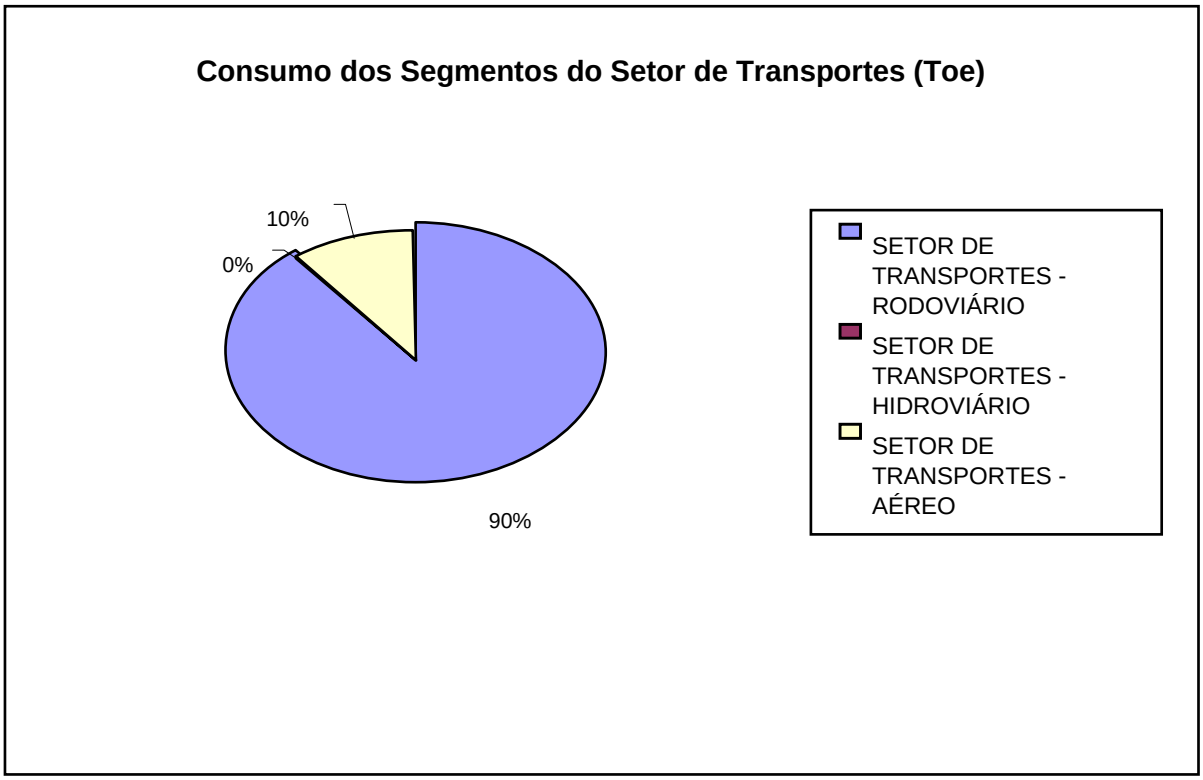


Gráfico 11 - Consumo Energético dos Segmentos do Setor de Transportes
Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

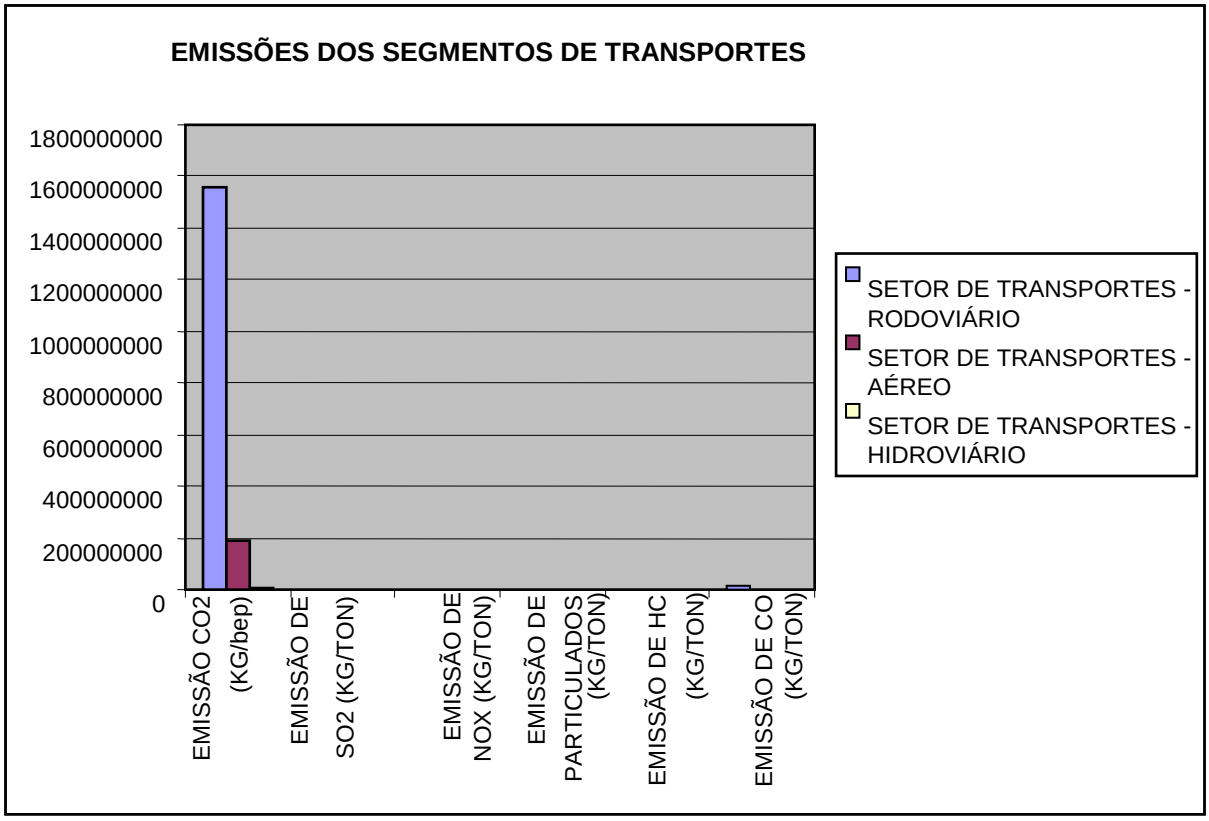


Gráfico 12 - Emissões dos Segmentos de Transporte
Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

4.1.4 Setor Residencial

O energético de maior consumo no setor residencial é a lenha, conforme o gráfico 13, sendo este energético o responsável pela maior emissão de poluentes, como ilustrado no gráfico 14 e apêndices. O consumo do setor residencial contemplou todas as classes sociais, o resultado indica que existe uma forte dependência deste energético por parte do setor. De acordo com os gráficos mencionados acima, contata-se que o nível de consumo é diretamente proporcional ao nível de emissões poluentes geradas pelo setor residencial.

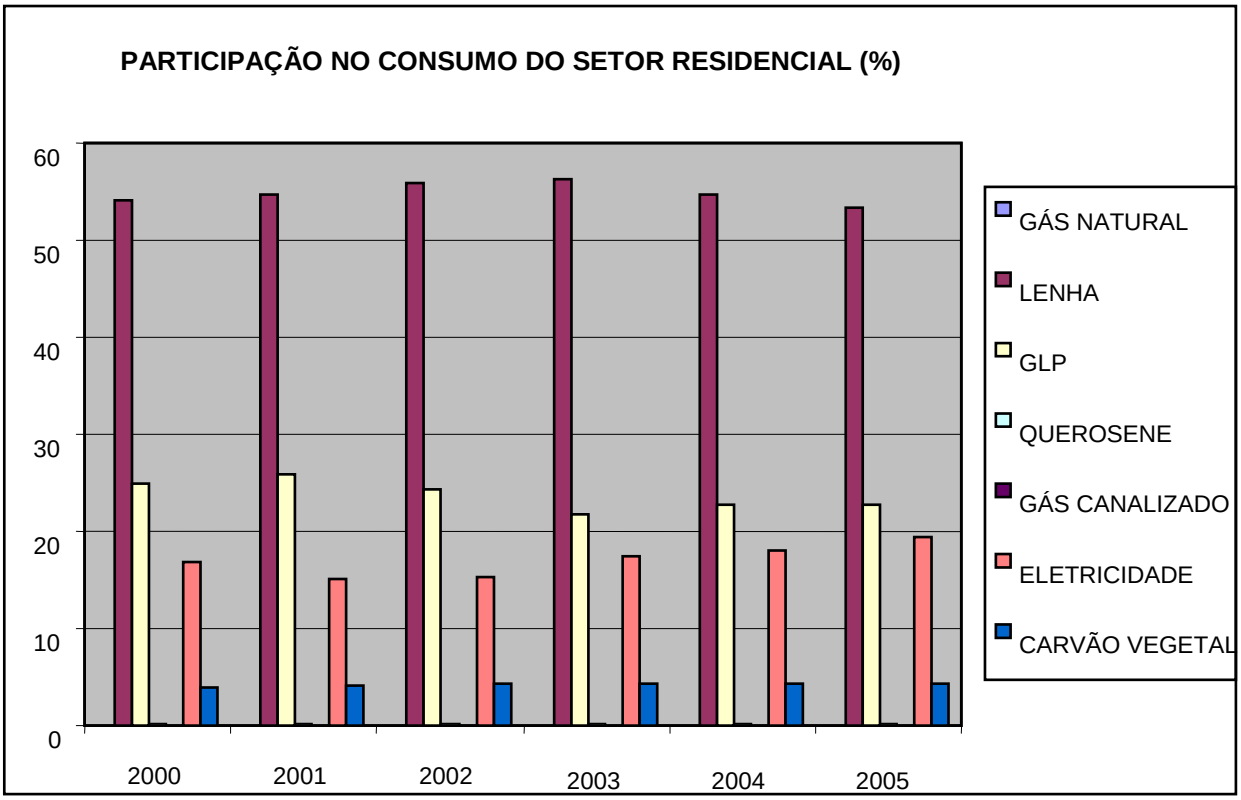


Gráfico 13 - Participação no Consumo do Setor Residencial
Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

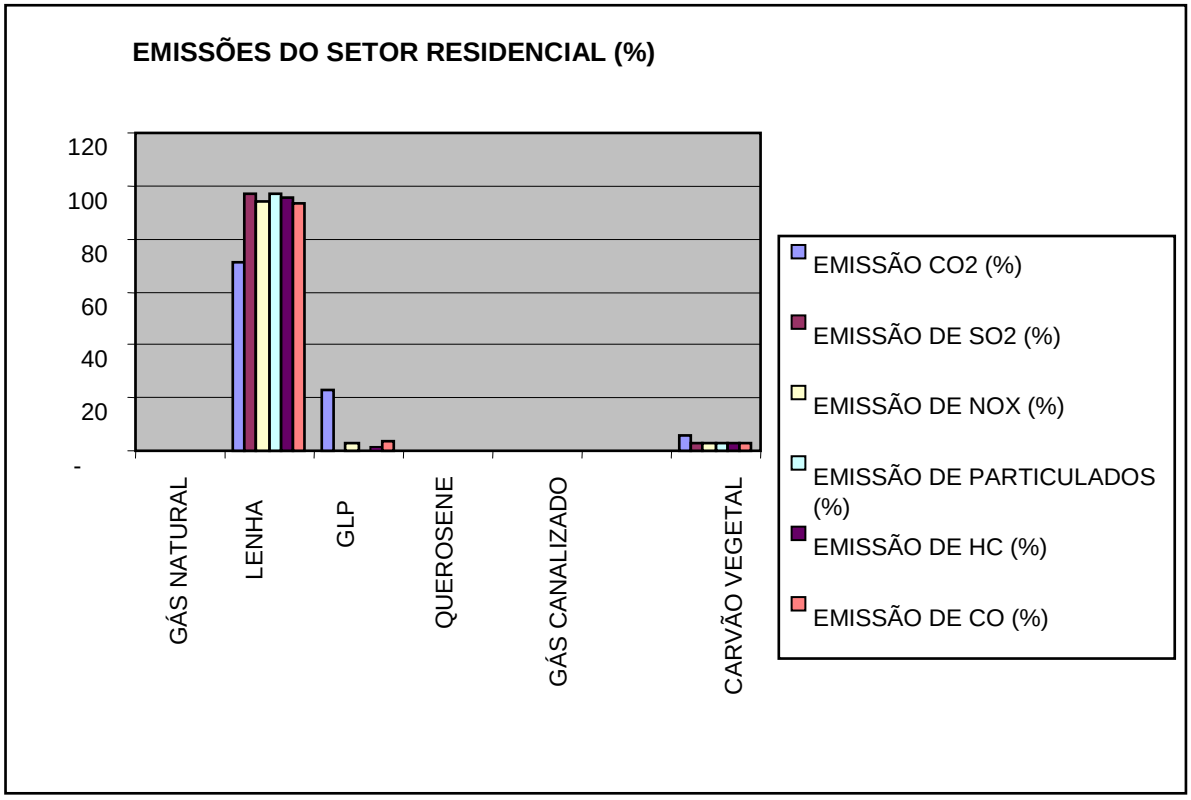


Gráfico 14 - Emissões do Setor Residencial
Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

4.1.5 Setor Energético

O setor energético é aquele cujo consumo da energia ocorre nos centros de transformação e/ou nos processos de extração e transporte interno de produtos energéticos na sua forma final. Observa-se que o gás natural é o energético mais utilizado pelo setor energético, seguido pelo bagaço da cana, eletricidade e óleo diesel, de acordo com o gráfico 15, todavia o uso do bagaço da cana emite poluição maior que o uso do gás natural, com exceção da emissão de CO_2, de acordo com o gráfico 16 e apêndices.

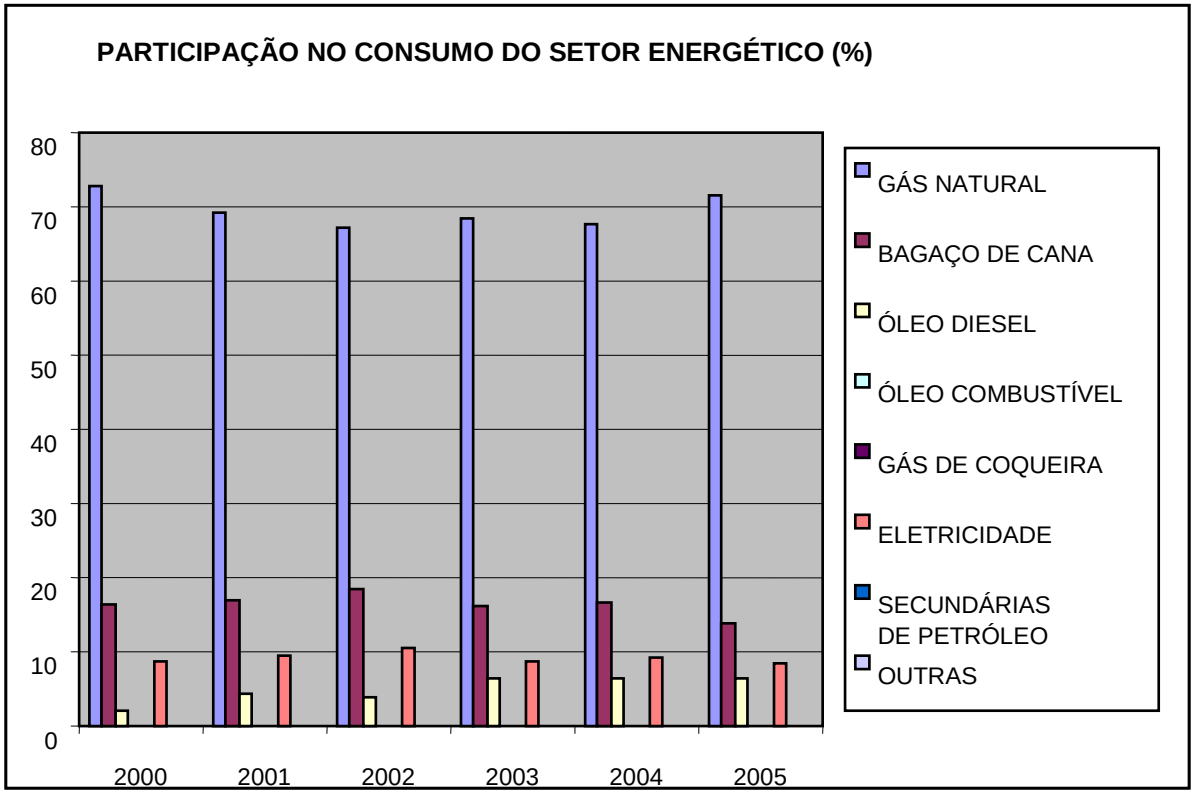


Gráfico 15 - Participação no Consumo do Setor Energético
Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

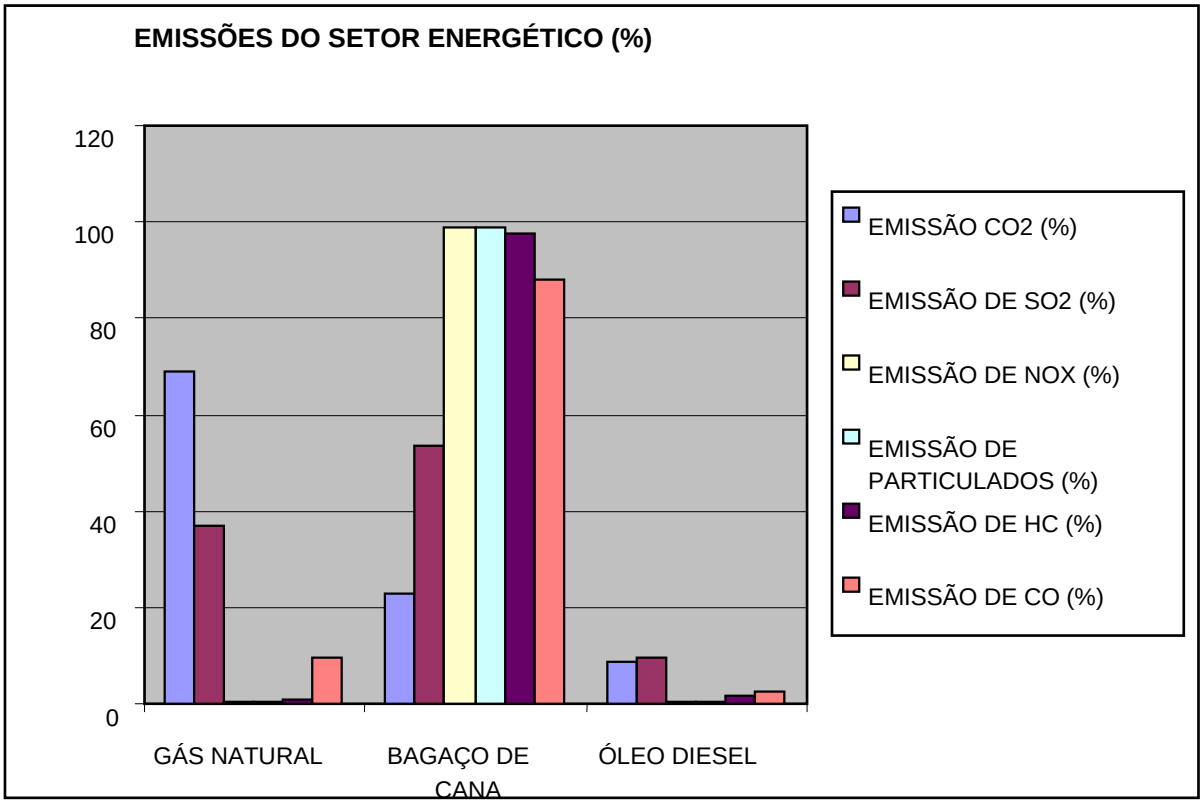


Gráfico 16 - Emissões do Setor Energético
Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

4.1.6 Setor Industrial

No setor industrial a lenha é o energético mais consumido, conforme gráfico 17, sendo este o energético de maior emissão de CO_2, todavia a emissão dos outros poluentes, tais como CO, SO_2, particulados, HC e NOx são mais expressivos com a queima do bagaço da cana, conforme gráfico 18 e apêndices. Analisando a evolução do consumo energético do setor industrial entre os anos 2000 e 2005, verifica-se que houve um aumento no consumo de gás natural e redução no consumo de óleo combustível e bagaço da cana.

O consumo de lenha no setor industrial é mais expressivo no segmento cerâmico, seguido pelo de mineração e pelotização, cimento e têxtil, conforme gráfico 19.

Dentre os segmentos analisados, as indústrias de alimentos e bebidas, cujo energético mais consumido é o bagaço da cana, são as mais expressivas em termos de emissões, seguidas pela mineração e pelotização, cerâmica e têxtil, conforme pode ser observado no gráfico 20.

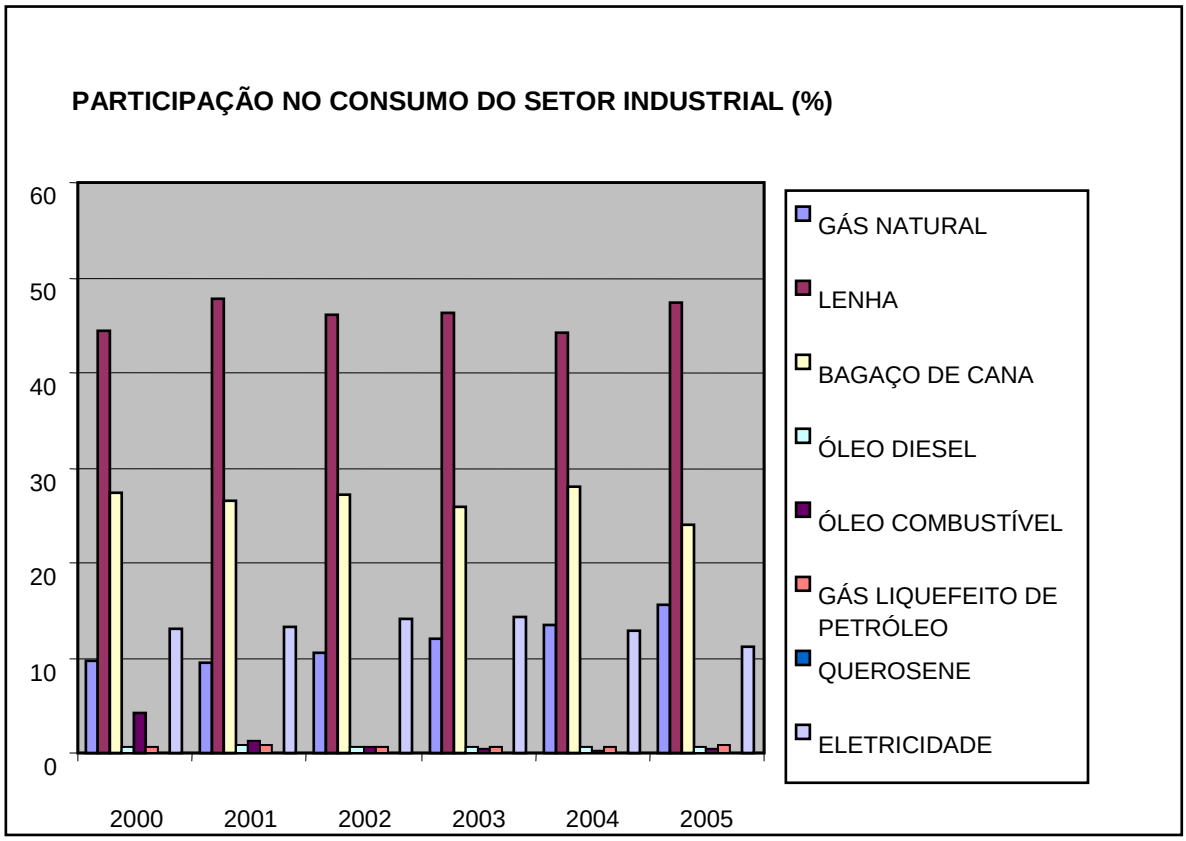


Gráfico 17 - Participação no Consumo do Setor Industrial
Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

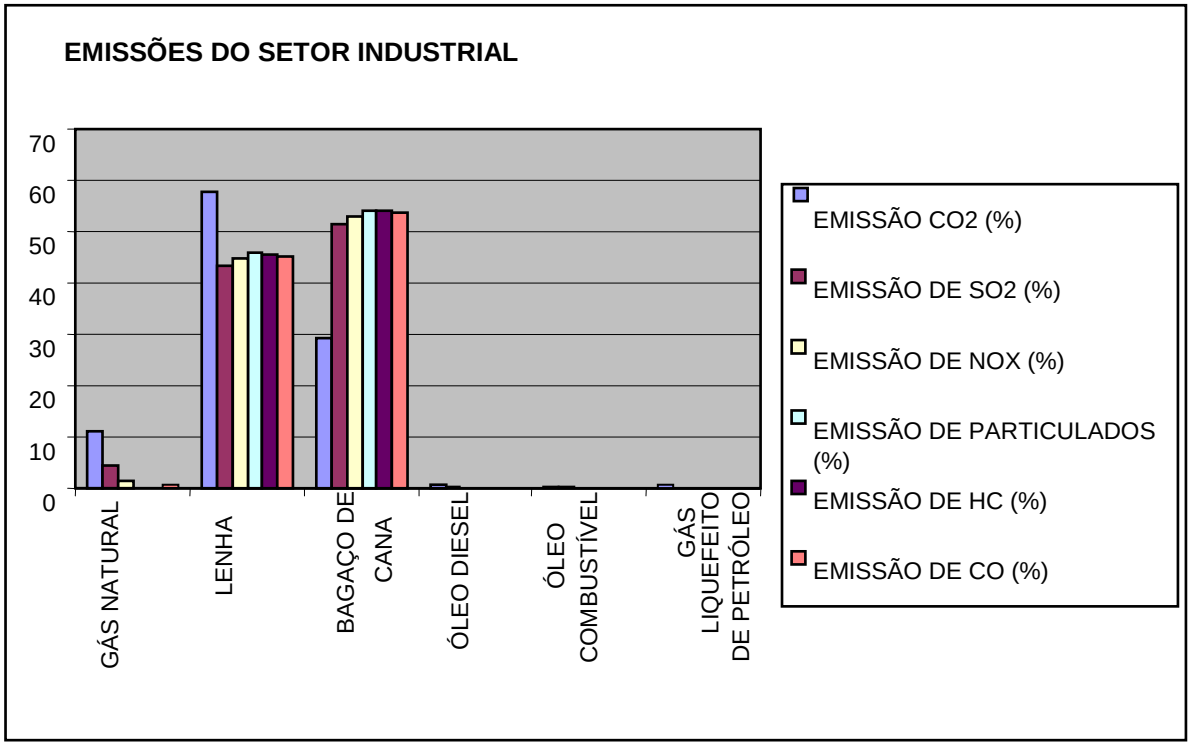


Gráfico 18 - Emissões do Setor Industrial
Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

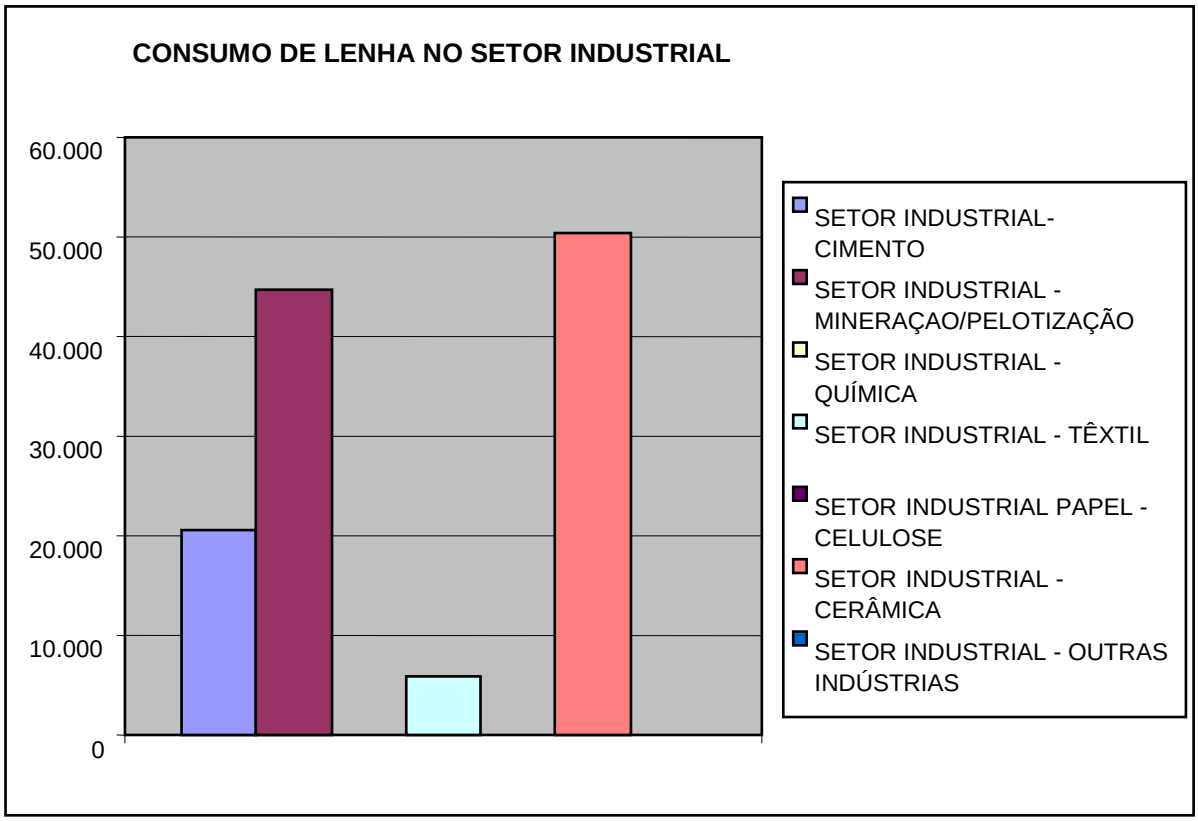


Gráfico 19 - Consumo de Lenha no Setor Industrial
Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

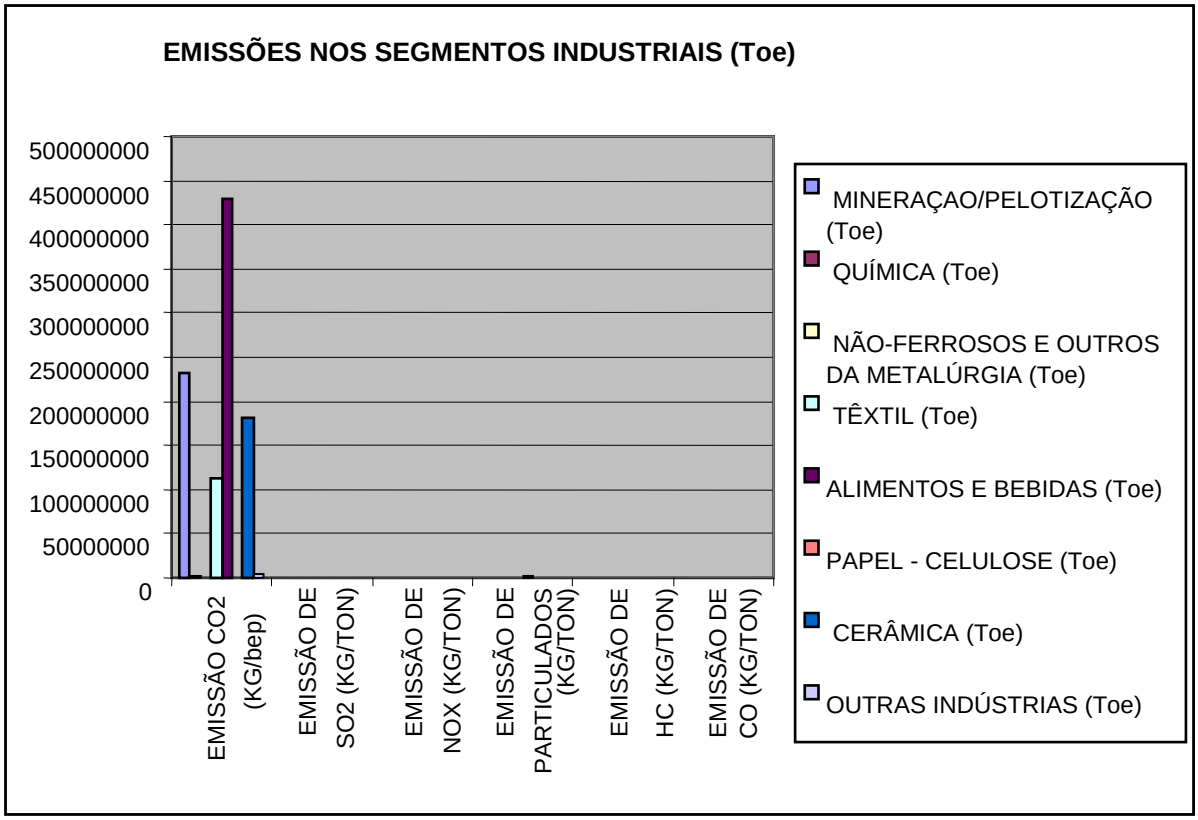


Gráfico 20 - Emissões nos Segmentos Industriais
Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

4.1.7 Setor Comercial

No setor comercial foram abrangidas todas as classes, sendo a eletricidade, seguida da lenha, carvão vegetal e GLP, os combustíveis mais consumidos pelo setor, conforme gráfico 21. Desconsiderando a eletricidade nos cálculos das emissões poluentes, a lenha constitui o energético que emite mais poluentes no setor comercial, de acordo com o gráfico 22 e apêndices.

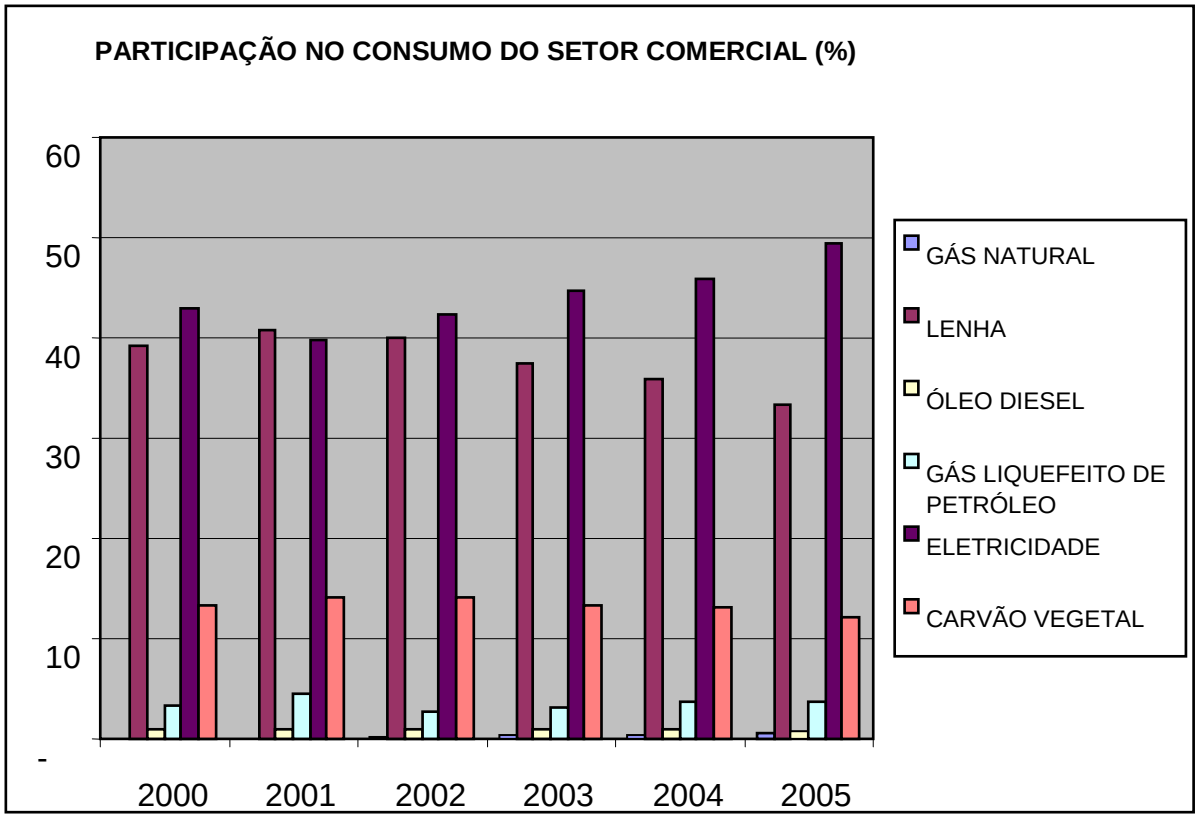


Gráfico 21 - Participação no Consumo do Setor Comercial
Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

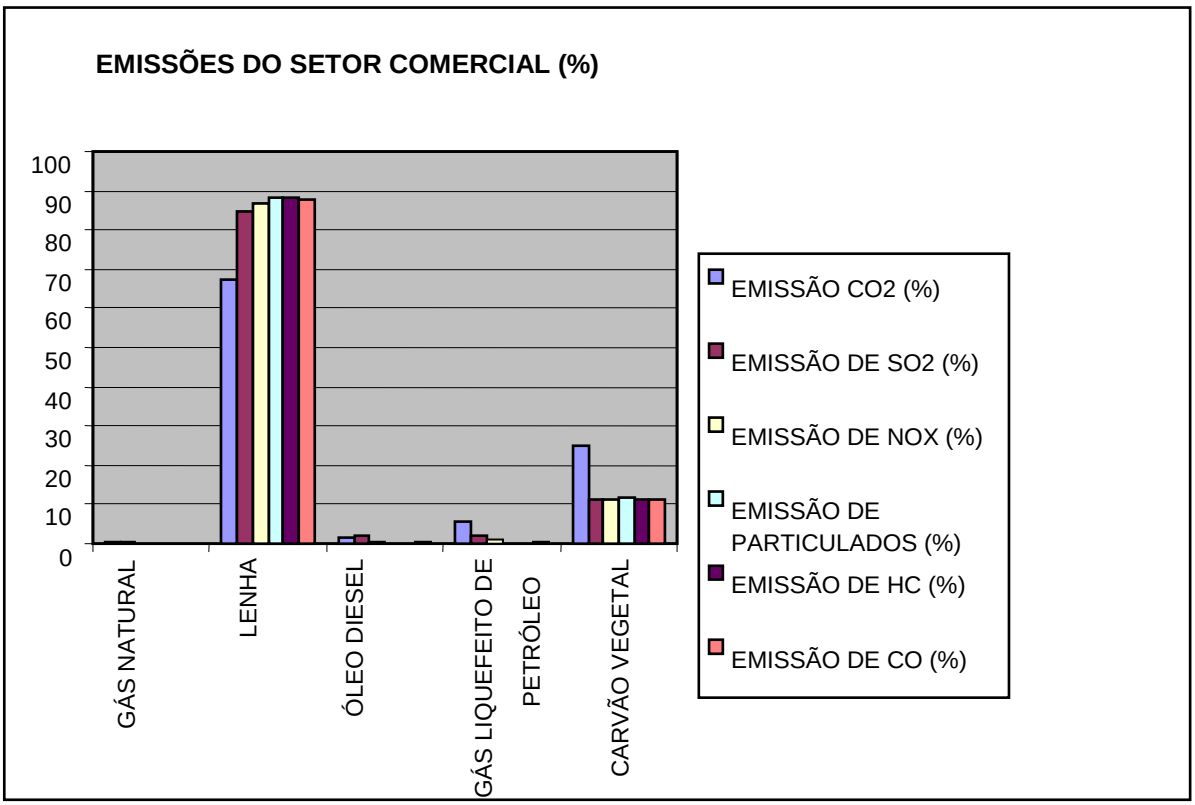


Gráfico 22 - Emissões do Setor Comercial
Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

4.1.8 Setor Público

No setor público a eletricidade é o energético mais consumido, de acordo com o gráfico 23, seguida pelo óleo diesel, GLP e outros. O óleo diesel apresenta-se como maior poluidor do setor, seguido pelo GLP, conforme gráfico 24 e apêndices, desconsiderando as emissões de poluentes geradas pelo uso da eletricidade.

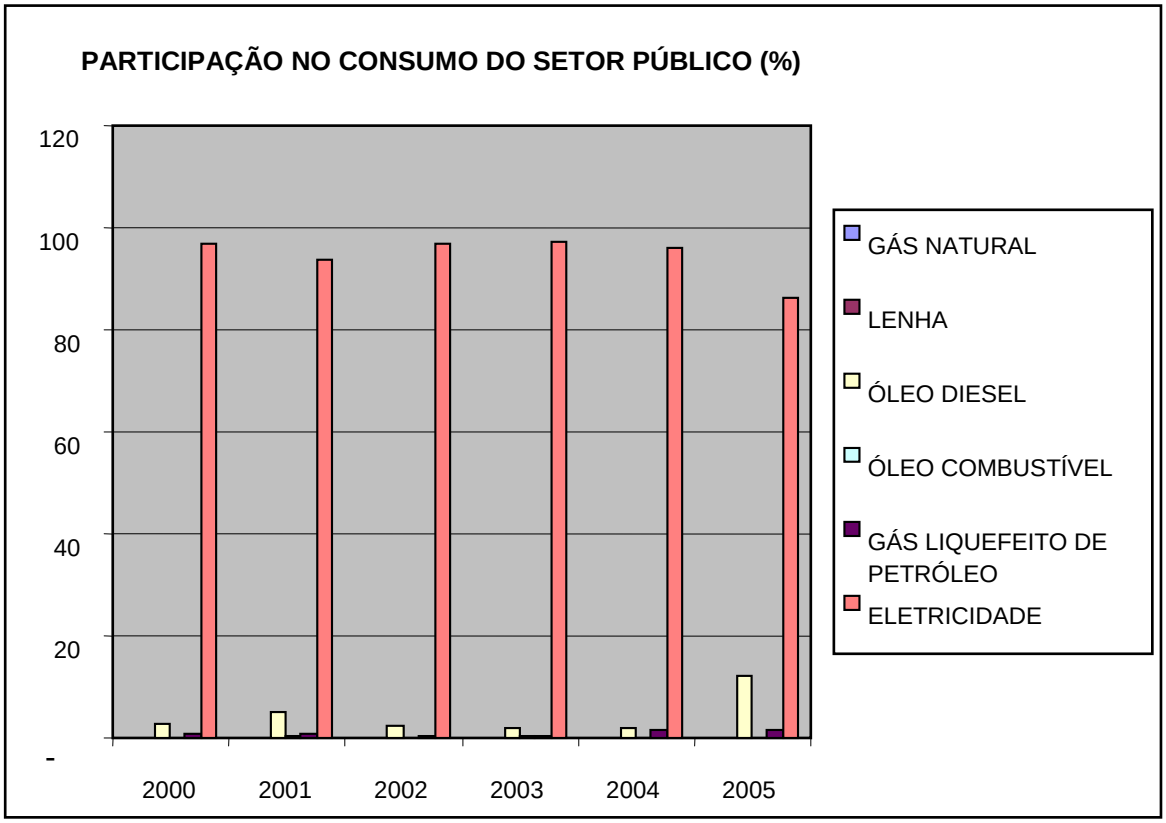


Gráfico 23 - Participação no Consumo do Setor Público
Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

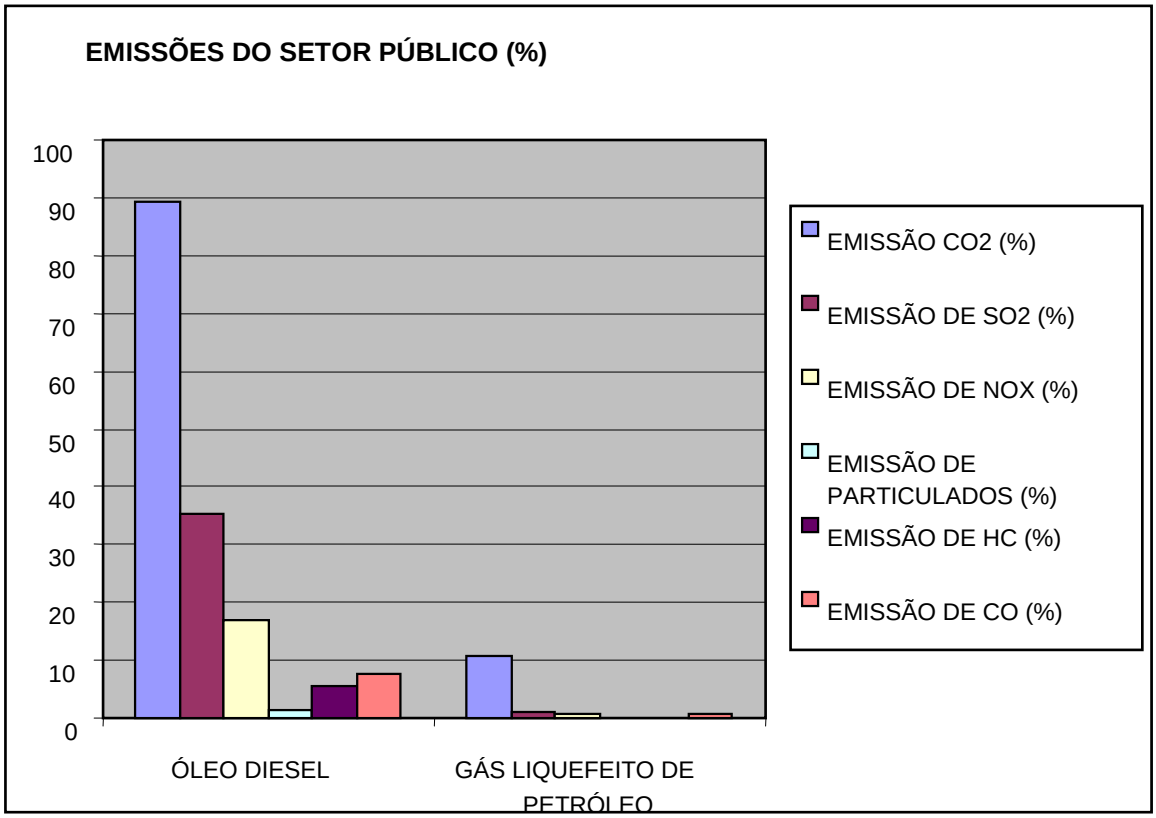


Gráfico 24 - Emissões do Setor Público
Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

4.1.9 Setor Agropecuário

O setor agropecuário apresenta seu maior consumo em eletricidade, óleo diesel, e GLP, conforme gráfico 25. A eletricidade não é tratada para fins de cálculo de emissões, sendo o óleo diesel, portanto, o maior emissor de poluentes, de acordo com o gráfico 26 e apêndices.

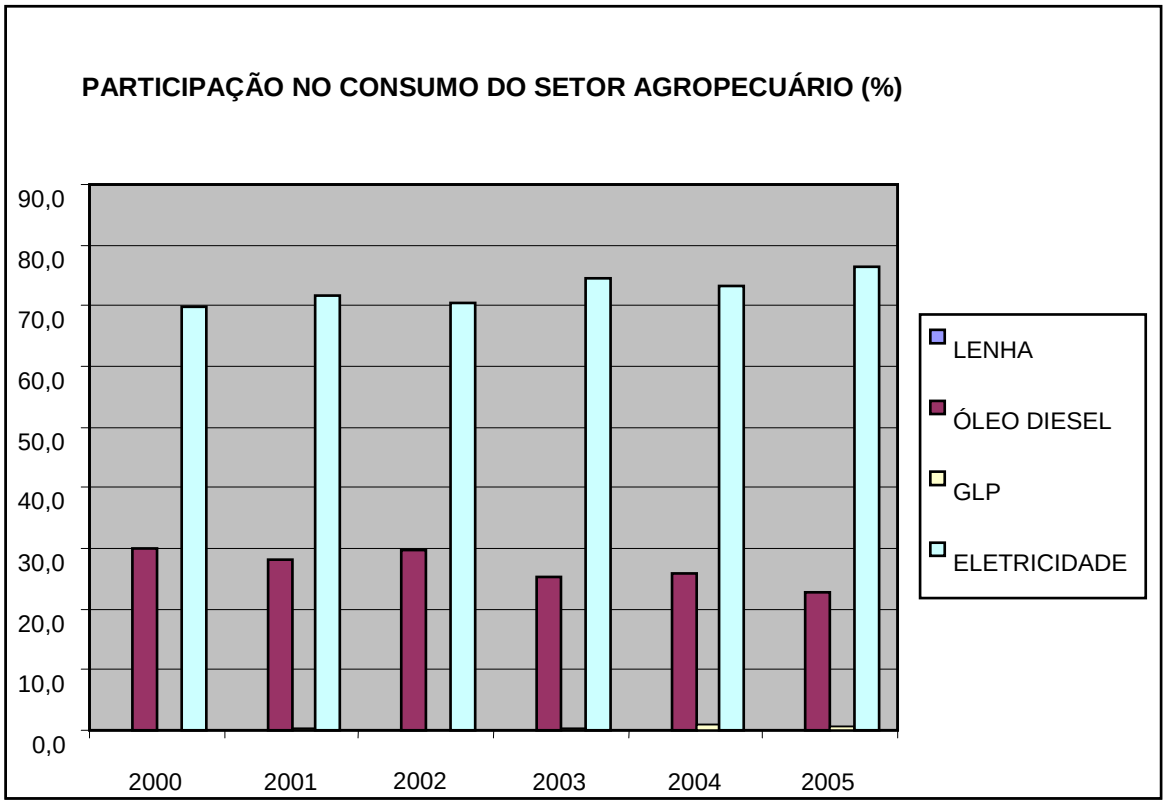


Gráfico 25 - Participação no Consumo do Setor Agropecuário
Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

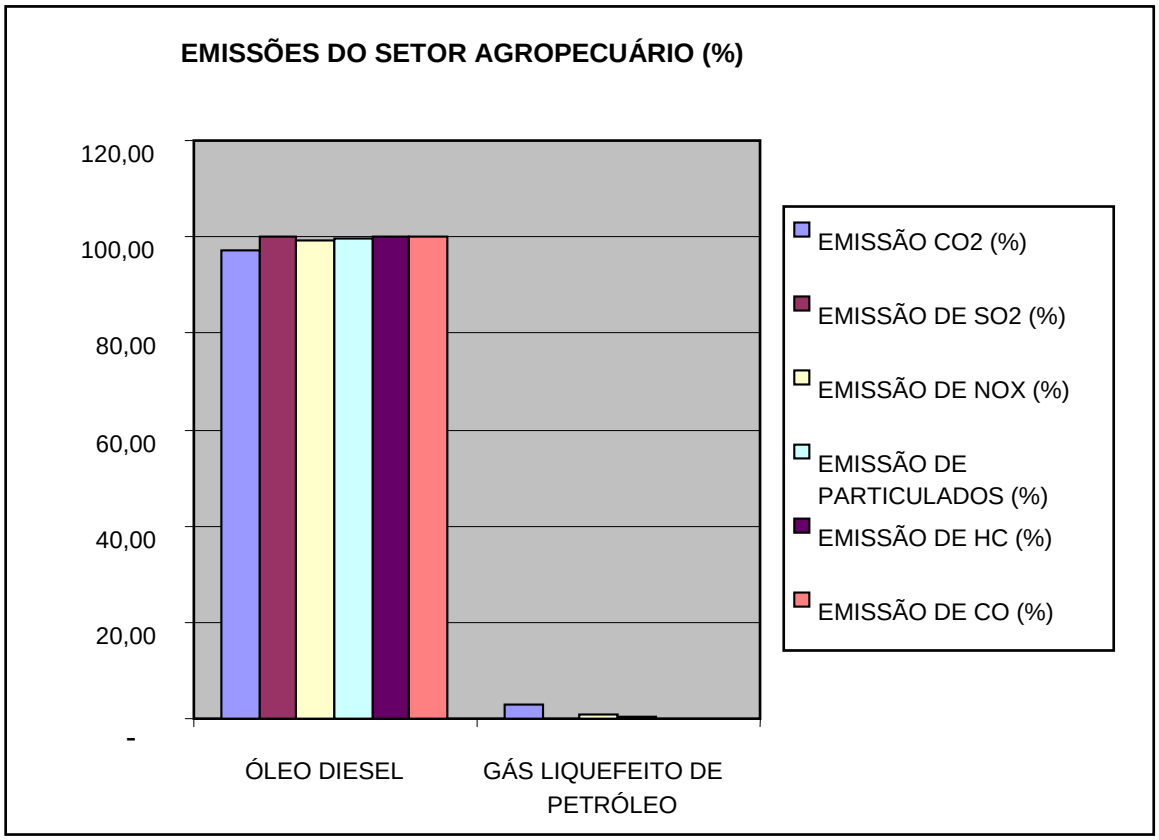


Gráfico 26 - Emissões do Setor Agropecuário
Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

4.2 CONCLUSÃO

Conforme os resultados apresentados neste capítulo, a lenha é o energético mais consumido no Estado do Rio Grande do Norte, sendo também o maior poluidor. Destacam-se os setores residencial e industrial no consumo de tal energético. No setor industrial predomina o segmento cerâmico com o uso da lenha. Contudo, o maior responsável pela emissão de poluentes no estado gerado a partir do consumo final de energéticos é o setor de transportes, sendo o segmento rodoviário, o de maior destaque em termos de poluição; os energéticos mais utilizados no setor de transportes são os derivados do petróleo, cuja somatória dos consumos energéticos se destacam, ocupando a primeira posição.

CAPÍTULO 5

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este capítulo apresenta uma síntese geral do trabalho e as conclusões e recomendações que possibilitam redução no nível das emissões de poluentes no Estado do Rio Grande do Norte, no âmbito da otimização energética. Aborda também as limitações do trabalho e o direcionamento para futuras pesquisas.

5.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

No contexto de desenvolvimento econômico pautado no consumo de energia, cujas emissões atmosféricas vêm acelerando as mudanças climáticas ocorridas no mundo, foi apresentada a matriz energética do Estado do Rio Grande do Norte com seu respectivo direcionamento para o estabelecimento de políticas públicas que promovam seu desenvolvimento econômico de forma menos danosa ao meio ambiente.

5.2 METODOLOGIA DA PESQUISA

Os coeficientes de emissão dos poluentes (CO_2, SO_2,HC, NO_X, PARTICULADOS, HC e CO) foram aplicados ao consumo final energético nos diversos setores de consumo do Rio Grande do Norte (transportes, residencial, energético, residencial, comercial, público e agropecuário), obtendo-se a matriz de emissões poluentes que aliada à matriz de consumo energético, possibilitou apresentar o nível de poluição do Estado atrelado ao consumo final de energéticos.

5.3 RESULTADOS DA PESQUISA

O energético mais consumido no Estado do Rio Grande do Norte é a lenha, sendo este o maior poluidor. Ele é mais utilizado pelo setor residencial, o que demonstra o baixo poder aquisitivo da maioria das famílias que impossibilita a aquisição de outros energéticos mais eficientes para a cocção como o GLP, por exemplo. Políticas públicas que visem aumentar o poder aquisitivo das pessoas, com a conseguinte melhoria no nível da qualidade de vida, podem contribuir com a redução da poluição, viabilizando a compra de outros energéticos de preço superior ao da lenha, assim como as adaptações estruturais necessárias para a nova modalidade de energético substituto que poderá ser o GLP, gás natural, num futuro próximo, dentre outros de combustão mais completa que a lenha, que emita menos poluentes. Além deste benefício, auxilia no combate ao processo de desertificação que vem ocorrendo no Estado do Rio Grande do Norte.

Em seguida, destacando-se no consumo da lenha, vem o setor industrial, principalmente, o segmento cerâmico, cuja produção de pequena e média escala não viabiliza a adoção de gás natural em seus processos produtivos, tal migração só seria possível com incentivos do poder público e linhas de financiamentos favoráveis. É importante que exista subsídios financeiros por parte de órgãos governamentais junto ao empresariado local para viabilizar esta substituição, pois envolve altos custos com o preço do gás natural, quando comparado ao da lenha, a adaptação industrial e a ampliação da malha de gasodutos para atender essa nova demanda. O aumento da participação do gás natural na matriz energética do Estado não acarretará impacto ambiental tão negativo, em termos de efeito estufa, se for utilizado em processos de cogeração.

Para minimização das emissões é imprescindível que haja a redução do consumo da lenha nos setores residencial e industrial que são seus maiores consumidores, mas tal substituição energética deverá ser acompanhada de ações públicas apropriadas para estabilizar os agentes envolvidos em toda cadeia produtiva da lenha.

Embora a lenha apresente-se como energético mais poluidor, o maior emissor de poluentes no Rio Grande do Norte é o setor de transportes, cujo energético mais utilizado são os derivados de petróleo, sobretudo o óleo diesel. Neste destaca-se o segmento rodoviário em termos de emissões de poluentes. Portanto é um setor que merece atenção do poder público no

que se refere à viabilização da substituição energética, melhoria das vias de circulação dos transportes terrestres, estratégias de redução de congestionamentos, dentre outras medidas.

5.4 ANÁLISE CRÍTICA DO TRABALHO

O Balanço Energético do Estado do Rio Grande do Norte e a tabela de emissões do Sistema de Informação Energética (SIEE) da OLADE, versão março de 1992, foram adotados como instrumentos para obtenção dos dados, ou seja, não foi realizada pesquisa de campo para elaboração do trabalho, devido à grande área geográfica do Estado e a diversidade de setores abordados. Portanto a veracidade dos resultados está condicionada a veracidade dos dados. Todavia, as fontes citadas acima são reconhecidamente respeitadas pelos cientistas das áreas energética e ambiental.

5.5 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

- O trabalho não considerou a emissão de outros gases de efeito estufa causada pelo uso de energia, como o metano produzido pela decomposição orgânica de árvores submersas nos reservatórios hidrelétricos, vazamentos de gás natural etc;
- Não foram abordadas as emissões oriundas do processo de geração de energia;
- Foram desconsideradas as emissões originadas pelo consumo de eletricidade.

5.6 DIREÇÕES DE PESQUISA

A partir do trabalho realizado outras idéias complementares podem ser pesquisadas, por exemplo, o aprofundamento nos segmentos dos diversos setores da economia, analisando pormenorizadamente os processos envolvidos para proposição de substituição energética apropriada, indicando sua viabilidade econômica.

5.7 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

O uso de energéticos adequados às especificidades dos processos promove a racionalização energética; Já a eficiência energética pode ser obtida com a redução de desperdícios, aproveitamento de resíduos e calor de processo, ambas podendo ser utilizadas como instrumentos redutores de emissões poluentes.

Nesse contexto, medidas que resultem em maior conservação de energia e/ou substituição de energéticos mais impactantes por outros menos poluidores podem, através da matriz energética e de emissões poluentes, revelar potenciais melhorias ao meio ambiente, visto que o menor consumo de energia implica em menores impactos ambientais.

Para reduzir as emissões de poluentes sem prejudicar o desenvolvimento econômico, algumas estratégias podem ser adotadas: substituição dos combustíveis fósseis por outras fontes não emissoras (ou renováveis) como a eólica, a solar e a biomassa sustentável; conservação ou uso mais eficiente de todas as formas de energia pela sociedade, redução ou eliminação da produção de CFC's (cloro, flúor, carbono); e plantio de árvores ou reflorestamento.

Existe uma tendência de mudança progressiva na matriz energética, com foco em energias menos poluentes, priorizando a qualidade do meio ambiente como meta para perpetuação das espécies vivas. Adicionada a uma preocupação ambiental, com foco na eficiência e racionalização energética, visando reduzir a poluição atmosférica. Nos diversos setores da economia pode-se destacar:

- *Setor de Transportes*

Foi identificada a importância do setor de transportes na estratégia de redução das emissões de gases do efeito estufa, já que este setor sozinho é responsável por 35% das emissões energéticas de CO_2 no Estado do Rio Grande do Norte, ocupando o primeiro lugar no ranking das emissões. É o setor que têm o maior consumo final de combustíveis fósseis e o que mais tem puxado o crescimento das emissões.

Os transportes passam por grandes mudanças estruturais e tecnológicas que podem melhorar o nível de emissões poluentes, uma vez que o avanço científico e tecnológico tem contribuído com a melhoria na eficiência dos equipamentos e a adição de álcool ao óleo diesel também tem contribuído com a minimização dos impactos ambientais.

Em função do grande número e diversidade dos agentes envolvidos, é um setor complexo para uma política de fomento da eficiência, visto que é composto de subsetores/mercados com características e dinâmicas muito distintas. As análises disponíveis não permitem uma divisão energética mais apurada das categorias. Apesar da complexidade, influir na demanda para serviços de transporte e o perfil das modalidades serão fatores importantes para redução da poluição.

Sugere -se buscar a incorporação constante dos avanços em eficiência e segurança nos veículos produzidos no país e importados. O crescente comércio internacional em veículos e componentes deve contribuir neste sentido de modo geral.

Novas pressões, devido, por exemplo, ao congestionamento nas cidades e aos custos altos de transporte de “commodities” de algumas regiões devem forçar com tempo uma nova visão à expansão da infra-estrutura brasileira, com conseqüências para energia e emissões de CO_2

- *Setor Residencial*

O setor residencial ocupa o segundo lugar no ranking de emissões poluentes. Nele a lenha tem uma participação grande no consumo final. Seu uso é predominante para cocção. Estima-se que em um futuro próximo sua substituição por GLP ou outro energético menos poluente seja viável para a maioria das famílias. Mas existe uma cadeia produtiva envolvida neste mercado, portanto é necessário estabelecer linhas de ação apropriadas para tal substituição.

- *Setor Industrial*

Classificado em terceiro lugar no ranking das emissões poluentes, o setor industrial é caracterizado pela grande diversidade dos processos utilizados. Segundo Poole, 1998, a evolução tecnológica, liderada pela informática, abre a perspectiva de reduções maiores do consumo energético no médio e longo prazo. Na maioria das empresas a energia tem uma participação pequena nos custos totais. O monitoramento do uso de energia muitas vezes é mínimo. Um caminho de conscientização e mobilização de empresas passará pelos objetivos de melhorar a produtividade geral e a qualidade dos produtos. A abertura da economia à maior concorrência (doméstica e internacional) está pressionando neste sentido. A ampla difusão das normas de qualidade ISO 9000 e meio ambiente ISO 14000 é uma manifestação geral desta motivação ao nível internacional. Outro fator mobilizador será a entrada do gás natural acompanhado pela otimização proporcionada pela cogeração, assim como adoção de energias alternativas menos poluentes. Quando as empresas projetarem a troca de combustível, será uma oportunidade para estimular interesse na racionalização energética.

Além da eficiência dos processos, outros fatores “estruturais” podem influir na intensidade energética do setor industrial como um todo. Nesse sentido, a otimização energética e de seus benefícios deve incluir todas as formas de energia, assim como outras “utilidades” da fábrica como água, ar comprimido e gases – que muitas vezes são vetores importantes de energia. Freqüentemente será relevante vincular os ganhos energéticos a melhorias específicas de produtividade, qualidade e controle de emissões ambientais.

- *Setor Energético*

Para o setor energético, quarto maior poluidor do Estado, assim como todos os demais, sugere-se um melhor aproveitamento dos energéticos, evitando perdas e desperdícios.

- *Serviços*

O setor de serviços abrange o consumo comercial e público, ocupando o quinto e sexto lugares respectivamente no ranking das emissões de poluentes. Em comparação com o setor industrial, os serviços têm um elenco menor de processos energeticamente importantes. Outra característica é que o perfil do consumo é dominado pela eletricidade, que embora de não tenha sido contemplada nos cálculos das emissões poluentes da pesquisa, sua importância no âmbito de conservação de energia merece destaque. Nesse contexto, estima-se que seu consumo deve estar sendo reduzido, devido à ênfase que está sendo dada a eficiência energética, com equipamentos de menor consumo, sucessivos aumentos tarifários, risco de racionamento de energia, que vêm induzindo alteração em alguns hábitos de consumo.

O perfil do consumo elétrico varia muito entre subsetores (lojas, escritórios, hospitais, etc). Dentro de cada subsetor pode haver diferenças substanciais entre instalações maiores e menores.

Linhas de ação podem incluir portanto, a educação de profissionais no que se refere à importância da conservação de energia para melhoria da qualidade do meio ambiente, apresentando os potenciais benefícios aos investidores e consumidores.

- *Setor Agropecuário*

O setor agropecuário tem perfil de consumo dominado pela eletricidade, seguido pelo óleo diesel e GLP, ocupando o último lugar no ranking das emissões de poluentes.

Várias ações podem aumentar a eficiência e racionalização nos usos da energia e, por conseguinte, reduzir a emissão de CO_2, contudo estas medidas não ocorrerão espontaneamente sem uma política estruturada e na ausência de recursos financeiros que alavanquem tais iniciativas. Com este trabalho pretende-se contribuir com o aprimoramento da sistemática de planejamento energético e no auxílio da formulação de políticas públicas.

REFERÊNCIAS

AMBIENTEBRASIL - Portal Ambiente. **Inversão térmica**. Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./urbano/index.html&conteudo=./urbano/artigos/inversao.html>. Acesso em: 22 nov. 2008.

BANCO MUNDIAL. **Relatório sobre o desenvolvimento mundial.** [S.l. : s.n.], 1992.

CARRA, J. L. de. **Matriz energética de emissões:** instrumento de análise das políticas públicas no setor energético. São Paulo, 2003. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo. Instituto de Eletrotécnica e Energia. Programa de Pós-graduação em Energia.

CASTRO, J. G. S. **Os gases que adoecem ao mundo**. [S.l. : s.n.], 1998.

CENTRO DE PESQUISA DE ENGENHARIA ELÉTRICA – CEPEL. **Mapa eólico Brasileiro.** [S.l. : s.n.], 2001.

FUNDACIÓN BARILOCHE. Instituto de Economia Energética. **Planilla para el calculo de lãs emisiones de CO_2, SO_2, NO_x, Partículas, HC y CO.** San Carlos de Bariloche: IDEE/FB, 1996. Tomo VII. XXVI Curso Latino Americano de Posgrado em Economia y Planificacion Energética.

GALVÃO FILHO, J. B. **Aspectos técnicos e econômicos do ambiente.** [S.l. : s.n.], 1989.

GUIAGEO - Mapas do Guia Geográfico. Disponível em: <http://www.guiageo-mapas.com>. Acesso em: 10 jun. 2008.

JAMILE; ANA PAULA; NEILA. **Poluentes atmosféricos.** Disponível em: <http://br.geocities.com/uel_climatologia/seminariopoluentesatmosfericos.htm>. Acesso em: 15 set. 2008.

JANUZZI, G. de M. **Políticas públicas para eficiência energética e fontes renováveis.** [S.l. : s.n.], 2002.

LORA, E. E. **Prevenção e controle da poluição nos setores energéticos, industrial e de transporte.** 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2002.

MAIOLE, O. L. G.; NASCIMENTO, G. N. **Monitoramento da qualidade do ar:** composição da atmosfera, ciclos globais e tempo de vida. Vitória, 2005. Universidade Federal do Espírito Santo. Departamento de Engenharia Ambiental. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental.

NASA GISS: NASA Goddard Institute of Space Studies. Disponível em: <http://www.giss.nasa.gov>. Acesso em: 19 jan. 2008.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Organização Meteorológica Mundial. **Painel intergovernamental sobre mudanças climáticas**. [S.l.: s.n.], 1988.

POOPLE, A. D.; HOLANDA, J. B.; TOLMASQUIM, M. T. **Conservação de energia e gases do efeito estufa do Brasil.** [Brasília]: Instituto Nacional de Eficiência Energética, 1998.

PROTOCOLO de Kyoto - Wikipédia, a enciclopédia livre. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Protocolo_de_Quioto>. Acesso em: 22 out. 2008.

RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria de Desenvolvimento Econômico. Coordenadoria de Desenvolvimento Econômico. **Diretrizes para uma política do setor energético do Rio Grande do Norte. [**Natal]: SEDEC/CODER, 2005.

_____. **Balanço energético do Estado do Rio Grande do Norte**. Natal: SEDEC, 2006. (Série Informações Energéticas; n.1).

SCHNEIDER, A.; INGRAM, H. Social contruction of target populations: implications for politics and policy. **American political Science review,** v.87, n.2, p. 334-347. 1993.

SEINFELD, J. H.; PANDIS, S. N. **Atmospheric chemistry and physics:** from air pollution to climate change. [USA]: Wiley Intercience, 1998.

STERN, A. C. (Ed.). **Air pollution**. 2.ed. New York: Academic Press, 1968.

_____. et al. **Fundamentals of air pollution**. New York: Academic press, 1984.

ANEXOS

ANEXO A - COEFICIENTES DE EMISSÕES POLUENTES DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO ENERGÉTICA DA OLADE

Fuente / Uso	Emision CO2 Kg / bep	Fuente / Uso	Emision SO2 Kg / ton	Fuente / Uso	Emision Nox kg / Ton
CM U1	541,45	PE U1	4,00	FO U1	13,20
CM U5	538,24	PE U5	4,00	SN U1	11,50
CM U2	538,24	PE U7	4,00	GN U1	11,50
CM U10	538,24	PE U9	4,00	DO U9	11,00
CM U9	538,24	PE U10	4,00	DO U10	11,00
CM U7	538,24	CM U9	3,80	DO U8	11,00
LE U7	501,24	CM U7	3,80	GA U8	10,30
LE U5	501,23	CM U10	3,80	GA U9	10,30
LE U6	501,23	CM U2	3,80	GA U10	10,30
CN U5	501,23	CM U10	3,80	CK U1	9,00
CN U 10	501,23	CM U5	3,80	DO U7	7,50
LE U9	501,23	DO U5	2,01	PE U5	7,50
LE U10	501,23	KE U10	2,01	PE U7	7,50
RB U12	501,23	KE U9	2,01	FO U3	7,50
CV U11	501,23	KE U7	2,01	KE U3	7,50
GASGASOG U6	501,23	KE U3	2,01	CM U2	7,50
CN U7	501,23	DO U7	2,01	FO U2	7,50
CN U9	501,23	KE U5	2,01	CM U5	7,50
GN U4	294,60	DO U1	2,01	CM U7	7,50
GN U1	294,60	DO U2	2,01	PE U3	7,50
KE U8	426,90	DO U3	2,01	CM U9	7,50
GA U8	426,90	FO U1	1,99	PE U10	7,50
FO U10	426,90	FO U3	1,90	PE U9	7,50
DO U8	426,90	FO U5	1,90	CN U10	7,50
GA U10	426,90	DO U9	1,90	KE U9	7,50
GA U9	426,90	FO U2	1,90	FO U7	7,50
DO U10	426,90	DO U8	1,90	DO U5	7,50
DO U9	426,90	DO U10	1,90	KE U10	7,50
FO U9	426,90	DO U8	1,90	FO U5	7,50
FO U8	426,90	KE U6	1,70	DO U2	7,50
GL U7	379,20	GN U1	1,00	KE U5	7,50
GL U9	379,20	GN U8	1,00	KE U7	7,50
GL U3	379,20	GN U5	1,00	DO U10	7,50
GL U5	379,20	GN U9	1,00	DO U3	7,50
GN U9	294,60	GN U10	1,00	CN U10	5,00
GL U10	379,20	GN U2	1,00	CN U9	5,00
GN U7	294,60	GN U4	1,00	CN U7	5,00
BIOG U5	294,40	BIOG U5	1,00	CN U5	5,00

GN U5	294,60	BIOG U6	1,00	LE U10	5,00
GN U10	294,60	GN U7	1,00	LE U9	5,00
GN U2	294,60	GN U6	1,00	LE U7	5,00
KE U6	425,37	GA U8	0,54	LE U6	5,00
PE U9	415,63	GA U10	0,54	RB U12	5,00
FO U2	415,63	GA U9	0,54	GASGASOG U6	5,00
PE U10	415,63	LE U7	0,50	CV U11	5,00
DO U7	415,63	LE U6	0,50	KE U8	5,00
PE U3	415,63	LE U5	0,50	LE U5	5,00
FO U7	415,63	CN U7	0,50	GN U2	3,60
PE U7	415,63	CN U9	0,50	GN U9	3,60
PE U3	415,63	CN U10	0,50	GN U8	3,60
FO U3	415,63	GASGASOG U6	0,50	GN U5	3,60
FO U5	415,63	RB U12	0,50	BIOG U5	3,60
KE U10	415,63	CV U11	0,50	GN U7	3,60
DO U1	415,63	CN U5	0,50	FO U9	2,84
KE U7	415,63	LE U10	0,50	FO U10	2,84
KE U9	415,63	LE U9	0,50	FO U9	2,84
DO U3	415,63	FO U9	0,08	GL U5	2,60
DO U5	415,63	FO U8	0,08	GL U10	2,60
DO U2	415,63	FO U10	0,08	GL U9	2,60
KE U3	415,63	KE U8	0,00	GL U7	2,60
KE U5	415,63	GL U10	0,00	GL U3	2,60
FO U10	394,14	GL U9	0,00	KE U6	2,30
GL U6	379,20	GL U7	0,00	GL U6	1,80
GN U 8	294,60	GL U6	0,00	GN U6	1,56
BIOG U6	286,14	GL U5	0,00	BIOG U6	1,56
GN U6	294,60	GL U3	0,00	GN U10	0,60

Fonte: Fundación Bariloche, 1996

Fuente /Uso	**Emision PART. Kg / Ton**	**Fuente / Uso**	**Emision HC Kg / Ton**	**Fuente / Uso**	**Emision CO Kg / Ton**
CM U1	20	GA U8	14,50	DO U9	43,50
LE U10	18,7	GA U9	14,50	DO U10	43,50
LE U5	18,7	GA U10	14,50	DO U8	43,50
LE U6	18,7	DO U10	2,60	GA U9	37,70
CN U5	18,7	DO U9	2,60	GA U10	37,70
CN U7	18,7	DO U8	2,60	GA U8	37,70
CN U9	18,7	KE U8	1,90	KE U8	7,40
CN U10	18,7	CN U7	1,00	CM U5	1,00
CV U11	18,7	LE U9	1,00	CM U7	1,00
RB U12	18,7	CN U10	1,00	CN U7	1,00
GASGASOG U6	18,7	LE U6	1,00	LE U7	1,00
LE U9	18,7	LE U5	1	CM U2	1,00
LE U7	18,7	CN U9	1	LE U6	1,00
CM U7	16,25	LE U7	1	LE U5	1,00
CM U5	16,25	CV U11	1	CM U9	1,00
CM U2	16,25	RB U12	1	CM U10	1,00
CM U10	16,25	GASGASOG U6	1	CN U9	1,00
CM U9	16,25	LE U10	1	GASGASOG U6	1,00

PE U3	3,00	CN U5	1	RB U12	1,00
KE U6	3,00	CM U7	0,5	CV U11	1,00
PE U7	3,00	CM U5	0,5	CN U5	1,00
PE U5	3,00	CM U2	0,5	LE U9	1,00
PE U9	3,00	CM U10	0,50	CN U10	1,00
PE U10	3,00	CM U9	0,50	LE U10	1,00
FO U5	2,87	FO U10	0,48	FO U1	0,66
FO U2	2,87	FO U9	0,48	DO U1	0,59
FO U7	2,87	FO U8	0,48	DO U5	0,59
FO U3	2,87	KE U9	0,41	KE U10	0,59
DO U10	2,40	DO U3	0,41	KE U7	0,59
DO U9	2,40	DO U7	0,41	KE U9	0,59
DO U8	2,40	KE U7	0,41	DO U2	0,59
KE U9	2,13	DO U2	0,41	KE U5	0,59
DO U5	2,13	DO U5	0,41	KE U3	0,59
KE U5	2,13	KE U10	0,41	DO U7	0,59
KE U10	2,13	DO U1	0,41	DO U3	0,59
DO U7	2,13	KE U5	0,41	PE U7	0,55
DO U1	2,13	KE U3	0,41	PE U3	0,55
DO U3	2,13	PE U10	0,40	PE U5	0,55
KE U3	2,13	PE U5	0,40	PE U10	0,55
KE U7	2,13	PE U7	0,40	PE U9	0,55
DO U2	2,13	PE U9	0,40	FO U5	0,52
GA U8	2	PE U3	0,4	FO U8	0,52
GA U10	2	KE U6	0,4	FO U2	0,52
GA U9	2	FO U5	0,37	FO U3	0,52
FO U1	1,04	FO U7	0,37	FO U9	0,52
GL U6	0,42	FO U3	0,37	FO U7	0,52
GL U5	0,38	FO U2	0,37	FO U10	0,52
GL U7	0,38	GN U6	0,18	CM U1	0,50
GL U3	0,38	BIOG U6	0,18	GL U6	0,44
GL U10	0,38	GL U6	0,17	GN U8	0,38
GL U9	0,38	GN U8	0,15	GN U6	0,38
FO U10	0,38	CN U1	0,15	BIOG U6	0,38
FO U9	0,38	FO U1	0,13	GL U3	0,35
FO U8	0,38	GL U7	0,07	GL U10	0,35
GN U6	0,36	GL U10	0,07	GL U9	0,35
GN U8	0,36	GL U9	0,07	GL U7	0,35
BIOG U6	0,36	GL U5	0,07	GL U5	0,35
GN U7	0,34	GL U3	0,07	GN U10	0,32
GN U10	0,34	GN U7	0,06	GN U2	0,32
GN U9	0,34	GN U10	0,06	GN U7	0,32
BIOG U5	0,34	GN U9	0,06	GN U9	0,32
GN U2	0,34	BIOG U5	0,06	GN U4	0,32
GN U5	0,34	GN U5	0,06	BIOG U5	0,32
GN U4	0,29	GN U2	0,06	GN U10	0,32
GN U1	0,29	GN U4	0,02	GN U5	0,32
KE U8	0,20	GN U1	0,02	KE U6	0,25

Fonte: Fundación Bariloche, 1996

LEGENDA

Fontes Energéticas:

Petróleo (PE)
Gás Natural (GN)
Resíduos de Biomassa (RB)
Biogás (BG)
Gás de Gasogeno (GG)

Carvão Mineral (CM)
Lenha (LE)
Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)
Gasolina e Álcool (GA/AL)
Querosene (KE)

Produto da Cana (CÑ)

Óleo Diesel (DO)
Óleo Combustível (FO)
Carvão vegetal (CV)
Coque (CQ)

Setores Econômicos:

Setores Econômicos:

Centrais Elétricas (U1)
Autoprodutores (U2)
Consumo Próprio em Refinarias (U3)

Industrial (U5)
Residencial (U6)
Comercial/Serviços/Público (U7)

Transporte (U8)
Agropecuário/Pesca/Mineral (U9)
Construção e outros (U10)

ANEXO B - MATRIZ ENERGÉTICA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

SETOR RESIDENCIAL (Toe)

IDENTIFICAÇÃO	***2000***	***2001***	***2002***	***2003***	***2004***	***2005***
GÁS NATURAL	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
LENHA	*242646,00*	*240228,00*	*237810,00*	*235513,00*	*233095,00*	*230798,00*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*111515,00*	*113353,00*	*103550,00*	*91295,00*	*96810,00*	*97940,00*
QUEROSENE	*1023,00*	*677,00*	*554,00*	*575,00*	*532,00*	*440,00*
GÁS CANALIZADO	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
ELETRICIDADE	*75250,00*	*66048,00*	*65016,00*	*73100,00*	*77228,00*	*84022,00*
CARVÃO VEGETAL	*17830,00*	*18008,00*	*18188,00*	*18370,00*	*18553,00*	*18739,00*
TOTAL	*448264,00*	*438314,00*	*425118,00*	*418853,00*	*426218,00*	*431939,00*

Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

COEFICIENTES DE EMISSÃO PARA O SETOR RESIDENCIAL

IDENTIFICAÇÃO	***CO2 (KG/bep)***	***SO2 (KG/TON)***	***NOX (KG/TON)***	***PARTICULADOS (KG/TON)***	***HC (KG/TON)***	***CO (KG/TON)***
GÁS NATURAL	*294,60*	*1,00*	*1,56*	*0,36*	*0,18*	*0,38*
LENHA	*501,23*	*0,50*	*5,00*	*18,70*	*1,00*	*1,00*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*379,20*	*0,00*	*1,80*	*0,42*	*0,17*	*0,44*
QUEROSENE	*425,37*	*1,70*	*2,30*	*3,00*	*0,40*	*0,25*
GÁS CANALIZADO	*294,60*	*0,50*	*5,00*	*18,70*	*1,00*	*1,00*
CARVÃO VEGETAL	*501,23*	*0,50*	*5,00*	*18,70*	*1,00*	*1,00*

Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

SETOR ENERGÉTICO (Toe)

IDENTIFICAÇÃO	***2000***	***2001***	***2002***	***2003***	***2004***	***2005***
GÁS NATURAL	*235118*	*203106*	*191628*	*214014*	*232834*	*240125*
BAGAÇO DE CANA	*52935*	*49861*	*52752*	*50237*	*57329*	*46504*
ÓLEO DIESEL	*6784*	*12720*	*11024*	*20352*	*22048*	*21200*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
NAFTA	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
QUEROSENE	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
GÁS DE COQUEIRA	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
GÁS CANALIZADO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
COQUE DE C. MEINERAL / ALCATRÃO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ELETRICIDADE	*28036*	*27520*	*29842*	*27606*	*31734*	*28208*
OUTRAS SECUNDÁRIAS DE PETRÓLEO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL	*322873*	*293207*	*285246*	*312209*	*343945*	*336037*

Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

COEFICIENTES DE EMISSÃO PARA O SETOR ENERGÉTICO

IDENTIFICAÇÃO	*CO2 (KG/bep)*	*SO2 (KG/TON)*	*NOX (KG/TON)*	*PARTICULADOS (KG/TON)*	*HC (KG/TON)*	*CO (KG/TON)*
GÁS NATURAL	*294,6*	*1*	*11,5*	*0,29*	*0,02*	*0,32*
BAGAÇO DE CANA	*501,23*	*0,5*	*5*	*18,7*	*1*	*1*
ÓLEO DIESEL	*415,63*	*2,01*	*7,5*	*2,13*	*0,41*	*0,59*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*415,63*	*1,9*	*7,5*	*2,87*	*0,37*	*0,52*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*379,2*	*0*	*2,6*	*0,38*	*0,07*	*0,35*
NAFTA	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
QUEROSENE	*415,63*	*2,01*	*7,5*	*2,13*	*0,41*	*0,59*
GÁS DE COQUEIRA	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
GÁS CANALIZADO	*294,6*	*1*	*11,5*	*0,29*	*0,02*	*0,32*

Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

SETOR COMERCIAL (Toe)

IDENTIFICAÇÃO	***2000***	***2001***	***2002***	***2003***	***2004***	***2005***
GÁS NATURAL	*5,00*	*12,00*	*98,00*	*358,00*	*430,00*	*540,00*
LENHA	*34819,00*	*34698,00*	*34457,00*	*34336,00*	*34094,00*	*33973,00*
ÓLEO DIESEL	*848,00*	*848,00*	*848,00*	*848,00*	*848,00*	*848,00*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*2977,00*	*3775,00*	*2301,00*	*2791,00*	*3565,00*	*3885,00*
GÁS CANALIZADO	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
ELETRICIDADE	*38098,00*	*33884,00*	*36464,00*	*40936,00*	*43516,00*	*50396,00*
CARVÃO VEGETAL	*11886,00*	*12005,00*	*12125,00*	*12247,00*	*12369,00*	*12493,00*
OUTROS DERIVADOS DE PETRÓLEO	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
TOTAL	*88633,00*	*85222,00*	*86293,00*	*91516,00*	*94822,00*	*102135,00*

Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

COEFICIENTES DE EMISSÃO PARA O SETOR COMERCIAL

IDENTIFICAÇÃO	***CO2 (KG/bep)***	***SO2 (KG/TON)***	***NOX (KG/TON)***	***PARTICULADOS (KG/TON)***	***HC (KG/TON)***	***CO (KG/TON)***
GÁS NATURAL	*294,60*	*1,00*	*3,60*	*0,34*	*0,06*	*0,32*
LENHA	*501,23*	*0,50*	*5,00*	*18,70*	*1,00*	*1,00*
ÓLEO DIESEL	*415,63*	*2,01*	*7,50*	*2,13*	*0,41*	*0,59*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*415,63*	*1,90*	*7,50*	*2,87*	*0,37*	*0,52*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*379,20*	*0,50*	*2,60*	*0,38*	*0,07*	*0,35*
GÁS CANALIZADO	*294,60*	*0,00*	*3,60*	*0,34*	*0,06*	*0,32*
CARVÃO VEGETAL	*501,23*	*0,50*	*5,00*	*18,70*	*1,00*	*1,00*

Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

SETOR PÚBLICO (Toe)

IDENTIFICAÇÃO	***2000***	***2001***	***2002***	***2003***	***2004***	***2005***
GÁS NATURAL	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
LENHA	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
ÓLEO DIESEL	*848,00*	*1696,00*	*848,00*	*763,00*	*848,00*	*5851,00*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*47,00*	*88,00*	*52,00*	*100,00*	*60,00*	*0,00*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*195,00*	*290,00*	*198,00*	*190,00*	*616,00*	*757,00*
QUEROSENE	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
GÁS CANALIZADO	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
ELETRICIDADE	*31992,00*	*31734,00*	*32594,00*	*39130,00*	*39302,00*	*42226,00*
CARVÃO VEGETAL	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
OUTROS DERIVADOS DO PETRÓLEO	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
TOTAL	*33082,00*	*33808,00*	*33692,00*	*40183,00*	*40826,00*	*48834,00*

Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

COEFICIENTES DE EMISSÃO PARA O SETOR PÚBLICO

IDENTIFICAÇÃO	***CO2 (KG/bep)***	***SO2 (KG/TON)***	***NOX (KG/TON)***	***PARTICULADOS (KG/TON)***	***HC (KG/TON)***	***CO (KG/TON)***
GÁS NATURAL	*294,60*	*1,00*	*3,60*	*0,34*	*0,06*	*0,32*
LENHA	*501,23*	*0,50*	*5,00*	*18,70*	*1,00*	*1,00*
ÓLEO DIESEL	*415,63*	*2,01*	*7,50*	*2,13*	*0,41*	*0,59*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*415,63*	*1,90*	*7,50*	*2,87*	*0,37*	*0,52*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*379,20*	*0,50*	*2,60*	*0,38*	*0,07*	*0,35*
GÁS CANALIZADO	*294,60*	*0,00*	*3,60*	*0,34*	*0,06*	*0,32*
CARVÃO VEGETAL	*501,23*	*0,50*	*5,00*	*18,70*	*1,00*	*1,00*

Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

SETOR AGROPECUÁRIO (Toe)

IDENTIFICAÇÃO	***2000***	***2001***	***2002***	***2003***	***2004***	***2005***
LENHA	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
ÓLEO DIESEL	*9328,00*	*8480,00*	*9328,00*	*9074,00*	*9328,00*	*8904,00*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*49,00*	*50,00*	*24,00*	*143,00*	*320,00*	*281,00*
QUEROSENE	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
ELETRICIDADE	*21758,00*	*21586,00*	*22102,00*	*26918,00*	*26402,00*	*29842,00*
CARVÃO VEGETAL	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
TOTAL	*31135,00*	*30116,00*	*31454,00*	*36135,00*	*36050,00*	*39027,00*

Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

COEFICIENTES DE EMISSÃO PARA O SETOR AGROPECUÁRIO

IDENTIFICAÇÃO	***CO2 (KG/bep)***	***SO2 (KG/TON)***	***NOX (KG/TON)***	***PARTICULADOS (KG/TON)***	***HC (KG/TON)***	***CO (KG/TON)***
LENHA	*501,23*	*0,50*	*5,00*	*18,70*	*1,00*	*1,00*
ÓLEO DIESEL	*426,90*	*1,90*	*11,00*	*2,40*	*2,60*	*43,50*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*426,90*	*0,08*	*2,84*	*0,38*	*0,48*	*0,52*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*379,20*	*0,08*	*2,60*	*0,38*	*0,07*	*0,35*
QUEROSENE	*415,63*	*0,00*	*7,50*	*2,13*	*0,41*	*0,59*
CARVÃO VEGETAL	*501,23*	*0,50*	*5,00*	*18,70*	*1,00*	*1,00*

Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

SETOR DE TRANSPORTE (Toe)

IDENTIFICAÇÃO	***2000***	***2001***	***2002***	***2003***	***2004***	***2005***
GÁS NATURAL	*10602,00*	*18620,00*	*34284,00*	*46308,00*	*51156,00*	*58015,00*
CARVÃO VAPOR	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
GPL	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
ÓLEO DIESEL	*263039,00*	*278475,00*	*281536,00*	*267502,00*	*280006,00*	*269435,00*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*0,00*	*0,00*	*121,00*	*342,00*	*192,00*	*1415,00*
GASOLINA AUTOMOTIVA	*132435,00*	*132091,00*	*133974,00*	*129061,00*	*143068,00*	*148880,00*
GASOLINA DE AVIAÇÃO	*398,00*	*308,00*	*224,00*	*124,00*	*132,00*	*199,00*
QUEROSENE	*35560,00*	*37505,00*	*41161,00*	*46048,00*	*58195,00*	*61404,00*
ELETRICIDADE	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
ÁLCOOL ETÍLICO	*46076,00*	*37677,00*	*39880,00*	*36451,00*	*44648,00*	*47931,00*
ÁLCOOL ETÍLICO ANIDRO	*26925,00*	*24586,00*	*28541,00*	*27266,00*	*33073,00*	*34416,00*
ÁLCOOL ETÍLICO HIDRATADO	*19151,00*	*13091,00*	*11339,00*	*9985,00*	*11575,00*	*13515,00*
OUTRAS SECUNDÁRIAS DE PETRÓLEO	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
TOTAL	*534186,00*	*542353,00*	*571060,00*	*563087,00*	*622045,00*	*635210,00*

Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

COEFICIENTES DE EMISSÃO PARA O SETOR DE TRANSPORTES

IDENTIFICAÇÃO	***CO2 (KG/bep)***	***SO2 (KG/TON)***	***NOX (KG/TON)***	***PARTICULADOS (KG/TON)***	***HC (KG/TON)***	***CO (KG/TON)***
GÁS NATURAL	*294,60*	*1,00*	*3,60*	*0,36*	*0,15*	*0,38*
ÓLEO DIESEL	*426,90*	*1,90*	*11,00*	*2,10*	*2,60*	*43,50*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*426,90*	*0,08*	*2,84*	*0,38*	*0,48*	*0,52*
GASOLINA AUTOMOTIVA	*426,90*	*0,54*	*10,30*	*2,00*	*14,50*	*37,70*
GASOLINA DE AVIAÇÃO						
QUEROSENE	*426,90*	*0,00*	*5,00*	*0,20*	*1,90*	*7,40*
ELETRICIDADE						
ÁLCOOL ETÍLICO	*426,90*	*0,54*	*10,30*	*2,00*	*14,50*	*37,70*

Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

SETOR INDUSTRIAL (Toe)

IDENTIFICAÇÃO	***2000***	***2001***	***2002***	***2003***	***2004***	***2005***
GÁS NATURAL	*32166,00*	*30688,00*	*34862,00*	*39562,00*	*46762,00*	*51771,00*
CARVÃO MINERAL	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
LENHA	*146773,00*	*153301,00*	*152334,00*	*152455,00*	*154753,00*	*156928,00*
BAGAÇO DE CANA	*90132,00*	*84898,00*	*89821,00*	*85538,00*	*97615,00*	*79183,00*
ENERGIA EÓLICA	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
ÓLEO DIESEL	*1985,00*	*2749,00*	*1951,00*	*2077,00*	*2205,00*	*1866,00*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*13604,00*	*3960,00*	*2122,00*	*1245,00*	*950,00*	*1230,00*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*1947,00*	*2578,00*	*2390,00*	*1917,00*	*2574,00*	*2711,00*
NAFTA	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
QUEROSENE	*12,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
GÁS DE COQUERIA	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
GÁS CANALIZADO	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
COQUE DE CARVÃO MINERAL	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
ELETRICIDADE	*43172,00*	*42398,00*	*46182,00*	*46870,00*	*44548,00*	*36980,00*
CARVÃO VEGETAL	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
OUTRAS SECUNDÁRIAS DE PETRÓLEO	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
OUTRAS SECUNDÁRIAS - ALCATRÃO	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
TOTAL	*329791,00*	*320572,00*	*329662,00*	*329664,00*	*349407,00*	*330669,00*

Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

COEFICIENTES DE EMISSÕES PARA O SETOR INDUSTRIAL

IDENTIFICAÇÃO	***CO2 (KG/bep)***	***SO2 (KG/TON)***	***NOX (KG/TON)***	***PARTICULADOS (KG/TON)***	***HC (KG/TON)***	***CO (KG/TON)***
GÁS NATURAL	*294,60*	*1,00*	*3,60*	*0,34*	*0,06*	*0,32*
LENHA	*501,23*	*0,50*	*5,00*	*18,70*	*1,00*	*1,00*
BAGAÇO DE CANA	*501,23*	*0,50*	*5,00*	*18,70*	*1,00*	*1,00*
ÓLEO DIESEL	*415,63*	*2,01*	*7,50*	*2,13*	*0,41*	*0,59*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*415,63*	*1,90*	*7,50*	*2,87*	*0,37*	*0,52*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*379,20*	*0,00*	*2,60*	*0,38*	*0,07*	*0,35*

Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

ANEXO C - EVOLUÇÃO DO CONSUMO NOS SETORES DE TRANSPORTES E INDÚSTRIAS

SETOR DE TRANSPORTES - RODOVIÁRIO (Toe)

IDENTIFICAÇÃO	***2000***	***2001***	***2002***	***2003***	***2004***	***2005***
GÁS NATURAL	*10.602*	*18.620*	*34.284*	*46.308*	*51.156*	*58.015*
GPL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ÓLEO DIESEL	*261.873*	*276.223*	*280.688*	*266.696*	*279.158*	*269.200*
GASOLINA AUTOMOTIVA	*132.435*	*132.091*	*133.974*	*129.061*	*143.068*	*148.880*
ÁLCOOL ETÍLICO ANIDRO	*26.925*	*24.586*	*28.541*	*27.266*	*33.073*	*34.416*
ÁLCOOL ETÍLICO HIDRATADO	*19.151*	*13.091*	*11.339*	*9.185*	*11.575*	*13.515*
TOTAL	*450.986*	*464.611*	*488.826*	*478.516*	*518.030*	*524.026*

Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

SETOR DE TRANSPORTES - FERROVIÁRIO (Toe)

IDENTIFICAÇÃO	***2000***	***2001***	***2002***	***2003***	***2004***	***2005***
CARVÃO VAPOR	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
LENHA	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ÓLEO DIESEL	*318*	*340*	*0*	*0*	*0*	*0*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ELETRICIDADE	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL	*318*	*340*	*0*	*0*	*0*	*0*

Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

SETOR DE TRANSPORTES - AÉREO (Toe)

IDENTIFICAÇÃO	***2000***	***2001***	***2002***	***2003***	***2004***	***2005***
GASOLINA DE AVIAÇÃO	*398*	*308*	*224*	*124*	*132*	*199*
QUEROSENE DE AVIAÇÃO	*35560*	*37505*	*41161*	*46048*	*58195*	*61404*
TOTAL	*35.958*	*37.813*	*41.385*	*46.172*	*58.327*	*61.603*

Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

SETOR DE TRANSPORTES - HIDROVIÁRIO (Toe)

IDENTIFICAÇÃO	***2000***	***2001***	***2002***	***2003***	***2004***	***2005***
LENHA	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ÓLEO DIESEL	*848*	*1912*	*848*	*806*	*848*	*235*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*0*	*0*	*121*	*342*	*192*	*1.415*
OUTRAS SECUNDÁRIAS DE PETRÓLEO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL	*848*	*1.912*	*969*	*1.148*	*1.040*	*1.650*

Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

SETOR INDUSTRIAL- FERRO-GUSA E AÇO (Toe)

IDENTIFICAÇÃO	***2000***	***2001***	***2002***	***2003***	***2004***	***2005***
GAS NATURAL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
CARVÃO MINERAL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ÓLEO DIESEL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
GAS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
NAFTA	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
QUEROSENE	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
GÁS DE COQUEIRA	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
GÁS CANALIZADO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
COQUE DE CARVÃO MINERAL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ELETRICIDADE	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
CARVÃO VEGETAL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ALCATRÃO / OUTRAS SEC.PETRÓLEO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*

Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

SETOR INDUSTRIAL - FERRO-LIGAS (Toe)

IDENTIFICAÇÃO	***2000***	***2001***	***2002***	***2003***	***2004***	***2005***
GÁS NATURAL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
CARVÃO MINERAL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
GÁS DE CIDADE	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
COQUE DE CARVÃO MINERAL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ELETRICIDADE	*172*	*172*	*172*	*172*	*86*	*86*
CARVÃO VEGETAL E LENHA	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
OUTRAS NÃO ESPECIFICADAS	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL	*172*	*172*	*172*	*172*	*86*	*86*

Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

SETOR INDUSTRIAL - MINERAÇAO/PELOTIZAÇÃO (Toe)

IDENTIFICAÇÃO	***2000***	***2001***	***2002***	***2003***	***2004***	***2005***
GÁS NATURAL	*105*	*0*	*0*	*0*	*0*	*218*
CARVÃO MINERAL E COQUE DE CM	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
LENHA	*40381*	*41227*	*42073*	*42799*	*43766*	*44612*
ÓLEO DIESEL	*594*	*644*	*0*	*975*	*933*	*848*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
GÁS DE LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*1051*	*1679*	*2147*	*1787*	*1336*	*1178*
QUEROSENE	*12*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ELETRICIDADE	*1892*	*1892*	*2064*	*2064*	*2408*	*1978*
CARVÃO VEGETAL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
COQUE DE PETRÓLEO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL	*44035*	*45442*	*46284*	*47625*	*48443*	*48834*

Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

SETOR INDUSTRIAL - QUÍMICA (Toe)

IDENTIFICAÇÃO	***2000***	***2001***	***2002***	***2003***	***2004***	***2005***
GÁS NATURAL	*0*	*0*	*238*	*214*	*241*	*322*
CARVÃO VAPOR	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
LENHA	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
BAGAÇO DE CANA E OUTRAS RECUP.	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ÓLEO DIESEL	*543*	*579*	*594*	*424*	*594*	*424*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*380*	*391*	*8*	*4*	*6*	*16*
NAFTA	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
QUEROSENE	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
GÁS CANALIZADO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ELETRICIDADE	*1720*	*1720*	*1892*	*1892*	*2408*	*1978*
CARVÃO VEGETAL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
CARVÃO MATALÚRGICO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
OUTRAS SECUNDÁRIAS DE PETRÓLEO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL	*2643*	*2690*	*2732*	*2534*	*3249*	*2740*

Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

SETOR INDUSTRIAL - NÃO-FERROSOS E OUTROS DA METALÚRGIA (Toe)

IDENTIFICAÇÃO	***2000***	***2001***	***2002***	***2003***	***2004***	***2005***
GÁS NATURAL	*4*	*3*	*11*	*1*	*17*	*22*
LENHA	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
GLP E DIESEL	*0*	*0*	*6*	*8*	*3*	*4*
GÁS CANALIZADO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
CARVÃO MINERAL/COQUE DE C.M.	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ELETRICIDADE	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
CARVÃO VEGETAL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
OUTRAS SECUNDÁRIAS DE PETRÓLEO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL	*4*	*3*	*17*	*9*	*20*	*26*

Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

SETOR INDUSTRIAL - TÊXTIL (Toe)

IDENTIFICAÇÃO	***2000***	***2001***	***2002***	***2003***	***2004***	***2005***
GÁS NATURAL	*27945*	*25723*	*29049*	*32269*	*39181*	*43532*
CARVÃO VAPOR	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
LENHA	*6045*	*6045*	*6045*	*5924*	*5924*	*5924*
ÓLEO DIESEL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*229*	*68*	*0*	*0*	*0*	*0*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*111*	*0*	*13*	*0*	*34*	*47*
QUEROSENE	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
GÁS CANALIZADO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ELETRICIDADE	*23220*	*22790*	*24682*	*25112*	*20898*	*17286*
CARVÃO VEGETAL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL	*57550*	*54626*	*59789*	*63305*	*66037*	*66789*

Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

SETOR INDUSTRIAL - ALIMENTOS E BEBIDAS (Toe)

IDENTIFICAÇÃO	***2000***	***2001***	***2002***	***2003***	***2004***	***2005***
GÁS NATURAL	*3659*	*4534*	*4684*	*6582*	*6839*	*7172*
CARVÃO VAPOR	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
LENHA	*36270*	*36149*	*35907*	*35786*	*35545*	*35424*
BAGAÇO DE CANA	*90132*	*84898*	*89821*	*85538*	*97615*	*79183*
ÓLEO DIESEL	*848*	*678*	*509*	*678*	*678*	*594*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*0*	*0*	*91*	*264*	*144*	*521*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*226*	*254*	*205*	*110*	*238*	*304*
QUEROSENE	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
GÁS CANALIZADO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ELETRICIDADE	*8514*	*8342*	*9116*	*9288*	*9202*	*7654*
OUTRAS	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL	*139649*	*134855*	*140333*	*138246*	*150261*	*130852*

Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

SETOR INDUSTRIAL PAPEL - CELULOSE (Toe)

IDENTIFICAÇÃO	***2000***	***2001***	***2002***	***2003***	***2004***	***2005***
GÁS NATURAL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
CARVÃO VAPOR	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
LENHA	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
BAGAÇO DE CANA	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
LIXÍVIA	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
OUTRAS RECUPERAÇÕES	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ÓLEO DIESEL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*0*	*7*	*9*	*7*	*8*	*30*
COQUE DE PETROL. E QUEROSENE	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ELETRICIDADE	*344*	*344*	*430*	*430*	*516*	*430*
OUTRAS NÃO ESPECIFICADAS	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL	*344*	*351*	*439*	*437*	*524*	*460*

Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

SETOR INDUSTRIAL - CERÂMICA (Toe)

IDENTIFICAÇÃO	***2000***	***2001***	***2002***	***2003***	***2004***	***2005***
GÁS NATURAL	*240*	*268*	*709*	*358*	*394*	*467*
CARVÃO VAPOR	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
LENHA	*43524*	*44854*	*46184*	*47514*	*48965*	*50415*
OUTRAS RECUPERAÇÕES	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ÓLEO DIESEL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*7*	*9*	*0*	*1*	*2*	*196*
OUTRAS DE PETRÓLEO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
GÁS CANALIZADO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ELETRICIDADE	*1376*	*1290*	*1462*	*1462*	*1462*	*1204*
OUTRAS NÃO ESPECIFICADAS	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL	*45147*	*46421*	*48355*	*49335*	*50823*	*52282*

Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

SETOR INDUSTRIAL - OUTRAS INDÚSTRIAS (Toe)

IDENTIFICAÇÃO	***2000***	***2001***	***2002***	***2003***	***2004***	***2005***
GÁS NATURAL	*213*	*160*	*171*	*138*	*90*	*38*
CARVÃO VAPOR	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
LENHA	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
BAGAÇO DE CANA	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ÓLEO DIESEL	*0*	*848*	*848*	*0*	*0*	*0*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*1914*	*2402*	*1895*	*946*	*787*	*699*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*172*	*238*	*0*	*0*	*944*	*930*
QUEROSENE	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
GÁS CANALIZADO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ELETRICIDADE	*2924*	*2838*	*3096*	*3182*	*4300*	*3612*
CARVÃO VEGETAL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
CARVÃO METALÚRGICO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
OUTRAS SECUNDÁRIAS DE PETRÓLEO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
TOTAL	*5223*	*6486*	*6010*	*4266*	*6121*	*5279*

Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

ANEXO D - CONSUMO ENERGÉTICO POR SETORES EM 2005

SETORES/ENERGÉTICOS (Toe)	LENHA	GÁS NATURAL	ÓLEO DIESEL	GASOLINA	BAGAÇO DA CANA	GLP	QUEROSENE	ÁLCOOL	CARVÃO VEGETAL
SETOR ENERGÉTICO	0	240125	21200	0	46504		0	0	0
SETOR COMERCIAL	33973	540	848	0	0	3885	0	0	12493
SETOR PÚBLICO	0	0	5851	0	0	757	0	0	0
SETOR RESIDENCIAL	230798	0		0	0	97940	440		18739
SETOR AGROPECUÁRIO	0	0	8904	0	0	281	0		0
SETOR TRANSPORTE	0	58015	269435	149079	0		61404	47931	0
SETOR INDUSTRIAL	156928	51771	1866	0	79183	2711	0	0	0
TOTAL	421699	350451	308104	149079	125687	105574	61844	47931	31232

Fonte: Rio Grande do Norte (2006).

APÊNDICES

EMISSÃO DO SETOR RESIDENCIAL

IDENTIFICAÇÃO	***CO2 (KG/bep)***	***SO2 (KG/TON)***	***NOX (KG/TON)***	***PARTICULADOS (KG/TON)***	***HC (KG/TON)***	***CO (KG/TON)***
GÁS NATURAL	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
LENHA	*832916747,09*	*501734,78*	*5017347,83*	*18764880,87*	*1003469,57*	*1003469,57*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*267399705,60*	*0,00*	*160997,26*	*37566,03*	*15205,30*	*39354,89*
QUEROSENE	*1347572,16*	*726,21*	*982,52*	*1281,55*	*170,87*	*106,80*
GÁS CANALIZADO	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
ELETRICIDADE	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
CARVÃO VEGETAL	*67626352,58*	*14414,62*	*144146,15*	*539106,62*	*28829,23*	*28829,23*
TOTAL	*1169290377,43*	*516875,61*	*5323473,76*	*19342835,07*	*1047674,97*	*1071760,48*

Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

EMISSÃO DO SETOR RESIDENCIAL (%)

IDENTIFICAÇÃO	***CO2 (%)***	***SO2 (%)***	***NOX (%)***	***PARTICULADOS (%)***	***HC (%)***	***CO (%)***
GÁS NATURAL	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
LENHA	*71,23*	*97,07*	*94,25*	*97,01*	*95,78*	*93,63*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*22,87*	*0,00*	*3,02*	*0,19*	*1,45*	*3,67*
QUEROSENE	*0,12*	*0,14*	*0,02*	*0,01*	*0,02*	*0,01*
GÁS CANALIZADO	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
ELETRICIDADE	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
CARVÃO VEGETAL	*5,78*	*2,79*	*2,71*	*2,79*	*2,75*	*2,69*

Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006)

EMISSÃO DO SETOR ENERGÉTICO

IDENTIFICAÇÃO	*CO2 (KG/bep)*	*SO2 (KG/TON)*	*NOX (KG/TON)*	*PARTICULADOS (KG/TON)*	*HC (KG/TON)*	*CO (KG/TON)*
GÁS NATURAL	*509333940,00*	*163054,55*	*47285,82*	*47285,82*	*3261,09*	*52177,46*
BAGAÇO DE CANA	*167826239,42*	*237265,31*	*8873722,45*	*8873722,45*	*474530,61*	*474530,61*
ÓLEO DIESEL	*63441763,20*	*42612,00*	*45156,00*	*45156,00*	*8692,00*	*12508,00*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
NAFTA	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
QUEROSENE	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
GÁS DE COQUEIRA	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
GÁS CANALIZADO	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
COQUE DE C. MEINERAL / ALCATRÃO	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
ELETRICIDADE	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
OUTRAS SECUNDÁRIAS DE PETRÓLEO	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
TOTAL	*740601942,62*	*442931,86*	*8966164,27*	*8966164,27*	*486483,70*	*539216,07*

Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

EMISSÃO DO SETOR ENERGÉTICO (%)

IDENTIFICAÇÃO	***CO2 (%)***	***SO2 (%)***	***NOX (%)***	***PARTICULADOS (%)***	***HC (%)***	***CO (%)***
GÁS NATURAL	*68,7729684*	*36,81255874*	*0,527380694*	*0,527380694*	*0,670339206*	*9,676539508*
BAGAÇO DE CANA	*22,66078844*	*53,56699977*	*98,96899257*	*98,96899257*	*97,54296168*	*88,00379668*
ÓLEO DIESEL	*8,566243153*	*9,620441486*	*0,503626731*	*0,503626731*	*1,786699111*	*2,319663812*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
NAFTA	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
QUEROSENE	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
GÁS DE COQUEIRA	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
GÁS CANALIZADO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
COQUE DE C. MEINERAL / ALCATRÃO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
ELETRICIDADE	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
OUTRAS SECUNDÁRIAS DE PETRÓLEO	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*

Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

EMISSÃO DO SETOR COMERCIAL

IDENTIFICAÇÃO	*CO2 (KG/bep)*	*SO2 (KG/TON)*	*NOX (KG/TON)*	*PARTICULADOS (KG/TON)*	*HC (KG/TON)*	*CO (KG/TON)*
GÁS NATURAL	*1145404,80*	*366,68*	*1320,05*	*124,67*	*22,00*	*117,34*
LENHA	*122603664,89*	*73854,35*	*738543,48*	*2762152,61*	*147708,70*	*147708,70*
ÓLEO DIESEL	*2537670,53*	*1704,48*	*6360,00*	*1806,24*	*347,68*	*500,32*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*10606982,40*	*1773,97*	*9224,66*	*1348,22*	*248,36*	*1241,78*
GÁS CANALIZADO	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
ELETRICIDADE	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
CARVÃO VEGETAL	*45085438,01*	*9610,00*	*96100,00*	*359414,00*	*19220,00*	*19220,00*
OUTROS DERIVADOS DE PETRÓLEO	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
TOTAL	*181979160,62*	*87309,48*	*851548,19*	*3124845,74*	*167546,73*	*168788,13*

Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

EMISSÃO DO SETOR COMERCIAL (%)

IDENTIFICAÇÃO	***CO2 (%)***	***SO2 (%)***	***NOX (%)***	***PARTICULADOS (%)***	***HC (%)***	***CO (%)***
GÁS NATURAL	*0,63*	*0,42*	*0,16*	*0,00*	*0,01*	*0,07*
LENHA	*67,37*	*84,59*	*86,73*	*88,39*	*88,16*	*87,51*
ÓLEO DIESEL	*1,39*	*1,95*	*0,75*	*0,06*	*0,21*	*0,30*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*5,83*	*2,03*	*1,08*	*0,04*	*0,15*	*0,74*
GÁS CANALIZADO	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
ELETRICIDADE	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
CARVÃO VEGETAL	*24,78*	*11,01*	*11,29*	*11,50*	*11,47*	*11,39*
OUTROS DERIVADOS DE PETRÓLEO	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*

Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

EMISSÃO DO SETOR PÚBLICO

IDENTIFICAÇÃO	***CO2 (KG/bep)***	***SO2 (KG/TON)***	***NOX (KG/TON)***	***PARTICULADOS (KG/TON)***	***HC (KG/TON)***	***CO (KG/TON)***
GÁS NATURAL	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
LENHA	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
ÓLEO DIESEL	*17509328,14*	*11760,51*	*43882,50*	*12462,63*	*2398,91*	*3452,09*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*2066791,68*	*345,66*	*1797,44*	*262,70*	*48,39*	*241,96*
GÁS CANALIZADO	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
ELETRICIDADE	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
CARVÃO VEGETAL	*152387553,46*	*21113,00*	*211130,00*	*789626,20*	*42226,00*	*42226,00*
OUTROS DERIVADOS DE PETRÓLEO	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
TOTAL	*171963673,27*	*33219,17*	*256809,94*	*802351,53*	*44673,30*	*45920,05*

Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

EMISSÃO DO SETOR PÚBLICO (%)

IDENTIFICAÇÃO	***CO2 (%)***	***SO2 (%)***	***NOX (%)***	***PARTICULADOS (%)***	***HC (%)***	***CO (%)***
GÁS NATURAL	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
LENHA	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
ÓLEO DIESEL	*10,18*	*35,40*	*17,09*	*1,55*	*5,37*	*7,52*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*1,20*	*1,04*	*0,70*	*0,03*	*0,11*	*0,53*
GÁS CANALIZADO	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
ELETRICIDADE	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
CARVÃO VEGETAL	*88,62*	*63,56*	*82,21*	*98,41*	*94,52*	*91,96*

Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

EMISSÃO DO SETOR AGROPECUÁRIO

IDENTIFICAÇÃO	***CO2 (KG/bep)***	***SO2 (KG/TON)***	***NOX (KG/TON)***	***PARTICULADOS (KG/TON)***	***HC (KG/TON)***	***CO (KG/TON)***
LENHA	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
ÓLEO DIESEL	*27368046,72*	*16917,60*	*97944,00*	*21369,60*	*23150,40*	*387324,00*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*767197,44*	*20,53*	*667,21*	*97,52*	*17,96*	*89,82*
QUEROSENE	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
ELETRICIDADE	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
CARVÃO VEGETAL	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
TOTAL	*28135244,16*	*16938,13*	*98611,21*	*21467,12*	*23168,36*	*387413,82*

Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

EMISSÃO DO SETOR AGROPECUÁRIO (%)

IDENTIFICAÇÃO	***CO2 (%)***	***SO2 (%)***	***NOX (%)***	***PARTICULADOS (%)***	***HC (%)***	***CO (%)***
LENHA	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
ÓLEO DIESEL	*97,27*	*99,88*	*99,32*	*99,55*	*99,92*	*99,98*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*2,73*	*0,12*	*0,68*	*0,45*	*0,08*	*0,02*
QUEROSENE	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
ELETRICIDADE	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
CARVÃO VEGETAL	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
TOTAL	*100,00*	*100,00*	*100,00*	*100,00*	*100,00*	*100,00*

Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

EMISSÃO DO SETOR DE TRANSPORTES

IDENTIFICAÇÃO	*CO2 (KG/bep)*	*SO2 (KG/TON)*	*NOX (KG/TON)*	*PARTICULADOS (KG/TON)*	*HC (KG/TON)*	*CO (KG/TON)*
GÁS NATURAL	*123056776,80*	*39394,52*	*141820,28*	*14182,03*	*5909,18*	*14969,92*
CARVÃO VAPOR	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
GPL	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
ÓLEO DIESEL	*828156970,80*	*511926,50*	*2963785,00*	*565813,50*	*700531,00*	*11720422,50*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*4349257,20*	*115,51*	*4100,61*	*548,67*	*693,06*	*750,82*
GASOLINA AUTOMOTIVA	*457609478,40*	*77676,52*	*1481607,73*	*287690,82*	*2085758,45*	*5422971,98*
GASOLINA DE AVIAÇÃO	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
QUEROSENE	*188736246,72*	*0,00*	*298077,67*	*11923,11*	*113269,51*	*441154,95*
ELETRICIDADE	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
ÁLCOOL ETÍLICO	*147324556,08*	*40441,78*	*771389,53*	*149784,38*	*1085936,72*	*2823435,47*
ÁLCOOL ETÍLICO ANIDRO	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
ÁLCOOL ETÍLICO HIDRATADO	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
OUTRAS SECUNDÁRIAS DE PETRÓLEO	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
TOTAL	*1749233286,00*	*669554,84*	*5660780,82*	*1029942,50*	*3992097,93*	*20423705,64*

Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

EMISSÃO DO SETOR DE TRANSPORTES (%)

IDENTIFICAÇÃO	***CO2 (%)***	***SO2 (%)***	***NOX (%)***	***PARTICULADOS (%)***	***HC (%)***	***CO (%)***
GÁS NATURAL	*7,03*	*5,88*	*2,51*	*1,38*	*0,15*	*0,07*
ÓLEO DIESEL	*47,34*	*76,46*	*52,36*	*54,94*	*17,55*	*57,39*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*0,25*	*0,02*	*0,07*	*0,05*	*0,02*	*0,00*
GASOLINA AUTOMOTIVA	*26,16*	*11,60*	*26,17*	*27,93*	*52,25*	*26,55*
QUEROSENE	*10,79*	*0,00*	*5,27*	*1,16*	*2,84*	*2,16*
ÁLCOOL ETÍLICO	*8,42*	*6,04*	*13,63*	*14,54*	*27,20*	*13,82*

Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

EMISSÃO DO SETOR INDUSTRIAL

IDENTIFICAÇÃO	***CO2 (KG/bep)***	***SO2 (KG/TON)***	***NOX (KG/TON)***	***PARTICULADOS (KG/TON)***	***HC (KG/TON)***	***CO (KG/TON)***
GÁS NATURAL	*108940975,71*	*35154,59*	*126556,54*	*11952,56*	*2109,28*	*11249,47*
LENHA	*561835867,43*	*341147,83*	*3411478,26*	*12758928,70*	*682295,65*	*682295,65*
BAGAÇO DE CANA	*283492107,79*	*403994,90*	*4039948,98*	*15109409,18*	*807989,80*	*807989,80*
ÓLEO DIESEL	*5539754,14*	*3750,66*	*13995,00*	*3974,58*	*765,06*	*1100,94*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*3651606,43*	*2384,69*	*9413,27*	*3602,14*	*464,39*	*652,65*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*7342937,14*	*0,00*	*6437,08*	*940,80*	*173,31*	*866,53*
TOTAL	*970803248,64*	*786432,67*	*7607829,12*	*27888807,97*	*1493797,48*	*1504155,04*

Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

EMISSÃO DO SETOR INDUSTRIAL (%)

IDENTIFICAÇÃO	***CO2 (%)***	***SO2 (%)***	***NOX (%)***	***PARTICULADOS (%)***	***HC (%)***	***CO (%)***
GÁS NATURAL	*11,22*	*4,47*	*1,66*	*0,04*	*0,14*	*0,75*
LENHA	*57,87*	*43,38*	*44,84*	*45,75*	*45,68*	*45,36*
BAGAÇO DE CANA	*29,20*	*51,37*	*53,10*	*54,18*	*54,09*	*53,72*
ÓLEO DIESEL	*0,57*	*0,48*	*0,18*	*0,01*	*0,05*	*0,07*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	*0,38*	*0,30*	*0,12*	*0,01*	*0,03*	*0,04*
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	*0,76*	*0,00*	*0,08*	*0,00*	*0,01*	*0,06*

Fonte: Fundación Bariloche (1996) e Rio Grande do Norte (2006).

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo